

Q.Ş.MƏMMƏDOV
A.J.HƏŞİMOV
Ə.Ə.VERDİYEV
E.A.MƏMMƏDOVA

MÜHƏNDİS GEOLOGİYASININ ƏSASLARI

Dərslik

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin «07» 01 2012-ci il
tarixli «32» sayılı əmri ilə təsdiq olunmuşdur*

Bakı – “Elm” – 2012

UOT 624.131.1

Elmi redaktor: BDU «Faydalı qazıntılar» kafedrasının müdiri, AMEA-nın müxbir üzvü, Əməkdar elm xadimi **V.M.Babazadə**

Rəyçilər: g.m.e.d., professor **V.Ş.Qurbanov** (ADNA-nın Tədris işləri üzrə prorektoru), g.m.e.d., professor **Ə.K.Əlimov** («AzHvəM» EİB-nin «Meliorativ hidrogeologiya» laboratoriyasının müdiri), g.m.e.n, dos. **B.A.Abadov** (BDU «Hidrogeologiya və mühəndis geologiyası» kafedrasının dosenti), t.e.n. **B.M.Məmmədov** (Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi Milli Geoloci-kəşfiyyat Xidmətinin Geoloci Sahələrarası Kompleks Tədqiqatlar Mərkəzinin direktoru)

Q.Ş.Məmmədov, A.J.Həşimov, Ə.Ə.Verdiyev, E.A.Məmmədova.
Mühəndis geologiyasının əsasları. Dərslik. Bakı: «Elm» nəşriyyatı, 2012.
800 səh.

İSBN 978-9952-453-17-1

Dərslikdə «Mühəndis geologiyası» elminin əsasları, praktiki məsələlərin həlli metodları və üsulları, geoloci mühitdə həyata keçirilən mühəndislik fəaliyyəti zamanı meydana çıxan müxtəlif məsələlərin həllində mühəndis geologiyasının tətbiq olunma imkanları verilmişdir.

Kitabda şərh edilən məsələlər mühəndis geologiyası elminin müasir təjribi və nəzəri tədqiqatlarına əsaslanılaraq izah olunur.

Dərslikdən Bakı Dövlət Universitetinin və texniki ali məktəblərin tələbələri, elmi işçilər, doktorantlar, istehsalatda və layihə müəssisələrində çalışan, mühəndisi-geoloci tədqiqat işləri aparan mütəxəssislər istifadə edə bilərlər.

1804000000
655(07)-2012

© «Elm» nəşriyyatı, 2012

ÖN SÖZ

«Mühəndis geologiyası» fənni universitetlərdə dağ mühəndisi-hidrogeoloq, inşaatçı-mühəndis və geologiya təmayüllü digər ixtisaslar üzrə təhsil alan tələbələr üçün ən əhəmiyyətli fənlərdən biridir.

İnsanların geoloji mühitdə həyata keçirdiyi istənilən mühəndislik fəaliyyəti zamanı ilkin olaraq həmin mühitin mühəndisi-geoloji tədqiqi lazım gəlir. Müxtəlif qurğu və obyektlərin layihələndirilməsi, tikintisi və istismarı, faydalı qazıntı yataqlarının istismarı və s. məsələlərin həlli zamanı müvafiq mühəndisi-geoloji işlərin aparılması zərurəti yaranır. Həmçinin insanın müxtəlif təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar geoloji mühitin qorunub saxlanması, geodinamiki proses və hadisələrin təsirindən yaranan arzuolunmaz dəyişikliyin qarşısının alınması, həmin təsirlərdən qorunmaq mühəndis geologiyasının nailiyyətləri ilə mümkündür.

Mühəndis geologiyası elmində müxtəlif məsələlərin həlli ilə əlaqədar olaraq iki fərqli yanaşma mövcuddur. Belə ki qrunut daxilində, onu təşkil edən hissəciklərin səthində gedən fiziki-kimyəvi proseslərin təsiri ilə yaranan dəyişikliyin izahı termodinamikanın qanunlarına əsaslanırsa, qrunutun müxtəlif gərginlikli vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, müvafiq qanunauyğunluqların alınması zamanı isə mexanikanın qanunlarından istifadə edilir. Yəni sistemdə baş verən dəyişiklik, birinci halda daxili qüvvələrlə əlaqələndirilsə, ikinci halda sistemin vəziyyətinin dəyişməsi xarici qüvvələrin təsirindən asılı olaraq müəyyənləşdirilir.

Ona görə də, dərsləyin tərtibi zamanı hər iki yanaşma metoduna diqqət yetirilmişdir.

Dərsləyin tərtibi mühəndis geoloqun müasir dövrdə rast gəldiyi praktiki məsələlərin nəzəri əsasının təmini üçün nəzərdə tutulmuşdur və geologiya kursundan müəyyən olunan bəzi anlayışlar lazım olduqda kitaba daxil edilmişdir. Ümumi halda qəbul olunmuşdur ki, tələbə və bu sahədə çalışan mütəxəssislər geologiya kursundan lazımı biliyə malikdirlər.

Dərslük əcnəbi dillərdə indiyədək tərtib edilmiş müxtəlif dərslük və vəsaitlərə əsaslanaraq, müasir dövrün tələblərinə uyğun şəkildə hazırlanmışdır. Dərsləyin tərtibi zamanı yeri gəldikcə

müəlliflərin bu sahədə apardıqları tədqiqat işlərinin nəticələrindən, Bakı Dövlət Universitetində oxuduqları mühazirə materiallarından, müxtəlif müəlliflər tərəfindən ana dilimizdə və əcnəbi dillərdə dərc edilmiş ədəbiyyatlardan istifadə edilmişdir.

Dərslik akademik Q.Ş.Məmmədovun ümumi rəhbərliyi ilə müəlliflər tərəfindən aşağıdakı bölgü üzrə tərtib edilmişdir: Q.Ş.Məmmədov tərəfindən Ön söz, 1.7, 2.9, 4.1 və 4.2 başlıqlı hissələr, Fəsil 5 və 7, A.C.Həşimov tərəfindən 1.7, 2.9, 4.1 və 4.2 başlıqlı hissələr, Fəsil 5 və 7, Ə.Ə.Verdiyev Giriş, 1.1-1.6; 1.8 başlıqlı hissələr, Fəsil 2; 3; 6 və Fəsil 4-ün digər hissələri, E.A.Məmmədova tərəfindən 1.6.3 və 4.4.2 başlıqlı hissələr.

Dərsliyin tərtibində köməklik göstərdiklərinə görə Azərbaycan Hidrotexnika və Meliorasiya Elm-İstehsalat Birliyinin «Qruntşünaslıq və tikinti materialları» laboratoriyasının əməkdaşlarına öz təşəkkürümüzü bildiririk.

Kitab haqqında dəyərli təklif və tənqidi qeydlərini bildirən oxuculara da əvvəlcədən öz təşəkkürümüzü bildiririk. Dərsliyin təkrarən nəşri zamanı edilmiş dəyərli irad və təkliflər nəzərə alınacaqdır.

GİRİŞ

Geologiya elminin bir hissəsi kimi mühəndis geologiyası insanların geoloji mühitdə həyata keçirdiyi müxtəlif təsərrüfat fəaliyyətləri zamanı meydana çıxan, mühəndislik fəaliyyəti ilə bağlı olan məsələlərin həlli zərurətindən yaranmışdır. Bu elmin yaranması faydalı qazıntı yataqlarının axtarışı, kəşfiyyatı, sənaye ehtiyatının hesablanması və istismarı, həmçinin müxtəlif tikintilərin geoloji mühitdə yerləşdirilməsi zamanı meydana çıxan geoloji mühitlə əlaqəli problemlərin həlli istiqamətində lazımi tədbirlərin işlənilib hazırlanması, geoloji mühitdə tikilən obyektlərin dayanatlılığının, uzunömürlülüğünün və asan istismar olunmasının, bir sözlə, etibarlılığının təmini üçün lazım olan tədbirlərin işlənilib hazırlanması ilə əlaqədardır.

Mühəndis geologiyası elminin predmeti müxtəlif alimlər tərəfindən müxtəlif səviyyədə müəyyən edilmişdir:

F.P.Savarenskiyə görə, «Mühəndis geologiyası, geologiya sahəsinə aid olub, geologiyanın mühəndislik işinə aid məsələlərdən bəhs edir. Mühəndis geologiyasının əsas məsələsi təbii dayanatlılığının təmini üzrə mühəndisi-geoloji tədbirlərin istiqamətini və tikintilərin aparılması şəraitini müəyyən edən süxurların fiziki-texniki xassələrinin və geoloji proseslərin öyrənilməsindən ibarətdir».

Q.N.Kamenskiyə görə, «mühəndis geologiyasının elm kimi vəzifəsi mühəndisi məqsədlərə xidmət etmək olub, əsas və son məsələsi qurğuların tikildiyi yerdə meydana çıxan, qurğu və onların tikinti şəraitinə hər hansı təsir göstərə bilən geoloji hadisələrin öyrənilməsindən və aydınlaşdırılmasından ibarətdir. Bütün mühəndisi-geoloji işlər bu əsas məsələnin həlli üçün aparılır».

İ.V.Popova görə, «nəzəri cəhətdən mühəndis geologiyasına yer qabığının (onun əsasən üst təbəqəsinin) dinamikasını insanların fəaliyyəti ilə əlaqəli öyrənilən geologiyanın sahə elmi kimi baxmaq lazımdır. Mühəndis geologiyası geoloji obyektə tədqiq edir, qurğuların inşasının və istismarının geoloji şəraitini öyrənir».

Ümumilikdə mühəndis geologiyasının əsas məsələsi geoloji mühitdə həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətin daha səmərəli, etibarlı, uzunömürlü olmasını təmin edən geoloji mühitin müəyyənləşdirilməsindən və həmin mühitin maksimal səviyyədə qorunub saxlanılmasına imkan verən müvafiq mühəndisi fəaliyyəti

tin təyininəndən ibarətdir. O, istər faydalı qazıntı yataqlarının axtarışı, kəşfiyyatı, sənaye ehtiyatının hesablanması, istismarı, istərsə istənilən qurğu və obyektlərin (mülki və sənaye tikililərinin, yolların, aerodromların, körpülərin, istilik və atom elektrik stansiyalarının, tunellərin, metroların, limanların, hidrotexniki və meliorativ qurğuların və s.) layihələndirilməsi, tikintisi və istismarı, istərsə də ərazidə mühəndisi-geoloji şəraitin yaxşılaşdırılması (qurutma, geodinamiki proses və hadisələrdən qorunma və s.) məqsədi ilə həyata keçirilən daha səmərəli, mövcud mühəndisi-geoloji şəraitə uyğun mühəndisi tədbirlərin işlənilib hazırlanması ilə məşğuldur.

Geoloji mühitdə həyata keçirilən müxtəlif mühəndisi fəaliyyət zamanı ərazinin mühəndisi cəhətdən qiymətləndirilməsi, ilkin olaraq geoloji şəraitlə-geoloji quruluşla təyin olunur ki, buna görə də, həmin şərait mühəndisi nöqtəyi-nəzərindən öyrəniləndiyindən, onun **mühəndisi-geoloji şərait** kimi adlandırılması qəbul olunmuşdur.

Müxtəlif fəaliyyətin həyata keçirilməsi zamanı praktikada tez-tez qrunut şəraiti ilə əlaqədar müəyyən problemlər meydana çıxır. Bunlara misal olaraq dəyanətsiz strukturalı (su ilə qarşılıqlı təsirdə strukturunu dəyişən və s.) qrunutlar üzərində müxtəlif qurğuların, binaların tikilməsi zamanı qrunutlarda (tikinti əsasında) müxtəlif təbiətli (şışmə, batma, çökmə təbiətli) deformasiyaların yaranması ilə əlaqədar olaraq, həmin qurğu və binaların dağılmasını göstərmək olar. Bununla əlaqədar olaraq, ya qrunut şəraitinin tikintidən əvvəl yaxşılaşdırılması, ya şəraitə uyğun konstruksiyaların yaradılması, ya da həmin tikintinin geoloji mühitdə yerləşmə vəziyyətinin başqa münasib sahəyə dəyişdirilməsi zərurəti yaranır. Ona görə də, mühəndis geologiyası aşağıdakı üç istiqamət üzrə məsələlərin həllini həyata keçirir:

- Geoloji mühitə tam uyğunluğun təmin edilməsi;
- Geodinamiki proses və hadisələrin geoloji inkişaf qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi və mühəndisi fəaliyyət zamanı nəzərə alınması;
- Geoloji mühitin dəqiq öyrənilməsi, geodinamiki proses və hadisələrin proqnozlaşdırılması, həyata keçirilən tədbirlər zamanı proqnozlaşdırılan geodinamiki proseslər nəzərə alınmaqla, geoloji mühitin maksimal qorunması üçün tədbirlərin işlənilib hazırlanması.

Qurğuların dayanıqlılığının və onların normal istismar şəraitinin təmini üçün geoloji şəraitin öyrənilməsi, qiymətləndirilməsi, tikintinin aparılması ilə əlaqədar əlverişli sahənin seçilməsi mühəndisi-geoloji işlərin əsasını təşkil edir.

Bütün inşa edilən qurğular, geoloji mühitdə həyata keçirilən istənilən mühəndisi fəaliyyət geoloji mühitə öz təsirini göstərir, bu mühitdə müvafiq dəyişiklik yaradır. Ona görə də, həyata keçirilən həmin mühəndisi işlər ilə əlaqədar geoloji mühitdə baş verən dəyişikliklərin öyrənilməsi, onların proqnozlaşdırılması, inşa edilən qurğuların dəyanətliliyinin, uzunömürlülüüyünün və normal istismarının təmini üçün tədbirlərin işlənilib hazırlanması, geoloji mühitdən səmərəli istifadə edilməsi və onun qorunub saxlanılması üzrə problem məsələlərin qoyulması və həll edilməsi zərurətə çevrilmişdir.

Mühəndis geologiyası bir elm kimi aşağıdakı tərkib hissələrinə malikdir:

1) **Mühəndisi-petrologiya**; 2) **Mühəndisi-geodinamika**; 3) **Regional mühəndisi- geologiya**; 4) **Xüsusi mühəndisi-geologiya**; 5) **Faydalı qazıntı yataqlarının mühəndisi-geologiyası**.

Bunlardan başqa, yeni elmi istiqamətlərin yaranması, inkişafı, problemlərin mürəkkəbliyi, geniş əhatəli olması və bunların həllinə mühəndisi- geologiyanın cəlb edilməsi ilə əlaqədar olaraq **meliorativ mühəndisi-geologiya**, **mühəndisi-seysmologiya**, **mühəndisi-donuşluqşünaslıq** və s. kimi tərkib hissələri də formalaşmaqdadır.

Ümumiyyətlə, müasir dövrdə mühəndis geologiyası geoloji mühitdə həyata keçirilən hər cür mühəndislik fəaliyyətinin etibarlılıq təminatının elmi əsaslarını işləyib hazırlayır, insanların mühəndislik fəaliyyəti ilə əlaqədar geodinamiki proses və hadisələrə təsirinin xarakterini və mahiyyətini, yaratdıqları dəyişikliyin miqyasını öyrənir, baş verən hadisələrin səbəbini izah edir, onların öyrənilməsi, qiymətləndirilməsi və proqnozlaşdırılması üsullarını, formasını və yollarını işləyib hazırlayır.

Mühəndis geologiyasının əsas tərkib hissələrindən biri olan **mühəndisi-petrologiya** müasir dövrdə iki elmi təlimin-**qruntşünaslıq** və **qruntlar mexanikasının** birgə elmi nailiyyətləri əsasında formalaşmaqdadır. **Qruntşünaslıq** elm kimi qruntların mənşəyini, struktur-tekstur xüsusiyyətlərini, geoloji mühitdə yerləşmə vəziyyətini, xarici mühitlə qarşılıqlı təsirdə onlarda baş verən

dəyişikliyi, onların su-fiziki-mexaniki xassələrini, struktur-tekstur xüsusiyyətləri ilə su-fiziki-mexaniki xassələrinin qarşılıqlı əlaqəsini, mühəndislik fəaliyyətinin məxsusiliyinə uyğun şəkildə, göstərilən xarici təsirlərə qarşı davamlılıq, dəyanətlik, yükdaşıma və s. qabiliyyəti nöqteyi-nəzərindən tədqiq edir.

Qruntlar mexanikası mexanikanın qanunları, tədqiqat üsul və metodları əsasında, xarici qüvvələrin təsirindən qruntlarda yaranan gərginliyin və deformasiyaların xarakterini öyrənir, grunt massivində gərginliyin paylanma qanunauyğunluqlarının tapılması, qrunnun müxtəlif şəraitdə dayanıqlılığının, davamlılığının, möhkəmliyinin müəyyən edilməsi üsullarını və hesablanması və s. həyata keçirir.

Mühəndisi-geodinamika geodinamiki proses və hadisələrin mahiyyətinin öyrənilməsi, onların proqnozlaşdırılması, mühəndisi-fəaliyyət zamanı nəzərə alınması (geoloji mühitdə həyata keçirilən mühəndisi-fəaliyyətin dayanıqlılığının, uzunömürlülüüyünün təmini üçün geodinamiki proses və hadisələrin təsirini nəzərə alan müvafiq hesablamaların aparılması, tədbirlərin həyata keçirilməsi və s.) və s. məsələlərin tədqiqini həyata keçirir.

Regional mühəndisi-geologiya ərazilər üzrə formalaşan regional mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilməsi, mühəndisi-geoloji rayonlaşdırılması, tipikləşdirilməsi və s. məsələlərin həlli ilə məşğul olur.

Xüsusi mühəndisi-geologiya müxtəlif qurğuların, obyektlərin tikintisi, tikintilərin həyata keçirilməsi zamanı onların dayanıqlılığının, uzunömürlülüüyünün, asan istismarının təmini üçün mühəndisi-geoloji şəraitin mühəndisi fəaliyyətin məxsusiliyinə uyğun öyrənilməsi, geodinamiki proses və hadisələrin təsirinin nəzərə alınması, müvafiq tədbirlərin işlənilib hazırlanması və s. məsələlərin həlli ilə məşğul olur.

Faydalı qazıntı yataqlarının mühəndisi-geologiyası faydalı qazıntı yataqlarının mühəndisi-geoloji şəraitə uyğun daha etibarlı üsullarla axtarışı, kəşfiyyatı, istismar ehtiyatının hesablanması və asan istismar olunması üçün mühəndisi-geoloji şəraitin daha düzgün tədqiq olunması və həyata keçirilən hər cür mühəndisi-fəaliyyət üçün geoloji mühitin maksimal qorunması şərti daxilində, əlverişli şəraitin yaradılması tədbirlərinin işlənilib hazırlanması ilə məşğuldur.

FƏSİL 1

MÜHƏNDİS GEOLOGİYASININ FİZİKİ VƏ FİZİKİ- KİMYƏVİ ƏSASLARI, QRUNTLARIN MÜHƏNDİSİ- GEOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

1.1. QRUNT ANLAYIŞI

Qrunt anlayışı mühəndis geologiyası elminin müxtəlif inkişaf mərhələlərində müxtəlif şəkildə izah olunmuşdur. Bu anlayış ilkin olaraq başqa mənada istifadə edilmişdir. Belə ki genetik torpaqşünaslığın əsasını qoyanlardan biri olan V.V.Dokuçayevə görə grunt dedikdə, torpaq əmələgəlmə proseslərinə məruz qalmayan, torpaq qatından aşağıda yerləşən süxur başa düşülür. Sonralar bu terminə münasibət dəyişilmişdir. M.M.Filatov (1936-cı il) yer qabığının aşınma təbəqəsini (torpaq da daxil olmaqla) təşkil edən süxurları grunt adlandırmışdır. Müxtəlif müəlliflər tərəfindən dərc olunmuş materiallarda grunt termini fərqli şəkildə istifadə olunmuşdur:

N.N.Puzirevski «torpaq-grunt», N.M.Gersevanov – «elastiki-torpaq», «grunt kütləsi», V.A.Florinin əsərlərində «grunt kütləsi», «torpaq kütləsi» və s., V.V.Sokolovski və V.Q.Berezantsevin əsərlərində «səpinti mühiti» və s. kimi terminlərdən istifadə edilmişdir. F.P.Savarenski isə «təbii və yaxud süni təsirlər altında olan sülb və əlaqəsiz halda istənilən süxuru» grunt adlandırmışdır. Əgər N.A.Tsitoviçə görə grunt dedikdə yalnız aşınma qatının əlaqəsiz süxurları başa düşülürsə, Y.K.Zaretskiyə görə «bütünlüklə qayavari və dispers süxurlar» başa düşülür.

Q.K.Bondarikə görə ümumi şəkildə sülb, maye və qaz halında fazalardan təşkil olunmuş istənilən mineral gruntdur. Sülb (bərk) fazası istənilən süxur, süxur və buz, istənilən torpaq ola bilər.

V.A.Priklonskiyə görə «mühəndisi-geologiyada grunt dedikdə, mühəndisi-geoloji baxımdan təbii yatım şəraitində, təbii vəziyyət nəzərə alınmaqla öyrəndiyimiz istənilən süxur» nəzərdə tutulur.

Tikinti praktikasında əksər hallarda grunt dedikdə, tikintilər üçün material kimi istifadə olunan əlaqəsiz süxurlar və yaxud tikintinin əsasını təşkil edən çökmə süxurlar başa düşülür. P.P.Borodavkin aşınma zonasında yatan, insanın mühəndisi-tikinti fəaliyyəti obyektinə çevrilən monolit və əlaqəsiz istənilən

süxurun (torpaq da daxil olmaqla) qrunut kimi adlandırılmasını təklif etmişdir.

V.T.Trofimova görə (2000-ci il) qrunut insanın planlaşdırılan, həyata keçirilən və həyata keçirilmiş mühəndisi-fəaliyyəti ilə əlaqədar tədqiq olunan istənilən süxur, torpaq, çöküntülər və antropogen-geoloji törəmələrdən ibarət olan çox komponentli dinamik sistemdir.

Yerin üst bir neçə yüz metr qalınlığa malik təbəqəsi aşınma qatını təşkil etməklə, həmişə müxtəlif təbii və süni amillərin təsirinə məruz qalır, insanın müxtəlif təsərrüfat fəaliyyəti də əsasən həmin təbəqədə həyata keçirilir.

Qrunut ilkin mənada almanca «Grund» sözündən götürülüb – əsas, əsası deməkdir.

İnsanın təbiətdə həyata keçirdiyi istənilən mühəndislik fəaliyyəti (tikintinin həyata keçirilməsi, təbii ehtiyatların mənimsənilməsi, kəşfiyyat-axtarış, istismar işlərinin aparılması və s.) zamanı müxtəlif süxur, torpaq, çürüntü və müxtəlif çöküntü (süxura çevrilməmiş) təbəqəsi, süxur-buz kütləsi, antropogen mənşəli törəmə təsir və tədqiqat obyektinə çevrilə bilər. Bu zaman həmin süxur, torpaq, çürüntü və çöküntü təbəqəsi, süxur-buz kütləsi, antropogen mənşəli törəmə insanların mühəndislik fəaliyyəti ilə əlaqəli olaraq təsir obyektinə çevrildiyindən və ya çevrilə bildiyindən, həyata keçirilən mühəndisi-fəaliyyətin özünü doğrultması, uzunömürlü olması, təbii mühitin maksimal dərəcədə qorunub saxlanılması zərurətindən hərtərəfli tədqiq olunur. Beləliklə də, *təsir obyektinə çevrilən və ya çevrilə bilən istənilən süxur, torpaq, çürüntü və çöküntü təbəqəsi, süxur-buz kütləsi, antropogen mənşəli törəmə mühəndisi fəaliyyət ilə əlaqədar olaraq qrunut adlandırılır və çox komponentli dinamik bir sistem kimi qəbul edilir.*

1.2. MÜHƏNDİSİ-GEOLOGİYADA QRUNTLARIN ÖYRƏNİLMƏSİNİN VƏ TƏSNİFLƏNDİRİLMƏSİNİN ƏSAS PRİNSİPLƏRİ

Mühəndisi-geologiyada qruntlar molekulyar, mikrostruktur və makrostruktur səviyyədə tədqiq olunurlar. Onları təşkil edən komponentlər arasında struktur əlaqənin molekulyar səviyyədə öyrənilməsi həmin əlaqənin təbiətini öyrənməyə, onun

deformasiyaya uğrama səviyyəsini, möhkəmliyini və dəyanətliliyini təyin etməyə xidmət edir. Qruntların mikrostruktur səviyyədə tədqiqi onların mineral və petroqrafik tərkibini və quruluşunu (struktura və tekstura), eyni zamanda əmələ gəlmə şəraitini və fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini təyin etməyə imkan verir. Makrostruktur səviyyədə qrunտun tədqiqi isə müxtəlif qurğu və tikintilərin əsası, mühiti və tikinti materialı ola bilən həmin qrunտ qatının yatım şəraitini, ölçülərini və bütövlüyünü müəyyən etməyə imkan verir.

Beləliklə də, qrunտların mühəndisi-geoloji öyrənilməsi zamanı aşağıdakı əsas istiqamətlər diqqət mərkəzində olmalıdır:

1) geoloji mühitdə həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətin təsir zonasında qrunտların bütöv litoloji kəsilişinin dəqiqliklə öyrənilməsi;

2) kəsiliş üzrə qalınlığından və məkanca izlənilməsindən (ərazi üzrə təşəkkül tapma səviyyəsindən) asılı olmayaraq, tikintiyə yararlılıq səviyyəsində və petroqrafik əlamətlərinə görə kəskin fərqlənən qrunտların (mühəndisi-geoloji elementlərin) müəyyənləşdirilməsi; Bu zaman tikinti nöqtəyi-nəzərindən zəif qrunտ, lay səthinə və zəifləmiş zonalara daha çox diqqət yetirilməlidir;

3) qrunտların petroqrafik xüsusiyyətləri ilə bərabər, onların fiziki vəziyyəti və fiziki-mexaniki xassələrinin də öyrənilməsi;

4) qrunտların əsasən təbii yatımda, strukturu pozulmadan, təbii nəmlikdə tədqiq edilməsi, tikinti materialı kimi istifadə etdikdə isə pozulmuş strukturda da onların tədqiqinin yolverilən olması;

5) tikiləcək qurğu və tikintinin təsiri altında qrunտun tərkibində, vəziyyətində və xassələrində baş verə biləcək dəyişikliyin proqnozlaşdırılması;

6) qrunտların çöl və laboratoriya şəraitində hərtərəfli tədqiqini həyata keçirməyə imkan verən metodlardan geniş istifadə edilməsi;

7) qrunտların öyrənilməsində müəyyən ardıcılığa əməl edilməsi.

Nəzərdə tutulan obyektin tikiləcəyi ərazidə onun təxmin edilən yerləşmə vəziyyətinin təyini zamanı aparılan tədqiqatların ilkin mərhələsində qrunտların petroqrafik və genetik tipləri, onların geoloji mühitdə təzahür səviyyəsi, yayılması, yatım şəraiti, rayonun geoloji strukturunda vəziyyəti, hər bir qrunտun bu və ya

digər sahənin və tikiləcək obyektin dəyanətliliyinə təsiri qiymətləndirilməlidir. Layihələndirmənin həmin mərhələsində ərazinin litoloji kəsilişi üzrə iştirak edən hər bir qrunzun petroqrafik xarakteristikası və fiziki-mexaniki xassəsi ilkin tədqiqat nəticəsi kimi (ümumi şəkildə) verilməli, onların məxsusiliyi və obyektin yerləşmə vəziyyətinə təsir etmə səviyyəsi, növbəti mərhələdə əsaslı tədqiqatlardan aparılması vacib olanları dəqiqləşdirilməlidir.

Əsaslı tədqiqatların aparılması mərhələsində tikinti meydançalarının seçilməsi (xüsusi ilə seçilmiş meydançalar və yaxud ayrı-ayrı qurğular yerləşən sahələr hüddudunda) zamanı, qruntların mühəndisi-geoloji tədqiqi çöküntülərin laylanma ardıcılığının (sahənin stratigrafiyasının), hər bir fərqləndirilmiş layın yatım şəraitinin, onların petroqrafik məxsusiliyinin və fiziki-mexaniki xassələrinin yekun olaraq müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir.

Mühəndis geologiyasında qruntların tədqiqi onların xassələrinin müəyyən qayda üzrə sinifləndirilməsi (təsnifləndirilməsi) əsasında aparılır. Qruntların sinifləndirilməsi onların öyrənilməsinin bir metodu və vasitəsidir. Onların təsnifləndirilməsi aşağıdakı bir sıra məsələlərin həlli üçün vacibdir.

1) qruntların geoloji mühitdə rast gəlinən petroqrafik əlamətlərinə və tikintiyə yararlılıq səviyyəsinə görə müxtəlifliyinin fərqləndirilməsi və həmin təsnifatdan istifadə edərək onların ilkin mühəndisi-geoloji qiymətləndirilməsi;

2) mühəndisi-geoloji xəritə, kəsiliş və sxemlərin qurulması;

3) qruntların mühəndisi-geoloji öyrənilməsi istiqamətinin və metodikasının, həcmnin və tərkibinin təyini;

4) qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması metodunun seçilməsi;

5) geoloji mühitdə həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətin xarakterinə uyğun olaraq, qrunzun geoloji mühiti düzgün qiymətləndirən xassə göstəricilərinin müəyyən edilməsi.

Mühəndisi-geologiyada qruntların ümumi qəbul edilmiş vahid təsnifatı yoxdur. Bu müxtəlif sahə elmlərinin geoloji mühitə yanaşma tərzinin müxtəlifliyi, həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətin fərqliliyi, qruntların kifayət səviyyədə öyrənilməməsi, tikinti praktikasının çoxtərəfli tələblərinin bir təsnifatda təmin

olunmasının çətinliyi, qruntların xassələrinin məkan və zaman etibarı ilə kəskin dəyişikliyə uğraması və s. ilə əlaqədardır.

Hal-hazırda **məxsusi və ümumi təsnifatlar** mövcuddur. Məxsusi təsnifatlar tikinti işlərinin müxtəlif məsələlərinin həlli üçün işlənib hazırlanmışdır.

Ümumi təsnifatlar tikintinin müxtəlif sahələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Burada qruntların bir çox əlamətləri əsas götürülərək təsnifləndirmə aparılmışdır və qruntların daha çox yayılmış tipləri ayrılaraq, onların tikinti xüsusiyyətləri lazımi səviyyədə təfərrüatı ilə verilmişdir. Təbii olaraq, ümumi təsnifat məxsusi təsnifata nisbətən az təfərrüatı ilə qruntları səciyyələndirir.

Məxsusi təsnifatlardan aşağıdakılar daha çox istifadə edilir:

Yamaclarda qrunzun dayanıqlılığına görə təsnifatı.

Dayanıqlılıq meyarı təbii yamaclıq bucağıdır, yəni meyar təbii şəraitdə həddi-müvazinət vəziyyətində olan yamac səthinin ən böyük meyl bucağıdır. Bu məxsusi təsnifat tökmə qrunz qatının, dambaların və torpaqlardan tikilmiş müxtəlif qurğuların (hidrotexniki bənd və s.) layihələndirilməsi və tikintisində tətbiq edilir.

Qrunzun yükdaşıma qabiliyyətinə görə təsnifatı. Qrunzda təhlükəli deformasiya, çökmə, dəyanətliliyində pozulma yaratmayan xarici yükün həddi qiymətinə (ən böyük) görə təsnifləndirmə aparılır və qurğu bünövrələrinin layihələndirilməsi və tikintisində tətbiq olunur.

Qruntların çətin işlənməsi və üsuluna görə təsnifatı. Bu təsnifat qrunzun hansı alət və avadanlıqlardan və hansı üsuldan istifadə edilməklə işlənməsinə görə həyata keçirilir və əsasən müxtəlif torpaq işləri aparılarkən tətbiq edilir.

Qruntların dağılmaya qarşı davamlılığına (krepost) görə təsnifatı. Onların parçalayıcı qüvvəyə qarşı göstərdikləri müqavimətə görə həyata keçirilir. Bu təsnifat M.M.Protodyakonov təsnifatı kimi məşhurdur və təsnifat meyarı Protodyakonov əmsalıdır. Bu təsnifat dağ-mədən işlərinin yerinə yetirilməsində tətbiq olunur.

Qruntların sukeçirmə və suudma qabiliyyətinə görə təsnifatı. Əsas meyar kimi qrunzlarda su süzülmə və xüsusi su udma əmsallarıdır. Süzülmə əmsalı qrunzun mütləq, suudma əmsalı isə nisbi (müqayisəli) xarakteristikasıdır.

Qruntların ümumi təsnifatlarından hal-hazıradək məlum olanları N.N.Maslov, E.M.Sergeyev, İnşaat norma və qaydaları (İNvəQ 2.02.01-83) və F.P.Savarenskinin təsnifatlarıdır.

Ümumi təsnifatlar içərisində prinsipcə daha düzgün olanı F.P.Savarenskinin (1937) təsnifatıdır. Bu təsnifatda qruntların genetik və petroqrafik əlamətləri və fiziki-mexaniki xassələri nəzərə alınmışdır və V.D.Lomtadzenin apardığı əlavələrlə həmin təsnifat aşağıdakı prinsipə əsaslanır.

Müxtəlif qruntların fərqləndirilməsi üçün təbii geoloji əlamət kimi onların mənşəyi götürülmüşdür. Ona görə də, qruntlar genetik tipinə görə 4 yerə-maqmatik, metamorfik, çökmə və texnogen qruntlara bölünmüşdür. Müxtəlif genetik və petroqrafik tipə malik qruntlar fiziki-mexaniki xassələrinə görə müəyyən qrupda birləşdirilmişdir. Hər bir ayrılmış qrup üçün onların möhkəmliyinin, dəyanətliyinin, sukeçiriciliyinin və deformasiyasının müvafiq xarakteristikası verilmişdir. Beləliklə, həmin təsnifatda qruntların fiziki-mexaniki xassələrinə görə 5 qrupu fərqləndirilmişdir:

- 1) bərk-qayavari qruntlar;
- 2) nisbətən bərk-yarımqayavari qruntlar;
- 3) yumşaq-əlaqəsiz qruntlar;
- 4) yumşaq-əlaqəli qruntlar;
- 5) xüsusi tərkibli, vəziyyətli və xassəli qruntlar.

Bu mühəndisi-geoloji təsnifləndirmədə qruplar üzrə tikinti keyfiyyəti birinci qrupdan beşinci qrupa doğru dəyişir, bir əlamət və xüsusiyyət başqası ilə əvəz olunur və yenisi meydana çıxır. Qruntun qrupları üzrə onların petroqrafik xüsusiyyətlərinə, aşınma səviyyəsinə, çatlılığına, karstlaşmasına və digər xüsusiyyətlərinə dair mövcud olan çoxlu faktiki materialların statistik işlənilməsi əsasında təbii yatım şəraitində onların xassələrini yaxşı əks etdirən kəmiyyətə qiymətləndirmə aparılmışdır.

Qayavari qruntlar tikinti üçün tələbata daha çox cavab verir. Onlar yüksək möhkəmliyə və dəyanətliyə, az deformasiyaya uğrama və zəif sukeçirmə qabiliyyətinə malikdirlər. Bu qruntların təşəkkül tapdığı ərazilərdə istənilən qurğunun tikilməsi nəzərə alınacaq məhdudiyyət olmadan və onların dayanıqlılığının təmini üçün mürəkkəb tədbir görmədən mümkündür.

Yarımqayavari qruntlar qayavari qruntlardan az möhkəm və az dəyanətli olmaları, onlardan çox deformasiyaya uğramaları, nəzərə alınacaq dərəcədə və bəzən yüksək sukeçiriciliyə malik olmalarına görə fərqlənirlər. Onlar əksərən çatlı, karbonatlılar isə karstlaşmış, digərləri isə götürülmüş nümunə üzrə yüksək möhkəmliyə malik olurlar. Bu qruntlar daha çox müxtəlifcinsliliklə və anizotropluğu ilə səciyyədirlər. Əksər hallarda bu qruntların təşəkkül tapdığı ərazilər müxtəlif qurğuların tikintisi üçün əlverişli olur. Bəzən qurğuların dəyanətliliyinin artırılması və asan istismar olunması üçün mürəkkəb mühəndisi tədbirlərin həyata keçirilməsi zəruri olur.

Yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlar qayavari və yarımqayavari qruntlara nisbətən daha az möhkəmlik və dəyanətliliklə xarakterizə olunurlar. Onlar fiziki xassə və vəziyyətlərinə görə çox dəyişkəndirlər, əsasən dördüncü dövrün çökmə tipli qruntlarını əhatə edirlər. Onlar üzərində müxtəlif obyektlərin tikintisi əksərən müvafiq məhdudiyyətlərlə həyata keçirilir.

Xüsusi tərkibli, vəziyyətli və xassəli qruntlar tikintilərin aparılması üçün əlverişli olmadığından, müxtəlif obyektlərin (qurğu və tikintilərin) geoloji mühitdə yerinin seçilməsində həmin qruntların təşəkkül tapdığı ərazidən kənarda qurğunun yerinin seçilməsinə üstünlük verilir.

Qruntların təsnifləndirilməsinə dair, mühəndisi fəaliyyətin xarakterinə uyğun, Dövlət Standartları da mövcuddur ki, tikintilərin aparılması zamanı həmin standartlardan (DÜİST 25100-82) da istifadə edilir. Həmin standart müvafiq standartlar əsasında işlənilərək, MDB respublikalarının tikintidə normalaşdırma və standartlaşdırma üzrə elmi-texniki komissiyası tərəfindən 19 aprel 1995-ci ildə qəbul olunmuş və dövlətlərarası standart kimi 1 iyul 1996-cı ildən qüvvəyə minmişdir. Həmin standartın mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilməsi, mühəndisi obyektlərin layihələndirilməsi və tikintisi zamanı istifadəsi nəzərdə tutulmuşdur. Hal-hazırda respublikamızda aparılan tikinti işlərində istifadə olunan standartda qruntların təsnifatı fərqləndirilmiş bir qrup əlamətə görə aşağıdakı taksonomik vahidlər üzrə aparılmışdır:

1) sinif-struktur əlaqənin ümumi xarakterinə görə;

2) **qrup**- struktur əlaqənin xarakterinə görə (onların möhkəmliyi nəzərə alınmaqla);

3) **yarım qrup** - mənşəyinə və əmələ gəlmə şəraitinə görə;

4) **tip** – maddə tərkibinə görə;

5) **növ**- qrunտun adlandırılmasına görə (hissəciklərin ölçüsü və xassə göstəriciləri nəzərə alınmaqla);

6) **yarım növ** - qrunտların maddə tərkibinin, xassələrinin və strukturlarının kəmiyyət göstəricilərinə görə.

Qrunտların adlandırılmasında onların yerli stratigrafiк sxeмə uyğun olaraq geoloji yaşı haqqında məlumatlar da nəzərə alınmalıdır.

Qrunտlar həmin təsnifatа görə aşağıdakı 4 sinifə ayrılmışdır:

1) **Təbii qayavari qrunտlar sinfinə** – möhkəm struktur əlaqəyə (kristallik və sementlənmiş) malik qrunտlar aid edilir və qrup, yarım qrup, tip, növ və yarım növə bölünürlər;

2) **Təbii dispers qrunտlar sinfinə**-yüksək kolloid və mexaniki struktur əlaqəyə malik olan qrunտlar aid edilir və qrup, yarım qrup, tip, növ və yarım növə bölünürlər;

3) **Təbii donmuş qrunտlar sinfinə**-kriogen struktur əlaqəyə malik olan qrunտlar aid edilir, mənfi temperaturлу kriogen strukturaya malik olmayan qrunտlar isə təbii dispers qrunտlara aid edilir. Təbii donmuş qrunտlar sinfi qrup, yarım qrup, tip və növə bölünürlər.

4) **Texnogen (qayavari, dispers və donmuş) qrunտlar sinfinə**- müxtəlif struktur əlaqəyə malik olan və insanların fəaliyyəti nəticəsində əmələ gələn qrunտlar aid edilir və qrup, yarım qrup, tip və növə bölünürlər.

Bu standartda **qrunտ** dedikdə, insanın mühəndisi-təsərrüfat fəaliyyəti obyektі olan, süxur, torpaq, texnogen mənşəli maddi törəmələrdən ibarət çoxkomponentli və çoxobrazlı geoloji sistem nəzərdə tutulur. Qrunտlar qurğu və binaların əsası, qurğular (tunel, stolna, ştrek və s.) yerləşdirilən mühit, qurğular üçün tikinti materialı ola bilər.

Qrunտların xassə göstəricilərinin formalaşmasında **struktur və tekstur** xüsusiyyətlərinin rolu böyükdür və onların təsnifləndirilməsində qrunտların struktur və tekstur xüsusiyyətlərindən də istifadə edilir.

*Həmin təsnifatda **qrunտların strukturu** dedikdə, onun təşkildicilərinin tərkibi, miqdarca bir-birinə nisbəti və qarşılıqlı*

təsiri ilə müəyyənləşən, morfoloji (qrunt hissəciklərinin ölçüsü, forma və miqdarca qarşılıqlı nisbəti), həndəsi (struktur elementlərin fəza düzülüşü) və enerji (struktur əlaqənin tipi və strukturun ümumi enerjisi) əlamətlərinin toplusu ilə səciyyələnən qrunut komponentlərinin fəza düzülüşü nəzərdə tutulur.

Qrunutun teksturu dedikdə, qrunut elementlərinin (təbəqəlilik, çatlılıq və s.) qarşılıqlı vəziyyətinin fəza düzlüşü nəzərdə tutulur. *Tekstur kimi qrunutun bütün struktur elementlərinin qarşılıqlı münasibətinin fəza düzülüşü və istiqamətliliyi ilə şərtlənən quruluşunun məxsusiliyi nəzərdə tutulur.*

Qrunutun teksturu çöküntü toplanma və süxur əmələ gəlmə şəraiti ilə əlaqədar formalaşır. Misal olaraq göllərin donması dövründə əmələ gələn tozlu-gilli çöküntülərdə səciyyəvi təbəqəli tekstur formalaşır. Bu tekstur qış dövründə buz altında çökən nazik qalınlığa malik gil təbəqəsi ilə ilin isti dövründə çökən tozlu-qumlu hissəciklərdən təşkil olunmuş nazik təbəqələrin növbələşməsindən ibarətdir.

1.3.QRUNTLARIN ÜMÜMİ MÜHƏNDİSİ-GEOLÖJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

1.3.1.QAYAVARİ VƏ YARIMQAYAVARİ QRUNTLAR

Qayavari qruntlar yüksək möhkəmlik göstəricilərinə, zəif deformasiyaya uğrama və sukeçiriciliyə, yüksək dəyanətliyə malikdirlər. Qruntların bu qrupuna massiv-kristallik maqmatik, massiv və təbəqəli-kristallik metamorfik, möhkəm sementlənmiş çökmə, süni yolla smentlənmiş və sıxlaşdırılmış texnogen mənşəli qruntları aid etmək olar.

Yarımqayavari qruntlar möhkəmlik və dəyanətlik göstəricilərinə görə qayavari qruntlardan geri qalırlar, çatlılığı, aşınması, sukeçiriciliyi və digər göstəricilərin artması ilə qayavari qruntlardan fərqlənirlər. Bu qrupa yüksək çatlılıqla, məsəməlliliklə və aşınma ilə səciyyələnən maqmatik, metamorfik və möhkəm sementlənmiş çökmə mənşəli qruntları, zəif sementlənmiş qrunut qırıntılarından ibarət olanları, yüksək litifikasiyaya uğramış gilliləri, üzvi və üzvi-kimyəvi, piroklastik, sementlənmiş effuziv-çökmə mənşəli və müxtəlif texnogen qruntları aid etmək olar.

Bu qruntların hər biri əmələgəlmə şəraitindən, kimyəvi tərkibindən asılı olaraq müvafiq petroqrafik tərkib, struktur və tekstura malik olmaqla, səciyyəvi xassə kəsb edirlər.

Maqmatik mənşəli qruntlar. Müxtəlif tərkibə malik maqmanın soyuma və kristallaşma şəraitindən asılı olaraq müxtəlif struktur və tekstur, müvafiq möhkəmlik xüsusiyyətlərinə malik olurlar.

Maqmatik mənşəli qruntlar maqmanın yerin müxtəlif dərinliklərində və püskürərək soyuması və kristallaşması nəticəsində əmələ gəlirlər.

Maqmanın soyuması və kristallaşması zamanı davam edən tektonik hərəkətlərin və kristallaşan maqmada daxili qüvvələrin kənarlara doğru təsiri altında bərkiyən kütlədə **gizli, örtülü və açıq mikro və makroçatlar, qopma və qəlpələr, qırılmalar** əmələ gəlir. Əmələ gəlmiş çatlar və qırılmalar üzrə maqmatik məhlul yuxarıya doğru qalxaraq **damarları, daykaları** və s. formalaşdırır. Maqmatik mənşəli qruntlarda bəzi çatlar, qırılmalar və qəlpələnmələr maqmatik prosesin tam sönməsindən sonra və yaxud növbəti tektonik tsikldə əmələ gəlir.

Maqmatik mənşəli qruntlarda mühəndisi-geoloji baxımdan əhəmiyyət daşıyan struktur-petroqrafik xüsusiyyətlər aşağıdakı fazalar üzrə formalaşır:

- **məxsusi maqmatik fazada** bu qruntların mineroloji tərkibi, strukturu və struktur rabitəsi formalaşır;

- **ilkin maqmatik tektonika (protektionika) fazasında** qrunzun tekstur məxsusiliyi, anizotropluğu (müxtəlifcinsliliyi), zəifləmə səthi və zonası yaranır və inkişaf edir;

- **gecikmiş maqmatik tektonika fazasında** gizli, örtülü və açıq mikro və makroçatlar, ayrılmalar, qırılmalar, damar, dayka və s. müxtəlifcinslilik güclənir;

- **postmaqmatik tektonika fazasında** yeni çatlar, ayrılmalar və qırılmalar sistemi meydana çıxır, qrunzun xüsusiyyəti elastik dalğaların yayılma, qüvvələrin təsir, suyun süzülmə istiqamətləri ilə və s. müəyyənləşir.

Bu qeyd edilənlər onu deməyə əsas verir ki, maqmatik mənşəli massiv qruntların təbii yatımda xüsusiyyətləri götürülmüş qrunz nümunələrinin xüsusiyyətlərindən fərqlənə bilər. Ona görə də, onların tədqiqi struktur-petroqrafik və struktur-tektonik çöl müşahidə tədqiqatları ilə tamamlanmalıdır.

Məlum olduğu kimi maqmanın soyuma və kristallaşması yerin dərin qatlarında baş verdikdə **intruziv (abissal süxurlar)**, nisbətən az dərinlikdə baş verdikdə **hibabissal** (yarımdərinlik süxurları) və səthdə isə **effuziv** süxurlar əmələ gəlir.

Dərinlikdə əmələ gələn (intruziv) maqmatik qruntlar **batolit, ştok** şəklində, yarımdərinlik süxurları **lakkolit, lopolit, fakolit, dayka, damar** və s. yatım formalarını əmələ gətirirlər. Effuziv süxurlar **örtük, axım, kümbəz** və **kiçik daykalar** şəklində yatım əmələ gətirirlər.

Strukturlarından, süxur əmələ gətirən mineralların tərkibindən və biri-birinə nisbətən iştirak faizindən asılı olaraq maqmatik süxurların müxtəlif petroqrafik tipləri fərqləndirilir və onların strukturu genezisini əks etdirir. Belə ki dərinlik süxurları üçün **orta** və **iri dənəli tam kristallik** və yaxud əsas kütləsi **orta** və **iridənəli porfirvari struktur** səciyyəvidir. Yarımdərinlik süxurları xırdadənəli və çox iridənəli tam kristallik, həmçinin əsas kütləsi xırda dənəli porfirvari struktura malikdirlər. Effuziv süxurlar **gizli kristallik, tam sıx** və yaxud **natamam** və ya əsas kütləsi **çox incə dənəli porfirvari** strukturlu olurlar.

Maqmatik süxurların tərkibində silisiumun müxtəlif birləşmələrinin miqdarından asılı olaraq **ultraturş** ($\text{SiO}_2 > 75\%$ **olduqda**), **turş** (SiO_2 **65-75 % olduqda**), **orta** (SiO_2 **52-65 % olduqda**), **əsas** (SiO_2 - **40-52 % olduqda**) və **ultra əsas** ($\text{SiO}_2 < 40\%$ **olduqda**) süxurlara bölünürlər.

Tam kristallik strukturlu dərinlik süxurlarına **qraniti, sieniti, dioriti, qabbronu** misal göstərmək olar.

Tərkibində çöl şpatının, əlvan mineralların, kvarsın və digər mineralların miqdarından, bir-birinə nisbətən iştirak faizindən asılı olaraq maqmatik mənşəli qruntlar aşağıdakı qruplara bölünürlər: **qranit-liparit; sienit-traxit; qranodiorit-dasit; diorit-andezit; qabbro-bazalt; ultraəsas süxurlar**.

Metamorfik mənşəli qruntlar. Metamorfik qruntlar təzyiqin, temperaturun, maqmadan ayrılan qaz və su buxarının təsiri altında maqmatik və çökmə qruntların metamorfizmə uğraması nəticəsində əmələ gəlirlər. Təsir edən temperaturdan, təzyiqdən, metamorfizmin tipindən asılı olaraq ilkin qruntlar müxtəlif səviyyəli və xarakterli yenidən əmələgəlməyə məruz qalırlar.

Qruntların metamorfizmə uğraması dedikdə onların mineral tərkibinin, struktur və teksturunun yer qabığında gedən endogen

proseslərin təsiri ilə dəyişikliyə uğraması nəzərdə tutulur. Xüsusi hallarda metamorfizm qrunzun əriməsi ilə müşayiət olunur (**ultrametamorfizm**) və bu zaman **ultrametamorfik süxurlar** əmələ gəlirlər. Əksər hallarda isə metamorfizm zamanı ərimə baş vermir.

Ultrametamorfizm metamorfizmləşmənin ən yüksək səviyyəsi olub, onun yer qabığının dərin hissələrində **metasomatoz, qranitləşmə, miqmatitləşmə** və **palingenezis** ilə əlaqədar olaraq baş verdiyi qəbul olunur.

Bəzi alimlərin fikrinə görə, yer qabığını təşkil edən maddələr müxtəlif təsirlərlə əlaqədar olaraq əriyirlər. Əgər ərimə hissə-hissə olarsa **palingenezis**, tam olarsa **anateksis** adlanır. Əriməyə yüksək səviyyədə metamorfizmləşmiş qruntlar (qneyslər) da məruz qalırlar.

Yer qabığını təşkil edən maddələrin əriməsi maqmatik ərintinin yaranmasına səbəb olur. Hissə-hissə ərimə zamanı turş tərkibli maqma (qranit maqması), həmin ərintinin soyuması zamanı isə yüksək səviyyədə metamorfizmə uğramış süxurlar (qneys) yaranırlar.

Palingenezis zamanı yeni əmələ gəlmiş süxurları təzyiqin artması (temperatur artımından genişlənmə ilə əlaqədar) yanlara doğru sıxır, hələ əriməmiş həmin qruntlar nazikləşərək nazik qneys və qranit laylanması yaranır. Bu süxur **miqmatit**, onların əmələ gəlmə prosesi **miqmatitləşmə** adlanır.

Digər alimlərin fikrinə görə daha böyük dərinliklərdə **metasomatoz** hadisəsi daha güclü təsirə malikdir. Daha böyük dərinliklərdən yüksək səviyyədə qızmış qələvi məhlul maqmatik ocağa daxil olur və metamorfik süxurla qarşılıqlı təsirdə olaraq onun tərkibini qranitin tərkibinə yaxın tərkibə çevirir. Bu proses **qranitləşmə**, yaranmış qrun **metasomatik qranit** adlanır.

Metasomatoz hadisəsi Böyük Qafqazda Q.D.Afanasyev tərəfindən qranodioritdə (plagioklaz metasomatik olaraq mikroklinlə əvəz olunmuşdur) aşkar olunmuşdur.

Metamorfizmin əsas amilləri temperatur, təzyiq, maqmadan ayrılan qaz və məhluldur. Bu amillər eyni vaxtda təsir edirlər, ancaq üstünlük təşkil edən amilə görə metamorfizmin tipi müəyyənləşdirilir. Təzyiqin dəyişməsinə görə **dinamometamorfizm**, temperaturun dəyişməsinə görə **termometamorfizm**, qaz və buxarın təsiri ilə yaranan metamorfizm zamanı isə **pnevmatolit** və **hidrotermal metamorfizm** fərqləndirilir.

Termal metamorfizm zamanı temperatur artımı əsas rol oynayır. Süxurun qızması onun yenidən kristallaşmasına səbəb olur. Bu prosesdə buxara çevrilmiş su da iştirak edir və süxurla kimyəvi reaksiyaya girərək yeni mineral əmələ gəlir. Bu metamorfizm çox vaxt intruziya ilə təmasda yaranır və temperatur 1000°S-dən çox olur.

Pnevmatolit və hidrotermal metamorfizm süxurda çoxlu mineralların yaranmasına səbəb olur. Qaz və su buxarının yüksək temperatur şəraitində birgə təsiri ilə süxurun yenidən kristallaşması baş verir, süxurun strukturu, teksturu və kimyəvi tərkibi kəskin dəyişikliyə uğrayır. Metamorfizm zamanı, xüsusi ilə pnevmatolit və hidrotermal metamorfizm zamanı çox vaxt bir mineral süxur tərkibində başqası ilə əvəz olunur. Bu hadisə **metasomatoz** adlanır. Misal olaraq, maqmadan ayrılan silisium məhlulu əhəngli süxürdə kalsium karbonatı əvəz edərək əvvəlcə silisium əhəngdaşı, sonra isə kvarsit yaranır. Metasomatoz zamanı su böyük təsir göstərir. Müxtəlif maddələri həll edərək özü ilə başqa yerə daşıyır və boşluqların yaranmasına səbəb olur.

Dinamometamorfizm təzyiq amilinin üstünlük təşkil etdiyi şəraitdə baş verir.

Ümumilikdə metamorfizm əsasən 150°S-dən böyük temperaturalarda yaranır. Metamorfizm zamanı qrunnt minerallarının əriməsi müşahidə edilməyən temperaturun yuxarı həddi böyük dərinliklərdə 800-850°S, yer səthinə yaxın isə 1000-1100°S təşkil edir. Bu zaman təzyiq 1000 MPa-a və daha çox həddə çatı bilər və birtərəfli yana təzyiq (stres) əsas rol oynayır. Həmin təzyiqin qiyməti qrunntun üstündə yatan layların təzyiqindən yüksək olur. Metamorfizm zamanı flyüid və məhlulların rolu çox böyükdür. Onlar iştirak etmədikdə temperatur və təzyiqin kifayət qədər artması qrunntun metamorfiki yenidən kristallaşmasına səbəb olmur.

Metamorfizm zamanı qruntların yenidən kristallaşması mürəkkəb fiziki-kimyəvi hadisədir və bütün amillər kompleks şəkildə təsir edir.

Ümumi təzyiqin artması daha sıx mineralların əmələ gəlməsinə, temperaturun artması isə sulu mineralların susuzlaşmasına səbəb olur. Ona görə də, güclü metamorfizmə məruz qalan qruntlarda tərkibində su iştirak edən minerallara rast gəlinmir.

Metamorfizmə məruz qalan qrunun mineral tərkibi onun metamorfik ekvivalentindən fərqlənir. Hər bir temperatur və təzyiq həddinə uyğun şəraitdə müəyyən qrunlar əmələ gəlirlər. Buna uyğun olaraq metamorfizmin müxtəlif pillələri (təzyiq-temperatur diaqramına müvafiq)-**çox alçaq, orta və yüksək metamorfizm pillələri fərqləndirilir**. Hər bir metamorfizm pilləsinə müəyyən mineral assosiasiyasının, yəni mineral fasiyasının əmələgəlmə şəraiti uyğundur. Məsələn olaraq seolit fasiyasının əmələgəlmə şəraitinə metamorfizmin ən alçaq pilləsi uyğundur. Həmin mineral assosiasiyasına seolit, xlorit, muskovit və kvars aiddir. Yaşıl-şistli alçaq temperatur lulara epidot-xlorit, muskovit, albit və kvars; orta və yüksək metamorfik pilləyə amfibolit fasiyası, regional metamorfizm zamanı ən yüksək metamorfik pilləyə qranulit fasiyasının əmələ gəlmə şəraiti uyğundur.

Həmin mineral fasiyalarının xassələrindəki əsas keyfiyyətlər nəzərə alınaraq onlar 3 qrupda birləşdirilir.

Birinci qrupa alçaq metamorfik pilləyə uyğun olanlar-gilli şistlər, fillitlər, yaşıl şistli xloritlər, serpentinitlər və sairələr aiddirlər. Bu fasiya qrupu alçaq temperaturda (100-400⁰S) və 250-600 MPa təzyiq şəraitində əmələ gəlirlər. Bu şəraitdə hidroksil iştirak edən silikatlar və alüminiumsilikatlar, kəskin anizotropluqla səciyyələnən və bazal səthlər üzrə əlaqə zəifləmiş, aşınmaya davamsız xallı minerallar əmələ gəlirlər.

İkinci qrupa şərti olaraq orta metamorfizmləşmiş adlandırmaq olar. Onlar orta səviyyədə yüksək (700-800⁰S-dək) temperaturda və 800 MPa-dək təzyiq şəraitində əmələ gəlirlər. Slyudalı və xloritli-aktinolitli şistlər aiddirlər.

Üçüncü qrupa aid olanlar çox yüksək metamorfik pilləyə (700-800⁰S və 1000-1400 MPa-dək təzyiq şəraiti) uyğun şəraitdə əmələ gəlirlər. Bunlara müxtəlif qneyslər, kristallik şistlər, çarnokitlər və s. aiddirlər. Əsasən susuz minerallardan ibarətdirlər.

Metamorfizm zamanı maddənin yenidən kristallaşması, kristalların ölçülərinin, formasının, onların qarşılıqlı vəziyyətinin dəyişməsi, blastik struktur üçün xarakterik əlamətin yaranması müşahidə olunur.

Çöküntülərin həcmində, onların yerləşmə vəziyyətinə və metamorfizmləşmə prosesinin inkişaf xüsusiyyətlərinə görə **regional və lokal metamorfizm** fərqləndirilir. Metamorfik süxurlar arasında regional metamorfik süxurlar üstünlük təşkil edirlər.

Bəzən onlar **dinamotermal** kimi də adlandırılırlar. Regional metamorfizm yer qabığının ümumi geoloji-struktur inkişafı (orogenez və qırıxıqlıq əmələgətirici proseslərlə) ilə əlaqədardır və yer səthindən böyük dərinliklərdə, üstə yatan layların yaratdığı böyük təzyiq altında baş verirlər. Bu halda qrunzun plastik vəziyyətə keçməsi, yenidən kristallaşması zamanı şistli strukturu yaranır. Regional metamorfizm zamanı geniş ərazidə metamorfizmlənmiş süxur layında mühəndisi-geoloji şərait eyni olur, ayrı-ayrı zonalarda tərkib və strukturun sabitliyi, bir zonadan digərinə keçid zamanı metamorfizmləşmə səviyyəsində dəyişikliyin qanunauyğunluğu müşahidə edilir. Metamorfizmə uğramamış çöküntülərə keçid müşahidə edilmir, layların qalınlığı böyük olur.

Regional metamorfizm zamanı yüksək təzyiqlə bərabər, temperaturun yumşaldıcı təsiri də iştirak edərsə, o zaman massiv teksturlu metamorfik süxurlar (misal olaraq qneys) əmələ gəlir.

Regional metamorfizm zamanı fillitlər və slyudalı şistlər, qneyslər və amfibolitlər, kvarsitlər və mərmər əmələ gəlir.

Regional metamorfizmdən fərqli olaraq lokal metamorfizm zamanı metamorfizmlənməmiş süxurdan metamorfizmə uğramışa tədrici keçid olur. Lokal metamorfizmə **təmas və qırılma** zonalarında baş verən metamorfizmlər aiddirlər.

Təmas metamorfizm zamanı əsas təsiredici amil temperaturun kəskin şəkildə tez artmasıdır. Bu zaman 1 m məsafədə onlarla, yüzlərlə dərəcəyədək temperatur artımı sürətlə baş verir. Bunu çox vaxt termal amil kimi adlandırırlar. Təmas metamorfizm maqmanın yer qabığında hərəkəti zamanı onunla qarşılaşan qruntlarda yüksək temperaturun təsirindən yaranır. Maqma qarşısına çıxan qruntlara doğru hərəkət edərkən yüksək səviyyədə onları qızdırır, təmas yerlərinə yaxın yandırır və əridir. Bu zaman dəyişiklik zonası bir o qədər də böyük ərazini əhatə etmir. İntruziyaya təmas edən süxurlarda və maqmanın kənarlarında metamorfizmləşmə öz-özünə getdiyindən (maqmanın özündə) o, **avtometamorfizm** adlandırılır. Sonradan intruziya hərəkət etdikcə soyuduğundan, metamorfizmləşmə prosesinə başa çatır.

Təmas metamorfizm zamanı qruntların xarakterini metamorfizmin intensivliyi ilə bərabər, maqmanın tərkibi də müəyyən edir. Maqma ilə təmas zonasından uzaqlaşdıqca qruntlarda metamorfiklik əlaməti yoxa çıxır.

Təmas metamorfizmləşmiş qruntların ərazidə təşəkkül tapma səviyyəsi intruzivin qalınlığından, onun formasından, dərinlikdən, laya daxil olmuş ərintinin tərkibindən, geotermiki qradiyentdən, asılı olaraq on metrəldən 1 km-dək ola bilər. Təmas metamorfizmin maksimal eni nadir hallarda 10 km-dək çatır.

Qırılma zonalarında metamorfizm tektonik hərəkətlər ilə əlaqədar olaraq qruntların xırdalanması və yenidən kristallaşması şəklində baş verir, **dinamometamorfizm və yaxud kataklastik** metamorfizm adlandırılır. Bu halda metamorfizmləşmə prosesi çox da böyük olmayan geostatik təzyiqdə və alçaq temperaturda baş verir. Bu zaman qrunut başlıca olaraq tektonik qüvvələrin təsirinə məruz qalır. İlkin mineral və süxurların deformasiyaya, parçalanmaya məruz qalması, biristiqamətli təzyiq altında mineral hissəciklərinin kövrək şəkildə parçalanaraq biri-birinə nəzərən yerdəyişməsi baş verir.

Metamorfik qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin formalaşmasında metamorfizmin hansı amilinin üstünlük təşkil etməsi, ilkin mineroloji tərkibi, metamorfizmdən sonra dəyişikliyə uğrama səviyyəsi böyük rol oynayır. Qruntların metamorfizmə uğramasında müxtəlif amillərin üstünlük təşkil etməsi ilə əlaqədar olaraq fərqləndirilmiş müxtəlif metamorfizm tiplərinə uyğun olaraq metamorfik qrunut tiplərini fərqləndirmək olar. Metamorfik süxurları V.A.Zavaritski metamorfizmin **lokal (təmas-termal, təmas-metasomatik, avtometamorfizm, damar ətrafı), kataklastik, regional (alçaq temperaturu, orta temperaturu, yüksək temperaturu), plutonik** və yaxud **inyeksiyalı tiplərinə** uyğun olaraq təsnifləndirmişdir.

Metamorfik qrunutları əmələgətirici əsas minerallar maqmatik süxurlardan əmələ gəldikdə kvarsdan, çöl şpatlarından, piroksenlərdən, amfibollardan, slyudalardan və s. ibarət ola bilərlər. Bəzən maqmatik və çökmə süxurların ikinci dərəcəli mineralları da metamorfik qruntların əsas minerallarına çevrilirlər. Bunlara misal olaraq sfen, apatit, rutil, şpinel, serpentin, xlorit, epidot və digərlərini aid etmək olar. Bunlardan başqa metamorfik qruntların tərkibində xüsusi metamorfik minerallardan kordierit, disten, stavrolit, vollastonit, andaluzit, sillimanit, qranat, diopsid, tremolit və s. mineralları da böyük rol oynayırlar. Metamorfik qruntların mineral tərkibi ilkin minerallardan asılıdır.

Metamorfizm zamanı yaranan yeni mineral assosiasiyalarının da əhəmiyyəti böyükdür.

Metamorfik qruntlar daxili quruluşu (strukturu və teksturu) ilə digərlərindən fərqlənirlər. Onların ümumi əlaməti tam kristallik quruluşa malik olmalarıdır.

Mineral hissəcikləri çox vaxt yastılanmış, yuvarlaqlanmış, bir-birinə paralel istiqamətlənmiş olurlar. Metamorfik qruntların əksəriyyətinin strukturu **kristalloblastik** olur. Onlar qrunnun bərk halda (**blastez- blastos** yunan sözü olub, rüşeymin, nüvənin inkişafı deməkdir) yenidən kristallaşması prosesində formalaşır. Bu zaman müəyyən tərəfə istiqamətlənmiş təzyiq şəraitində törəmə mineral təzyiqin təsir istiqamətinə perpendikulyar böyüyür. Ona görə də, əksər metamorfik qruntlarda **şistlilik** yaranır.

Metamorfik qruntlar üçün **kristalloblastik, kataklastik** və **relikt** struktur qrupları xarakterikdir.

Kristalloblastik struktur qrupuna **qranoblastik, lepidoblastik, nematoblastik, helisit** və **qranulit strukturlar** aiddirlər.

Qranoblastik çox və yaxud az dərəcədə izometrik dənəciklərdən təşkil olunur. Lepidoblastik anizometrik (xallı və lövhəli) kristallarla mürəkkəbləşmiş, nematoblastik uzanmış prizmatik və lifli kristallardan ibarət, helisit isə başqa iri mineral dənələrində iştirak edən xırda filiz dənəli olurlar. Qranulit strukturlarda qranoblastik kütlədə linzavari iri kvars dənələri iştirak edir.

Kataklastik struktur müxtəlif tərkibə malik süxurun xırdalanması (**kataklazı**) nəticəsində yaranır. Kataklastik struktur qrupuna aşağıdakı əlamətləri ilə seçilən **qranoklastik, lepidoklastik, sementli** və **milonitli strukturlar** aiddirlər. Qranoklastiklər üçün eynicinsli teksturda xırdalanmış izometrik dənələrin iştirakı və şistliliyin olmaması, lepidoklastik üçün əvvəlki struktur əlamətlə bərabər xallı və təbəqəli dənələrin iştirakı, sementli üçün ilkin mineralları daha çox sürtülmüş xırda hissəciklərlə sanki sementlənmiş, milonitlər üçün isə paralel teksturlu, daha çox sürtülmüş-xırdalanmış dənəlilik struktur əlaməti xarakterikdir.

Metamorfik qruntların strukturunu təşkil edən elementlərin ölçülərinin nisbətinə görə onlar eynicinsli və müxtəlifcinslilərə (**porfiroblastik**) bölünürlər.

Relikt strukturlar üçün ilkin süxurun struktur məxsusiliyinin metamorfik qruntda iştirakı xarakterikdir. Ona görə də, həmin

strukturun adlandırılmasında relikt strukturun da adlandırılmasından istifadə edilir. Misal olaraq metamorfik qrunnun strukturunda qranit strukturuna rast gəlinərsə, blastoqranit strukturunu kimi adlandırılır.

Metamorfik qruntlarda vacib diaqnostik əlamət onların teksturudur və **şistli, zolaqlı, gözlüklü, ləkəli, massiv teksturlar** xarakterikdir.

Metamorfik qruntlarda massiv tekstur daha çox mərmərdə, kvartsitdə və roqovikdə, müstəvi paralel və ləkəli tekstur metamorfik şistlərdə, gözlüklü və yastılaşmış tekstur qneyslərdə təsadüf edir. Bu teksturlarla bərabər metamorfik qruntlarda **relikt teksturlara** da rast gəlinir.

Metamorfik qruntların yatım şəraiti ilkin qrunnun yatım şəraitindən və metamorfizmin tipindən asılıdır. Regional metamorfizm böyük ərazini (əyaləti) əhatə etdiyinə görə metamorfik qruntlar iri **massivlər, təbəqələr, formasiyalar** şəklində yatırlar.

Lokal (yerli) metamorfizm məhdud sahələri, zonaları əhatə etdiyinə görə metamorfik qruntların təzahürü lokal xarakter daşıyır, metamorfizm zonasından uzaqlaşdıqca ilkin qrunta keçid tədrici və yaxud birdən olur.

Regional metamorfizm hüdudunda müxtəlif mineral və mineral assosiasiyaları ilə biri-birindən fərqlənən və konkret termodinamik əmələgəlmə şəraiti ilə səciyyələnən fasiyalar ayrılır.

Çökmə mənşəli-sementlənmiş qayavari və yarımqayavari qruntlar. Bu qruntlar istər platforma əyalətlərinin üst struktur mərtəbəsinin çox hissəsində, istərsə də qırıxıqlıq əyalətlərində geniş yayılmışdır. Sementlənmiş çökmə qruntlar mənşəyinə görə aşağıdakı dörd qrupa—**piroklastik, qrunn qırıntılarından əmələ gəlmiş, gilli, orqanogen və kimyəvi** qruplara bölünürlər.

Sementlənmiş çökmə qruntların möhkəmliyi və dəyanətliliyi onların sementləyicisinin tərkibindən, sementin tipindən, qrunnun struktur və tekstur xüsusiyyətlərindən, qarışıqların tərkibindən və miqdarından, aşınmanın və çatlılığın səviyyəsindən asılıdır.

Bunlardan monolit, möhkəm və dəyanətli qayavari qruntlara aiddirlər. Möhkəmlikləri zəifləmiş, su ilə qarşılıqlı təsirdə yumşalan, aşınma, çox çatlıqla və yaxud korroziya prosesi ilə əlaqədar monolitliyi pozulmuş qruntlar isə yarımqayavari qruntlara aid edirlər.

Hemogen həllolan qruntları (gips, anhidrit, daş duz və s.) F.P.Savarenski, N.N.Maslov və başqaları yarımqayavarilərə, Y.M.Sergeyev qayavarilərə, V.D.Lomtadze isə xüsusi tərkibə-vəziyyətə və xassəyə malik olan qruntlara aid etməyi təklif etmişlər.

Sementlənmiş çökmə qruntların strukturu onları təşkil edən qırıntıların forma və ölçüləri ilə müəyyən olunur.

Bununla əlaqədar olaraq onlar **psəfit** (iri qırıntılardan ibarət olanlar), **psammit** (orta ölçülü qırıntılardan təşkil olunanlar və yaxud qumlular), **alevrit** (xırda qırıntılardan təşkil olunanlar və yaxud qumlular) və **pelit** (incə qırıntılardan və yaxud gilli qırıntılardan ibarət olanlar) strukturlulara bölünürlər. Psəfit struktur brekçiya və konqlomeratlar, psammit struktur qumdaşılar, alevrit struktur alevritlər, pelit struktur isə argillitlər üçün xasdır.

Üzvi və kimyəvi çökmə mənşəli qruntlar üçün kristalların ölçüsündən və kristallaşma səviyyəsindən, üzvi qalıqların, onların qırıntılarının ölçü və formalarından asılı olaraq müvafiq struktur fərqləndirilir. Daha çox rast gəlin **kristallik dənəli, gizli kristallik, biomorf, detritus, oolit** və s. strukturlardır.

Bu qruntların teksturu isə 3 böyük sinfə ayrılır:

- **massiv** (eynicsinli və yaxud nizamsız) - struktur elementin istiqamətliliyi yoxdur;

- **direktiv** və yaxud **istiqamətlənmiş** - müxtəlif istiqamətlərdə qrunzun xassələrinin izotropluğu müəyyən edən;

- **ləkəli (konkresiyalı, brekçiyavari, psevdokonqlomerat və s.)** – qrunzun müxtəlif hissələrində onun xassələrinin nisbi müxtəlifcinsliliyi ilə şərtlənən.

Piroklastik qruntlar. Ümumi geologiya fənnindən məlum olduğu kimi, piroklastik qruntlar vulkanın püskürmə materiallarının (vulkanik kül, qum, tuf, lapill, vulkan bombalarının və s.) quruda, su hövzələrində çökməsi nəticəsində yaranırlar. Vulkanın püskürmə materialları havadan və sudan çökərək piroklastik qruntları formalaşdırırlar.

Piroklastik qruntların tərkibində vulkanın püskürmə materialları ilə bərabər normal çökmə materialları da iştirak edirlər.

Vulkanın püskürmə materialları havadan çökərkən adətən leysan yağışları, ümumiyyətlə isə yerüstü su axınları vasitəsi ilə su

hövzələrinə daşınaraq orada çökdürülür. Sonradan sıxlaşma və bərk materialların sementlənməsi əsasında vulkanik tuflar əmələ gəlir.

Su hövzələrində baş verən vulkanın püskürmə materialları yerüstü su axınları ilə gətirilərək orada çökdürülmüş materiallarla birlikdə toplanır və süxur əmələgəlmə prosesinə məruz qalaraq **tuffitlər** formalaşır.

İlkin vulkan materialının ölçülərindən asılı olaraq müxtəlif qruntlar yaranmışdır. Belə ki **vulkanik pelit** və **alevrolitlər** vulkan küllərindən, **psefitlər** ölçüsü 2-3 mm-dən 20-25 mm-dək dəyişən lapill və vulkan bombalarından (iri ölçülü qırıntılar) əmələ gəlmişlər.

Piroklastik qrunnt hissəcikləri vulkan şüşəsinin, müxtəlif mineral kristallarının (kvars, çöl şpatı, biotit, piroksen, amfibol və digərləri) və effuziv süxurların qırıntılarından ibarət olurlar.

Onların tərkibində müxtəlif materialların iştirakına görə piroklastik qrunnt **vitroklastik** (vulkanik şüşə üstünlük təşkil etdikdə), **kristalloklastik** (müxtəlif mineral kristalları üstünlük təşkil etdikdə), **litoklastik** (effuziv süxur qırıntıları üstün olduqda) və müxtəlif qrunnt qırıntılarının qarışığından əmələ gələn **qarışıq piroklastik** qrunnt kimi adlandırılır.

Effuziv süxurlarda olduğu kimi piroklastik qruntlar arasında **liparitli, traxitli, andezitli, bazaltlı** və digər qruntlar fərqləndirilir.

Tufogen qruntlar tərkiblərində iştirak edən normal çökmə materialının tərkibindən asılı olaraq **tufogen qumdaşılarna, tufogen argillitlərə, tufogen alevrolitlərə** və digərlərinə bölünürlər.

Piroklastik qruntların vacib təşkiledicilərindən biri də sementləyici materialdır. Tuffit və tufogen süxurlarda sement normal-çökmə materiallarından, tuflarda isə incə dispers vulkan materiallarından (əksər hallarda vulkanik şüşə) təşkil olunur.

Sementlənmiş piroklastik qruntlar lazımi qədər möhkəmliyə və davamlılığa malik olurlar. Onlar adətən effuziv və çökmə qruntlar arasında **araqat, linza və laylar** şəklində yatırlar.

Xarici görünüşünə görə onlar müxtəlif, rəngləri isə boz, sarımtıl, yaşıl, qırmızı olub, **massiv və laylı (təbəqəli)** tekstura malik olurlar.

Qrunnt qırıntılarından əmələ gəlmiş qruntlar. Qayavari və yarımqayavari qruntlara aid olan bu qruntlar müxtəlif qrunnt qırıntılarının toplanması və yaxud çökdürülməsi prosesində

sementlənməsi nəticəsində yaranırlar. Onların təsnifləndirilməsi təşkilədicilərin ölçülərindən və yuvarlaqlıq səviyyəsindən asılı olaraq aparılır. Mühəndisi-geoloji məqsədlər üçün bu qruntların tövsiyə edilən əsas təsnifatı cədvəl-1.1-də əks olunmuşdur.

Qırıntı materiallarının çökmə şəraiti və üsulu müxtəlif olduğundan, bu qruntların müxtəlif genetik tipləri mövcuddur. Kobuddənəli qruntlar (konqlomeratlar və brekçiyalar) dağ-qırıxıqlıq əyalətlərində böyük qalınlıqlarda (bəzən min metrnlərlə), platforma əyalətlərində isə müxtəlif laylarda araqat və qat şəklində yatırırlar.

Qumdaşılar və alevrolitlər konqlomerat və brekçiyalara nisbətən daha tez-tez rast gəlinirlər. Həm platforma, həm də qırıxıqlıq əyalətlərində geniş yayılaraq, yer qabığının çökmə qatının 15-20%-ni təşkil edir.

Cədvəl 1.1

Qrunt qırıntılarından əmələ gəlmiş qruntların təsnifləndirilməsi

Qrunt qırıntıların ölçüsü, mm	Yuvarlaqlaşma səviyyəsi	
	Yuvarlaqlaşmış qırıntılı	Yuvarlaqlaşmamış qırıntılı
Psefit qırıntılı		
>200	qaya parçalı konqlomerat	-
200-60	iri çaqıllı konqlomerat	-
60-40	orta çaqıllı konqlomerat	brekçiya
40-20	xırda çaqıllı konqlomerat	-
20-2	q gravelit (çinqıldaşı)	-
Psammit hissəcikli		
2-1	kobuddənəli qumdaşı	-
1-0,5	İridənəli qumdaşı	-
0,5-0,25	ortadənəli qumdaşı	-
0,25-0,10	xırdadənəli qumdaşı	-
0,10-0,05	incə dənəli qumdaşı	-
Alevrolit hissəcikli		
0,05-0,002	alevrolitlər	-

Konqlomerat və brekçiyaları təşkil edən qruntların petroqrafik tərkibi və onların yuvarlaqlıq səviyyəsi müxtəlif olub, maqmatik, metamorfik və çökmə mənşəli qruntlardan əmələ gəlirlər. Qumdaşı və alevrolitlərdə də qırıntı materiallarının təkibi müxtəlifdir və onlar **monomineral**, **oligomik** (az qarışıq) və **polimikt** (çox qarışıq) kimi fərqləndirilir.

Monomineralda təşkilədiçi qırıntı materialı 90%-dən çox bir mineraldan (kvarslı qumdaşılar, kvarslı alevrolitlər), oliqomiktlərdə 60-90 % hər hansı bir mineraldan, qalan hissə isə digər bir-iki mineralın qarışığından (misal üçün, kvars-çöl şpatlı qumdaşılarda 60-70 % kvars, 20 % çöl şpatı iştirak edir), polimiktlərdə isə qrunut miqdarca üstünlük təşkil etməyən müxtəlif mineral qırıntılarının qarışığından ibarətdir.

Polimikt qumdaşılarında üç fərqlilik ayrılır:

a)məxsusi polimikt-müxtəlif süxur və mineralların qırıntılarından təşkil olunurlar.

b)arkozlu qumdaşı - bunlar daha çox müəyyənləşmiş tərkiblə xarakterizə edilirlər, tərkiblərində kvarsın yüksək miqdarının iştirakı ilə bərabər, 25%-dən çox çöl şpatı da iştirak edir. Bu qumdaşılar yaşca cavan olub, turş-maqmatik və yaxud metamorfik (çox vaxt qranitlərin və yaxud qneyslərin) qrunutların parçalanma materiallarından törəyirlər.

c)qrauvakklı qumdaşı-plagioklazın və tünd rəngli mineralların yüksək miqdarda iştirakı ilə fərqlənirlər və əsasi maqmatik süxurların parçalanma materiallarından əmələ gəlirlər.

Qırıntı materiallarından əmələ gəlmiş qayavari və yarımqayavari qrunutların vacib təşkilədicilərindən biri hissəcikləri biri-birinə bitişdirərək yumşaq çöküntünü sementlənmiş qrunuta çevirən sementin tərkibidir. Sementin tərkibi, onun quruluşu və qrunut qırıntıları ilə qarşılıqlı əlaqəsi çox müxtəlifdir. Sement əmələ gəlmə vaxtına görə ilkin (qrunut qırıntılarının çöküntü toplanma zonasında çökməsi ilə eyni vaxtda əmələ gələn) və sonradan (sementlənmə çöküntü toplanmadan sonra baş verdikdə) əmələ gələ bilər.

Mineral tərkibinə görə **gilli, silisiumlu, opallı, xalsedonlu, kvarslı, karbonatlı** (kalsitli, dolomitli, sideritli və. s), **dəmirli, piritli, qlaukonitli, fosfatlı, sulfatlı (gipsli, anhidritli, baritli)** sementləyicilər və başqaları fərqləndirilir.

Sementin və qrunut qırıntılarının miqdarları nisbətində görə aşağıdakı sementlənmə tipləri fərqləndirilir:

-bazal - qrunut qırıntıları sementləyicidə bir-birindən aralı yerləşirlər;

-məsaməli - biri-biri ilə təmasda olan qrunut qırıntıları arasındakı boşluqlar (məsamələr) sementləyici tərəfindən tutulur;

-təmas - sementləyici qrunut qırıntılarının bir-biri ilə təmas hissələrini əhatə edir.

Qrunut qırıntılarında sementlənərək əmələ gəlmiş qrunutların tədqiqi zamanı sementin tərkibinin eynicinsliliyi (monomineral yaxud polimineral), onun strukturu, kristallaşma səviyyəsi, sulfidlərin, qlaukonitin, çöl şpatının oksidləşməsi və tərkib hissələrinə ayrılması, həllolma, bir sementin digərinə qarışma səviyyəsi və sair məsələlər öyrənilməlidir.

Gilli qrunutlar. Bu qrunutlardan möhkəmlik və dəyanətliliyinə görə yarımqayavari qrunutlar fərqləndirilir, ancaq qayavarilərə aid olanları yoxdur. Yarımqayavari gilli qrunutlara yüksək səviyyədə litifikasiyaya uğramışlar (argillitlər) və bəzi gilli şistlər aiddirlər. Onlar dağlıq-qırıxıqlıq əyalətlərində və platformalarda geniş yayılaraq, qalın laylar əmələ gətirirlər, alevrolit və qumdaşı ilə növbələşirlər.

Argillitlər yüksək həddə çatan ağırlıq və yaxud tektonik qüvvənin təsiri altında gilli qrunutların yüksək səviyyədə sıxlaşmaya və susuzlaşmaya məruz qalması nəticəsində əmələ gəlirlər. Bu proses qrunutu təşkil edən gilli tərkibin yenidən kristallaşması, sementlənməsi və bəzi hallarda yalançı şistliliyin-təbəqəliliyin yaranması ilə müşayiət olunur.

Üstünlük təşkil edən minerallardan və yaxud xarakterik qarışıqlardan asılı olaraq hidroslyudalı, kaolinitli-hidroslyudalı, kaolinitli, əhəngli, kömürlü və s. argillitlər fərqləndirilir.

Argillitlər adətən tünd rəngli (boz, yaşıl, qara, qonur, qəhvəyi və s.), gillərə nəzərən daha parlaq olurlar. Əl ilə toxunduqda az nəmlikli və yaxud quru, yağlı-parıltılı, əl ilə çətin qırılan və ovxalanan olduqları büruzə edilir. Çox az hallarda yarımberk (əsasən berk) konsistensiyalı olurlar. Onların bəziləri nəmlənərək şişirlər, suda parçalanmırlar. Havada tez çat-çat olaraq, xırda, iti uclu, qeyri-düzgün formalı çinqillir şəklində parçalanırlar.

Argillitlərin tərkibində sular fiziki əlaqəli şəkildə iştirak edirlər və rabitəsi möhkəm xarakterli, əsasən kondensasiya-kristallik olur. Argillitlər adətən pelit və yaxud **alevropelit** strukturlu olub, **oolit, gizlikristallik (kriptodənəli) struktur fərqlilik, mikrolepidoblastikə keçid** də təsadüf edilir.

Bəzi argillitlərdə suda həll olan duzlara, karbonlu birləşmələrə, mollüsk qalıqlarına və s. təsadüf olunur. Argillitlər **massiv, qarışıq laylanmış və zolaqlı tekstura** malikdirlər, bəzən isə

çökmə qruntlardan metamorfiklərə keçid üçün xarakterik olan şistlilik və fərqlilik də müşahidə edilir.

Argillitləri mineral tərkibinə, xarakterik qarışıqlarına, rənginə, struktur və tekstur əlamətlərinə görə təsnifləndirmək olar.

Orqanogen və hemogen qruntlar. Mühəndisi-geoloji baxımdan orqanogen və hemogen mənşəli qayavari və yarımqayavari qruntlardan daha çox maraq kəsb edənlər karbonatlı (əhəngdaşı, dolomit, mergel, təbaşir və təbaşirə bənzərlər) və silisiumlu (diatomit, trepel, opoka və s.) qruntlardır.

Karbonatlı süxurlar yer qabığında kembriyədək çöküntülərdən başlayaraq neogenin axırınadək olan çöküntülər arasında geniş inkişaf tapmışdır. Onlar müxtəlif yatım formasına (böyük qalınlıqlı laylar, qumlu-gilli lay dəstəsində araqlar və s.) malikdirlər. Tərkibinə, strukturuna və mənşəyinə görə müxtəlif olduqlarından çoxlu tipləri və növləri fərqləndirilir.

Karbonatlı qruntların tərkiblərinin əsas təşkilədiciləri kalsit, dolomit və terrigen minerallardır. Bəzən siderit, maqnezit və s. də iştirak edir. Qruntda kalsit və dolomitin iştirak faizindən asılı olaraq təmiz kalsitdən təmiz dolomitə tədrici keçid müşahidə edilir. Bəzən karbonatlı qrunnun maddə tərkibi müxtəlif orqanizmlərin skeletindən, onların qalıqlarından əmələ gəlmiş olur və bu halda həmin qrunn üçün orqanogen struktur xarakterik olur.

Karbonatlı qruntların tərkibində müxtəlif qarışıqlara - əsasən qumlu, alevrolitli və gilli materiallara rast gəlinir. Həmin qarışıqların iştirakı ilə əlaqədar olaraq gilli əhəngdaşı və dolomit, mergel, əhəngdaşılı gil və s. fərqləndirilir. Karbonatlı qruntlarda tez-tez opal, xalsedon, kvars, gips və anhidritin, suda həllolan bəzi mineralların qarışıqlarına da təsadüf olunur.

İndiyədək karbonatlı, qarışıq gilli-karbonatlı və qumlu-karbonatlı qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini də özündə əks etdirən təsnifatı yoxdur. Bu qruntların müasir təsnifatının əsasında isə qrunnun tərkibində iştirak edən kalsitin, dolomitin və suda həll olunmayan qalığın qarşılıqlı nisbəti dayanır. Dolomitli-əhəngdaşı və gilli-karbonatlı qruntların mühəndisi-geoloji tədqiqi zamanı S.Q.Vişnyakovun təsnifatından istifadə etmək olar (cədvəl 1.2 və 1.3).

Karbonat tərkibinin əmələ gəlmə üsulundan asılı olaraq bu qruntlar karbonatlı qrunn qırıntılarından əmələ gəlmiş, orqanogen və hemogenlərə bölünürlər.

Cədvəl 1.2

**Dolomitli-əhəngdaşı süxurlarının təsnifatı
(S.Q.Vişnyakova görə)**

Süxurlar	Tərkibi, %	
	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂
Əhəngdaşı	95-100	0-5
Az dolomitli əhəngdaşı	75-95	5-25
Dolomitli əhəngdaşı	50-75	25-50
Əhəngli dolomit	25-50	50-75
Az əhəngli dolomit	5-25	75-95
Dolomit	0-5	95-100

Cədvəl 1.3

**Gilli karbonat süxurlarının təsnifatı
(S.Q.Vişnyakova görə)**

Gilli materialların iştirakı, %-lə	Əhəngli		Dolomitli	
	Süxurlar	CaCO ₃ , %	Süxurlar	CaMg(CO ₃) ₂
0-5	Əhəngdaşı	95-100	Dolomit	95-100
5-25	Gilli əhəngdaşı	75-95	Gilli dolomit	75-95
25-50	Mergel	50-75	Dolomitli mergel	50-75
50-75	Gilli mergel	25-50	Dolomitli-gilli mergel	25-50
75-95	Əhəngli gil	5-25	Dolomitli-gil	5-25
95-100	Gil	0-5	Gil	0-5

Qrunt qırıntılarından əmələ gəlmiş karbonatlı qruntlara çox nadir hallarda rast gəlinir. Onlar əhəndaşı və dolomit qırıntılarının karbonatlı sementləyicilərlə sementlənməsi nəticəsində yaranırlar. Qrunt qırıntılarının ölçüsü, forması, çeşidlənmə səviyyəsi və yuvarlaqlığı müxtəlif ola bilər. Bunlara müvafiq olaraq müxtəlif əhəngli brekçiyalar, konqlomeratlar, qrauelitlər, qumdaşı və alevrolitlər fərqləndirilir.

Əhəngdaşılardan daha çox rast gəlinləri üzvi mənşəlidirlər. Onlar müxtəlif dəniz onurğasızlarının (balıqqulağı) qabığından, onların qırıntılarından, orqanizmlərin (rif əmələ gətirən) skeletinin və əhəng ifraz edən yosunların qalıqlarından əmələ gəlirlər. Bu qruntlara balıqqulaqlı qırıntılı-orqanogen, rif əmələ gətirici orqanizmlərin bütöv skeletlərindən törəyən biomorflar və biomorflar

detrit (detrit (50%-dən çox) bütöv, yaxud zəif zədələnmiş balıqqulaqlarından təşkil olunmuş) əhəngdaşlarını aid etmək olar.

Qruntun əsas tərkib hissəsinin 50%-dən çoxunu su hövzələrində gedən fiziki-kimyəvi proseslər nəticəsində yaranan qruntlar təşkil etdikdə, həmin qruntlar hemogen-karbonatlılara aid edirlər. Yəni hemogen-karbonatlı qruntların tərkibinin 50%-dən çoxu su hövzələrində gedən fiziki-kimyəvi proseslərin nəticəsində yaranırlar. Bu qruntlara müxtəlif mikrodənəli və oolitli əhəngdaşlar aiddirlər. Hemogen əhəngdaşlar biomorf, qırıntılardan əmələ gəlmiş və yaxud detrit əhəngdaşlarının müxtəlif növlərinə tədricən keçid yaradırlar. Ona görə də, çox vaxt onların mənşəyini müəyyən etmək olmur. Bununla əlaqədar olaraq, onları orqanogen-hemogen qrupu şəklində birləşdirirlər.

Yarımqayavari karbonatlı qruntlarda xarakterik fərqlilik təbəşir və təbəşirəbənzər qruntlar üçün xasdır. Yazı təbəşiri xırdadənəli strukturlu, eynicinsli quruluşlu, ağ rəngli olub, az bərkliyə malikdir. Az miqdarda gilli və qumlu hissəciklər də iştirak edən kalsium karbonatdan təşkil olunmuşdur. Daha çox qarışıq üzvi qalıqlardan ibarət olur. İncədənəli kalsit kimyəvi yol ilə çökmə, üzvi qalıqların tədricən parçalanması və dəyişikliyə uğraması hesabına yaranır. Təbəşirəbənzər qruntlarda incədənəli kalsit $5 \div 60 \%$, təmiz təbəşirdə isə $90 \div 95 \%$ təşkil edir.

Dolomitlər mənşəyinə görə **ilkin çökmə** və **ikincili (epigenetik) çökmə** olurlar. İlkin-çökmə dolomitlər (sedimentasiya) yüksək duzluluqlu su hövzələrində (laqunlar, dəniz körfəzləri) sudan kimyəvi çökmə yolu ilə əmələ gəlmişdir. Çox vaxt dolomitlər əhəngli lillərin və yaxud orqanik qalıqların diagenetik dəyişikliyə uğraması nəticəsində yaranmışdır. İlkin dolomitlər böyük qalınlıqda laylar və linzavari yatımlar əmələ gətirirlər.

İkincili dolomitlər əhəngdaşının dolomitləşməsi zamanı, yəni maqneziumla zənginləşmiş məhlulların əhəngdaşları ilə qarşılıqlı təsirdə əhəngdaşının dolomitlə əvəz olunması ilə yaranırlar. İkinci dolomitlər dəyişikliyə uğramış əhəngdaşlar arasında və yaxud dolomitləşmə zonalarında müxtəlif formalı və ölçülü linzalar və qeyri-düzgün laylar şəklində yatırırlar.

Dolomitlərin aşınması zamanı onların dəyişikliyə uğraması, ikincili əhəngdaşların yaranması müşahidə edilir. Bəzən dolomitlərin və dolomitləşmiş əhəngdaşının yeraltı suların təsiri ilə aşınması dolomit tozunun yaranmasına səbəb olur. Dolomitin

bu şəkildə xırda dolomit kristallarından ibarət olan yumşaq aşınma materialı dolomitlər arasında araqatlar, yuva və linza şəklində toplanır.

Karbonatlı qruntların əmələgəlmə şəraiti onların tərkibinin eynicinsli və yaxud müxtəlifcinsliliyini, struktur, tekstur və xarici görünüşündə məxsusiliyi, ilkin olaraq möhkəmliyini, dəyanətliliyini və deformasiya xüsusiyyətlərini müəyyən edir. Karbonatlı qruntlar üçün aşağıdakı strukturlar xarakterikdir.

Xırdadənəli (gizlikristallik). Qrunnt ölçüsü $< 0,01$ mm olan kalsit dənələrindən təşkil olunur və əhəngli lillərin sıxlaşması və bir hissəsinin yenidən kristallaşması nəticəsində əmələ gəlirlər. Çox vaxt bu strukturu **pelitomorf** kimi adlandırırlar.

Kristallik - dənəli. Qrunnt karbonatlı mineralların kristallik dənələrindən təşkil olunur. **İri dənəli** ($>0,5$ mm), **ortadənəli** (0,25-0,5 mm) və **xırdadənəli** (0,01-0,25 mm) **strukturlar** fərqləndirilir.

Orqanogen. Qrunnt əhəngli qabıqlardan və onların qırıntılarından təşkil olunur. Üzvi qalıqların qırıntılarının ölçüsü $> 0,1$ mm olduqda qrunntun orqanogen strukturu **detrituslu**, $< 0,1$ mm olduqda isə **şlamlı** adlandırırlar.

Qırıntılı. Qrunnt daha qədim karbonatlı qruntların qırıntılarından təşkil olunur. Qırıntıların ölçülərindən və formasından asılı olaraq **əhəngli brekçiyalar**, **konqlomeratlar**, **qrauelitlər** və **qumdaşılar** fərqləndirilir.

Oolitli. Qrunnt xırda, yuvarlaq dənəli oolitlərdən təşkil olunur. Oolitlər qum, toz dənəcikləri (mərkəzləri) ətrafında karbonatlı maddələrin çökməsi nəticəsində yaranırlar.

Karbonatlı qruntlar arasında **massiv** və **laylı** teksturlular fərqləndirilir. Laylı teksturlular isə layın qalınlığından asılı olaraq nazik laylı (< 5 sm), orta qalınlıqlı laylı (5-10 sm) və qalın laylı (>10 sm) kimi fərqləndirilir. Bundan əlavə olaraq **sıx** və **kavernalı** (boşluqlu) **teksturlar** da fərqləndirilir.

Karbonatlı qruntların **pıxtalaşmış strukturu** nadir hallarda rast gəlinir.

Orqanogen və hemogen mənşəli qayavari və yarımqayavari qruntlardan olan silisiumlu qruntlar da praktiki maraq kəsb edirlər. Onlar bütövlükdə silisiumun singenetik mənşəli minerallarından (opal, xalsedon və kvars) təşkil olunurlar.

Silisiumlu qruntların əsas müxtəlifliyi opoka, sponqolit, radiolyarit və yəşəmdir.

Diatomitlər demək olar ki, bütövlükdə diatom yosunlarının skeletindən təşkil olunurlar. Əsas qarışıqlar gilli hissəciklər, kvars dənələri, qlakonit və digər minerallardır. Xarici görünüşünə görə təbaşirə oxşasalar da, HCl-n təsirindən qaynamırlar. Təmiz diatomitlər ağ, qarışıqlar isə boz, sarımtıl olurlar. Əl ilə toxunduqda yumşaq, çox yüngül olduğu, dilə yapışdığı aşkar olunur. Onların sıxlığı 0,40-0,96 q/sm³, məsaməliliyi 90-92 % hüdudunda dəyişir. Strukturu tipik orqanogendir.

Trepel makroskopik olaraq diatomitdən çətin fərqlənir. Trepelin tərkibində silisiumlu üzvi qalıqlar diatomitə nəzərən az olur, bəzən isə heç iştirak etmir. Onlar şəffaf, yumşaq, yüngül və məsaməli olurlar, sıxlıqları isə 0,5-1,27 q/sm³ hüdudunda dəyişir. Onların tərkibi əsasən girdə dənəli və iti uclu opal hissəciklərindən, kvars dənəsinin, gilli və karbonatlı hissəciklərin, qlaukonitin və s. qarışıqlarından təşkil olunurlar.

Opoka da əsasən incədənəli, xırda məsaməli opaldan təşkil olunur. Trepelə nəzərən daha bərk, sıx və yüngül qruntdur. Sıxlığı 1,0-1,3 q/sm³, bəzən 1,5 q/sm³-dək olur. Bıçaqla asan cızılan, əllə ovxalanmayan, tünd-boz və yaxud boz-sarı, bəzən qara rəngli olurlar. Faktiki olaraq sıxlaşmış trepeldir.

Sponqolit silisiumlu qruntdur. Xarici görünüşünə görə opokaya bənzəsə də, sıxlığının çox olması ilə ondan fərqlənir, çox bərkdir.

Radiolyarid də silisiumlu qruntdur, tərkibinin çox hissəsi radiolyariya qalıqlarından ibarət olur, çox növü yəşəmə yaxındır.

Yəşəm də silisiumlu qruntdur və qırıqlıq vilayətlərində geniş yayılmışdır. Tipik yəşəm xırda dənəli xalsedon və radiolyariyadan təşkil olunur. Onlar çox bərk və möhkəm olub, iti kənarlı, balıqqulağına bənzər qırılmalı olurlar. Belə hesab olunur ki, yəşəm silisiumlu süxurların metamorfizmə uğraması zamanı əmələ gəlir.

1.3.2.YUMŞAQ-ƏLAQƏSİZ VƏ YUMŞAQ-ƏLAQƏLİ QRUNTLAR

Ümumi mühəndisi-geoloji təsnifata görə üçüncü və dördüncü qruplara aid olan çökmə mənşəli bu qruntlar yer qabığının çökmə

qatının 70 %-dən çoxunu təşkil etdiyindən, insanların geoloji mühitə müdaxiləsi zamanı həmin qruntlar qurğu və tikililərin əsası, qurğuların yerləşdiyi mühit, tikinti materialı və s. şəklində daha çox tədqiqat və təsir obyektinə çevrilirlər. Bu qruntlara aid olan yumşaq əlaqəsiz (qum, çınqıllı qruntlar, çaqıllar və s.) və yumşaq əlaqəlilər, yəni gillilər (gillər, gilcələr, qumcalar) müxtəlif geoloji yaşa malik çöküntülər şəklində, daha çox isə dördüncü dövr çöküntüləri arasında rast gəlinirlər.

Çökmə qruntların fiziki-mexaniki və digər xüsusiyyətləri onların mineraloji tərkibi, strukturu, teksturu və əmələgəlmə şəraiti ilə əlaqədardır. Qruntların struktur və teksturunun özü də qrunzun əmələgəlmə şəraiti ilə əlaqədardır. Qrunzun müasir tərkibini, quruluşunu, vəziyyətini və xassələrini müəyyənləşdirən geoloji proseslər birlikdə **litogene** adlandırılır. Litogene prosesləri şərti olaraq **hipergenez**, **sedimentogene**, **diagenez**, **katagenez** və **metagenez** mərhələlərinə ayrılır. Axırındakı iki mərhələ (katagenez və metagenez) bəzən bir anlayışla **epigenez** kimi adlandırılır.

Hipergenez mərhələsində qruntların aşınması, kristallıq və digər süxurların parçalanması, yeni mineralların, qrunz və mineral qırıntılarının, kolloid və həqiqi məhlulların yaranması, sedimentogene mərhələsində aşınma materiallarının çöküntü toplanma zonalarına daşınması, çökdürülməsi və çöküntünün əmələ gəlməsi baş verir. Diagenez mərhələsində çöküntünün çökmə süxura çevrilməsi, katagenezdə çökmə süxurun dəyişikliyə uğraması, metagenezdə isə çökmə süxurun daha çox dəyişikliyə uğraması –metamorfizmləşməsi müşahidə edilir.

Çökmə mənşəli qruntların formalaşması üçün ilkin material süxurların aşınması nəticəsində yaranır.

Mühəndisi-geoloji baxımdan bu qruntlar qayavari və yarımqayavari qruntlara nisbətən möhkəmlik xüsusiyyətləri zəif, çox zəif olub, bəziləri dəyişən struktura, səciyyəvi xüsusiyyətlərə malikdirlər. Onlardan bəziləri yüksək sıxlığa malik olsalar da, əksər qruntlar isə az sıxlıqla və möhkəmliklə, su ilə qarşılıqlı təsirdə (gilli qruntlar) özlü mayeyə yaxın vəziyyət alaraq çox az möhkəmliklə xarakterizə olunurlar. Boş (yumşaq) əlaqəsiz və gilli qruntlar üzərində müxtəlif qurğu və obyektlərin tikilməsi zamanı ölçüsünə və davam etmə müddətinə görə böyük olan çökmə baş verir. Bununla əlaqədar olaraq, həmin qruntlar üzərində müxtəlif

tikinti obyektlərinin layihələndirilməsi və tikintisi zamanı onların hərtərəfli, dəqiq tədqiqi vacibdir.

Yumşaq əlaqəsiz qruntlar qırıntılardan əmələ gəlmiş qruntların böyük qrupunu (kobud-dispers) təşkil edirlər. Onların fərqli cəhəti hissəciklər arasında əlaqənin olmaması, səpələnmə xassəsinə malik olmaq və yumşaqlıqdır. Petroqrafik tərkibcə bu qruntlara qumlar, çınqıllı, xırlı qruntlar, çaqıllar, qaya parçaları və s. aiddirlər.

Qumlu-çaqıllı qruntların mineraloji və petroqrafik tərkibi ilkin qrunտun tərkibi, differensiasiya səviyyəsi və xırdalanmış qrunտ qırıntılarının çeşidlənməsi ilə müəyyənləşir. Qumlu və çaqıllı qruntların xassələri, onların deformasiya qabiliyyəti başlıca olaraq təşkiledici hissəciklərin ilkin düzülüşünün sıxlıq səviyyəsindən asılıdır. Bununla əlaqədar olaraq **yumşaq, orta sıxlıqlı və sıx düzülüşlü** kimi fərqləndirilir.

Yumşaq-əlaqəli (gilli) qruntlar incədispers çökmə qruntlar arasında geniş qrup təşkil edirlər. Onlar kimyəvi çökmə mənşəli və qırıntı materiallarından yaranmış qruntlar arasında aralıq yer tuturlar. Bu qruntlar üçün tərkibdə incədispers hissəciklərin ($<0,002$ mm) miqdarının çox miqdarda iştirakı xarakterikdir.

Gilli qruntlar arasında gillər və müxtəlif gilli qruntlar ayrılır. Mühəndisi-geoloji cəhətdən praktikada tərkibində diametri ($<0,002$ mm, əsasən $<0,001$ mm) olan hissəciklərin miqdarı $>30\%$ olan incədispers çökmə qruntlar gil adlanır. Bu qruntlar təbii şəraitdə və su ilə islanarkən plastikliyə və əlaqəyə malikdirlər, quruyarkən onlara verilmiş müəyyən formanı qoruyub saxlayırlar.

Tərkib və xassələrinə görə hansı səviyyədə isə gillərə uyğun olan, qarışıqların (kobud-dispers hissəciklər, karbonatlı, karbonlu maddələr və s.) miqdarı, sıxlaşma və fiziki-kimyəvi dəyişkənlik səviyyəsi, şorlaşması və yaxud bəzi tekstur əlamətləri ilə onlardan fərqlənən qruntlar gilli qruntlara aiddirlər.

Yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlar əmələgəlmə şəraitinə görə **kontinental, laqun və dəniz çökmə** qruntları kimi fərqləndirilə bilirlər. Çökmə qruntların bu fasiyal qrupları daha kiçik genetik qrup və tiplərə bölünürlər. Həmin bölgü aşağıdakı kimidir.

Kontinental qruntlar **elüvial, delüvial, kollüvial, allüvial, prolüvial, buzlaq, su-buzlaq, eol və texnogen** qruntlara bölünürlər.

Bu çöküntülər haqqında vəsaitin geodinamikaya aid hissəsində ətraflı məlumat verilmişdir.

Laqun şəraitində əmələ gələn qruntlar **məxsusi laqun, estuari və delta** qruntlarına bölünürlər.

Dəniz şəraitində əmələ gələn qruntlar isə **nerit** (az dərinlikdən 200 m dərinliyədək – şelf zonasında), **batial** (200 m-dən 2000-3000 m-dək dərinlikdə – kontinental yamac çöküntüləri), **abissal** (Dünya okeanının loja çöküntüləri, 3000 m-dən böyük dərinlik) qruntlara bölünürlər.

1.3.2.1. KONTİNETAL QRUNTLAR

Elüvial qruntlar. Bu qruntlar ilkin qruntların aşınaraq öz əvvəlki yerlərində qaldığı halda əmələ gəlirlər. Yəni aşınma zonasında toplanmış çöküntülərdən əmələ gəlmiş qruntlar elüvial qruntlar adlandırılır. Tərkibinə görə yumşaq-əlaqəli və yumşaq-əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunurlar. Elüvial gillər və digər gilli qruntlar əksər hallarda kimyəvi aşınma, qumlu-çınqıllı qruntlar isə fiziki aşınma nəticəsində əmələ gəlirlər. Elüvial qruntların əmələ gəlməsi üçün əlverişli şərait aşınmanın intensiv olduğu, eroziya və səth üzrə yuyulmanın, başqa təsirlərlə aşınma materiallarının bir yerdən başqa yerə daşınmasının zəiflədiyi relyef formalarında və ərazilərdə yaranır. Həmin şəraitə malik ərazilərdə aşınma qatının (elüvial təbəqənin) qalınlığı böyük olur.

Oxşar şəraitlərdə (iqlim, geomorfoloji, tektonik və digər) elüvial qrunzun formalaşmasına aşınmaya məruz qalan ilkin süxurun tərkibi güclü təsir göstərir. Aşınmaya qarşı davamlı qruntlarda elüvial zonanın qalınlığı az olur, qrunz qranulometrik tərkibinə görə daha kobud dənəvilərdən təşkil olunur.

Delüvial çöküntülər. Bu çöküntülər yamaclarda, onların dabanlarında, həmçinin suayırıcıların alçaq sahələrində yağış suları və qarın, buzun əriməsi nəticəsində yaranan sularla hündür sahələrdən yuyulub gətirilərək toplanmış yumşaq materiallardan təşkil olunurlar. Başqa sözlə desək, qarın, buzun əriməsi nəticəsində yaranan suların və yağış sularının yerüstü axını ilə yuyularaq gətirilmiş, yamaclarda, onların dabanlarında, suayırıcılarının çökək hissələrində toplanmış çöküntülər delüvial çöküntülər adlanırlar. Y.V.Şantser (1966) yamacın hüdudlarında delüvial proseslərin inkişafının 3 şaquli zonasını fərqləndirmişdir:

- 1) zirvəyə yaxın, ensiz, az qalınlıqlı (başlanğıc kimi) zona;
- 2) orta, fasiləli, yuyulma rejimli zona;
- 3) aşağı, bütöv götürüldükdə sonra gələn, daha geniş, suyun axını sublaminar və çöküntüləri əsasən fərqlənməyən laylı gilcələrdən ibarət, elüviləşmə ilə müşayiət olunmaqla yuyulan, torpaq əmələgələn zona.

Petroqrafik tərkiblərinə görə yumşaq-əlaqəli, delüvial, gilli və tozlu qruntlar müxtəlif olurlar. Onlar polimineral olub, həmin qruntlarda ətraf süxurlar üçün xarakterik olan minerallar üstünlük təşil edirlər.

Orta nəmlikli iqlimə malik olan rayonlarda delüvial-əlaqəli qruntlarda suda həllolan duzlar iştirak etmir. Quraqlıq ərazilərdə isə delüvial çöküntülər müəyyən səviyyədə şorlaşmış olurlar və kristallaşma tipli, suya davamlı olmayan struktur əlaqə ilə xarakterizə edirlər.

Yumşaq-əlaqəli delüvial qruntların fiziki-mexaniki xassələri onların tərkibindən asılı olaraq dəyişkən olur. Onlarda məsaməlilik tez-tez 50 %-dən çox olur. Bu qruntlarda yaş halda yüksək sıxılma (0,2 MPa təzyiq altında 20% nisbi deformasiya), suda asan parçalanma (xüsusi ilə qrunzun ilkin nəmliyi az olduqda) müşahidə olunur. Bu qruntların tozlu tərkibə malik olanlarında batma xüsusiyyəti müşahidə edilir.

Delüvial çöküntüləri litoloji kəsilişdə bəzən elüvial çöküntülərdən fərqləndirmək çətinlik törədir.

Kollüvial çöküntülər. Bu çöküntülər qruntların aşınması, parçalanması və öz ağırlıq qüvvələrinin təsiri ilə hərəkət edərək suayırıcıların maili səthlərində, dağ yamaclarında və onların dabanlarında toplanan iri ölçülü qrunz qırıntılarından ibarət olurlar. Onlar uçqun, tökülmə, səpilmə prosesinin baş verməsi zamanı formalaşırlar. Kollüvial çöküntülərin əmələgəlmə şəraitindən, daha çox təsirə malik olan amildən asılı olaraq onların qranulometrik tərkibində çeşidlənmə yarana bilər. Misal olaraq uçqun zamanı iri ölçülü qrunz parçaları dağ yamacları boyu diyirlənərək daha uzaq məsafə, xırda ölçülülər isə az məsafə qət edərək toplanırlar. Bununla əlaqədar olaraq kollüvial çöküntülərin qranulometrik tərkibində nəzərə alınacaq dərəcədə çeşidlənmə baş vermiş olur. Çeşidlənmə kollüvial çöküntülərin şaquli kəsilişi üzrə də baş verir. Belə ki yamacda toplanan kiçik ölçülü hissəciklərdən ibarət daş yığımının yaratdığı müqavimətə

sonradan diyirlənərək rast gələn iri ölçülü qrunut hissəcikləri orada toplanırlar. Ona görə də, əvvəl toplanmış xırda ölçülü hissəciklərin üzərində sonradan böyük ölçülü hissəciklər toplanmış olur.

Su axınlarında isə su ilə nəql olunan qrunut hissəciklərinin ölçüsü böyük olduqca az məsafəyə nəql olunaraq çökdürülür, kiçik ölçülü hissəciklər isə daha uzaq məsafələrə nəql olunurlar. Yəni kollüvial çöküntülərin formalaşması zamanı çeşidlənmə prosesi su axınlarında nəql olunan qrunut hissəciklərinin çeşidlənmə prosesindən fərqlidir.

Allüvial çöküntülər. Bu çöküntülər çayların geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq çay vadilərinin qədim və müasir terraslarında, çayların məcralarında toplanmış çöküntülərdir. Allüvial çöküntülərin üst horizontu (xüsusi ilə düzənlik çaylarında) adətən gilli qrunutlardan (gil, gilcə, qumca), tərkibində az miqdarda çınqıl və çaqıl iştirak edən incədənəli qumlardan ibarət olur. Bu qumlar içərisində gil linzalarına və araqatlarına nadir hallarda rast gəlinir.

Allüvial çöküntülərdə səthdən dərinliyə doğru hissəciklərin ölçüsü incədənəlilərdən (üst qatda) kobud dənəlilərə (alt qatda) doğru qanunauyğun şəkildə artır. Müasir allüvial çöküntülərin iki horizontu-üst subasar (vadinin subasar hissəsində toplanmış) və məcrada toplanmış məcra horizontu fərqləndirilir. Bu iki horizont biri-birindən tərkibi, vəziyyəti, yatım şəraiti və fiziki-mexaniki xassələri ilə fərqlənir. Məcrada toplanmış qumlu-çaqıllı çöküntülər çaybasarda toplanmış (daha çox gilli qrunutlar üstünlük təşkil edən) çöküntülərdən bütün xüsusiyyətləri ilə fərqlənilirlər. Məcrada və çaybasarda (subasarda) toplanmış çöküntülərin fərqli olması çöküntü toplanma şəraitindəki fərqliliklə əlaqədardır.

Məcra və çaybasar allüvial çöküntülərin arasında sərhəd dalğavari olur.

Çaybasar çöküntülər içərisində delüvial çöküntülərə də rast gəlmək olar. Onlar daha hündür terraslardan və vadi yamaclarından müvəqqəti yerüstü su axınları ilə yuyularaq gətirilir və çaybasarda, vadi yamacının dabanında çökdürülərək əmələ gəlirlər. Həmin çöküntülər vadiyə daxil olan qobu və yarğanların qurtaracağında gətirmə konusu şəklində çox miqdarda toplanırlar. Ona görə də, terrasa və yamaca yaxın hissələrdə allüvial çöküntülər delüvial çöküntülərlə qarışmış olurlar. N.İ.Nikolayev (1947) bu qarışıq tipli çöküntüləri allüvial-delüvial kimi adlandırmağı təklif etmişdir.

Çaybasar gilli-allüvial çöküntülər adətən qumlu və qumlu-çaqıllı məcra çöküntülərini örtürlər və allüvial qrunnt suları ilə əlaqəli olurlar.

Qurumuş çay subasarlarının göl-bataqlıq çöküntüləri adətən gilcəli, qumcalı və gil tərkibli lillərdən ibarət olurlar. Həmişə tərkibində humus iştirak edir, torf linza və araqatlarına, bəzən isə çox tozlu incədənəli plıvun qumlarına rast gəlinir. Qurumuş çay çöküntüləri məxsusi çaybasar çöküntülər arasında qeyri-düzgün yatım formasında linzalar əmələ gətirilər. Onlar hər zaman su ilə tam doyma halında formalaşırlar və zəif tikinti xassələrinə malikdirlər.

Prolüvial çöküntülər. Bu çöküntülər sel axınlarının və yaxud müvəqqəti güclü yerüstü su axınlarının geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq formalaşırlar. Dağ çaylarının mənsəbində formalaşan gətirmə konusları tipik prolüvial çöküntülərdir. Həmin gətirmə konusları çox vaxt bir-biri ilə birləşərək qalın **dağətəyi şleyfləri** əmələ gətirirlər. Yarpaqların, quru qobuların, dar dərələrin qurtaracağında toplanmış çöküntülər də çox vaxt prolüvial çöküntülərə aid edilir və bunlar **yarpaq prolüviləri** adlandırılırlar. Dağ çaylarının sonunda toplanmış (gətirmə konusları) çöküntülər isə sel prolüviləri adlandırılırlar.

Prolüvial və delüvial çöküntüləri A.P.Pavlov çöküntülərin kontinental genetik tipinə aid etmişdir.

Dağlıq ərazidən düzənliyə doğru prolüvial çöküntülərin tərkibi və xarakteri tədricən dəyişir, qrunnt qırıntıları çeşidlənir, qaya parçaları və çaqıllar az iştirak edirlər, prolüvilər qum və qumcalardan təşkil olunurlar. Qum təbəqələrində cəp və qeyri-düzgün təbəqəlilik müşahidə edilir.

Prolüvial çöküntülər üçün aşağıdakı xüsusiyyətlər xarakterikdir:

1. Onlar əsasən dağətəyi və yaxud dağarası düzənliklərdə toplanırlar.

2. Dağ çaylarının gətirmə konuslarını, prolüvial şleyfləri və örtükləri əmələ gətirirlər, böyük ərazini tuturlar və bəzən böyük qalınlığa malik olurlar.

3. Prolüvial çöküntülər arasında çeşidlənməmiş və yaxud pis çeşidlənmiş (qumlu-çaqıllı, qayma daşlı – qaya parçaları olan) və yaxşı çeşidlənmiş (bir çox keçid tipləri ilə bir-biri ilə əlaqəli olan tozlu-gilli) çöküntülər müşahidə olunurlar.

4. Eynicinsli tozlu-gilli prolüvial çöküntülər bəzən tipik lös qruntlarına bənzəyirlər, batma meylli (çox məsaməlilikli) olurlar və tərkiblərində həllolan duzlar iştirak edirlər.

5. Müxtəlifcinsliləri çoxlu iri, kobuddənəli qrunտ qırıntıların qarışıqlarının qrunտ tərkibində iştirakı ilə digərlərindən fərqlənirlər. Nizamsız və yaxud kobud, çəp teksturla, müxtəlif tərkibli və xassəli qrunտ qırıntılarından ibarət linza və araqların qeyri-düzgün növbələşməsi ilə xarakterizə edirlər. Onların sıxlığı və möhkəmliyi eynicinslilərdən çox olur.

Buzlaq çöküntüləri. Bunlara müxtəlif moren çöküntüləri aid edilir. Bu çöküntülər buzlaqların geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədar yaranır. Buzlaqlar **müstəvi** və **xətti şumlayıcı (ekzarasiya)**, **cilalayıcı** (yonucu) və **qazıyıcı (detraksiya)** təsiri yaradaraq qruntların struktur və teksturunu pozur, onları parçalayırlar. Dəyişikliyə məruz qalmış bu yumşaq çöküntülər ya həmin yerdə qalır, ya da hərəkət edən buzlar və yaxud buzların əriməsi zamanı yaranan sular, həmçinin yağış suları vasitəsi ilə nəql edilərək münasib yerlərdə çökdürülürlər. Morenlər arasında **əsas (dib)** və **son morenlər** fərqləndirilir.

Əsas morenin əmələgəlmə şəraiti mürəkkəb və müxtəlifdir. Əvvəllər qəbul olunmuş idi ki, əsas moren buzlağın altı yatan laya göstərdiyi eroziya fəaliyyətinin nəticəsində buzlaq ilə onun altı yatan layın sərhədində yaranmışdır. Ona görə də, dib (əsas) moren kimi adlandırılmışdır.

Müasir buzlaqların öyrənilməsi əsasında müəyyən edilmiş digər təsəvvürə görə isə moren materialı elə ilkin andan buz qatında iştirak edir. Buzlağın əriməsi zamanı onların səthində həmin çöküntülər toplanırlar. Daxilində moren materialı iştirak edən yeni buz horizontunun əriməsi isə həmin çöküntülərin qalınlığının artmasına səbəb olur. Buz təbəqəsinin tam əriməsi isə həmin çöküntülərin quruyaraq əsas moren örtüyünün yaranmasına səbəb olur. Bu təsəvvürə görə əsas moren materialı heç vaxt buz təbəqəsinin altında olmamışdır və yaxud yalnız onun bir hissəsi buz altında yaranmışdır. Yəni moren materialı ilkin olaraq buzlaqdaxili, sonra səthi, buzun əriməsindən sonra isə buzlaqaltı çöküntülər kimi çökmüşdür.

Əsas morenin əmələgəlmə şəraiti onun xassələrinin formalaşmasına öz təsirini göstərir. Əgər əsas moren buzlağın dabanının altında əmələ gələrsə, o zaman buzlağın hərəkəti

gəlməsi və yaranan ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında onun sıxlaşması baş verə bilər. Əgər əsas moren ərimə zamanı əmələ gələrsə, onun sıxlaşması quruyarkən və yaxud yeni buz təbəqəsinin altında qalarkən yarana bilər.

Müşahidələr göstərir ki, əsas morenlərin sıxlığı böyük olur. Əsas morenin sıxlığının böyük olması onun qranulometrik tərkibcə müxtəlifcinsliliyi ilə müəyyən olunur. Müxtəlifcinsli qruntda müxtəlif fraksiyaların miqdarı optimal həddə nə qədər yaxın olarsa, o zaman qrunnun sıxlığı o qədər çox olar. Hər bir fraksiyanın miqdarı üçün optimal hədd odur ki, həmin həddə uyğun miqdarlı fraksiyalardan təşkil olunmuş qarışıq ən böyük sıxlığa malik olsun. Bununla əlaqədar olaraq moren qumcalar, qismən gilcələr, moren gillərindən böyük sıxlığa malik olurlar.

Əsas morenlər qalın laylar, fasiləli örtüklər və izolə olunmuş az qalınlıqlı yatımlar (laycıqlar) şəklində rast gəlinir. Qalın moren layları qədim buzlaşmayadək depressiyalarda, moren örtükləri çayarasında, yastı suayırıcılarda, izolə edilmiş moren çöküntü qatları qədim depressiyaların hüdudunda, suayırıcı və qədim terraslarda təsadüf edirlər.

Son morenlər əsas morenlərə nisbətən az inkişaf etmişlər. Onlar buzlaşmanın son mərhələsinin (Valday) sərhədlərinin müxtəlif hissələrində təsadüf edirlər. Son morenlər arasında **tökmə** və **təzyiq morenləri** fərqləndirilir.

Tökmə morenlərin əmələgəlməsində buzlağın akkumulyativ fəaliyyəti üstünlük təşkil edir və özünün kənarları boyu çoxlu miqdarda moren materialı toplayır.

Təzyiq morenlərinin əmələgəlməsi hərəkət edən buzların qarşısına çıxan maneələri, qruntları sıxışdırıb çıxarması, dislokasiyaya uğratması ilə əlaqədardır. Buzların hərəkəti ilə qruntlar parçalanır, yumşalır, tərkiblərinə müxtəlif ölçülü qrunnt qırıntıları, parçaları qarışır. Ona görə də, təzyiq morenləri çox vaxt deformasiyaya uğramış, buzlağın təsirindən yumşalmış buzlaq mənşəli olmayan çöküntülərdən təşkil olunurlar. Buzlağın təsiri ilə qeyd edilən formada qruntların pozulması **qlyasiyadislokasiya** adlandırılır.

Moren çöküntüləri arasında əsas morenlər üstünlük təşkil etdiyindən, onlar daha çox mühəndisi-geoloji maraq kəsb edirlər.

Su-buzlaq çöküntüləri. Bunlara **flüvioqlyasial** və **göl-buzlaq** çöküntüləri aiddirlər. Onların formalaşması buzlağın fəaliyyəti ilə

də əlaqədar olduğundan, məxsusi buzlaq çöküntüləri ilə hansısa bir şəkildə əlaqəyə malikdirlər. Flüvioqlyasial çöküntülər buzlağın əriməsindən yaranan su axınının əmələ gətirdiyi çöküntülərdir. Onların iki genetik tipi – **buzlaqdaxili (intraqlyasial)** və **buzlaqyanı (periqlyasial)** genetik tipləri ayrılır.

Buzlaqdaxili çöküntülər aşağıdakı kimi əmələ gəlir. Buzlağın əriməsi zamanı əmələ gələn sular buzun çatları və kanalları, oyuq, dərə və çökəkliklər ilə hərəkət edərək özü ilə nəql etdirdiyi qrunnt qırıntılarını (qum, çınqıl, qaya parçaları ilə çaqıl və s.) yol boyu çökdürür. Beləliklə, məxsusi buzlaq çöküntüləri arasında qeyri-düzgün formalı (linza, lay və araqqat) formasıyadaxili flüvioqlyasial çöküntülər formalaşırlar.

Buzlağın ərinti suları buzlaqdan kənara çıxdıqda, buzlağın yaxınlığında özü ilə nəql etdirdiyi qrunnt qırıntılarını, hissəciklərini çökdürür və flüvioqlyasial çöküntülərin buzlaqyanı tipini əmələ gətirirlər. Buzlaqyanı çöküntülər buzlaq cəbhəsinin qarşısında formalaşırlar və buzlağın ərinti suları axın dərəsi yaradaraq, **zandr sahələri, gətirmə konusları** əmələ gətirirlər. Dağlıq ərazinin buzlaşması zamanı buzlağın qarşısında yaranan zandr konusları və zandr sahələri (buzlaqyanı axın dərəsi yaradaraq) çaqıllı, dağlıq olmayan ərazilərin buzlaqlarının yaratdığı oxşar gətirmə konusları və sahələri isə qumlu tərkibli olurlar. Bu çöküntülərin çeşidlənməsi pis, orta səviyyədə, yuyulması yaxşı olur, onların qalınlığı bir neçə metrədək çatır.

Fülvioqlyasial çöküntülərdə yeraltı sular daim iştirak edir və yüksək səviyyədə sululuğa malik olan sulu horizont yaradırlar.

Qumların flüvioqlyasial fasiyalarının bəziləri (xırda və incədənənilər, tozlular) tipik plivun xarakterli olurlar. Adətən flüvioqlyasial çöküntülər orta və sıx düzülüşlü olurlar və müxtəlif tikinti obyektləri üçün etibarlı əsas ola bilərlər.

İri ölçülü qrunnt qırıntılardan ibarət olan flüvioqlyasial qrunntlar keçmiş və müasir buzlaşma ərazilərində təşəkkül tapmışlar. Onlar adətən linzalar, araqqatlar şəklində moren çöküntüləri və flüvioqlyasial qumlar daxilində iştirak edirlər. İri ölçülü qrunnt qırıntıları daha çox araları qum ilə dolmuş çaqıl və çınqıldan təşkil olunurlar.

Flüvioqlyasial qumlar müxtəlif dispersiyə (iri, orta və xırdadənənilər üstünlük təşkil edirlər) malik olurlar və tərkiblərində iri ölçülü qrunnt qırıntılarına rast gəlinir. Bu qumların

məsaməliliyi çınqılılarda 40- 41 %, xırdadənənilərdə 40- 46 %, tozlularda 42- 51 % hüdudunda dəyişir.

Göl-buzlaq çöküntülərinə əsasən buzlaq suları ilə qidalanan göl çöküntüləri aiddirlər. Bu göllər buzlaqların şumlayıcı təsirinə məruz qalmış qapalı dar dərələrdə, çökəkliklərdə, çalalarda buzlaqlardan və buzlaq çöküntülərindən axan sular hesabına əmələ gəlirlər. Bu göllərin və onlarda toplanmış çöküntülərin əmələgəlməsi buzlaqların geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədardır.

Göl-buzlaq çöküntüləri arasında da (flüvioqlyasial çöküntülərdə olduğu kimi) onların **buzlaqdaxili** və **buzlaqyanı** genetik tipləri ayrılır. Birincilər məxsusi buzlaq çöküntüləri içərisində linza, araqat şəklində, buzlaqyanı çöküntülər isə buzlağın hüdudlarında, yaxınlığında rast gəlinirlər. Buzlaqyanı çöküntülər də linza, araqat, qeyri-düzgün formalı yatım əmələ gətirirlər.

Göl-buzlaq çöküntülərinin qalınlığı adətən az olur, bəzən isə 15-20 m - ə çatır və tərkibləri əsasən gilli olur. Onların tərkibində kobuddənəli hissəciklər iştirak etmir. Mövsümi olaraq gilli (qış vaxtı) və incədənəli qumlu və yaxud tozlu (yay vaxtı çökən) layların növbələşməsindən ibarət olan lentvari tekstur onların fərqləndirici əlamətidir. Teksturlarına görə onlar nazik (təbəqələrin qalınlığı millimetrlərlə ölçülən) və qalıntəbəqəli (təbəqələrinin qalınlığı 5-6 sm-dək olan) teksturlu da ola bilərlər. Qruntun teksturunda gilli təbəqə çox tünd, qumlu və tozlu təbəqə isə daha şəffaf olur.

Nazik təbəqəli teksturlu göl çöküntüləri sukeçiriciliyinə, kəsilməyə qarşı müqavimətinə və s. görə anizotrop olurlar. Lentvari çöküntülər yüksək nəmliklə, məsaməliliklə və az sıxlıqla xarakterizə olunurlar.

Göl çöküntüləri. Bu çöküntülər müxtəlif olurlar, tərkibləri ərazinin iqlim şəraitindən, gölün yerləşmə vəziyyətindən, ölçü və dərinliyindən, əhatə edən relyefin xarakterindən və sair amillərdən asılıdır. Böyük göllərdə çöküntütoplanma şəraiti dəniz çöküntütoplanma şəraitinə yaxın olur və sahildən dərinliyə doğru fasiyal dəyişiklik müşahidə edilir. Dayaz hissələrdə iri ölçülü hissəciklər, dərinliyə doğru xırda, narın, incədənəli hissəciklər, lap dərin yerlərdə toz və gil hissəcikləri çökürlər. Göl çöküntülərindən olan dördüncü dövrə aid gilli çöküntülər içərisində lil, qumca,

gilcə və gillər, göl fasiyasının ana süxurlarının tərkibində isə gillər, argillitlər, alevrolitlər və s. iştirak edirlər.

Nəm və çox nəm iqlim şəraitinə malik rayonlarda formalaşmış şirin sulu göllərdə gilli çöküntülərin tərkibində üzvi qalıqlar üstünlük təşkil edirlər. Onlardan sapropel lillərinə, torf, silisiumlu, əhəngli birləşmələrə, filiz horizontlarına rast gəlmək olar.

Quraqlıq rayonlarda formalaşmış olan şor və şortəhər sulu göllərin gilli çöküntülərinin tərkibində kükürd oksidlərinə, haloid duzlarına və boratlara rast gəlmək olar. Burada halopelitlər əmələ gəlirlər. Göl çöküntülərinin tərkibi çöküntütöplənmədə yaranan mövsümi iqlim dəyişikliyindən də asılıdır. Ona görə də, göl çöküntülərində laylılıq xarakterik əlamətdir. Göl çöküntülərinin uzanma istiqamətində ölçüləri davamsız olub, onlar az qalınlıqlı laylar (on metrədən qalınlıqlı), müxtəlif ölçülü və formalı linzalar əmələ gətirirlər.

Bu çöküntülərin fiziki vəziyyəti müxtəlif olur və dördüncü dövrə aid gilli göl çöküntülərinin yumşaq, plastik, axıcı konsistensiyalıları, az sıxlığa və davamlılığa malik olanları məlumdur. Dördüncü dövrədək olan gilli göl çöküntüləri arasında sıx düzlüşə malik, bərk plastik, yarımbərk və yaxud bərk konsistensiyalılarına da rast gəlmək olar.

Mühəndisi-geoloji baxımdan bu çöküntülər üçün aşağıdakı əlamətlər xarakterikdir:

- 1) az qalınlığa və məhdud sahəvi inkişafa malik olmaq;
- 2) məxsusi yatım şəraiti;
- 3) gilli çöküntülərin tərkibində üzvi qalıqların, duzların və qarışıqların iştirakı;
- 4) qruntun xassəsində anizotropluq yaradan xarakterik təbəqəlilik (çox vaxt gillilərdə nazik təbəqəliliyin olması);
- 5) sıxlığa, məsaməliliyə və konsentrasiyaya görə müxtəlif fiziki vəziyyət.

Eol çöküntüləri. Bu çöküntülər küləyin akkumulyativ fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Bir çox tədqiqatçıların fikrinə görə [Tutkovski P.A., 1899; Obruçev V.A., 1929, 1933, 1948; Mavlyanov Q.A., 1941; Trofimov İ.İ., 1945 və digərləri] lős qruntları da eol mənşəlidirlər.

Eol yaranışlılara səhra və yarımsəhraların, dəniz və göl sahillərinin barxan və dülənlərini aid etmək olar.

V.A.Obruçevə görə löslər küləklər vasitəsi ilə gətirilərək əlverişli yerlərdə çökdürülən moren və flüvoqlyasial çöküntülərin aşınma materiallarından (tozlarından), müasir və əvvəl yaranmış, buzlaşma ilə əlaqəsi olmayan səhraların tozlarından əmələ gəlmişdir.

O, aşınmaya məruz qalmış, moren və flüvioqlyasial çöküntülərlə örtülmüş səhralardan (Avropa və Asiyanın) külək vasitəsi ilə gətirilmiş və çökdürülərək əmələ gəlmiş lösləri **birinci löslər** kimi qəbul etmişdir. Müasir və buzlaşma ilə əlaqəsi olmayan səhraların tozlarının, yamaclarda toplanan delüvial və prolüvial çöküntülərin, quru məcraların allüvilərinin və s. aşınması, sovrulması və küləyin akkumulyativ fəaliyyəti nəticəsində həmin tozlardan əmələ gələn eol yaranışları isə V.A.Obruçev **ikinci lös** və yaxud **lösvari süxur** adlandırmışdır.

Eol çöküntüləri tərkibinə görə iki genetik tipə-eol qumlarına və eol löslərinə ayrılırlar.

Eol qumları qum hissəciklərinin yer səthi və havada külək vasitəsi ilə hərəkət etdirilərək çökdürülməsi nəticəsində formalaşırlar. Onlar xüsusi relyef formalarını:-tək-tək qum təpələrini, barxanları, barxan zənciri və sırasını, tək-tək dünləri, dün seriyasını və kompleksini əmələ gətirirlər. Belə relyef formalarının hündürlüyü 100 m-dək və çox (Saxarada) olur.

Eol qumları adətən çeşidlənmiş, xırda və yaxud incədənəli olurlar. Onların hissəciklərinin dispersliyi və yuvarlaqlığı bütövlükdə eol prosesinin davam etmə müddəti və intensivliyi ilə müəyyən olunur. Qumun sovrulması nə qədər çox davam edərsə, o bir o qədər eynicinsli olur. Bütövlükdə eol qumlarının quruluşu aşağıdakı əlamətlərlə xarakterizə olunur: 1) meyl bucağı müxtəlif və layların qeyri-düzgün yatıma malik olması; 2) küləyin əsdiyi istiqamətdə yatım bucağının 5⁰-dək, əks tərəfdə 30-33⁰-dək olması; 3) laylanmanın qabarıq və çökük olması; 4) qum dillərinin çox dik, qalın olması (100 m-dək və çox); 5) qum hissəciklərinin incə və eynicinsli olması; 6) yuvarlaqlıq və cilalanmış olmaq; 7) yumşaq düzlüslülük və s. (Fadeyev, 1951).

Kvars hissəcikləri üstünlük təşkil etməklə, mineral tərkibinə görə eol qumları adətən polimineral olurlar. İnkişaf etdiyi rayonun iqlim şəraitindən asılı olaraq formalaşan kimyəvi tərkiblərinə görə onlar bir-birlərindən fərqlənirlər. Quraqlıq iqlim şəraitində eol

qumlarının tərkibində CaO, MgO, Na₂O və K₂O-nin miqdarı artır, SiO₂-nin miqdarı isə azalır.

Yumşaq düzülüşlü eol qumlarında məsaməlilik 47 %, sıx düzülüşlüdə isə 37 % təşkil edir. Təbii şəraitdə yumşaq düzülüşdə olurlar və dinamik təzyiq altında asan və əhəmiyyətli səviyyədə sıxlaşırlar. Yaxşı çeşidlənmiş və çox məsaməlilərdə (iri məsamələr üstünlük təşkil etdikdə) kapilyar qalxma hündürlüyü 60 sm-dən çox olmur.

Gilli eol qruntları az inkişaf etmişlər. Onlardan olan müasir gilli dülər xüsusi ilə maraq kəsb edirlər və düzənlik ərazilərdə, qismən bataqlaşmış yerlərdə (laqunlara yaxın) əmələ gəlirlər. Onlar aşağıdakı kimi formalaşırlar. Lilli laqun çöküntüləri quraqlıq vaxtı quruyaraq, bükülmüş hala gəlir və küləyin təsiri ilə yonqarlanmış həmin hissəciklər başqa yerlərə aparılır və bitkilərin yaratdığı müqavimətə rast gəldiyi yerlərdə çökdürülür. Atmosfer yağıntıları ilə isladılaraq yumşalırlar və nisbətən sıx gilli çöküntüyə çevirilir. Bu prosesin çoxlu təkrarı ilə qalınlığı bir neçə metrə çatan, mühəndisi-geoloji baxımdan az öyrənilmiş gilli dülər formalaşırlar.

Eol lösləri külək vasitəsi ilə üfürüldüyü yerdən çox uzaqlıqda havadan çökdürülən, tərkibində tozlu və gilli hissəciklər üstünlük təşkil edən, incədənəli qumlardan əmələ gəlirlər. Lök qruntları haqqında ətraflı məlumat vəsaitin batma hadisəsinə aid hissəsində verilmişdir.

1.3.2.2. LAQUN ÇÖKÜNTÜLƏRİ

Bu çöküntülər dənizin sahil zonasının təcrid edilmiş hissələrində **laqunlarda, kiçik körfəzlərdə, estuarilərdə** formalaşırlar və sakit (durğun) sulu dəniz çöküntüləri kimi də fərqləndirilir.

Laqun çöküntülərinin toplanma şəraitində əsas xüsusiyyətlər D.V.Nalivkinə (1933) görə qeyri-normal duzluluqdur. İntensiv buxarlanma və yaxud şirin suların daxil olması suyun duzluluğunun artıb-azalmasına səbəb olur. Bu isə çöküntülərin tərkibində əks olunur. Həmin su hövzələrində suyun şirinləşməsi qurudan çaylar vasitəsi ilə şirin suların çox həcmdə daxil olması ilə əlaqədar olur. Çay axınları vasitəsi ilə müxtəlif terrigen qrun

qırıntıları da həmin su hövzəsinə daxil olaraq orada çökür və **delta, estuari, kiçik körfəz çöküntülərini** əmələ gətirirlər.

Düzənlik ərazi çaylarının deltalarında həmin çöküntülər əsasən gilli tərkibə malik olub, tərkibində incədənəli və çeşidlənmiş qumların iştirakı ilə digərlərindən fərqlənirlər. Çaylar vasitəsi ilə gətirilən çöküntü və maddələr həqiqi və kolloid məhlullar (Ca, Fe, Si, Al və s.) şəklində, duzlu suyun təsiri ilə digər çöküntülərin tərkibində çökürlər.

Laqun-delta çöküntüləri arasında kifayət dərəcədə üzvi çöküntülər, əsasən bitki qalıqları iştirak edirlər. Duzlaşmış laqunlara şirin su axınları az, oradan buxarlanma isə çox olduğundan, duzların konsentrasiyası artır və çökmə baş verir. Bu zaman terrigen çöküntülərin də rolu böyük olur.

Laqun çöküntüləri geniş əraziləri (onlarla, yüzlərlə kvadrat kilometr) əhatə edirlər və böyük qalınlığa malik olurlar. Laqun çöküntüləri humid iqlim şəraitində boz rəngli, arid şəraitində isə qırmızı rəngli (bitki və digər üzvi qalıqlar ilə əlaqədar) olurlar.

Dördüncü dövrdə əmələ gəlmiş laqun çöküntülərinin tərkibində gillərə, onlarla bərabər qumdaşlarına, əhəngdaşına, daş kömürə və müxtəlif duzlara (gips, anhidrit, mirabilit, daş duz, kalium duzu və s.) rast gəlmək olar.

Bu çöküntülərin fərqləndirici əlaməti layların uzanma istiqamətində kəskin dəyişkənliyin olmasıdır. Ona görə də, litoloji kəsilişin onlarda müqayisə edilməsi çətinlik törədir. Bu çöküntülər böyük qalınlığa malik olub, aralarında uzanma istiqamətində çox vaxt pazlaşan müxtəlif tərkibli laylara, araqatlara, linzalara rast gəlmək olar. Onlar tərkibcə müxtəlifcinsli və anizotropdurlar. Mühəndisi-geoloji baxımdan ikinci xarakterik əlamət duzlu tərkibə malik olmaqdır. Onların tərkibində duzlar dispers vəziyyətdə, xırda kristallar, onların yuvaları, laycıqlar, linza, bəzən təbəqə şəklində rast gəlinirlər.

Fiziki vəziyyətlərinə görə müxtəlifcinslidirlər. Dördüncü dövrdə əmələ gəlmiş qruntlar yüksək sıxlıqlı, bərk və yarım bərk halda, dördüncü dövr və müasir çöküntüləri isə zəif sıxlaşmış, yumşaq və yaxud axıcı plastik halda rast gəlinirlər.

1.3.2.3. DƏNİZ ÇÖKÜNTÜLƏRİ

Dəniz çöküntüləri çox geniş yayılmışdır. Onların əmələgəlmə şəraitindən asılı olaraq tərkibi, fiziki vəziyyəti və fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri formalaşırlar. Dənizdə çöküntülərin toplanma şəraitindən (hövzənin dərinliyi, su axınlarının xarakterik və hidrodinamiki xüsusiyyətləri, dəniz dibinin relyefi, qrunut şəraiti və s.) asılı olaraq müxtəlif hissəcik və mineral tərkibi, şorlaşma səviyyəsi, struktur və tekstur xüsusiyyətləri fərqli olan çöküntülər formalaşırlar.

Gilli dəniz çöküntülərinin formalaşması üçün əlverişli şərait suyun nisbətən hərəkətsiz olmasıdır. Bu hal batial və xüsusən abissal dərinliklər üçün xarakterikdir. Bu dərinliklər üçün suyun tərkibində iqlimlə əlaqədar olaraq və mövsumi dəyişiklik, suyun hərəkəti, kənardan terrigen materialların gətirilməsi cüzi olur. Ona görə də, kontinental yamacın çox böyük hissəsində və xüsusən okean lojasında çöküntütoplanma şəraiti eyni olur.

Şelf zonasında isə daha çox dəyişkən olur. Bu zonada yavaş tektonik hərəkətlərin, müxtəlif iqlim və mövsümi dəyişikliklərin, sahil zonasının və dəniz dibinin relyefinin, su axınlarının, suyun duzluluq səviyyəsinin və tərkibinin dəyişkənliyinin, terrigen materialların gətirilməsinin, üzvi aləmin inkişafının və digər amillərin təsiri böyükdür. Bununla əlaqədar olaraq, şelf zonasında gilli çöküntülərin toplanması məhdud olur, qumlu, çaqıllı və digər kobuddənəli qrunut qırıntılarının toplanması isə geniş şəkildə müşahidə edilir.

Müasir dəniz hövzələrində abissal və batial dərinliklər üstünlük təşkil etdiyinə görə dəniz çöküntüləri arasında gilli çöküntülər üstünlük təşkil edir. D.V.Nalivkinə (1933) görə isə qədim dəniz çöküntüləri arasında əks münasibət mövcuddur, yəni şelf çöküntüləri üstünlük təşkil edir. Batial zona çöküntülərinin məhdud inkişaf etdiyi, abissal zona çöküntülərinin isə iştirak etmədiyi fərz edilir. Bunu D.V.Nalivkin həmin çöküntülərin az öyrənilməsi və abissal çöküntülərin tapıldığı zaman çətin tanınması ilə izah etmişdir.

Sahilyanı zonanın gilli çöküntülərinin xarakterik petroqrafik əlaməti aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Daha dərinə əmələ gələn gilli çöküntülərə nisbətən az sahəni əhatə etməsi. Bu çöküntülərin uzanma istiqamətlərində təzahürü davamlıdır;

2. Qalınlıqları böyük olsa da, dərinlikdə əmələ gələnlərə nisbətən onların qalınlığının az olması;

3. Tərkibcə müxtəlifcinslilik; Tərkiblərində qum qarışığı, bəzən çaqıl, qum linzaları və araqatları iştirak etdikdə müxtəlifcinslilik yaranır.

4. Nazik və yaxud qalın, bəzən qeyri-düzgün laylılıq; Onların arasında massiv gilli və yaxud qeyri-aydın laylı teksturlulara rast gəlmək olar.

5. Bəzən bitki qalıqlarının iştirakı;

6. Dəmirin sulfidli birləşmələrinin (pirit) iştirakı;

7. Çaqıl, gilli çaqıl, çınqıl, kömür qırıqları, bütöv balıqqulağı və onun qırıntılarının iştirakı;

8. Layların səthində dəniz dalğalarının, su axınlarının, yağış damcılarının və s. izi, müxtəlif canlı orqanizmlərin sürüşmə izləri, quruma çatları və çoxbucaqlılarının və s. təsadüf etməsi;

9. Quru çöküntüləri ilə sıx əlaqənin varlığı və dərinlik çöküntülərinə tədrici keçid.

Sahilyanı qumlu-çaqıllı çöküntülər geniş ərazilərdə əmələ gəlirlər. Onların formalaşmasında su axınının böyük sürətə malik olması əsas təsiredici amildir. Bu çöküntülərin qalınlığı onlarla, yüzlərlə metrə ölçülür.

Dənizin 20 m-dən 200 m-dək dərinliyində əmələ gəlmiş çöküntülər şelfin daha böyük hissəsini əhatə edirlər və batial lillərin yayılma zonasına tədricən keçirlər. Bu çöküntülərin fərqli cəhəti aşağıdakılardır:

1. Böyük sahəni əhatə etmək, uzanma istiqamətində davamlı təzahürə malik olmaq;

2. Qalınlığının çox vaxt yüzlərlə metr və çox olması;

3. Sahilyanı çöküntülərə nisbətən gilli tərkibin daha çox eynicinsli olması;

4. Sahilyanı zonaya nisbətən yaxşı ifadə olunmuş, daha düzgün makro və yaxud mikrolaylılıq.

Müxtəlif qarışıqların tərkibindən asılı olaraq onları qumlu, silisiumlu, karbonatlı, qlaukonitli, bitumlu və kömürlü kimi fərqləndirilirlər.

Dəniz çöküntüləri üçün laylı tekstur və müvafiq olaraq onların xassələrində anizotropluq (əsasən sukeçiricilikdə və kəsilməyə qarşı müqavimətdə) xarakterikdir. Bəzi dəniz

çöküntüləri üçün həllolan duzların, üzvi qalıqların onların tərkibində iştirakı səciyyəvidir.

Fiziki vəziyyətinə görə dəniz gilli çöküntüləri bərk, yarımbərk, bərk-plastik, yumşaq-plastik, axıcı-plastik və axıcı konsistensiyalı ola bilərlər. Qumlu-çaqıllı çöküntülər sıx, orta sıxlaşmış və yumşaq düzlüslü ola bilərlər. Ana süxurlara aid gillilər adətən sıxlaşmış, bərk və yarımbərk vəziyyətdə rast gələrək, yarımqayavarilərə aid olunurlar.

1.3.3. XÜSUSİ TƏRKİBƏ, VƏZİYYƏTƏ VƏ XASSƏYƏ MALİK OLAN QRUNTLAR

Bu qruntlara **lillər, torflar, torflaşmış qruntlar, duzlar, duzlu qruntlar, çoxillik donuşluq qruntları** (ərimə zamanı fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərini kəskin dəyişən), **süni tökmə qruntlar (texnogen qruntlar)** və **torpaqlar** aiddirlər. Bu qrupa daxil olan qruntlar tərkibinə, mənşəyinə və xassələrinə görə müxtəlifdirlər. Onlar üzərində tikintilərin aparılması baxımından bu qrupa daxil olan qruntlar üçün ümumi cəhət hər bir genetik tipin və petroqrafik növün səciyyəvi xassəyə malik olmasıdır. Ona görə də, hər bir genetik tip və petroqrafik növ üçün fərdi yanaşma və qiymətləndirmə üsulu, xüsusi tədqiqat metodu tələb olunur. Onların hamısı əsasən zəif möhkəmlikli, dəyanətsiz olduğundan, tikinti norma və qaydalarına görə əksər hallarda müxtəlif qurğuların həmin qruntlar üzərində tikintisi yolverilməz hesab olunur.

Bu qruntlar mühəndisi-geoloji cəhətdən zəif öyrənilmişdir. Onlardan bəziləri-torflar, torflaşmış qruntlar, torpaqlar və lillər maddi tərkibinə görə üzvi maddələrlə sıx əlaqəyə malikdirlər. Xüsusi ilə torfların, torflaşmış qruntların, torpaqların əmələ gəlməsi üzvi maddələrdə baş verən müvafiq dəyişikliklə əlaqədardır.

Üzvi maddələr şəraitdən asılı olaraq üç istiqamətdə dəyişikliyə uğrayırlar: **minerallaşma, humuslaşma və konservasiyası** (tam parçalanmaya məruz qalmadan çürüməkdən mühafizə olunma).

Minerallaşma. Əsasən isti iqlim şəraitində üzvi maddələr tam və sürətlə minerallaşmaya uğrayırlar, yəni üzvi maddələr qeyri-

üzvi maddələrə çevrilirlər. Bu prosesin həyata keçməsinə mikroorqanizmlərin rolu böyükdür.

Humuslaşma-minilliklərlə mikroorqanizmlərin təsiri altında üzvi maddələrin oksigen olan mühitdə, onların qalıqlarının parçalanmaya uğraması, daha davamlı hüceyrə təşkilədicilərinin və mikrobların mübadilə məhsullarının konservasiyası (mühafizəsi) ilə nəticələnən prosesdir.

Konservasiya-minerallaşmanın və humusa çevrilmənin zəif getdiyi şəraitdə bitki materiallarının yarımparçalanmış şəkildə mühafizə (konservasiya) olunmasıdır. Bataqlıq bitkilərinin çətin parçalanmaya uğrayan liqnin (karbonla zəngin oduncaq maddəsi) və sellülozlarının oksigenin çatışmadığı və ya olmadığı, turş reaksiyalı mühitdə qeyd edilən prosesin təsirinə məruz qalması nəticəsində torf və kömür əmələ gəlir. Liqnin iştirak etməyən oksigensiz mühitdə sellüloz və piyə bənzər maddələrin çoxluq təşkil etdiyi plankton orqanizmlərdən sulfatların mikrobioloji reduksiyası və sapropellərin (qaz, neft, asfalt, dağ mumları və yanar şistlər) əmələ gəlməsi baş verir.

Ümumiyyətlə, heyvan və bitki aləminin həyat fəaliyyəti ilə əlaqədar olan üzvi süxurlara (mineral maddələrə) **biolit** deyilir. Biolit yunan sözü olub, **bios-həyat** və **litos-daş** sözlərindən əmələ gəlmişdir. Biolitlərə mərcan riflərini, üzvi əhəngdaşlarını, təbaşiri, yanar şistləri (kukersitləri), diatom şistlərini və s. misal göstərmək olar.

Biolitlər yanma qabiliyyətinə görə **kaustobiolitlərə** (kausto-yunanca yanan deməkdir) və **akaustobiolitlərə** (a inkar şəkilçisidir) – «**yanmayan üzvi daşlara**» bölünürlər.

Kaystobiolitləri aşağıdakı kimi qruplaşdırırlar:

- 1) bitumlar (neft-qaz və onların törəmələri);
- 2) humuslar;
- 3) sapropellər (çürüntü lillər);
- 4) liptobiolitlər (liqninobiolitlər).

Şəraitdən asılı olaraq bitki və heyvan orqanizmlərinin müvafiq dəyişikliyə uğramaları nəticəsində kaustobiolitlərin sulu-karbonlu üzvi birləşmələri və karbohidrogenli üzvi maddələri yaranır. Sulu-karbonlu üzvi maddələrin dəyişməsi nəticəsində torf və kömürün müxtəlif növləri (qonur kömür, daş kömür, antrasit və s.), yəni humus qrupu yaranır. Karbohidrogenli üzvi

maddələrin dəyişməsi nəticəsində isə bitum qrupu birləşmələri əmələ gəlirlər.

Humus, torpaq qatının formalaşmasında xüsusi rol oynayır. Humus birləşmələri içərisində **üç əsas qrup** birləşmələr fərqləndirilir.

1) humin turşuları; 2) fulvoturşular (əvəllər kren və apokren turşuları adlandırılırdı); 3) humin və ulmin və yaxud humus kömürləri.

Bu qrupların hər birinə tərkibləri daha yaxın olanlar aid edilir. Bütün humus maddələri tsiklik quruluşlu iri molekullu birləşmələr olub, turşu təbiətlidirlər. Humin turşularında daimi təşkeledici kimi azot iştirak edir.

Humin turşularının təqribi kimyəvi tərkibi C-52-58 %, O-34-39 %, H-3,3-4,8 % və N-3,6-4,1% elementlərindən ibarətdir. Tərkibində bəzi karbohidrooksil (-COOH) və fenolhidrooksil qrupları iştirak edirlər. Fulvoturşular tərkibində karbonun azlığı, oksigen ilə hidrogenin daha çox olması (C-44-50%, O-42-48 %, H-4,6-6 %, N-2,5-5,5 %) ilə fərqlənilirlər. Digər göstəricilərinə görə humin turşuları üzvi-mineral birləşmələrə yaxındır.

Torpağın inkişafı üst təbəqədə üzvi maddələrin toplanması ilə əlaqədardır. Çürümüş maddələrin mineral hissəcikləri ilə qarşılıqlı əlaqəsi (qələvi və qələvi-torpaq metallarla, alüminium və dəmirin üzvi turşularla qarşılıqlı əlaqəsi) torpağın xüsusi təbiətli kompleks üzvi-mineral duzlarının əmələ gəlməsinə səbəb olur. Üzvi-mineral birləşmələr torpaqda gil minerallarının kolloid sorbsiya kompleksi formasında, torpaq məhlullarında zol kimi, yuyulma horizontunda isə gel kimi təsadüf edir.

Kaustobiolitlərin digər növü olan **sapropellər**, ibtidai orqanizmlərin oksigensiz (hidrogen-sulfidli) mühitdə çürüməsindən, **liptobiolitlər** isə oksigenli şəraitdə iri bitkilərin daha davamlı hissələrinin sonradan parçalanmasından əmələ gəlirlər. Sapropellərə bitumlu şistləri, liptobiolitlərə isə kəhrəbanı, kenneli və s. misal göstərmək olar.

Tərkibində xeyli miqdarda üzvi maddələr olan lillərə sapropelit (yunanca «çürümüş lil» deməkdir) deyilir.

Lillər. Dövlət standartına görə (DÜİST 25100-82-nin təkmilləşdirilməsi əsasında MDB-nin tikintidə normalaşdırma və standartlaşdırma üzrə elmi-texniki komissiyası tərəfindən 19 aprel 1995-ci ildə qəbul olunmuş) lil dedikdə, tərkibində humus və bitki

qalıqları şəklində üzvi maddələr iştirak edən, dəniz akvatoriyasının müasir çöküntülərindən ibarət olan, su ilə doymuş qrunut nəzərdə tutulur. Lilin üst hissəsində məsaməlilik əmsalı $\varepsilon \geq 0,9$, konsistensiyası axıcı ($J_L > 1$), $< 0,01$ mm hissəciklər qrunut kütləsinin 30-50 % miqdarında olur.

Sapropel- həmin standartə görə, tərkibində üzvi maddələr humus və bitki qalıqları şəklində 10 %-dən çox iştirak edən, suyun axını olmayan hövzələrdə bitki və heyvan orqanizmlərinin hövzənin dibində toplanması ilə əmələ gələn şirin sulu hövzələrin lil qrunutudur. Sapropelin məsaməlilik əmsalı $\varepsilon > 3$, konsistensiyası axıcı ($J_L > 1$), yüksək dispersli olub, tərkibində $> 0,25$ mm hissəciklər 5 %-dən çox olur.

Dəniz, laqun, göl, bataqlıq və su anbarlarının dibində, çayların subasarlarında əsasən xırda və incədispers materialların mexaniki və yaxud kimyəvi yolla çökməsi ilə yaranan müasir çöküntülərdir. Bununla əlaqədar olaraq **dəniz, göl, bataqlıq, laqun və allüvial lillər** fərqləndirilir. Onlar əmələ gəldiyi şəraitlə sıx əlaqəli olub, zəif xassəli, yüksək nəmlikli, yeni çökmüş müasir çöküntülərə aiddirlər. Bu qrunutların xarakterik xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, onların fiziki-mexaniki və digər xassə göstəricilərinin çöl və laboratoriya şəraitində təyini metodlarının seçilməsi xüsusi yanaşma ilə yerinə yetirilməlidir.

Qranulometrik tərkiblərinə görə qumcalı, gilcəli, gilli, həmçinin xırda və incədənəli qumlu olurlar. İri və kobud qrunut qırıntılarından (qumlu, çınqıllı, çaqıllı və s.) ibarət olan müasir çöküntülər lil adlandırılmaz. Lillər müəyyən fasiyal şəraitdə əmələ gələn müasir çöküntüdür və tərkibində çox (2-3%-dək) və yaxud daha çox miqdarda (10-12%-dək) üzvi maddələrin iştirakı xarakterikdir. Üzvi maddələrin miqdarı yer səthindən aşağıya doğru dərinlik üzrə azalır. Quraqlıq olan iqlim şəraitində əmələ gəlmiş lillərin tərkibində suda həllolan duzlar incədispers şəkildə və yaxud iri duz kristalları, druzlar, araqatlar və linzalar şəklində iştirak edirlər. Dərin sularda əmələ gəlmiş müasir çöküntülər, həmçinin terrigen müasir çöküntülər arasında lillər əhəngli və s. olurlar. Terrigen gilli və qumlu lillərin tərkibində tozların miqdarı yüksək olur. Ona görə də, **lillər pelit, alevropelit, fitopelit, xırda və incədənəli psammit, alevropsammit və fitopsammit** strukturlu olurlar. Onların teksturu müxtəlifdir.

Çox vaxt **eynicsinli «massiv»** və yaxud **qeyri-aydın laylı**, bəzən isə **tsiklik-laylı** olurlar.

Mineraloji tərkibcə dəniz lillərinin incədispers hissəsində adətən hidroslyuda və montmorillonit gilləri, şirin sulu su hövzələrinin lillərinin incədispers hissəsinin mineraloji tərkibində isə hidroslyuda və kaolinit gil qrupları üstünlük təşkil edirlər. Lillərin kobuddispers hissəsinin tərkibində isə ilkin relik mineralar üstünlük təşkil edirlər. Lillərin incədispers hissəsinin tərkibində karbonatlara da yüksək miqdarda rast gəlmək olar. Lillərin uducu kompleksində Ca^{2+} , Mg^{2+} ionları birinci, Na^+ və K^+ ikinci dərəcəli ionlar kimi iştirak edirlər. Udma tutumu gil mineralının miqdarından və tərkibindən, lillərin tərkibində humusun miqdarından və s. asılı olaraq dəyişir.

Lillər subakval mənşəli çöküntülər olub, gilli, incə və xırdadənəli qumlu süxurların əmələ gəlməsinin başlanğıc mərhələsinin materialıdır. Onlar diagenəzə uğradıqdan sonra qeyd edilən həmin süxurlar yaranırlar. Quruda onun əmələ gəlməsi haqda söylənilən fikirlər yanlışdır. Xüsusi ilə torpaqəmələgəlmə zamanı üst təbəqədən yuyularaq dərinliyə aparılan çöküntülərin lillə kimi təqdim edilməsi düzgün deyildir. Həmçinin lilləvari gilcə, qumca və gil kimi işlədilən terminlər mühəndisi-geoloji baxımdan düzgün deyildir [12].

Lillərin nəmliyi adətən 70-80 % və çox, məsaməlilik əmsalı 1-ə bərabər, skeletin sıxlığı 0,8-0,9 q/sm³ olur. Lillərin möhkəmliyi çox azdır, təbii yatım bucaqları 0-a yaxındır. Lillərin kəsilməyə qarşı müqaviməti Q.V.Sorokinanın (1964) apardığı tədqiqatlara görə, normal təzyiqdən asılı deyildir, əsasən deformasiyanın inkişaf sürətindən asılıdır.

Lillərin sıxılma əmsalı (a) 0,2-0,3 MPa⁻¹ olur. Ümumi deformasiya modulu (E_0) gilli tərkibə malik olanlarda 0,1-0,5 MPa, gilcəlilərdə və qumcalılarda 1,0-dən 2,0-2,5 MPa-dək dəyişir.

Lillər sıxlaşmaya məruz qalmamış, kolloid tərkibə malik olan, yüksək nəmlikli, zəif möhkəmlikli çöküntü olduğundan, zərbə, titrəyiş, silkələnmə və s. xarici təsir zamanı təbii vəziyyəti dəyişir, zola çevrilirlər. Müəyyən vaxt keçdikdən sonra yenidən gələ çevrilirlər. Yəni tiksotropluq xüsusiyyətinə malikdirlər.

Lillər üzərində tikintilərin aparılması yalnız əvvəlcədən xüsusi mühəndisi tədbirlər yerinə yetirdikdən, qrunzun xassə

göstəriciləri tələb olunan səviyyədə yaxşılaşdırıldıqdan sonra mümkündür.

Torflar üzvi mənşəli süxurlardır. Dövlət standartına görə (DÜİST 25100-82-nin təkmilləşdirilməsi əsasında MDB-nin tikintidə normalaşdırma və standartlaşdırma üzrə elmi-texniki komissiyası tərəfindən 19 aprel 1995-ci ildə qəbul olunmuş) torf oksigen lazımı səviyyədə olmadığı yüksək nəmlik şəraitində, bataqlıq bitkilərinin məhv olaraq tam parçalana bilməməsi nəticəsində əmələ gələn və kütləsinin 50 %-dən çoxu üzvi maddələrdən təşkil olunmuş qruntdur.

*Torflaşmış qrun*t quru kütləsində 10-50 % miqdarında torf iştirak edən qum və gil qarışığından ibarət qruntdur.

Onlar üzvi qalıqların, başlıca olaraq bitkilərin bataqlıq və bataqlaşmış sahələrdə toplanması və dəyişikliyə uğraması nəticəsində əmələ gəlirlər.

Torflar xarici görünüşünə görə müxtəlif dərəcəli lifli (bitki qalıqlarının parçalanma səviyyəsindən asılı olaraq), torpaqlı və yaxud tozlu-plastik kütlə halında olurlar. Rəngləri şəffaf-boz çalarlıdan tünd-boz və qara çalarlıyadək dəyişə bilən boz rənglidirlər. Quru halda tərkibi müxtəlif səviyyədə humuslaşmış bitki qalıqlarından, humusdan və mineral maddədən ibarətdir.

Əmələgəlmə şəraitindən və bataqlığın quruluşundan asılı olaraq torfların üzərində tikinti şəraiti dəyişir.

Bataqlığın yaranması yeraltı suların yer səthinə yaxın olması, yer səthində suların toplanması, qruntların nəmlənmə səviyyəsinin yüksək olması ilə əlaqədar olur. Bunun üçün əlverişli şərait düzənlik relyefin və yaxud relyefin çökük elementinin, nəmlik üstünlük təşkil edən iqlimin olması və yeraltı suların yer səthinə yaxın yerləşməsidir. Bataqlaşma bataqlıq bitkilərinin inkişafı və onların məhv olması zamanı toplanması ilə müşayiət olunur.

Bataqlığın əmələgəlməsi qurunun bataqlaşması və yaxud sututurların bitkilərlə örtülməsi ilə də əlaqədar ola bilər. Bataqlıq həmçinin yamacların dabanında və yastı yamaclarda yumşaq çöküntülərin yeraltı və yerüstü sularla həddən çox islanması nəticəsində də əmələ gələ bilər.

Qurunun bataqlaşması dənizin qabarması zamanı suların dəniz sahillərini basması, dənizlərə, okeanlara tökülən çayların mənsəbində müxtəlif səbəblərdən çayın axınının çətinləşməsi ilə

əlaqədar yaranan subasmların dövrü olaraq təkrarlanması nəticəsində də ola bilər.

Göl, nohur və digər sularıların bitkilərlə tutulması (bitkilərin bitməsi və yaxud su səthinin üzən bitkilərlə örtülməsi) nəticəsində bataqlıqların yaranması zamanı onların dibində mineral və üzvi lill toplanır. Burada su və su-bataqlıq bitkiləri bitirlər. Sahil zonasından dərinliyə doğru bitkilərin inkişafı baş verdikcə, su altında az məillikli yamaclarda yeni çöküntü qatı toplanmağa başlayır. Bitki materiallarının və lill çökməsi torf qatının təşkili üçün şərait yaradır. Bu prosesin inkişafı gölün, nohurun və s. təmizliyi üzvi və mineral çöküntülərlə tam tutulmasına səbəb olur. Bataqlıq çöküntüləri arasında torf üstünlük təşkil edir.

Üzvi maddələrin bataqlıqlarda dəyişikliyə uğraması göbələk və bakteriyaların birgə təsiri altında gedən prosesdir. Torfun əmələgəlməsi nəmliyin çox olması, oksigenin az iştirakı şəraitində baş verir. Torf digər bataqlıq çöküntüləri arasında lay, qat və yaxud laycıq şəklində iştirak edə bilər. Ona görə də, torf yer səthindən müəyyən dərinlikdə və yaxud başqa çöküntülərin altında rast gələ bilər.

Torfun formalaşdığı bitkilərin botaniki tərkibindən asılı olaraq onun tərkibi əmələ gəlir. Torf çöküntülərinin tərkibində terrigen çöküntülərin qarışığı az olur. Onun tərkibində 15 %-dən az olmayaraq iştirak edən və üstünlük təşkil edən bitkinin adına görə torfun adlandırılması həyata keçirilir. Məsələn olaraq, torfun tərkibində cil-50 %, qamış-40 %, sıx ot qalıqları-10 % olarsa, həmin torf, qamışlı- cil torfu adlandırılır.

Bataqlıq çöküntülərinin şaquli istiqamətdə litoloji kəsilişi üzrə müxtəlif torflara rast gəlmək olar. Bataqlıq çöküntüləri içərisində torf və kənardan gətirilmiş terrigen çöküntülərdən başqa da çöküntülər iştirak edirlər. Onlar iki qrup təşkil edirlər. Birinci qrup çöküntülərə üzvi maddələrlə zəngin olan lillər- **qittii, dyu, sapropel, saprokol** aiddirlər.

Qittii suda yaşayan, mikroskopik orqanizmlərdən olan ölmüş planktonların qalıqlarından əmələ gəlir.

Dyu-bataqlaşma baş verən su həcmində kənardan gətirilən və pambığabənzər çöküntü kimi suyun dibində toplanan humusdur.

Saprokol- qittinin sıxlaşmasından yaranır.

İkinci qrup çöküntülərə isə silisiumlu, əhəngli, manqanlı, dəmirli və digər mineral tərkibli birləşmələr daxildir.

Bataqlıq çöküntülərinin yüksək dərəcədə nəmlənməsi ilə əlaqədar olaraq aerasiya çox zəif olur, reduksiya prosesi inkişaf edir. Ona görə də, dəmirin oksidləşmiş formaya keçməsi ilə əlaqədar **vivinit** ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), **siderit** (FeCO_3), **pirit** (FeS_2) yaranırlar. Bataqlıq çöküntüləri üçün xas olan turş mühit şəraitində iki valentli dəmir yüksək miqrasiya etmə qabiliyyətinə malik olur və üzvi birləşmələrlə miqrasiya edir. Ona görə də, bataqlıq suları tez-tez dəmirlə zəngin olurlar.

Torfların möhkəmlik xüsusiyyətləri bitki qalıqlarının parçalanma səviyyəsindən asılıdır. Üzvi qalıqların parçalanması zamanı bəzi bataqlıq qazları (metan) əmələ gəlir və bu da su anbarları yaradılarkən çox vaxt torfun suyun üzərinə çıxmasına səbəb olur. Bitki qalıqlarının parçalanma səviyyəsi torfun nəmliyinin, nəmlik tutumunun, konsistensiyasının, sukeçiriciliyinin, deformasiya qabiliyyətinin, möhkəmlik və dayanıqlılığının dəyişməsinə səbəb olur.

Orta hesabla torfun nəmliyi 85-95 %, üzvi mineral hissəsinin və torfun bütövlükdə sıxlığı müvafiq olaraq 1,4-1,8 q/sm³ və 0,7-1,4 q/sm³, məsaməlilik əmsalı birə bərabər olur.

Torflar quruyarkən həcmi büzülmə baş verir. Yaxşı qurumuş torf nəmlənərkən öz kütləsindən 15-20 dəfə çox su udur. Üzvi tərkibi yaxşı parçalanmış torfun sukeçiriciliyi və nəmlik tutumu gillərə yaxın olduğundan, bəzi hallarda ondan hidroizolyasiya materialı kimi istifadə edilir. Üzvi tərkibi pis parçalanmış və ya parçalanmamış torflar isə sukeçirici olub, onlarda su süzülmə əmsalı 10-12 m/sut hüdudunda ola bilər.

Üzvi tərkibinin parçalanma, zolluluq və sıxlaşma səviyyəsindən asılı olaraq torflar dayanıqlı və dayanıqsız konsistensiyalı ola bilərlər. Dayanıqlı konsistensiyalı torfları kəsmək olar, onlar dağılmır, yük altından pırtlayıb çıxmır, deformasiya sıxılma hesabına baş verir. Dayanıqsız konsistensiyalıları üçün əvvəlki xüsusiyyətlər xas deyildir.

Torflar qeyri-bərabər, uzunmüddətli və çox böyük sıxlaşma qabiliyyətinə malikdirlər. Sıxlaşma əmsalı 0,3-0,8 MPa⁻¹-dən 1 MPa⁻¹-dək dəyişə bilər. Çöküntülərin altında təşəkkül tapan torflarda sıxlaşma əmsalı 0,01-0,03 MPa⁻¹-dən 0,1-0,3 MPa⁻¹ hüdudunda dəyişir. Torfların kompressiya cihazında sıxlaşma

qabiliyyətinin təyini zamanı işçi halqanın hündürlüyü 40-50 mm olmalıdır, kiçik hündürlüklü işçi halqadan istifadə düzgün hesab olunmur. Torflarda (çöküntülər altında təşəkkül tapanlarda) ümumi deformasiya modulu 0,1-0,2 MPa, bəzən 1,0-2,0 MPa hüdudunda dəyişir, ancaq birinci kiçik sıxlaşdırıcı təzyiqin təsiri altında kəskin azalır.

Torfların təşəkkül tapdığı ərazilərdə tikintilərin aparılması müvafiq tikinti norması və qaydalarına uyğun olaraq müvafiq mühəndisi tədbirlərin yerinə yetirilməsindən sonra mümkündür.

Şorlaşmış torpaqlar. Dövlət standartına görə (DÜİST 25100-82-nin təkmilləşdirilməsi əsasında MDB-nin tikintidə normalaşdırma və standartlaşdırma üzrə elmi-texniki komissiyası tərəfindən 19 aprel 1995-ci ildə qəbul olunmuş) torpaq biogen və atmosfer amillərinin təsiri altında əmələ gəlmiş və dispers qruntların bitkilər üçün əlverişli olan üst məhsuldar qatından ibarət olan qruntdur.

Mühəndisi-geoloji baxımdan qumlu və gilli qrunտun tərkibində suda həllolan duzların miqdarı (100 q quru torpaqda təyin edilmiş) torpağın quru kütləsinə nəzərən 0,3 %-dən çox olarsa, onda həmin qrunт şorlaşmış hesab olunur.

Şorlaşmış torpaqlar onların tərkibində iştirak edən suda həllolan duzların kimyəvi tərkibindən və miqdarından asılı olaraq müvafiq səciyyəvi xüsusiyyət kəsb edirlər. Bu qruntların tərkibində iştirak edən duzlar suda həll olaraq yuyulduqda onların sıxlıqları, deformasiya, əlaqəlilik, möhkəmlik, dayanıqlılıq və sukeçiricilik xüsusiyyəti adətən dəyişikliyə uğrayır. Gilli tərkibə malik torpaqlarda həllolan duzların yuyulması zamanı onların uducu komplekslərində mübadilə kationlarının tərkibində də dəyişiklik baş verir ki, bu da qruntların xassələrinə öz təsirini göstərir. Qruntlarla qarşılıqlı əlaqədə olan suların tərkibində də dəyişiklik baş verir və həmin sular beton, dəmir-beton, metal konstruksiyaları və s. üçün aqressiv olurlar.

Gilli qruntların tərkibində həllolan duzların iştirakı arid zonalarda daha çox təsadüf edir. Azərbaycan ərazisində bu hal Kür-Araz ovalığının mərkəzi hissəsində geniş şəkildə təsadüf edir. Ovalığın mərkəzi hissəsində yeraltı suların təbii drenlənmə səviyyəsinin çox zəif olması, onların yer səthinə yaxın və minerallaşma səviyyəsinin yüksək olması, buxarlanmanın

yağıntının miqdarından çox olması qruntlarda, xüsusi ilə gilli qruntlarda həllolan duzların miqdarının artmasına səbəb olur.

Duzlu suya malik dəniz mənşəli çöküntülərdən əmələ gəlmiş torpaqlarda və yaxud süxurəmələgəlmə prosesi ilə eyni zamanda çöküntü daxilində duzların toplanması baş vermiş kontinental mənşəli torpaqlarda şorlaşma **ilkin şorlaşma** adlanır.

Qrunzun əmələgəlməsi prosesindən sonra onun tərkibinə daxil olmuş həllolan duzların yaratdığı şorlaşma isə **təkrar şorlaşma** adlanır. Arid zonalarda minerallığı yüksək olan qrunz sularının səviyyəsinin yer səthinə yaxın olması (təbii və ya süni drenlənmənin olmaması və ya zəif olması), yüksək minerallıqlı yerüstü suların qrunzu islatması, minerallaşmış qrunz suyu səviyyəsindən və torpaqdan buxarlanmanın intensiv getməsi və s. ilə əlaqədar olaraq torpaqlarda duzların toplanması nəticəsində təkrar şorlaşma yaranır. Yəni süxurun əmələ gəlməsindən sonra həllolan duzların qrunz daxilində toplanması təkrar (ikinci) şorlaşma adlanır. Bu müəyyən fasiyal şəraitdə duzlaşmış laylar şəklində formalaşmış ilkin şorlaşmadan çox fərqlənir.

Qruntlarda təkrar şorlaşmanın yaranmasında kapilyar qalxmanın da rolu böyükdür. Yeraltı suların səviyyəsindən kapilyar qalxma hesabına yer səthinə yaxınlaşan kapilyar sular buxarlandıqda, onlarla birlikdə yuxarıya qalxan duzlar qrunz kapilyarlarında toplanırlar və təkrar şorlaşmanı əmələ gətirirlər.

Təkrar şorlaşmada minerallaşmış yerüstü suların da təsiri yüksəkdir. Minerallaşmış yerüstü sularla suvarma, yerüstü axımın olmaması, yeraltı suların drenlənməməsi və yaxud zəif drenlənməsi halında da oxşar proses baş verir.

Qruntlarda rast gəlinən duzlar həllolma qabiliyyətinə görə asan həllolanlara (halit- NaCl , silvin- KCl və s.), orta həllolanlara (gips- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, anhidrit- CaSO_4) və çətin həllolanlara (kalsit- CaCO_3 , maqnezit- MgCO_3 , dolomit- $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ və s.) bölünürlər. Asan həllolanlar az həcmdə suda tez həll olurlar. Orta səviyyədə həllolanlar asta həll olurlar və tam həll olmaları üçün böyük həcmdə su lazımdır. Çətin həllolanlar cüzi miqdarda həll olurlar. Asan həllolan duzlar qrunzu suya qarşı davamsız, orta həllolanlar az səviyyədə davamsız edirlər, çətin həllolanlar isə qrunzun suya qarşı davamlılığına təsir etmirlər.

Gilli qruntlarda həllolan duzlar incədispers, sementləyici kimi, müxtəlif duz kristalları, yuvaları və druzları, laylar,

aqreقاتlar, linzalar və damarlar şəklində iştirak edirlər. Qrunt daxilində iştirak edən həllolan duzların tərkibində üstünlük təşkil edən duzlardan asılı olaraq **karbonatlı, sodalı, sulfatlı, xloridli və qarışıq - karbonatlı-xloridli-sulfatlı** tipləri fərqləndirilir. Asan həllolan duzların tərkibində iştirak edən əsas anionların nisbətində görə şorlaşmanın tipləri cədvəl 1.4-də verilmişdir.

Qruntların şorlaşma dərəcəsinə görə onların cədvəl 1.5 əsasında təsnifləndirilməsi təklif olunur.

Cədvəl 1.4

Asan həllolan duzların tərkibində əsas anionların nisbətində görə şorlaşmanın tipləri (V.M.Bezruk, Y.L.Motilev, A.İ.Qrot, A.İ.Znamenski və M.F.İerusəlimskiyə görə)

Qruntun şorlaşma tipləri	$\frac{CL^-}{SO_4^{2-}}$ nisbəti
Xlorlu	>2
Sulfatlı-xlorlu	2-1
Xloridli-sulfatlı	1 -0,2
Sulfatlı	<0,2

Cədvəl 1.5

Şorlaşma dərəcəsinə görə qumlu-gilli gruntların təsnifləndirilməsi (V.M.Bezruk, Y.L.Motilev, A.İ.Qrot, A.İ.Znamenski və M.F.İerusəlimskiyə görə)

Qruntlar	Asan həllolan duzların orta cəm tərkibi, %-lə	
	Xloridli və sulfatlı-xloridli şorlaşma	Sulfatlı və xloridli-sulfatlı şorlaşma
Zəif şorlaşmış	0,3-1	0,3-0,5
Şorlaşmış	1-5	0,5-2
Şiddətli şorlaşmış	5-8	2-5
Çox şiddətli şorlaşmış	>8	>5

Qruntun şorlaşma dərəcəsi <0,3 % olduqda həmin duzlaşma gruntun fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinə təsir etmir. Bu halda torpaq-grunt mineraloji və qranulometrik tərkiblə xarakterizə edilir. Qruntun şorlaşma dərəcəsi >0,3 % olduqda, onun xüsusiyyətləri dəyişir. Əgər şorlaşma dərəcəsi 2-3 %-dən böyük olarsa, onun xüsusiyyətləri daha çox dəyişkən olur. Qranulometrik və mineraloji tərkib bu halda onun xüsusiyyətlərində ikinci dərəcəli rol oynayırlar.

Morfoloji əlamətlərinə, yəni görünüşünə və quruluşuna görə şorlaşmış torpaq-qruntlar **yumşaq, rütubətli və qara şorana** ayrılırlar.

Yumşaq şoranda üst təbəqə (5-7sm) yumşaq və quru toz kimi olur, yeriyərkən adamın ayaqları qrunta batır. Üst təbəqədə çoxlu natrium-sulfat duzları olduğundan bu torpaq-qruntlar sulfatlı şoran torpaqlar adlanırlar.

Rütubətli şoranda üst təbəqə çox bərk, rəngi isə adətən tünd olur və yeriyərkən üst təbəqədəki qaysaq parçalanır. Bu isə qruntda kalsium-xlor və maqnezium-sulfat duzlarının olmasını sübut edir. Nəmçəkmə qabiliyyəti çox olduğundan onun üst təbəqəsi həmişə rütubətli olur.

Qara şoran- öz xarici görünüşü ilə yumşaq şorana oxşayır, rəngi tünd qaraya çalır, yağış yağdıqda su qrunta hopmur və səthdə göllənir. Bu isə torpaqda natrium-karbonat (soda) duzunun iştirakını göstərir. Torpaqdakı humus məhlula keçdiyindən onun rəngini qaraldır. Sodanın və uducu kompleksdə natriumun təsirindən torpaq şiddətli dərəcədə tozlanır, susızdırma qabiliyyəti zəifləyir, hidrofiliyi, yapışqanlılığı, şişmə qabiliyyəti və plastikliyi artır. Bu qruntlar quruyarkən onların səthində çoxbucaqlı formasında çatlar, çoxbucaqlı həndəsi fiqurlar yaranır. Həmin fiqurların səthi düz olur (gilli səth) və bitki örtüyü iştirak etmir. Bunlar **takır** adlandırılır. Takırlar quraqlıq dövründə sıx və bərkdirlər. Su ilə islandıqda suda asan parçalanırlar, özlü, yapışqan olurlar, texnikanın hərəkəti üçün çətinlik törədirlər. Takırların inkişaf etdiyi ərazilərdə yağışlar yağdıqdan sonra gölməçələr yaranır və tez də quruyurlar. Bu zaman orada takır qabıqları (nazik qalınlıqlı, çoxbucaqlı həndəsi fiqur şəklində) yaranırlar.

Bir çox tədqiqatçıların (V.M.Bezruk və digərləri) apardıqları tədqiqatlara görə eyni mütləq nəmlikdə və sıxlıqda olan şorlaşmış torpaq-qruntlarda asan həllolan duzların miqdarı artdıqca ümumi deformasiya modulu azalır. Bu, asan həllolan duzların miqdarı 10% və daha çox olduqda özünü daha çox göstərir. Optimal nəmlikdən yüksək nəmlikdə, şorlaşmamış torpaqlara nəzərən şorlaşmış torpaqlarda şürüşməyə qarşı müqavimət daha çox azalır. Qrunnun xassəsində bu dəyişkənlik aşağıdakı kimi izah edilir. Qrunn məsələləri asan həllolan duzlarla tutulduqda, həmin duzlar kristallaşarkən qrunnun sıxlığı artır, su ilə islanarkən isə

duzlar həll olduğundan qrunnun vahid həcmində mineral hissəciklərin həcmi azalır, müvafiq olaraq qrunnun da sıxlığı azalır. Nəticədə qrunnda batma yaranır.

Şorlaşmış torpaqların təşəkkül tapdığı ərazilərdə müxtəlif tikintilərin layihələndirilməsi və tikintisi üçün ilkin olaraq aşağıdakılar məlum olmalıdır: a) qrunnların şorlaşma dərəcəsi; b) asan və orta səviyyədə həllolan duzların tərkibi; c) qrunnun duz və nəmlik rejimi və onun şorlaşma şəraiti.

Bu qrunnlar üzərində hər hansı tikintilərin inşası tikinti norma və qaydalarına əsasən müvafiq mühəndisi tədbirlərin yerinə yetirilməsindən sonra mümkündür.

Donuşluq qrunnları. Temperaturu sıfıra bərabər və yaxud mənfi temperaturu və tərkibində buz iştirak edən istənilən qrunn donmuş qrunn adlanır. Tipik donuşluq qrunnları ilə bərabər, tərkibində buz iştirak etməyən mənfi temperaturu qrunnlara da rast gəlmək olar. Misal olaraq az nəmlikli, yumşaq əlaqəsiz-qumlu-çinqilli və çaqıllı, quru qayavari və yarımqayavi, həmçinin mineral sularla doymuş qrunnlarda mənfi temperaturda da buz iştirak etməyə bilər. Bu qrunnlar tipik donmuş qrunnlara aid deyildirlər. Çünki onlar nə donarkən, nə də donmuş vəziyyətindən əriyərkən xüsusiyyətlərini bir o qədər dəyişmirlər. Ancaq həmin qrunnlar üzərində qurğuların (bəzi yeraltı kommunikasiya, drenaj, qazma və s.) layihələndirilməsi və tikintisi zamanı onların temperaturu nəzərə alınmalıdır.

Donma zamanı qrunnun tərkibində iştirak edən suyun buza çevrilməsi onun fiziki vəziyyətini, deformasiya, möhkəmlik, sukeçiricilik, həmçinin elektrikkeçiricilik və digər xassələrini çox dəyişir. Bundan başqa, qrunnların donması xüsusi donma proseslərinin və hadisələrinin (qrunnun struktur və teksturunun dəyişməsi, nəmliyin yenidən paylanması, şaxtadan köpmə, şaxta çatlarının yaranması, buzun həcmi artırması və s.) inkişafı ilə müşayiət olunur.

Buz donmuş qrunnun təşkiledici fazası kimi dəyanətsizdir. Temperaturun artırması buzun əriməsi, qrunnun həcmi azalması strukturunun pozulması, sukeçiriciliyin artırması, batma, sürüşmə və digər hadisələrin yaranması ilə nəticələnir. Həmin qrunnlar üzərində tikilmiş qurğularda qeyri-bərabər deformasiyaların yaranmasına, hətta onların dağılmasına səbəb olur.

Donuşluq qruntları yer kürəsinin şimal və cənub qütblərində, yüksək dağlıq ərazilərdə geniş təşəkkül tapmışlar. Donmuş qruntlar **daimi** və **mövsümi** ola bilərlər.

Rusiya ərazisində Şərqi Sibirdə yer səthindən 2-3 m, bəzən 4-4,5 m dərinliyədək mövsümi donuşluq qatına rast gəlmək olar. Bəzən mövsümi (fəsillərlə dəyişən) donuşluq qatı yay vaxtı tam əriyə bilmir.

Daimi donuşluq (illər, yüz illər və minilliklərlə ölçülən) qruntları mövsümi donuşluq qatının altında yerləşir. MDB məkanında daimi donuşluq qatı şimal və şimali-şərq rayonlarında bütöv zolaq şəklində təşəkkül tapmışdır və onların qalınlığı yüz metrərlə, temperaturları isə mənfi 7°S -dən mənfi 10°S -dək, bəzən mənfi 12°S -dək olur. Cənuba doğru daimi donuşluq qatının qalınlığı azalır və on metrədək olur. Həmin zonada temperatur mənfi $0,2-0,3^{\circ}\text{S}$ –dən mənfi $1-2^{\circ}\text{S}$ -dək dəyişir. Onlarla sərhəddə çoxillik donuşluq qruntları adacıqlar şəklində təsadüf edirlər, temperatur 0°S -dən mənfi $0,3-0,1^{\circ}\text{S}$ -dək dəyişir. Dərinlik boyu çoxillik donuşluq qruntları ya fasiləsiz yayılır, ya da ərimiş qruntlarla bir-birindən ayrılırlar.

Donmuş qruntlarda təşkiledici faza rolu oynayan buz xüsusi səciyyəviliyə malikdir. Buz qrunnt daxilində araquat, linza, damar, müxtəlif buz kristalları, yuvacıqları, sementləyici, incədispers şəkildə və s. iştirak edə bilər. Bu qeyd edilənlər qumlu, gilli, qrunnt qırıntılarından əmələ gəlmiş qruntlarda və s. təsadüf edir. Qayavari və yarımqayavari qruntlarda isə əsasən damarcıq, damar, araquat və təbəqə, müxtəlif boşluqları və çatları doldurucu kimi iştirak edir.

Texnogen qruntlar. *İnsanların tələbatına uyğun şəkildə xüsusiyyətləri süni olaraq dəyişdirilmiş və yaxud onların həyatı və fəaliyyətləri nəticəsində yaranmış qruntlar texnogen qruntlardır.* Bu qruntlar bir-birindən fərqlənən iki yarım tipə ayrılırlar.

Birinci yarım tipə fiziki-mexaniki və digər xüsusiyyətləri süni yolla yaxşılaşdırılmış qruntlar aiddir. Bunlar maqmatik, metamorfik, sementlənmiş-çökmə və yumşaq qruntlardan ibarət olurlar. Həmin qruntların tələbatına uyğun gəlməyən xüsusiyyətləri müxtəlif metodlarla tələbatına uyğun şəkildə yaxşılaşdırılır.

İkinci yarım tip texnogen qruntlar tökmə qruntlardan, tullantı materiallarından, insanın həyatı və müxtəlif təsərrüfat fəaliyyətinin nəticəsində əmələ gələn müxtəlif materiallardan ibarətdirlər. İri

şəhərlərin ərazisi, müxtəlif faydalı qazıntı yataqlarının əhatəsi, tikinti meydançaları, insanların fəaliyyətinin təsir sahələri müxtəlif tərkibə, vəziyyətə və xassəyə malik süni tullantılarla və qrunut qırıntıları ilə örtülür. Texnogen tökmə qrunutların xassələri mühəndisi-geoloji təsnifata görə V qrupa aid olan qrunutların xassələrinə yaxındır.

Texnogen tökmə qrunutların xarakterik əlaməti ondan ibarətdir ki, onlar məhdud sahədə inkişaf tapırlar və qalınlıqları metr hissələrindən, 1-2 m-dən 5-6 m-dək, bəzən isə 15-20 m-ədək olur. Onların tərkibi 4 qrup çöküntülərindən ibarət olur:

- 1) sənaye və tikinti tullantılarının qarışığı;
- 2) məişət və istehsalat tullantılarının qarışığı;
- 3) planlaşdırılmış şəkildə tökülmüş və yuyularaq tökülmüş çöküntülər;
- 4) yerüstü və yeraltı dağ qazmaları ilə istismar olunan faydalı qazıntı yataqlarının daxili və xarici tullantı süxurları.

Birinci qrupa aid olan qrunutlar tərkibində gilli və qumlu qrunutlar olan, şlak, zol, metaltökmə tullantıları, məişət kərpici, metal qırıntıları və digər inşaat tullantılarından təşkil olunurlar.

Bu qrunutlar içərisində bəzən iri beton qırıqlarına, metal borulara, rels hissələrinə və s. rast gəlmək olar.

İkinci qrupa aid olan qrunutlar əsasən sənaye və məişət tullantılarından ibarət olub, qədim və müasir şəhərlərin zibillik yerləşən hissələri üçün xarakterikdir.

Üçüncü qrupa aid olan qrunutlar təyinatına uyğun olaraq tərkibi, xüsusiyyətləri qabaqcadan müəyyənləşdirilərək, tələbata uyğun tökülmüş qrunutlardan ibarətdirlər. Bu qrunutların tərkibi gilli, qumlu, çaqıllı, çınqıllı, qayma daşlı qrunutlardan ibarət ola bilər. Onların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri də tələbata uyğun həddə çatdırılmış olur. Misal olaraq yol tikintisində (yol yatağı), şəhər tikintisində (yer səthinin hamarlanması zamanı), tökmə qrunutda kanalların tikintisi, yuma üsulu ilə torpaq bəndlərin tikintisi və s. zamanı yaranmış qrunutlar bu qrupa aiddirlər.

Sonuncu qrupa aid qrunutlar faydalı qazıntıların istismarı dövründə tullantı şəklində atılaraq yataq içərisində və ətrafında toplanmış qrunutlardan ibarətdirlər.

1.4. QRUNTUN ƏSAS TƏŞKİLEDİCİLƏRİ VƏ DİSPERSLİKLƏ ƏLAQƏLİ XÜSUSİYYƏTLƏR

Müəyyən bir məsələnin daha asan həlli üçün bəzən tədqiqat obyektinə sistem kimi baxılaraq, sistemli analiz və sistemli yanaşma üsullarından istifadə edilməklə onun tədqiqi aparılır. Sistem nədir? Bu sualın izahını verdikdən sonra, qrunta bir sistem kimi baxaraq, bəzi məsələlərin izahını verək.

Sistem dedikdə, müəyyən bir vəziyyətin yerinə yetirilməsi prosesində bir-biri ilə funksional əlaqəli olan elementlərdən təşkil olunmuş obyekt nəzərdə tutulur.

Sistemin elementi dedikdə, sistemin sadə hissəsi olub, ayrı-ayrı hissələri konkret baxış çərçivəsində maraq doğurmayan obyekt nəzərdə tutulur.

Qrunun təşkilədiciləri sülb (bərk) halda hissəciklər, onların arasında qalan boşluqlar, həmin boşluqları dolduran maye və qazdan ibarətdir.

Təbii halda qrun litosferi təşkil edən istənilən süxur, torpaq, çürüntü, süxurların aşınma məhsulları olan çöküntülər, daimi donuşluq ərazilərində donmuş vəziyyətində çöküntü-torpaq, süxur-buz təbəqəsidir. İnsanların fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq süni yolla əmələ gələn texnogen mənşəli törəmə maddə, tullantı da qruntdur.

Qrunun bərk (sülb) halda hissəsi süxurlardan, minerallardan, onların parçalanmış hissələrindən, qırıntılarından, üzvi maddələrdən, buzdan və texnogen mənşəli tullantılardan təşkil olunmuşdur.

Qrunlar içərisində çökmə süxurlar daha çox üstünlük təşkil edir. Həmin süxurların xassə göstəricilərinin formalaşmasında ilkin təşkilədicilərlə əlaqəli xüsusiyyətlərlə bərabər, hissəciklərin ölçülərinin kiçilməsi ilə əlaqədar yaranan xüsusiyyətlər daha çox diqqəti cəlb edir. İlkin süxurların fiziki, kimyəvi və bioloji aşınması zamanı onların parçalanması, xırda hissəciklərə, hətta kolloidlərdəki xırdalanması baş verir. Qrunların bu şəkildə xırdalanması nəticəsində onlarda dispersliklə əlaqəli bəzi xüsusiyyətlərin yaranması müşahidə olunur. Dispers hissəciklərdən təşkil olunmuş qrunlarda təbii şəraitdə məsamələr az və ya çox dərəcədə su ilə tutulur. Hətta xarici görünüşünə görə quru halda hesab edilən gilli qrunların məsamələrində hissəcik

səthində hiqroskopik su təbəqəciyinə təsadüf olunur. Bu qruntların məsamələri su ilə tam tutulduqda dispers sistem halına keçir. Burada su dispers mühit, qrunzun sülb halında olan hissəcikləri (mineral hissəcikləri) isə dispers faza rolunu oynayır. Dispers hissəciklər üstünlük təşkil edən qruntlarda vahid həcmdə iştirak edən hissəciklərin sayı artdıqca dispers mühit ilə dispers fazanı bir-birindən ayıran səthin ümumi sahəsi də artır.

Disperslik qrunta səciyyəvi xüsusiyyətlərə malik olmaq imkanı verir. Belə ki qrunzu təşkil edən hissəciklərin ölçüləri kiçildikcə, həmin qruntlarda bəzi səciyyəvi xüsusiyyətlər daha kəskin şəkildə özünü göstərir.

İstənilən qruntlarda olduğu kimi, dispers qruntlarda da sülb halda olan fazanın (dispers hissəciklərin) arasında qalan boşluqlar (məsamələr) maye və qaz ilə tutulur. Maddənin eyni zamanda üç aqreqat halı (sülb, maye, qaz) iştirak edən dispers qrunz **üçfazlı sistem** olur. Bu halda dispers sistem çoxfazlı sistem kimi təzahür edir. Çoxfazlı dispers sistemlərin xassələrinin formalaşmasında disperslik səviyyəsinin təsiri böyükdür.

Dispers qruntlar adətən müxtəlif ölçülü hissəciklərdən və müxtəlif mineral tərkibdən təşkil olunduqlarından polidispers polimineral sistemlərdir. Bu sistemin təşkilədiciləri içərisində kolloid və incə dispers hissəciklərin iştirakı qruntların mürəkkəb xüsusiyyətlərə malik olmasına gətirib çıxarır.

Qrunz tərkibində incə dispers hissəciklərin miqdarı artdıqca onların ümumi səth sahəsi də artır ki, bununla əlaqədar olaraq qrunzun sülb, qaz və maye halında olan fazaları arasında ayırıcı səthin sahəsi artır. Bu isə müxtəlif fazalar arasında mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələrin yaranmasına səbəb olur.

Qrunzun vahid həcmində müxtəlif fazaları bir-birindən ayıran səthin sahəsi, yəni dispers hissəciklərin səth sahələrinin cəmi hissəciklərin ölçüsü kiçildikcə, onların xətti ölçülərinə tərs mütənəsis olaraq artır. Buna əyani misal olaraq tillərinin ölçüsü 1 sm, həcmi isə 1 sm³ olan kub şəkilli qrunz hissəciyinin xətti ölçüsünün kiçilməsi ilə səth sahəsinin artmasını göstərmək olar. Əgər kubun tillərini 10 bərabər hissəyə bölsək (1 mm-dən bir), həcmi 1 sm³ olan kubda həcmi 1 mm³ olan 10³ kub alınar (şəkil 1.1). Bu zaman həmin kubların ümumi səth sahəsi 6·10⁻³m² (əvvəlki kubun səth sahəsi 6·10⁻⁴m² idi) olar. Əgər hər bir kiçik kubun (tilinin ölçüləri 1 mm olan) tillərini 10 bərabər hissəyə

bölsək, o zaman tilinin ölçüləri 0,1 mm, səth sahəsi $6 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$ olan 10^3 kub alınar. Beləliklə, tillərinin ölçüləri 1 sm olan ilkin kubdan tillərinin ölçüləri 0,1 mm olan 10^6 kub alınmış olar. Əgər bu ardıcılıqla kubları kiçiltsek, vahid həcmdə həmin kubların ümumi səth sahəsinin kubların xətti ölçülərinə tərs mütənasib olaraq artdığını aydın şəkildə görə bilərik (cədvəl 1.6).

Cədvəl 1.6

Qruntun vahid həcmində yerləşən hissəciklərin sayından asılı olaraq (ölçüləri kiçildikcə) sərbəst səth sahəsinin (fazaların təmas səthinin) artması

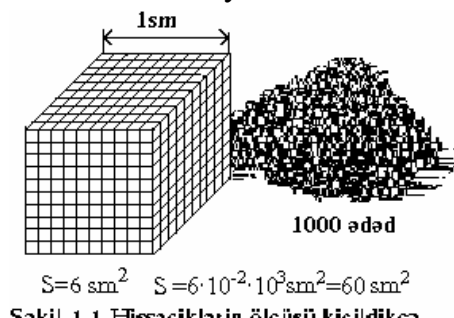
Hissəciklərin xırdalanma səviyyəsi	Hissəciklərin ölçüsü, mm	Qruntun 1 sm^3 həcmində olan hissəciklərin sayı	Ümumi səth sahəsi, m^2
Qaba dispers	10	1	$6 \cdot 10^{-4}$
	1	10^3	$6 \cdot 10^{-3}$
	0,1	10^6	$6 \cdot 10^{-2}$
	0,01	10^9	$6 \cdot 10^{-1}$
İncə dispers	0,001	10^{12}	6
Kolloid	0,0001	10^{15}	$60 = 6 \cdot 10$
	0,00001	10^{18}	$6 \cdot 10^2$

Qruntun disperslik səviyyəsinin göstəricisi kimi onun xüsusi səthi – yəni qruntun vahid həcmində iştirak edən hissəciklərin ümumi səthinin sahəsi götürülür.

Qruntun xırdalanması $< 0,00001 \text{ mm}$ ölçülü hissəciklərin meydana gəlməsinədək davam edərsə, bu zaman onun vahid həcmində olan hissəciklərin ümumi səth sahəsi yüzlərlə kvadrat metrə ölçülər.

Qrunt tərkibində ölçüləri $2 \cdot 10^{-4} - 10^{-6} \text{ mm}$ hüduunda dəyişən hissəciklər kolloid (kolloid-yunanca yapışqan deməkdir) hissəciklər adlanır. Kolloid hissəciklər mayelərlə qarşılıqlı əlaqədə kolloid məhlul əmələ gətirir. Kolloid məhlullara həmçinin zol deyilir. Kolloid məhlulda mühit (həlləddici) vəzifəsini daşıyan maye su olduqda o (kolloid məhlul), hidrozol adlanır.

Dispers mühidə hissəciklərin ölçüsü $< 10^{-6} \text{ mm}$ olduqda həqiqi məhlullar, $> 10^{-4} \text{ mm}$ olduqda isə suspenziya və emulsiyalar (asılı halda hissəciklər) əmələ gəlir.



Şəkil 1.1. Hissəciklərin ölçüsü kiçildikcə xüsusi səth sahəsinin artması.

Qruntları təşkil edən mineralların molekulyar quruluşunu tədqiq etdikdə məlum olur ki, onları təşkil edən atom və molekullar müəyyən səviyyədə sərf edilməmiş, rabitə yaratmaq imkanlı əlavə enerjiyə malikdirlər. Qruntu təşkil edən mineral hissəcikləri daha çox dispers olduqda, hissəcik səthində rabitəyə girməmiş kimyəvi elementlərin atom və molekulları hesabına yaranan əlavə enerji imkanı artır. Qruntu təşkil edən mineralların səthi sərf edilməmiş əlavə enerjiyə malik olduqlarından, ətraf mühitdən müxtəlif kimyəvi element atomlarını və molekullarını özünə tərəf cəzb etmək, möhkəm rabitə yaratmaq, tutub saxlamaq imkanına malikdirlər. Maddələrin başqa maddələri öz səthində bu şəkildə udub saxlaması hadisəsi **adsorbsiya** adlanır. Qruntların da, qeyd edildiyi kimi disperslik dərəcəsi artdıqca, adsorbsiya etmə qabiliyyəti artır.

Qruntu təşkil edən hissəciklərin sərbəst səth sahəsi nə qədər artarsa, onların başqa maddə molekullarını öz səthində udub saxlamaq qabiliyyəti də o qədər artar. Ona görə də, gilli qruntlarda disperslik dərəcəsi yüksək olduğundan onlarda adsorbsiya daha geniş şəkildə müşahidə edilir.

Qrunut daxilində iştirak edən kolloid və ondan kiçik hissəciklər daha böyük sərbəst səth enerjisinə malik olduqlarından, ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqədə səciyyəvi xüsusiyyətə malik olduqları aşkara çıxır. Bunların xüsusiyyətlərindəki səciyyəviliyin əsas cəhətlərindən biri kolloid hissəciklərin elektrik yükünə malik olmalarıdır. Bununla əlaqədar olaraq, kolloid məhlullarda kolloid hissəciklərin səthində müxtəlif yüklü ionlar toplanır.

Təbiətdə bir çox maddələr suda həll olarkən ionlara parçalanır. Həmçinin həlledici olan su özü də dissosiasiya edərək, H^+ və OH^- ionlarına ayrılır ki, bu da kolloid və daha kiçik hissəciklərlə əlaqənin yaranmasına səbəb olur.

Təbiətdə əksər gilli qrunut hissəciklərinin səthi mənfi yüklə yüklənmiş olurlar ki, bunun da səbəbi qruntu təşkil edən mineralların kristallik şəbəkəsinə daxil olan kimyəvi elementlərin (kationların) izomorf yerdəyişməsi, ion mübadiləsi və s. ilə əlaqədardır. Bununla əlaqədar olaraq, anionların kompensasiya olunmamış, yəni kimyəvi rabitəyə girməmiş radikallarının üstünlüyü müşahidə olunur. Beləliklə də, kolloid məhlullarda mənfi yüklə yüklənmiş qrunut hissəcikləri səthində kationlar,

kationların yaxınlığında isə anionlar toplaşaraq **ikiqat-elektrik təbəqəsini (İET)** əmələ gətirirlər.

Kolloid hissəciklər müəyyən təsir nəticəsində yükünü itirərək məhlulda biri-biri ilə birləşib, daha iri hissəciklər əmələ gətirirlər. Məhlulda bu hissəciklərin biri-biri ilə birləşməsi davam etdikdə ölçüləri artır və ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə çökür. Kolloid hissəciklərin biri-biri ilə birləşib, daha iri hissəciklər əmələ gətirməsi hadisəsi **koaqulyasiya (pıxtalaşma)** adlanır. Pıxtalaşmış halda olan həmin hissəciklərin məhlulda çökməsi prosesinə isə **sedimentasiya** deyilir. Təbiətdə sedimentasiya prosesi yerüstü və yeraltı sular vasitəsi ilə nəql olunmuş asılı halda olan hissəciklərin su hövzələrində çökməsi zamanı müşahidə edilir və çöküntünün çökdüyü həmin zona sedimentasiya zonası adlandırılır.

Müxtəlif vasitələrlə koaqulyasiyanı sürətləndirmək mümkündür. Bu vasitələrdən kolloid məhlullar üzərinə başqa kolloid məhlulun əlavə edilməsini, kolloid məhlulun qızdırılmasını, onun qatılığının artırılmasını (həlledicini buxarlandırmaqla, dondurmaqla, dispers hissəcik əlavə etməklə və s.) və s. misal göstərmək olar.

Koaqulyasiyanın əmələ gəlməsinin qarşısını almaq mümkündür. Kolloid hissəciklərin yüklü olması ilə əlaqədar onlar səthləri vasitəsi ilə kation və anionları adsorbsiya edərək müəyyən yüklə yükləndiyindən, eyni maddənin kolloid hissəcikləri eyni yüklə yüklənmiş olur və bir-birini dəf etdiklərindən birləşmirlər. Ona görə də, eyni maddənin kolloid hissəciklərinin məhlula daxil edilməsi və digər təsirlərin qarşısının alınması ilə koaqulyasiyaya mane olmaq olar.

Kolloid hissəciklər yüklü olduğundan, kolloid məhlullara sabit elektrik sahəsi təsir etdikdə onlar elektrodlara doğru hərəkət edir, müsbət yüklü hissəciklər katoda, mənfi yüklü hissəciklər isə anoda doğru yönəlir. Kolloid hissəciklərin daimi elektrik sahəsinin təsirindən bu cür köçürülməsi **elektroforez** adlanır.

Kolloid hissəciklərin səthində həlledici molekulları adsorbsiya edərək solvat əmələ gətirərsə, kolloid **liofil**, həlledici su olduqda isə hidrofily adlanır. Həlledicinin molekullarını öz səthində adsorbsiya etdirməyən kolloidlər **liofob**, həlledici su olduqda **hidrofob** adlanır.

Liofob kolloidlər suda həll olmayan maddələrdən əmələ gəlirlər. Liofil kolloidlər liofoblardan fərqli olaraq həlledicini öz səthində adsorbsiya edərək öz həcmi artırır (şişir).

Kolloid hissəciklər yüklü olduğundan, həlledicidə həll olarkən hissəciklərin səthində ikiqat-elektrik təbəqəsi əmələ gəlir. İkiqat-elektrik təbəqəsi ilə birlikdə bu dispers hissəciklər **mitsel** adlanırlar.

Kolloid məhlulların sedimentasiyası zamanı çökmüş hissəciklər (**koaqulyatlar**) özləri ilə birlikdə müəyyən miqdarda həlledici adsorbsiya olunmuş molekullarını çökdürür ki, tərkibində maye molekulları olan bu cür koaqulyatlara **gel** deyilir. Həlledici su olduqda isə onlar **hidrogel** adlanır. Koaqulyatların su ilə qarşılıqlı münasibətinə görə kolloidlər **dönən** və **dönməyən** olurlar.

Suya toxunduqda koaqulyat (**gel**) kolloid məhlula (**zola**) çevrildikdə kolloid dönən, əks halda dönməyən adlanır. Dönməyən kolloid məhlulunun gəlinin zola çevrilməsi (yenidən kolloid məhlula çevrilməsi) üçün onun üzərinə müəyyən miqdarda elektrolit əlavə etmək lazımdır. Dönməyən kolloid koaqulyatı üzərinə elektrolit əlavə edilməklə yenidən kolloid məhlulun alınması **peptizasiya** adlanır. Koaqulyata çevrilmiş kolloid məhlulu içərisinə eyni adlı yüklə yüklənmiş elektrolit əlavə etdikdə, pıxtalaşmış (pambığabənzər) hissəciklər bir-birindən aralanır, dəyanətli kolloid məhlula çevrilir.

Koaqulyasiya prosesinin əksi, yəni koaqulyatın yenidən kolloid məhlula çevrilməsi prosesi xarici qüvvələrin dinamik təsiri (titrəyiş, silkələnmə, qarışdırma) ilə də baş verə bilər. Təbiətdə bu proses yüksək səviyyədə nəmlənmiş qruntların mexaniki təsir nəticəsində özlü-plastik vəziyyətdən axıcı vəziyyətə keçməsi ilə müşahidə olunur. Bu hadisə **tiksotropiya** adlanır. Tiksotropiya hadisəsinin mexanizmi P.A.Rebinder tərəfindən aşağıdakı kimi izah edilmişdir. Kolloid sistemə mexaniki təsir zamanı incə məsamələrdə hərəkəti məhdudlanmış əlaqəli və immobilizə edilmiş sular sərbəst vəziyyət alır və onlar bir-biri ilə əlaqələnərək hissəcik səthində su təbəqəsinin qalınlığının artmasına, kolloid hissəciklərin bir-biri ilə yaratdığı rabitənin aradan qaldırılmasına, pıxtalaşmış kütlənin (koaqulyatın) məhlula çevrilməsinə səbəb olur. Nəticədə gel (koaqulyat) zola (kolloid məhlula) çevrilir. Koaqulyasiyanın əksi, tiksotropiya baş verir. Tiksotropiyaya keçid qrunzun mexaniki möhkəmliyinin kəskin və tez dəyişməsinə səbəb olur. Tiksotrop hala keçmiş qrunzun xarici təsir götürüldükdən sonra əvvəlki vəziyyətinə qayıtması müxtəlif sürətlə baş verir. Ona görə də, sistemin zoldan gələ çevrilməsinə sərf edilən müddət

qruntun tiksotropluq göstəricisi kimi götürülür. Qruntun tiksotropluq xüsusiyyətindən praktikada svayların vurulması, vibrasiya üsulu ilə qazıma və s. zamanı geniş şəkildə istifadə edilir.

Təbiətdə koagulyasiya və peptizasiya prosesi geniş şəkildə baş verir. Aşınma məhsullarının sular vasitəsi ilə nəql olunaraq çöküntü toplanma zonasında çökməsi zamanı, qrunut təbəqəsində kolloid hissəciklərin su ilə qarşılıqlı əlaqədə heterogen-dispers sistemlərin yaranması zamanı və s. qeyd edilən proseslər təbii şəkildə baş verir.

Qrunutlarda **silisium, dəmir və aluminium oksidləri, çürümüş maddələr, gilli minerallar** və s. kolloid hissəciklərin malik olduğu xüsusiyyətlərə malikdirlər.

Silikat turşusu. Müxtəlif qrunut daxilində sadə və mürəkkəb silikatlar və alüminium silikatları şəklində daha çox olduğuna görə, kolloid vəziyyətdə müasir aşınma qatını təşkil edən müxtəlif qrunutların tərkibində iştirak edir. Silisium turşusunun gəli şişməyən kolloidlərə aid olub, quruyarkən müəyyən həddədək öz həcmələrini azaldır. Su ilə təkrar isladılarkən şişmə müşahidə edilmir. Əksər hallarda qrunut tərkibində iştirak edən silikat turşusu kolloidləri mənfi yüklü olurlar.

Alüminium və dəmirin hidrooksidlərinin kolloidləri təbiətdə geniş yayılmışdır. Qrunutların həmin birləşmələrlə zənginləşməsi dəmirli mineralların kimyəvi aşınma məhsullarının hidratasiyası nəticəsində (misal olaraq $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) baş verir.

Dəmir və alüminium hidrooksidlərinin xarakterik xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, məlum şəraitdə onlar yüklərinin işarəsini (mənfi və ya müsbət) dəyişirlər. Misal olaraq, turş mühitdə dəmir hidrooksidləri müsbət, qələvi mühitdə isə mənfi yüklə yüklənirlər.

Humus. Qrunut tərkibində kolloid şəklində humus maddələrinin iştirakı qrunutun xassə göstəricilərinə kəskin şəkildə təsir edir. Belə ki bununla əlaqədar qrunutun su ilə təmasda şişmə qabiliyyəti artır. Qumlu qrunutlarda isə humusun iştirakı ona əlaqəlilik verir. Humus kolloidləri mənfi yüklü olduğundan, müsbət yüklü ionlar iştirak etdikdə koagulyasiya baş verir, qələvinin əlavə edilməsi isə onların zola çevrilməsinə səbəb olur. Kalsium kationları ilə doymuş qaratorpaqlarda humus maddələrinin iştirakı zaman keçdikcə qrunutun dənəvər strukturunun əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Gilli kolloidlər. Qruntların daha çox dispers olan hissəsi gil minerallarına aiddir. Bunlardan montmorilloniti, kaoliniti, hidroslyüdanı və s. misal göstərmək olar. Gilli qruntların kolloidləri mənfi yüklə yüklənmiş və adi temperaturda dönən olurlar, ancaq yüksək temperaturda onlar dönməyən olaraq suyu adsorbsiya etmək, şişmək və zola keçmək qabiliyyətlərini itirirlər.

1.4.1. QRUNT HİSSƏCİKLƏRİ SƏTHİNİN MÜXTƏLİF MADDƏLƏRİ UDMA XÜSUSİYYƏTİ

Dispers qruntların səciyyəvi xüsusiyyətlərindən biri də onların ətraf mühitdən sülb, qaz, maye halında müxtəlif maddələri, ionları, molekulları udaraq özlərində saxlamaq qabiliyyətidir. Qruntların maddə uduculuq qabiliyyətləri mürəkkəb təbiətə malik olub, bir neçə prosesin birlikdə getməsi ilə əlaqədardır.

Qruntları təşkil edən hissəciklərin disperslik dərəcəsi artdıqca, onların sərbəst səth sahəsi və buna müvafiq olaraq müxtəlif maddələri udub özündə saxlama qabiliyyəti artır. Qruntların maddə uduculuq qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün 100 q qrunnun müxtəlif ionları, xüsusi ilə kationları mübadilə etmə qabiliyyətindən istifadə edilir. Sərbəst səthinə müvafiq olaraq qruntlar mübadilə etmək imkanına malikdirlər. Qrunnun dispers hissəcikləri adətən səthdən mənfi yüklə yüklənmiş olurlar və mühitlə qarşılıqlı əlaqədə müsbət yüklü hissəcikləri özünə doğru cəzb edirlər. Dispers hissəcik səthinin mənfi yük artıqlığının onu əhatə edən mühitin kationları ilə neytrallaşması zamanı ikiqat-elektrik təbəqəsi formalaşır. Həmin kationlar onları əhatə edən mühitin kationları ilə mübadilə olunmaq imkanına malikdirlər və mübadilədə iştirak edən kationların miqdarı qrunnun kation tutumuna mütənasibdir. Belə ki mübadilə kationlarının ümumi miqdarı (100 q qrunnda qram-ekvivalent (q-ekv), milliqram-ekvivalentlə (mq-ekv) ifadə olunmuş) qrunnu təşkil edən hər bir mineral üçün sabit olub, kationun təbiətindən asılı deyildir. Beləliklə, *100 q quru qrunnun mübadilədə iştirak edən kationlarının q-ekv və ya mq-ekv-lə ifadə edilmiş miqdarına kolloidlərin kation mübadiləsi tutumu deyilir.* Qrunnun mübadilə kationları əsasən dispers hissəciklər ilə, xüsusi ilə kolloid və daha kiçik hissəciklər ilə daha çox əlaqədardır. Qrunnun və yaxud onun kolloidlərinin kationlarla tam doyma həddində kationların ümumi miqdarı (100

q qrunտun m_q-ekv və ya q-ekv-lə ifadə olunmuş) mübadilə tutumuna bərabərdir.

Müxtəlif sərbəst səth enerjisinə malik olan qruntlar müxtəlif maddələri öz səthləri vasitəsi ilə müxtəlif formada tutub saxlamaq (udmaq) qabiliyyətinə malikdirlər. Qrunտ səth ilə maddələrin udulma xüsusiyyətindən asılı olaraq K.K.Hedroyts (1933) tərəfindən udulmanın 5 növünün fərqləndirilməsi təklif edilmişdir: **mexaniki, fiziki, fiziki-kimyəvi, kimyəvi və bioloji**.

Mexaniki udulma dedikdə, yerüstü və yeraltı sular vasitəsi ilə nəql olunan hissəciklərlə qrunտ məsamələrinin tutulması nəzərdə tutulur. Sular qrunտ məsamələri ilə hərəkət edərkən özü ilə nəql etdirdiyi hissəcikləri məsamələrdə çökdürür ki, bununla əlaqədar olaraq, zaman keçdikcə qrunտ məsamələri həmin hissəciklər ilə tutulur. Qrunտ məsamələrinin hissəciklərlə tutulması **kolmatasiya hadisəsi** adlanır. Mexaniki udulma adətən keçiriciliyi yaxşı olan qruntlarda (qumlarda) baş verir.

Mexaniki udulma praktikada geniş şəkildə təsadüf olunur və qruntlardan suyun süzülməsinin qarşısını almaq məqsədi ilə istifadə olunur. Bundan başqa, asılı şəkildə su ilə nəql olunan hissəciklərdən suyun təmizlənməsi üçün mexaniki udulmanın müsbət təsir effektindən istifadə edilir.

Praktikada mexaniki udulmanın təsiri bəzi problemlərin yaranmasına səbəb olur. Belə ki su ilə üzərək nəql olunan hissəciklər (xüsusi ilə tozlu və gilli hissəciklər) sukeçiriciliyin tələbata uyğunluğu gözlənilən sahələrdə qrunտ məsamələrini tutması ilə (kolmatasiya) sukeçiricilik pisləşir ki, bu da həyata keçirilən tədbirə mane olur. Torpaqların həll olan duzlardan yuyulması dövründə qumlarda və digər keçiriciliyi yaxşı olan qruntlarda, drenaj süzgəcində, maye halında olan faydalı qazıntıların istismarı zamanı kollektor layda və süzgəcdə kolmatasiya ilə əlaqədar olaraq su süzülmə əmsalının azalmasını buna misal olaraq göstərmək olar. Kolmatasiya ilə əlaqədar drenaj süzgəcləri (həmin drenaj da), maye halında faydalı qazıntı yataqlarının istismar quyuları sıradan çıxır.

Mexaniki udulma ilə əlaqədar nəqliyyat yollarının qumdan, qum-çinqıldan ibarət örtük qatı dispers hissəciklərlə tutulur, nəticədə yol örtüyünün nəmlik tutumu və deformasiya qabiliyyəti dəyişir, donma zamanı həcm artımı müşahidə edilir və qruntların müvafiq xassə göstəriciləri pisləşir.

Mexaniki udulmanın müsbət təsiri torpaq məcralı kanallarla suyun nəqli zamanı və sukeçiriciliyin azaldılması tələb olunan yerlərdə kolmatasiya ilə əlaqədar sukeçiriciliyin azalması nəticəsində su itkisinin qarşısının alınmasında meydana çıxır ki, bu da böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Fiziki udulma. Qruntu təşkil edən hissəciklərin disperslik dərəcəsi artdıqca onların sərbəst səth sahəsi də artdığından, qarşılıqlı əlaqədə olduğu mühitdən müxtəlif kimyəvi birləşmələrin suda həll olmuş molekullarını, su və qaz molekullarını, xırda hissəcikləri öz səthləri ilə adsorbsiya edir. Bu zaman qrunnun sərbəst səth sahəsinin malik olduğu enerjinin azalması istiqamətində dəyişiklik baş verir. Yəni fiziki udulma dedikdə, qruntların sərbəst səthləri vasitəsi ilə fiziki qüvvələrin təsiri altında başqa maddələri udub özündə saxlaması, yəni adsorbsiya etməsi nəzərdə tutulur.

Suyun absorbsiyası onun səthi gərilməsi ilə əlaqədardır. Suyun səthi gərilməsi temperaturadan və suda həll olan müxtəlif maddələrin iştirakından asılı olaraq dəyişir. Təmiz suyun səthi gərilməsi 20⁰S temperaturda $72,5 \cdot 10^{-7}$ N·m-ə bərabərdir. Əgər suda səthi aktiv maddələr iştirak edərsə, suyun səthi gərilməsi azalır ki, bunun nəticəsində səthi aktiv maddə qrunnun dispers hissəciklərinin səthinə toplanır, müsbət adsorbsiya baş verir. Yəni adsorbsiya adsorbentin (qrunt hissəciyi) səthində məhlula nisbətən daha çox baş verir.

Qeyri-üzvi birləşmələr – duzlar, turşular, əsaslar və bəzi digər maddələr suyun səthi gərilməsini artırır ki, bu maddələr mənfi adsorbsiya olunurlar, yəni onların qrunn hissəciyindən aralı suda konsentrasiyası hissəcik səthindəki konsentrasiyasına nisbətən çox olur.

Mineral hissəciklərinin səthində adsorbsiyanın təsiri ilə müxtəlif örtük şəkilli təbəqə yaranır ki, bu da həmin hissəciyə, həmçinin qrunta bütövlükdə müvafiq rəng, çalar verir. Qruntu təşkil edən mineral hissəciyinin, hidrofiliyi və müvafiq xassələri dəyişikliyə uğrayır.

Mənfi adsorbsiya edən (inaaktiv maddələr) maddələr qrunnun tərkibindən asan həll olaraq yuyulur. Səthi aktiv maddələr isə suyun səthi gərilməsini azaldır və qrunn hissəciklərinin səthinə adsorbsiya edərək onun bərkliyini azaldır, qazıma zamanı onların dağılmasını, xırdalanmasını və s. asanlaşdırır. P.A.Rebinder bu

hadisəni süxur hissəcikləri səthinə adsorbsiya edən səthi aktiv maddələrin (SAM) mineralın kristallik şəbəkəsinin səthdə olan ionları ilə əlaqəyə girməsi, onların öz aralarında əvvəl mövcud olan rabitə qüvvəsini zəiflətməsi, bununla əlaqədar çatların yaranması və mövcud çatların böyüməsinə şəraitin yaranması ilə izah etmişdir.

Müsbət adsorbsiyadan gilli mineralların diaqnostikasında (üzvi rənglərlə rəngləmə metodu ilə), müxtəlif maddələrin hissəciklərinin səthinə hopdurulması metodu ilə hidrofoblaşdırılaraq süxurların hidrofiliyinin azaldılmasında və s. istifadə edilir.

Qatranlı, bitumlu və bəzi digər üzvi birləşmələrin qrunut hissəcikləri səthində fiziki udulması qrunutun su ilə islanma qabiliyyətinin azalmasına gətirib çıxarır ki, bu zaman onun əlaqəliliyi artır.

Fiziki-kimyəvi udulma dedikdə, qrunutun gilli kolloid hissəciklərinin diffuz təbəqəsində udularaq paylanmış kation və anionların bir hissəsinin onunla təmasda olan məhlul kationları ilə ekvivalent miqdarda əvəz olunması qabiliyyəti nəzərdə tutulur. Elektrostatik və molekulyar qüvvələrin təsiri altında məhluldan udulan kationlar qrunutun mineralları ilə əlaqəyə girir, bu zaman mineraldan ekvivalent miqdarda əvəz olunan kationlar məhlula keçir. Məhlul ilə qrunut minerallarının diffuz təbəqəsinin kationları arasında daimi tarazlıq bərpa olunur.

Beləliklə, qrunutlarda fiziki-kimyəvi udulma prosesi bir kationun digəri ilə əvəz olunması şəklində getdiyinə görə, bu udulma mübadilə udulması da adlandırılır. Udulmanın bu şəkli əsasən dispers qrunutlara, xüsusi ilə gilli qrunutlara xasdır. Qrunutları təşkil edən və tutumunu artıran incə dispers hissəciklərin uducu kompleks kimi adlandırılması qəbul olunmuşdur.

Təbii şəraitdə gilli qrunutlarda mübadilə ionları kimi daha çox K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , az halda H^+ , Fe^{3+} , Al^{3+} , bəzən isə bəzi anionlar iştirak edir. Anionlar arasında yaxşı udulan və kationlarla həllolmayan və yaxud az həllolan birləşmələr (misal olaraq fosforlu, silisiumlu, karbonlu və digər tərkibli turşular) əmələ gətirənlər də təsadüf edir.

Qrunut kolloidlərində udulmuş qələvi metalların (Na^+ , K^+) varlığı qrunutun nəmlənməsi zamanı məsaməli mühitdə yaranan məhlulun qələvi reaksiyaya ($PH > 7$) malik olmasına səbəb olur. Bu

zaman qrunտun mənfi yüklənmiş kolloidləri zol şəklində stabilləşir. Ona görə də, uducu kompleksdə mübadilə olunan Na^+ ionu iştirak edən şorakət qrunտlar nəmlənərkən yapışqanlığı artır, şiddətli şişir, suda şişərkən tez parçalanır, yük götürmə qabiliyyəti və digər xassə göstəriciləri pisləşir.

Qrunտun uducu kompleksində iştirak edən iki valentli ionların (Ca^{2+} , Mg^{2+}) təsiri ilə kolloidlər koaqulyasiya yaradır (yığcam vəziyyət alır) və zol vəziyyətinə çətin keçir.

Dəniz mənşəli gilli qrunտlarda solvat təbəqəsində kalsium üstünlük təşkil edir, natriumun iştirakı kalsiumdan azdır. Şirin sulu hövzələrdə çökən, subaeral mənşəli, atmosfer və yeraltı sularla yaxşı yuyulan gilli qrunտlarda həllolan duzlar yuyulduğundan, solvat təbəqəsində şirin su üçün xarakterik təşkilədiçi olan kalsium üstünlük təşkil edir. İsti, quraqlıq ərazilərdə əmələgələn gilli qrunտlarda natrium üstünlük təşkil edir.

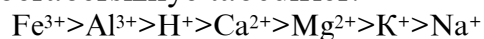
Qrunտun uducu kompleksində iştirak edən kationdan asılı olaraq, gilli qrunտlar natriumlu, kalsiumlu və s. əlavə ilə adlandırılır. Misal olaraq, əgər natrium iştirak edirsə, montmorillonit natriumlu montmorillonit adlanır. Gilli qrunտda mübadilə hidrogeni iştirak etdikdə doymamış, iştirak etmədikdə isə doymuş adlandırılır.

Qrunտların mübadilə qabiliyyətinin ölçü meyarı olan udma tutumu və ya mübadilə tutumu qrunտun mineral tərkibindən asılıdır. Misal olaraq 100 q quru qrunտ üçün udma tutumu montmorillonit gillərində 60-120 mq-ekv., hidroslyudada 20-40 mq-ekv., kaolinitdə isə 3-15 mq-ekv. həddində dəyişir. Ona görə də, montmorillonit gilləri iştirak edən qrunտlar udulmuş kationlarla əlaqəli xüsusiyyətlərə malik olub, xarici mühitdə baş verən istənilən dəyişikliyə qarşı daha həssas olurlar.

Beləliklə, qrunտların mübadilə-udma qabiliyyəti, ilk növbədə, uducu kompleksin mineral tərkibindən, onların dispersliyindən asılıdır. Müəyyən edilmişdir ki, ölçüsü $\leq 0,002$ mm olan hissəciklərdə udma-mübadilə qabiliyyəti kəskin dərəcədə artır. Qrunտun mübadilə reaksiyasının intensivliyinə disperslik dərəcəsi və mineral tərkibi ilə bərabər, onu əhatə edən mühitin məxsusiliyinin də təsiri böyükdür.

Qrunտların uducu kompleksi tərəfindən müxtəlif ionların udulması və yaxud mübadilə edilməsində, mübadilədə iştirak edən ionların tərkibinin də rolu böyükdür. Belə ki qrunտ hissəciklərini

əhatə edən suyun tərkibində iştirak edən ionların mübadilə və udulma enerjisi müxtəlif ionlarda müxtəlif olduğundan (yəni böyük valentliyə malik olan ionlar nisbətən böyük elektrik yükünə malik olduqlarından), onlar yüksək udulma və ya mübadilə enerjisinə malik olurlar. Bunun da nəticəsi kimi yüksək enerjili ionlar mübadilə zamanı (diffuziya təbəqəsində udulmuş) özündən kiçik enerjili ionları sıxışdırıb çıxarır, özləri isə məhlula keçirlər. Belə ki onların dispers hissəciklərlə qarşılıqlı elektrostatik təsiri böyük olur. Kiçik valentliyə malik ionlar kiçik elektrik yüklü olduğundan, mübadilədə az fəal olur və uducu kompleksdən asanlıqla xaric olunurlar. K.K.Hedroyts müəyyən etmişdir ki, birvalentli ionlar ikivalentli ionlara nisbətən az mübadilə etmə qabiliyyətlidirlər, ikivalentli ionlar isə üçvalentli ionlardan bu xüsusiyyətlərinə görə geri qalırlar. Udulma enerjisinə görə ionlar təqribən aşağıdakı bərabərsizliyə tabedirlər:



Birvalentli ionlar arasında daha çox udulma enerjisinə malik olanlar ion radiusu böyük olan, az hidratlaşmış ionlardır. Belə ki bu ionların hissəciklərin səthinə elektrostatik cazibə qüvvəsi böyükdür. Birvalentli ionlar arasında hidrogen ionu xüsusi yer tutur. O, ikivalentli ionlara nisbətən yüksək udulma enerjisinə malikdir.

Kimyəvi elementlərin yuxarıda göstərilmiş sırasına nəzər salsaq görürük ki, daha çox udulma enerjisinə malik olanlar və sulu məhlullarda az dissosiasiya olunan ionlar daha çox mübadilə qabiliyyətinə malikdirlər.

Qruntun mübadilə qabiliyyətinə mühitin reaksiyası (pH göstəricisi) da təsir edir. Belə ki qələvilik artdıqca, yəni $\text{pH} > 7$ olduqda kationların mübadilə qabiliyyəti artır, turşuluq artdıqca isə ($\text{pH} < 7$) azalır. Bu onunla əlaqədardır ki, bəzi kolloidlər (dəmir və alüminium hidrooksidləri) amfoter xassəyə malikdirlər və mühitin turşuluğu artıqca, öz mənfi yüklərini müsbət yüklə əvəz edirlər. Bu zaman turş mühit də müsbət yüklə yükləndiyindən, müsbət yüklü, eyni adlı ionun udulmasına maneçilik törədir.

Beləliklə də, mübadilə prosesinin mürəkkəb proses olduğunu və fiziki udulmadan prinsipə fərqləndiyini qeyd etmək lazımdır.

Fiziki-kimyəvi udulma zamanı hissəciklərin uducu kompleksinin ionları əhatə edən mühitin ionları ilə əvəz olunaraq, hissəciyin səth təbəqəsinə (diffuziya qatının) daxil olur. Bu zaman

əhatə edən mühitin konsentrasiyası dəyişmir. Fiziki udulma zamanı ionlar və maddələr hissəcik səthinə adsorbsiya olunaraq toplaşdığından əhatə edən mühitin konsentrasiyası dəyişir.

Kimyəvi udulma. Bu udulma qruntu təşkil edən kimyəvi birləşmələrlə onu əhatə edən mühit və ya qruntu isladan məhlulun tərkibi arasında baş verən qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranan kimyəvi birləşmələr şəklində təzahür edir. Yaranan bu birləşmələr müxtəlif çöküntülərin, əlaqəsiz qruntların, gillərin və s. qruntların sementləşməsinə səbəb olur. Belə ki qrunnun təmasda olduğu mühitlə qarşılıqlı təsir nəticəsində yaranan kimyəvi birləşmələr qrunn hissəciklərinin səthində toplanır, müxtəlif konkresiyaların yaranmasına, məsamələrin, boşluqların, çatların tutulmasına səbəb olur. Əksər hallarda, kimyəvi udulma yaranmış birləşmələrin toplaşdığı hissədə qrunnun rənginin dəyişməsinə, rənglərin ayrılmasına, ləkələrin yaranmasına, qrunn səthinin fərqlənməsinə səbəb olur. Bu təzahürlərlə əlaqəli olaraq qrunnun xarici görünüşü, suyadavamlılığı, sukeçiriciliyi, fiziki vəziyyəti, möhkəmlik xüsusiyyətləri dəyişikliyə uğrayır.

Beləliklə də, kimyəvi udulmanın qruntda yaratdığı dəyişikliyin öyrənilməsi əsasında onun xassə göstəricilərinin kimyəvi təsir vasitəsi ilə yaxşılaşdırılmasına aid mühəndisi tədbirlər hazırlamaq mümkündür.

Bioloji udulma. Bu udulma canlı orqanizmlərin fəaliyyəti ilə əlaqədardır. Belə ki müxtəlif bitkilərin, heyvanların, mikroorqanizmlərin dəyişikliyə uğrayaraq qrunn daxilində toplanması nəticəsində bioloji udulma baş verir. Qrunn daxilində və ya onu əhatə edən mühiddə gedən biogen proseslərin təsiri ilə qrunnun xarici görünüşündə, fiziki vəziyyətində, onun tərkibində və xassələrində müvafiq dəyişiklik baş verir. Bioloji udulma süxür əmələgəlmə prosesinin əvvəli üçün daha xarakterikdir. Belə ki çöküntülərin süxura çevrilmə prosesi müvafiq geoloji müddət ərzində, müxtəlif fiziki, kimyəvi, fiziki-kimyəvi, bioloji proseslərin təsiri altında baş verir.

1.5. MÜHƏNDİSİ-GEOLÖJİ ŞƏRAİTİN FORMALAŞMASINDA ÜZVİ ALƏMİN ROLU

Üzvi mənşəli birləşmələrdən əmələ gəlmiş qruntlar səciyyəvi xüsusiyyətlərə malikdirlər. Bunlarla bərabər, qrunn tərkibində də

üzvi mənşəli birləşmələr geniş şəkildə təsadüf edirlər və onların mühəndisi-geoloji xüsusiyyətlərinin mürəkkəbləşməsində xüsusi rol oynayırlar. Qrunt tərkibində iştirak edən üzvi mənşəli birləşmələr, canlı orqanizmlər onun xüsusiyyətlərinin formalaşmasında çox böyük təsirə malikdirlər.

Qruntun bioloji mənşəli təşkiledicilərini əmələ gətirən canlı orqanizmlər daha çox yer səthində təsadüf edirlər. Onlara– üzvi maddələr istehsal edən ali yaşıl bitkilər, hazır üzvi maddələrlə qidalanan onurğalılar və onurğasızlar və üzvi maddələri hazırlayaraq onunla qidalanan mikroorqanizmlər aiddir.

Ali yaşıl bitkilər grunt daxilində qabıqlar, bitki kökləri, kök sisteminin törəmələri şəklində iştirak edir. Məlum olmuşdur ki, hər bir bitki kökü gündə özündən 10000 hüceyrə itirir. 200 km-dən çox uzunluqda kök və 10^8 kök telləri əmələ gətirir, onların da ömrü günlərlə ölçülür.

Onurğasızlar (həşəratlar, soğulcanlar və s.) və onurğalılar (gəmiricilər, yereşənlər və s.) grunt daxilində müxtəlif boşluqların yaranmasında, hava rejiminin dəyişməsində, gruntun strukturunun pozulmasında xüsusi rol oynayırlar. Qeyd etmək lazımdır ki, soğulcanların sayı 1 ha sahədə 100 min-dən 1 neçə milyona qədər olur. Bu isə onların qrunta göstərdiyi təsirin səviyyəsini müəyyən etməyə imkan verir.

Qrunt daxilində mikroorqanizmlər 1 q qruntda 10^8 hüceyrəyədək iştirak edir. Mikroorqanizmlərin müəyyən edilmiş bu miqdarı torpaqdakı miqdarından az, təbii sudakı miqdarından isə çox olur. Torpaq qruntlardan dərininə doğru mikroorqanizmlərin miqdarı azalır. Mikroorqanizmlər morenlərdə, löslərdə, lentvari gillərdə, qumlu, qumdaşılı və qayavari qruntlarda aşkar edilmişdir. Onların miqdarı qruntların genezisindən asılı olaraq, mövsüm və dərinlik üzrə dəyişirlər.

Müəyyən edilmişdir ki, torpaqlarla müqayisədə digər grunt daxilində mikrofloranın şəkildəyişməsi azalır, sporalı və sporasız, dəmir və manqanoksidləşdiricilər, aerop və anaerop bakteriyalar və s. mikroorqanizmlər təsadüf edir. Qruntun mikrobioloji xüsusiyyətləri 800 m dərinliyədək öyrənilmişdir.

Yeraltı sularda isə bir neçə min metr dərinliyədək bakteriyaların varlığı müəyyən edilmişdir. Onların yeraltı suların 1 ml-də miqdarı on minlərlədən milyon hüceyrəyədək olmuşdur. Həmin bakteriyalardan aerob, anaerob, avto və heterotrof,

sulfatreduksiyaedici, bataqlıq və metan əmələ gətirən bakteriyalar daha çox təsadüf edir.

Bitkilər və heyvanlar qrunzun üst təbəqəsi üçün böyük təsirə malikdirsə, mikroflora öz morfoloji və fizioloji əhəmiyyətlərinə uyğun olaraq, çökmə qruntların bütün qatında yayılaraq öz təsirlərini göstərirlər. Mikroorqanizmlər istənilən şəraitdə təsadüf edib, artıb çoxalmaq və ətraf mühitə öz təsirlərini göstərmək imkanlarına malikdirlər. Bu orqanizmlərin istənilən şəraitdə təsadüf etmələri ibtidai orqanizmlərin xarici mühitə tez uyğunlaşmaları (adaptasiya olunmaları) ilə əlaqədardır. Belə ki əhatə edən mühitdə baş verən dəyişikliyə uyğun olaraq mikroorqanizmlərdə etoloji (davranış tərzində), ekoloji (həyat tərzində və s.) və morfoloji (xarici əlamətlərində, quruluşunda, formasında və s.) dəyişikliklər baş verir.

Oksigenin iştirak etdiyi mühitdə aerob, əks halda anaerob, turş sularda ($\text{pH} < 6$) tiobasillər, zəif qələvi sularda aktinomisetlər, nitritləşdiricilər, kökbakteriyaları, termal sularda ($t > 90^{\circ}\text{S}$) aktinomisetlər, termofil bakteriyalar, 0°S temperatur şəraitində isə mikroorqanizmlərin rütubət şəkildəyişmələri təsadüf edir.

Mikroorqanizmlər içərisində bir çoxu xarici mühitdə baş verən dəyişikliyə qarşı çox yüksək davamlı yaşayış tərzinə malikdirlər. Misal olaraq, bir çoxu yüksək osmotik təzyiqə davamlılıq (hətta 0,1-10 % duzlar iştirak edən mühitdə yaşayıb inkişaf edə bilirlər), halofillər yüksək konsentrasiyalı sularda inkişaf etmək, sulfatreduksiyaedicilər konsentrasiyası 20 %-ə çatan göllərdə yaşamaq, həmçinin mikroorqanizmlər liofil quraqlıq şəraitində sporalarının məhv olmamaq, əlverişli şərait yarandıqda yenidən inkişaf etmək və s. qabiliyyətinə malikdirlər. Bəzi bakteriyaların sporaları müsbət 165°S temperaturda 2 saat, 121°S temperaturda doymuş baxarda isə 15 dəqiqə saxladıqdan sonra məhv olurlar.

V.İ.Vernadsk və onun davamçıları yer təbəqəsində gedən proseslərdə orqanizmlərin rolunun böyük olduğunu göstərmişlər.

Yaşaması və inkişafı üçün tələb olunan üzvi maddələri əldə etməkdən ötrü qeyri-üzvi maddələri (süxurları, çöküntüləri və s.) parçalamaq, lazım olan üzvi maddələri yaratmaq funksiyasını yerinə yetirərkən, qeyri-üzvi maddələri (P, K, Na, Ca və s.) süxur daxilindən çıxararaq onların məkan üzrə paylanılmasında ali bitkilərin təsiri böyükdür.

Torpaq-qruntda yaşayan həşaratlar aerasiyanın, qruntların məsaməliliyinin, nəmlik tutumunun, sukeçiriciliyinin, suya qarşı davamlılığının, humusunun miqdarının, mübadilə tutumunun artırılmasına, turşuluğun (məhlulun pH göstəricisinin) azalmasına, üzvi maddələrin minerallaşmasına kömək edirlər.

Ali orqanizmlərdən fərqli olaraq, mikroorqanizmlər universal geokimyəvi funksiyaya malik olub, onların biokimyəvi imkanları genişdir. Belə ki mikroorqanizmlər müxtəlif mineralların kristallik şəbəkəsindəki dəyişən valentli və yaxud mikrob metabolitlər (üzvi və mineral turşular, qələvi, selik və s.) oksidləşdirici və reduksiyaedici elementlərə təsir etməklə, onun parçalanması üçün şərait yaradır.

Mikroorqanizmlər süxurun mineral tərkibinin elementlərini oksidləşdirərək və ya oksidləşdirici kimi istifadə edərək parçalayır, öz tələbatı üçün karbonu əldə edir. Tiobasillərin təsiri pirit, xalkopirit və digər sulfid minerallarının strukturlarının pozulmasına səbəb olur. Heterotrof bakteriyalar isə limonit, hetit minerallarının parçalanmasını həyata keçirirlər.

Mikrob metabolitlərinin mineral substratlarına (qida mənbəyinə) təsiri, misal olaraq tiobasillərin alüminium silikatlarına təsiri sulfat turşusunun, nitrifikatorların bəzi süxurlara təsiri isə azot turşusunun yaranmasına səbəb olur ki, bu turşular da süxurların aşınma prosesini sürətləndirir.

Üzvi maddələrin parçalanması və yaxud nitritsizləşmə, sulfatların reduksiya olunma prosesi ilə qələvilərin, misal olaraq sodanın əmələ gəlməsində mikroorqanizmlərin təsirinin böyük olduğu müəyyən edilmişdir.

Mineral tərkibindən kimyəvi elementlərin çıxarılmasına mikroorqanizmlərin təsiri suyun və digər təsirlərdən 2-3 dəfə yüksəkdir. Mikroorqanizmlərin də iştirakı ilə karbonatlı süxurların aşınması zamanı karstlaşma daha sürətli gedir.

Qrunnun qaz fazasının formalaşmasında üzvi aləmin rolu. Mikroorqanizmlərin qrunn daxilində qazların əmələ gəlməsində də fəaliyyəti böyükdür. Belə ki mikroorqanizmlərin inkişafında qazlardan istifadə ilə əlaqədar və onların təsiri altında gedən müxtəlif kimyəvi proseslər zamanı qazların ayrılmasına təsadüf olunur. Üzvi maddələrin, bikarbonatların, sulfatların parçalanma şəraitindən asılı olaraq CO_2 , N_2 , NH_3 , H_2S , CH_4 , uçucu üzvi maddələrin və s. ayrılması müşahidə olunur. Nitritləşmə zamanı

NH₃-n, azotlaşma zamanı N₂-nin, oksidləşmə zamanı H₂, CH₄, CO, H₂S, SO₂, aftotrofassimlyasiya zamanı H₂CO₃-ün istifadəsi baş verir.

Biokimyəvi mənşəli qazlar çökmə mənşəli qruntlarda yer səthinə yaxın və böyük dərinlikdə də (1,5km - ədək) sənaye əhəmiyyətli yataq şəklində təsadüf edirlər.

Qrunut daxilində mühəndisi qurğu hissələrinə üzvi aləmin təsiri.

Mühəndisi qurğuların müxtəlif hissələrinə mikrobların metabolizminin (CO₂, H₂S, NH₃, üzvi və qeyri-üzvi turşular) göstərdiyi təsirlər nəticəsində qurğuların metallik və qeyri-metallik konstruksiyaları korroziyaya məruz qalırlar. Biokorroziya dağılmasına metal, daş, beton, plastmas, ağac, asfalt və s. materiallar məruz qalırlar.

Anaerob və aerob biokorroziya fərqləndirilir ki, birincilərdə sulfatreduksiyaedici bakteriyalar həyacanlandırıcı amil kimi təsir göstərir. Məlum olmuşdur ki, qrunut daxilində, boru kəmərlərinin biokorroziyasının 50 %-i həmin bakteriyaların təsiri ilə baş verir.

Aerob biokorroziya yaradıcısı tian bakteriyaları, dəmir bakteriyaları, nitritləşdiricilər və s. müxtəlif turşu (üzvi və qeyri-üzvi) ifraz edərək materialların korroziyasına səbəb olurlar.

Misal olaraq, tərkibində çoxlu kükürd olan paleogen qumlarında Kiyev metrosunun kesson metodu ilə tikintisi zamanı süxurda olan tian bakteriyaları mühitə oksigenin daxil olması ilə sürətli inkişafa başlamış və turş mühit formalaşdırmışdır ki, mühitdə formalaşmış suların betona və metala təsir səviyyəsinə görə aqressivliyi artmışdır. Tian bakteriyaları beton boruların, şaxtaların, avadanlıqların və s. biokorroziyasını yaradır.

Dəmir bakteriyalarının elektrostansiya və su təchizatı borularında inkişafı onların biokorroziyasına, həmçinin mikrob hüceyrələri və yaranmış oksidləşmə maddələri ilə tutulmasına səbəb olur.

Müxtəlif mikroorqanizmlər qrunut daxilində çəkilmiş rabitə xətlərinin kabellərinə də böyük zərər vurur.

1.6. QRUNTLARDA OLAN SUYUN MÜHƏNDİSİ-GEOLJİ ŞƏRAİTƏ TƏSİRİ

Ümumi məlumat. Suyun dipol molekullarının yüksək polyarlığı və mineralların, əsasən də gil minerallarının hidrofily

təbiəti nəticəsində yer qabığı təşkil edən qruntların və təbii suların arasında sıx əlaqə mövcuddur. Bunun nəticəsi kimi mineralların və süxurların tərkibində hər zaman müəyyən miqdarda suya təsadüf olunur. Təbii maye su isə tərkib hissələri müəyyən dərəcədə süxurları təşkil edən və həllolan maddələrlə zənginləşmiş məhlul şəklində olur.

Belə qarşılıqlı təsir həm qruntların, həm də suyun xassələrinin formalaşmasında həlledici rol oynayır. Müxtəlif geoloji dövrlərdə fərqli şəraitdə suyun qruntlar ilə təması müxtəlif olduğundan, suyun təsirindən onların xassə dəyişkənliyi də müxtəlif xarakter daşıyır və əsasən möhkəmliyin azalmasına səbəb olur.

Müxtəlif praktiki məsələlərin həllindən asılı olaraq qruntlarda olan suyu müxtəlif (hidrogeoloji, torpaqşünaslıq, meliorativ və s. baxımdan) nöqteyi-nəzərdən, müxtəlif metodlarla öyrənirlər. Mühəndis geologiyasında qrun tətəbəqəsində olan su, qruntların möhkəmliyinə və tikililərin əsasında onların özlərini necə aparmasına, bir sözlə mühəndisi-geoloji şəraitə təsir edən amil kimi öyrənilir. Bu baxımdan qruntlarda olan suyun hər cür şəkildəyişmələri və vəziyyətləri maraq kəsb edir.

1.6.1. YERALTI SULARIN FİZİKİ XASSƏLƏRİ, ONLARIN STRUKTUR QURULUŞUNUN ANOMAL XASSƏLƏRİN FORMALAŞMASINDA VƏ TƏBİƏTDƏ ROLU

Suların fiziki xassələrinə onların şəffaflığı, rəngi, temperaturu, iyi, tami, sıxlığı, sıxılması, özlülüyü, radioaktivliyi və elektrikkeçiriciliyi və s. aiddir.

Yeraltı suların **temperaturu** geniş hədudlarda dəyişir. Belə ki platforma ərazilərində dərinliyə doğru suların temperaturu artır, yüksək dağlıq rayonlarda və çoxillik donuşluq ərazilərdə isə aşağı olur və bu zonalarda yüksək minerallaşma dərəcəsinə malik olan sulara bəzən mənfi temperaturda da təsadüf edilir. Cavan, vulkanik fəaliyyət ilə müşayiət edilən dağlıq ərazilərdə, həmçinin qeyzərlərin təzahür etdiyi yerlərdə (Kamçatka, İslandiya, Amerika və d.) isə suların temperaturu 100°S-dən yuxarı olur.

Təbii şəraitdə yeraltı sular çox soyuq (0°S-dən aşağı), soyuq (0°-20°S), termal (20°-100°S), çox qaynar (100°-375°S) olurlar.

Rəngi. Yeraltı suların rəngi onlarda olan mexaniki və kolloid hissəciklərin miqdarından asılıdır. Dəmir duzları suya pas, dəmir oksidləri yaşılımtıl rəng, codluq mavi, hidrogen-sulfid zümrüdü, üzvi–humuslu birləşmələr samanı sarı rəng verir. Suyun rəngi laboratoriya şəraitində standart məhlulların rənginə münasib müəyyən edilir.

Şəffaflıq. Suyun tərkibində olan mexaniki və üzvi qarışıqların miqdarından asılı olaraq şəffaflıq müxtəlif olur. Şəffaflıq aşağıdakı kimi təsnifləndirilir: **şəffaf, zəif opallaşmış, opallaşmış, zəif bulanıq, bulanıq, çox bulanıq.** Bulanlıqlıq suyun tərkibində olan üzvi və mexaniki qarışıqların mq/l miqdarı ilə müəyyən olunur.

Tamı. Suların tərkibində həll olan mineral maddələrin, qazların və qarışıqların miqdarından asılı olaraq onların tamı formalaşır. Suda olan NaCl duzlu, MgSO₄-acı, dəmir duzları ağızbürüşdürücü, üzvi maddələr-şirin, Ca(HCO₃)₂, Mg(HCO₃)₂ və sərbəst karbon qazı-ləzzətli, sərinləşdirici tam verir.

İyi. Yeraltı sularda təsadüf edən bakteriyalar və üzvi çürüntülər onda müəyyən iyin formalaşmasına səbəb olur. Suyun iyni təyin etmək üçün onu 50⁰-60⁰S temperaturadək qızdırmaq lazımdır. Suların iyi laboratoriyada tədqiq edilir və 5 balla qiymətləndirilir: iysiz (0 bal), hiss edilməyən (1 bal), zəif hiss edilən (2 bal), hiss edilən (3 bal), fərqlənən (4 bal), kəskin iyli (5 bal).

Elektrikkeçiricilik. Suların tərkibində həll olmuş maddələr-elektrolitlər (kationlar və anionlar) onun elektrikkeçiriciliyini müəyyən edir. Onun qiyməti xüsusi elektrik müqavimətinə görə müəyyən edilir.

Xüsusi elektrik müqaviməti mineral sularda 0,02-1 om·m, şirin sularda $33 \cdot 10^{-5} \div 1,3 \cdot 10^{-3}$ om·m hüdudunda dəyişir.

Suların sıxılması. Suların sıxılması çox zəif olub, sıxılma əmsalı $\beta = (2,7 \div 5) \cdot 10^{-5}$ Pa hüdudunda dəyişir.

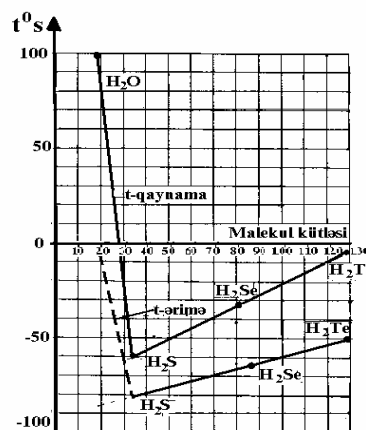
Özlülük. Suların özlülüüyü maye hissəciklərinin hərəkətə (yerdəyişməyə) qarşı daxili müqaviməti ilə müəyyən olunur, kəmiyyətə dinamik və kinematik özlülük əmsalının qiyməti ilə müəyyən olunur. Dinamik özlülük puazla ($1p_z = 1 \frac{\text{din} \cdot \text{san}}{\text{sm}^2}$), kinematik özlülük stoksla ($1st = 1 \text{sm}^2/\text{san}$) ölçülür.

Radioaktivlik. Sularda həll olan radioaktiv elementlərin miqdarı ilə müəyyən olunur. Əsasən radiumlu və radonlu radioaktiv sular daha çox təsadüf edir. Sularda radioaktivlik eman ilə ölçülür.

Ərimə və qaynama temperaturu. Normal atmosfer təzyiqində suyun qaynaması 100°S , buzun əriməsi 0°S temperaturda baş verir. Qəbul olunmuş temperatur üçün hesabat sistemi bunlara əsaslanır.

Oksigenin kimyəvi elementlərin dövrü sistemi cədvəlində aid olduğu qrupun elementlərinin hidrogen ilə əmələ gətirdiyi birləşmələr (H_2S , H_2Se və H_2Te) müvafiq olaraq mənfi 61°S ; 42°S ; 4°S temperaturlarda qaynayır-lar, müvafiq olaraq mənfi 82; 64; və 51°S temperaturlarda əriyirlər (cədvəl 1.7). Həmçinin bu temperaturlar, maddələrin molekulyar kütləsi ilə ərimə və qaynama temperaturları arasında qurulan asılılıqda səlis xətt üzərində yerləşir (şəkil 1.2).

Əgər qurulmuş asılılıq əsasında ekstrapolyasiya üsulu ilə suyun qaynama və buzun ərimə temperaturunu tapsaq, bu mənfi 70°S və 90°S uyğun gələr (şəkil 1.2).



Şəkil 1.2. Kimyəvi maddələrin ərimə və qaynama temperaturunun molekulyar kütləsindən asılılığı.

Cədvəl 1.7
Maddələrin molekulyar kütləsi ilə qaynama (kondensasiya) və ərimə (donma) temperaturu arasında əlaqə

Sıra № si	Maddələr	Molekul kütləsi	Temperatur, $^{\circ}\text{S}$	
			Qaynama, kondensasiya, $^{\circ}\text{S}$	Ərimə, donma, $^{\circ}\text{S}$
1.	H_2Te (hidrogen tellurid)	129	-4	-51
2.	H_2Se (hidrogen selenid)	80	-42	-64
3.	H_2S (hidrogen sulfid)	34	-61	-82
4.	H_2O (su)	18	100 (-70)	0 (-90)

D.İ.Mendeleyevin dövrü sisteminin ümumi qanunauyğunluğuna əsasən standart şəraitdə su şiddətli iylənən qaz olmalı idi. Əgər su qaynama və ərimə temperaturuna görə öz anomallığını itirmiş olsa idi, o zaman «standart şərait» özü də başqa cür olardı. Belə ki su yer planetinin temperatur və qaz rejimini tənzimləyir.

Suyun istilik tutumu. Su mayelər içərisində ən yüksək xüsusi istilik tutumuna ($4,19 \frac{C}{kq \cdot ^0S}$) malikdir, yəni $4,19 \frac{C}{kq \cdot ^0S} = 1 \frac{kal}{kq \cdot ^0S}$. Müqayisə üçün göstərmək olar ki, etil spirtində bu rəqəm 0,53, benzolda 0,39, qumda isə təqribən $0,2 \frac{C}{kq \cdot ^0S}$ həddindədir. Bu onu

göstərir ki, su tədricən qızır və tədricən də soyuyur, buna görə də, o yer üzərində başlıca temperatur tənzimləyicisi rolunu oynayır.

Suyun yüksək xüsusi istilik tutumuna malik olması ilə xüsusi ərimə və buxaraçevrilmə istiliyi də əlaqədardır. *Xüsusi ərimə istiliyi dedikdə, 1 kq buzun verilmiş temperaturda suya çevrilməsi üçün lazım gələn istiliyin miqdarı başa düşülür. Xüsusi buxarlanma istiliyi dedikdə isə, 1 kq suyun buxara çevrilməsi üçün lazım olan istiliyin miqdarı başa düşülür.* Xüsusi donma istiliyi xüsusi ərimə istiliyinə, xüsusi kondensasiya istiliyi isə xüsusi buxarlanma istiliyinə bərabərdir və müvafiq olaraq $333,7 \cdot 10^3 C/kq$, $22,58 \cdot 10^3 C/kq$ təşkil edir. Bu göstəricilər suyun yüksək enerji tutumuna malik olmasını, təbii proseslərin gedişində enerjinin akkumulyatoru rolunu oynadığını göstərir.

Su bütün mayelərə nisbətən ən yüksək dielektrik sabitinə malikdir. Yəni $t=20^0S$ olduqda, $\epsilon=80,1$ olur. Bu isə o deməkdir ki, duzların suda həll olması zamanı müxtəlif yüklü ionlar arasındakı qarşılıqlı təsir 80,1 dəfə azalır, nəticədə duzlar dissosiasiya edərək ionlara ayrılır. Elektrolitik dissosiasiya çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Belə ki su çox duzları özündə həll edərkən onlarla kimyəvi reaksiyaya girmir və buxarlanma baş verərkən həmin duzlar yenidən bərpa olunur. Suyun bu xassəsi böyük geoloji və bioloji əhəmiyyətə malikdir, yəni suyun müxtəlif müddətlərdə baş verən bioloji, hidroloji (iqlim) və geoloji dövrənin müəyyən edir.

Başqa mayelərə nisbətən su yüksək sıxlığa buzun ərimə temperaturunda deyil, 4^0S -də malik olur ($1,0 q/sm^3$). Su 4^0S -dən 0^0S temperaturadək öz həcmi artırır. Şirin suların buzları 0^0S temperaturda $0,918 q/sm^3$ sıxlığa malik olur. Buz sıxlığı az olduğundan suda batmır. Məhz buna görə də, sular səthdən donur, canlı, suda yaşayan varlıqların yaşaması üçün örtük rolunu oynayır. Suyun temperaturunun çox aşağı düşməsinə imkan vermir. Beləliklə, su canlı aləmin yaradıcısı olmaqla bərabər, həm də onun qoruyucusu rolunu oynayır. Bunun hidrogeoloji-

mühəndisi-geoloji əhəmiyyəti də az deyil, belə ki qış dövründə sulu horizontların əsas drenlənmə bazisi donmamış vəziyyətdə saxlanır. Bir sözlə, su yer üzərində canlı aləmin yaşaması üçün əlverişli şəraitin yaradılmasında, planetimizin geoloji simasının formalaşmasında əvəzedilməz rol oynayır. Su molekullarının yükləri tetraedrik paylanan, dipol quruluşla səciyyələnir. Yəni iki müsbət yükün hidrogen atomunda, iki mənfi yükün isə oksigen atomunda (iki elektron cütüyü) olması, 4 hidrogen rabitəsinin eyni zamanda yaranmasına imkan verir. Suda hidrogen rabitəsinin enerjisi 17-33 kC/mol təşkil edir.

Suyun quruluşunun müasir anlamının əsasında ingilis fizikləri C.Bernar və R.Faulerin rentgenoqrafik və spektroskopik üsulla apardıqları tədqiqatların nəticələri dayanır. Bu alimlərin təsəvvürünə görə, aşağı temperaturlarda ($<4^{\circ}\text{S}$) su incə şəbəkəli quruluşa malik olmaqla, tridimit tipli, tetraedrik əlaqələnmiş torlar şəklində şəbəkə yaradır (I-su), $4-200^{\circ}\text{S}$ temperaturda su kvars tipli tetraedrik struktura (II-su) malik olur, 200°S –dən yüksək temperaturda isə sıx düzlüslü, hidrogen əlaqəsiz, vahid molekullar şəklində olur (III-su).

Suyun xassələrində olan anomallıq onun strukturundakı hidrogen rabitəsinin olması ilə izah olunur. Suda olan hidrogen rabitəsinin pozulması üçün kifayət qədər istilik tələb olunduğuna görə su yüksək enerji tutumuna malikdir. Bununla əlaqədar olaraq ərimə və qaynama temperaturları, istilik tutumu, xüsusi ərimə və buxarəmələgəlmə istiliyi yüksək olur. Suyun temperaturu aşağı düşdükdə, $4^{\circ}-0^{\circ}\text{S}$ -də struktur quruluşda dəyişiklik baş verir, yəni sıx tetraqonal strukturun buzun heksaqonal strukturuna keçid müşahidə edilir. Suyun strukturu temperaturdan, maqnit və elektrik sahələrindən asılıdır. Temperaturun artması ilə suyun strukturu pozulmağa başlayır. Müxtəlif müəlliflərin qiymətləndirmələrinə görə, temperaturdan asılı olaraq suda olan hidrogen rabitəsinin faizlə miqdarı aşağıdakı kimidir: soyuq suda molekulların təqribən yarısı struktur rabitəyə (hidrogen rabitəsinə) malik olurlar, temperatur 100°S -yə çatdıqda struktur rabitə 30% molekulda saxlanılır, böhran temperaturunda ($t=374,15^{\circ}\text{S}$) isə struktur rabitəli molekulda təsadüf edilmir.

Əsasən mayelər üzərinə təzyiqlə təsir etdikdə molekullar arası məsafə azalır, özlülüyü isə artır. Suda isə başqa cür olur. Su üzərinə düşən təzyiqin ilkin qiymətlərində strukturda

yenidənqurma baş verir, molekul arası boşluqlar dolur, suyun özlülüğünün azalması müşahidə edilir. 100 MPa təzyiqin təsiri zamanı özlülük tədricən artmağa başlayır.

B.V.Deryaqin və onun tələbələri **II-suyun** tədqiqi ilə əlaqədar apardıqları tədqiqatlar nəticəsində belə bir fikrə gəlmişlər ki, suyun oksigen və hidrogen atomları arasında olan möhkəm molekulyar rabitənin xüsusi tipi (Ajenonun fikrinə uyğun) mümkün ola bilər, nəticədə 6-10 monomer su molekullarından ibarət olan polimer yaranır. Hələlik II-suyun təbiətdəki rolu haqda heç nə demək mümkün deyil.

II-su N.N.Fedyakin tərəfindən keçən əsrin 60-cı illərində nazik kvars kapilyarlarında (5-20 mkm diametrli) kondensasiya edən suyun (**II-suyun**) xüsusi xassəyə malik olması müəyyənləşdikdən sonra tədqiq edilməyə başlanılmışdır. II-su özlü maye olub, sıxlığı 1q/sm^3 yaxın, donma temperaturu $-35\div -40^\circ\text{S}$ arasında dəyişir və donarkən həcmi dəyişiklik baş vermir. Atmosfer təzyiqində qaynama temperaturu 250°S -yə yaxındır. II-su nadir infraqırmızı udma spektrinə malikdir.

Ağır su. Məlum olduğu kimi, hidrogenin üç izotopu (^1H , ^2H , ^3H) və oksigenin də üç izotopu (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O) var. Bu onu göstərir ki, bu izotopların da əmələ gətirdiyi sularda müxtəliflik mövcuddur. Bunlar içərisində yalnız ağır su D_2O (^2H) az-çox dərəcədə dəyanətli hesab edilir. Təbiətdə rast gəlinən sularda ağır su 0,01% miqdarında qarışıq şəklində təsadüf edə bilər. Ağır suda ən böyük sıxlıq $t=11,2^\circ\text{S} \rightarrow \rho=1,056\text{ q/sm}^3$ olur: özlülük adi sudan 20 % çox, dielektrik sabiti $0,3\div 0,5$ % aşağı, ərimə temperaturu $3,8^\circ\text{S}$, qaynama temperaturu $101,4^\circ\text{S}$ təşkil edir. Deytrium rabitəsi hidrogen rabitəsinə nisbətən daha möhkəmdir. Ağır su zəhərli və atom reaktorlarında neytronların sürətinin azaldılması məqsədi ilə istifadə edilir.

1.6.2. QRUNTLARDA OLAN SUYUN NÖVLƏRİ VƏ FORMALARI

Qruntlarda olan suyun müxtəlif xassələrə malik olmasını nəzərə alaraq, onu müxtəlif cür təsnif etmək olar. Mühəndisi-geoloji nöqtəyi-nəzərindən qruntlarda olan su xassə formalaşdırıcı və xarici amillərin təsirinə qarşı qruntların davamlılığını dəyişən amil kimi maraq kəsb edir.

Məsələn qumsal və gilli qruntlarda suyun xassələrini və vəziyyətini ilk dəfə A.F.Lebedev təfərrüatı ilə tədqiq etmişdir. O, qruntlarda olan suyu aşağıdakı növlərə ayırmışdır:

1. *Sülb (bərk) halda, buz şəklində olan su;*

2. *Buxarvari su;* Məsələləri və boşluqları bütövlüklə su ilə dolmamış aerasiya zonasının qruntlarında olur, buxarın elastikliyi yüksək olan yerlərdən elastiklik daha zəif olan yerlərə doğru hərəkət edir;

3. *Kristallaşma və mineralların tərkibində kimyəvi əlaqədə olan su;*

4. *Hiqroskopik və pərdəvari su;* Qrunt hissəcikləri səthində müxtəlif qalınlıqda pərdə yaradır və müəyyən mənada onunla əlaqəli olur, xassələrinə görə adi maye sudan fərqlidir.

5. *Adi su;* Ağırlyq güvvəsinin təsiri altında hərəkət edir və bu su aşağıdakılara bölünür:

a) sərbəst su; b) kapilyar (qrunt sularının səthində kapilyar sahə yaradan) sular.

A.F.Lebedev ilk növbədə qrunտun hissəcikləri ilə əlaqədə olan suyun xassələri ilə maraqlanmışdır və öz təcrübələrində əsasən qumdan istifadə edərək, belə güman etmişdir ki, qumda da, gillərdə də suyun xüsusiyyətləri eynidir. Lakin o, qumlarda tamamilə olmayan və gilli qruntların su ilə təmasda olduğu zaman böyük təsir yaradan kolloid-kimyəvi amili, hissəcik səthində rast gələn sularda yaranan xassə dəyişikliyini nəzərə almamışdır.

Torpaq qrunտun nəmliyindən asılı olaraq onda suyun hərəkəti S.İ.Dolqovun (1937-1948) tədqiqatlarında və B.V.Deryagin (1940-1955) rəhbərliyi altında həyata keçirilən dolğun təcrübələrdə əks etdirilmişdir.

Minerallarda, torpaqlarda və süxurlarda suyun hərəkəti barədə bir çox əhəmiyyətli məlumatlar mövcuddur ki, bunların içərisində qruntlarda olan qeyri-sərbəst sulara həsr olunan

P.İ.Andrianovun işi (1934-1948), A.A.Rodenin torpaqlarda olan su barədə (1952) tədqiqatları daha çox maraq doğurur.

Mühəndisi-geoloji baxımdan yer qabığında ilk növbədə qeyri-sərbəst və sərbəst suları ayırd etmək məqsəduyğun olardı. Hər ikisi də qurğularla əlaqədə qruntların möhkəmliyinə və davranışına təsir göstərir.

Müxtəlif növdə və formada olan qeyri-sərbəst sular qruntlar ilə sıx təmasda olur və onlarda ağırlıq güvvəsini üstələyən güvvələrlə saxlanılır. Öz xassələri və quruluşu ilə qeyri-sərbəst su adi sudan müəyyən mənada fərqlənir. Gilli qruntlar öyrəniləndə, o, daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Burada onun miqdarı çox yüksək, formaları isə müxtəlif ola bilər. Qeyri-sərbəst su, adətən başqa qruntlarda da mövcuddur.

Qeyri-sərbəst sudan fərqli olaraq sərbəst su öz hərəkətində, əsasən ağırlıq güvvəsinin təsirinə tabedir. Əksər hallarda o qrunzun məsələlərində və boşluqlarında təzyiqlər fərqi hesabına hərəkət edir. Bu halda o bulaqları, çeşmələri qidalandırır. Sərbəst suyun hərəkəti mineralların həll olması və ayrılması, qruntların həll olaraq başqa yerə daşınması, suffoziya ilə və başqa hadisələrlə müşayiət olunur. Sərbəst suyun müəyyən bir hissəsi qruntlarda, o cümlədən gilli qruntlarda olan boşluqlarda təcrid edilmişdir. Sərbəst suyun bu hissəsini immobilizəlanmış, yəni hərəkətsiz su adlandırırlar. Qruntlarda olan qeyri-sərbəst və sərbəst su daima bir-biri ilə təmasda olurlar, biri-birinə keçib qruntların xassələrini dəyişirlər.

Beləliklə, A.F.Lebedevin təsnifatı təkmilləşdirilərək, müasir dövrdə hidrogeoloji nöqteyi-nəzərindən yer qabığında olan sular aşağıdakı kimi təsnifləndirilir:

-*Sülb (bərk) halda sular;*

-*Buxarvari sular;*

-*Kimyəvi əlaqəli (konstitusion, kristallaşma, koordinasiya əlaqəli) sular;*

-*Fiziki əlaqəli (hiqroskopik, adsorbsiya və zəif əlaqəli və ya pərdəvari) sular;*

-*Sərbəst sular (kapilyar və qravitasiya suları);*

Böhran həddindən yüksək həddə uyğun şərait suları. Bu sular suyun böhran temperaturundan (374,15⁰S) yüksək temperaturda, hidrogen rabitəsi olmayan ayrı-ayrı su molekulları şəklində rast gəlir, daha çox dinamiki xüsusiyyətlidir.

Qrunt daxilində iştirak edən sular müxtəlif şəkildə təsadüf etməklə bərabər, xassə göstəricilərində də müvafiq dəyişikliklə adi sudan fərqlənirlər və qruntun xassə göstəricilərində güclü təsirə malikdirlər.

Müasir mühəndisi-geoloji ədəbiyyatlarda verilmiş məlumatları, xüsusi ilə S.Mattson, A.A.Rode, V.A.Priklonski, P.A.Rebinder, A.V.Dumanski, F.D.Ovçarenko, A.K.Larionov, R.İ.Zloçevskaya, L.İ.Kulçitski, Y.M.Sergeyev, Y.İ.Taraseviç və başqalarının tədqiqat işlərini əsas götürərək, qruntlarda olan suları mühəndisi-geoloji baxımdan təsnifləndirmək olar. Həmin təsnifləndirmə $t > 0^{\circ}\text{S}$ temperaturda, qrunt daxilində suyun rast gələn 3 energetik kateqoriyasına, 5 tipinə və 11 növünə, səthlə rabitə enerjisinə və əmələgəlmə mexanizminə görə aşağıdakı kimidir:

I. Əlaqəli sular. Bunlar iki yerə bölünürlər:

1. Mineralın kristallik strukturunun suları (kimyəvi rabitə 840-84 kC/mol arasında dəyişir). Nəmliyin təzyiqi $P_n > 10^3\text{MPa}$ olur. Rabitənin xarakterinə və xassələrinə görə üç yerə ayrılır:

a) konstitusion (hidrooksil formasında, yəni qeyri-molekulyar formada mineralın kristallik strukturuna daxil olur) sular;

b) kristallizasiya suları (kristalhidratlar şəklində);

v) koordinasiya əlaqəli (kristallik qəfəsin yükü neytrallaşmamış, yəni doymamış ion və molekulaları ilə koordinasiya əlaqəli) sular.

2. Səthlə adsorbsiya əlaqəli sular (fiziki-kimyəvi rabitə enerjisi 84-0,42 kC/mol, nəmliyin yaratdığı təzyiq $P_n=10^3\text{-}1\text{MPa}$ hüdudunda dəyişir):

a) monomolekulyar (ilkin) adsorbsiya suları (bu sular digər təsnifatda hiqroskopik suya uyğundur); Adsorbsiya mərkəzləri ətrafında «adacıqlar» şəklində paylanır və $P_n=10^3\text{-}10^2\text{MPa}$ hüdudunda dəyişir;

b) polimolekulyar (ikinci) adsorbsiya suları ($P_n=10\text{-}1\text{MPa}$ hüdudunda dəyişir, adsorbsiya təbəqəsinin qalınlığı 0,002 mkm-dək olur).

II. Keçid vəziyyətində (əlaqəlidən sərbəstə doğru) olan sular. Bu sulara aşağıdakıları aid etmək olar:

3. Osmotik udulmuş sular. Bu sular ion artıqlığı müşahidə edilən (mübadilə ionlarının) qrunt hissəcikləri (xüsusi ilə kolloid hissəciklər) səthinə yaxın yerləşən məsaməli mühit məhlulu

ionlarının konsentrasiyasının təmasda olduğu məhlulun konsentrasiyasından ($< 0,1$ n olduqda) çox olduğu halda, osmotik qüvvələrin təsiri altında hidratasiya təbəqəsinə udulur və ikiqat elektrik təbəqəsinə daxildir.

Osmotik udulmuş təbəqənin qalınlığı $0,001-0,01$ mkm (nəzəri olaraq $0,1$ mkm-dək), nəmliyin təzyiqi $P_n=1-0,05$ MPa hüdudunda dəyişir.

4. *Kapilyar-udulmuş sular.* Bu suların (nəmliyin təzyiqi) səthdə yaratdığı gərginlik $P_n=10-0,001$ MPa hüdudunda dəyişir. Bu suların udulması fiziki-mexaniki xarakterli olub, menisk güvvələri hesabına baş verir və ultra, mikro və mezokapilyar boşluqlarda toplanır. Təsir güvvəsinə və kapilyarların ölçülərinə görə aşağıdakı kimi təsnifləndirilir:

a) *kapilyar-kondensasiya.* $P_n=10-1$ MPa olur, hissəciklərin təmasında və aqreqlərin daxilində rast gələn, diametri $0,0015-0,03$ mkm olan əlaqəsiz kapilyarlarda kapilyar-kondensasiya hesabına formalaşırlar;

b) *kapilyar-osmotik.* $P_n=1-0,1$ MPa olub, künclərdə və aqreqlə daxilində rast gələn, diametri $0,01-0,1$ mkm olan ultrakapilyarlarda formalaşırlar;

v) *məxsusi-kapilyar.* $P_n=0,1-0,01$ MPa olub, diametri $0,1-10$ mkm olan mikrokapilyarlarda, əsasən əlaqəli boşluqlarda formalaşır, gilcələrdə maksimal qalxma hündürlüyü yaradır;

q) *kapilyar-qravitasiya.* $P_n=0,01-0,001$ MPa olub, diametri $10-100$ mkm olan mezokapilyarlarda toplanır, qumcalarda kiçik hündürlüyədək kapilyar qalxma yaradır.

III. *Sərbəst sular (maye vəziyyətində).*

5. *Qravitasiya qüvvələrinin təsiri altında olan sular.* Bu sular diametri 100 mkm-dən böyük olan boşluqlarda toplanır və iki şəkildə təsadüf edir:

a) *iri qapalı məsamələrdə hərəkəti məhdudlanmış (immobilizasiya olunmuş) sular;*

b) *sərbəst hərəkət edən sular.*

Suyun qeyd edilən formaları və xassələri onların rabitə enerjisinin təbiəti və qiyməti, həmçinin onların əmələgəlmə mexanizmi ilə əlaqədardır. Belə ki qravitasiya qüvvəsinin təsirinə tabe olan sular adi maye suyun xassələrinə malikdirlər, onların tərkibində həll olmuş duzlar, qazlar və digər maddələr iştirak edə, minerallaşma dərəcəsi, tərkibi kəskin dərəcədə fərqlənə bilər.

Müxtəlif mineralların səthində əlaqəli suların xassələri kifayət qədər dəyişir. Bir çox tədqiqatçılara görə (T.A.Litvinov, F.D.Ovçarenko, N.A.Tsitoviç, F.Lou, E.D.Yerşov və başqaları), gil minerallarının səthində əlaqəli suların donma temperaturu 0°S -dən kiçik olur, həmin suların əsas hissəsi mənfi $3-5^{\circ}\text{S}$ -də donursa, adsorbsiya əlaqəli sular mənfi $10-20^{\circ}\text{S}$ -dən, mənfi $80-100^{\circ}\text{S}$ temperaturlarda donurlar.

Səth qüvvələri suyun polyarlaşmasına təsir etdiyindən, Y.Diq, O.Xuber, B.V.Deryagin və başqalarına görə, adsorbsiya suları üçün dielektrik nüfuzluğu 80-dən 2-yədək azalır. Ona görə də, əlaqəli sularda həlledicilik qabiliyyəti zəifləyir. Səth qüvvələri səthdən $0,01\text{ mkm}$ məsafədək maye suyun xassələrinin dəyişməsinə çox böyük təsir edir, səthdən uzaqlaşdıqca əlaqəli su keçid vəziyyətli sular ilə əvəzlənir.

1.6.3. YERALTI SULARIN QRUNTLARDA HƏRƏKƏTİNİN ƏSAS HİDRODİNAMİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Yeraltı suların qrunnt məsamə və boşluqlarında hərəkətinin hidrodinamiki xüsusiyyətləri təbii və süni amillərin təsiri altında onun əsas hidrodinamiki elementlərinin dəyişməsi ilə müəyyən olunur. Axının hidrodinamiki elementlərinin zaman və məkan etibarilə dəyişməsinin aydınlaşdırılması real təbii şəraitdən hesablama sxemlərinə düzgün keçmək üçün zəruridir. Bu da əsaslandırılmış hidrogeoloji hesablamaların aparılmasına imkan verir.

P.P.Klimentov və V.M.Kononova (1985) görə, axının hidrodinamiki xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə təsir göstərən əsas amillər aşağıdakılardır:

- 1) qruntların su ilə doyma səviyyəsi;
- 2) axının yatım şəraiti və hidravliki xarakteri;
- 3) qidalanma və boşalma şəraiti;
- 4) qruntlarda suyun süzülmə xüsusiyyəti;
- 5) sərhədlərin forma və xarakteri.

Qruntların su ilə doyma səviyyəsinə görə **aerasiya** (su ilə doymamış və ya qismən doymuş qruntlardan ibarət zona) və **su ilə doyma zonasını** (süzülmə zonası) ayırırlar.

Aerasiya zonası - yer qabığının şaquli kəsilişində üst hissəsi olub, yer səthi ilə qrunut suyu səviyyəsi arasında yerləşir və metrin hissələrindən 100 m-dək və daha çox qalınlığa malik olur. Adətən aerasiya zonasında torpaq suları və linzaüstü sular yerləşirlər.

Axının yatım şəraiti və hidravliki xarakteri. Yatım şəraitinə görə axının əsas iki tipini ayırırlar: **təzyiqsiz** və **təzyiqli**.

«*Təzyiqsiz axın*» termini hərfi mənada qəbul edilməməlidir. İstənilən yeraltı su axını onun hidravliki xarakterindən asılı olmayaraq, təzyiqə malikdir. Sərbəst su səviyyəsinə malik olan təzyiqsiz yeraltı suların axınları (*qrunt suları*) əsasən yer səthinə yaxın yatırlar və biləvasitə atmosferlə əlaqəli olurlar.

Qrunut suları-yer səthindən aşağıda yerləşən, birinci sukeçirməyən layın üzərində formalaşan sulu horizontun sularıdır.

Geomorfoloji və geoloji-hidrogeoloji şəraitdən asılı olaraq, **qrunt suyu axını** və **qrunt suyu hövzəsi** formalaşa bilər.

Qrunut suyu axını suyun ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında qrunut suyu səviyyəsinin meyilli istiqamətində hərəkəti ilə xarakterizə olunur.

Qrunut suyu hövzəsində su horizontal səviyyəyə malik olur və suyun hərəkəti istisna olunur.

Qrunut suları aşağıdakı xüsusiyyətləri ilə xarakterizə olunurlar:

1) qrunut suları sərbəst su səviyyəsinə malik olur, yəni quyular vasitəsi ilə açılarkən onların səviyyəsi rast gəldiyi dərinlikdə də qərarlaşır (qrunt suyu səviyyəsində təzyiq atmosfer təzyiqinə bərabər olur);

2) qrunut sularının qidalanması atmosfer yağıntılarından infiltrasiya və aerasiya zonasında nəmliyin kondensasiyası hesabına baş verir, qrunut sularının qidalanma və yayılma zonaları üst-üstə düşür;

3) qrunut sularının dayaz yatımı onların dərələr, qobular, yarıqlar, çay dərələri və digər erozion formalarla drenlənməsinə şərait yaradır. Elə bu sahələrdə də qrunut sularının bulaqlar və s. şəklində boşalması (drenlənməsi) baş verir;

4) yer səthinə yaxın yatımı yerüstü amillərin qrunut sularına güclü təsirinə səbəb olur ki, bununla da onların səviyyəsi, sərfi, kimyəvi tərkibi, temperaturu və digər göstəriciləri dəyişir;

5) əlverişli qidalanma şəraiti və boşalma zonasına doğru intensiv hərəkəti (yaxşı drenlənməsi) qrunut sularının minerallaşma dərəcəsinin az olmasına şərait yaradır (kifayət qədər nəm iqlim şəraitində);

6) qrunut suyu səviyyəsindən yuxarıda **kapilyar sulu qat** (kapilyar kayma) yerləşir və kapilyar su səviyyəsində təzyiq atmosfer təzyiqindən az olur;

7) əgər qrunut suyu səthində su keçirməyən qrunutlardan ibarət linza rast gəlsə, həmin yerdə yerli təzyiq yaranır, yəni sulu horizontu quyu vasitəsi ilə açarkən qrunut suyu səviyyəsi həmin linzanın dabanından yuxarıya qalxır.

Qrunut sularının səthi «**qrunut suyu güzgüsü**» adlanır, güzgüdən sukeçirməyən laya qədər olan məsafə isə sulu horizontun (axının) qalınlığı hesab edilir.

Qrunut suyu güzgüsü boşalma sahəsinə doğru maili olur. Şaquli kəsilişdə axının səthi depressiya əyrisi (parabolik, qabarıq, çökük formalı) əmələ gətirir. Qrunut suyu səthinin mailliyi nə qədər çox olarsa, axının sürəti bir o qədər böyük olur.

Təzyiqli axınlar (artezian suları) adətən qrunut suyu axınından aşağıda, sukeçirməyən horizontlarla atmosferdən və kəsilişdə digər sulu horizontlardan izolyasiya olunmuş sulu kompleksdə yerləşir. Onların qidalanma və boşalma zonalarını birləşdirən xəyali düz xətt **pyezometrik səviyyə** adlanır. Onların pyezometrik səviyyəsi çox vaxt sulu horizontun tavanından yuxarıda yerləşir ki, bu səbəbdən də axının səthindəki təzyiq atmosfer təzyiqindən yüksək olur və horizontun tavanı üzərində izafi təzyiq yaranır. Artezian suları hidrostatik təzyiq altında hərəkət edirlər.

Artezian sularının yerləşdiyi geoloji strukturlar **artezian hövzələri** adlanırlar. Artezian hövzələri platformalar, dağarası çökəkliklər, struktur kasalar və digər strukturlar hüdudlarında formalaşırlar. A.M.Ovçinnikov ölçülərindən asılı olaraq: iri ($>100\,000\text{ km}^2$), orta ($100\,000\text{--}10\,000\text{ km}^2$) və kiçik ($<10\,000\text{ km}^2$) artezian hövzələrini fərqləndirmişdir.

Hər bir artezian hövzəsində aşağıdakı zonalar ayrılır:

1) *Qidalanma və ya təzyiqin əmələ gəlməsi zonası*. Qidalanma zonası yüksək hipsometrik qiymətə malik sahələrdə, əksər hallarda təzyiq və boşalma zonalarından 1000 km-dən də çox məsafədə yerləşir. Bu zonada sulu horizont açıq olur və atmosfer yağıntıları bilavasitə həmin sulu horizonta infiltrasiya olunurlar. Bəzi

hallarda qidalanma zonasında sulu horizontun qidalanması yerüstü sular hesabına baş verir;

2) *Təzyiq zonası və ya təzyiqin yayılması zonası*. Bu zonada təzyiqin səviyyəsi sulu horizontun tavanından yuxarıda (bəzən hətta yer səthindən də yuxarıda) yerləşir və xəritədə hidroizopyez xətləri ilə göstərilir;

3) *Boşalma zonası*. Bu zonada artezian suları yer səthinə bulaq şəklində çıxır və açıq su hövzələrinə tökülür. Belə sahələrdə bulaqlar təzyiqli olur.

Adətən artezian hövzəsində bir neçə sulu horizont iştirak edir.

Təbii şəraitdə artezian sularının rejimi təzyiqsiz suların rejimindən daimiliyi ilə fərqlənir. Təzyiqli suların rejiminə insanın müxtəlif təsərrüfat fəaliyyəti güclü təsir göstərir. Yerin təkindən hər il içmək, təsərrüfat və texniki su təchizatı, müalicə, suvarma, kimyəvi xammal almaq məqsədi ilə, o cümlədən tikinti zamanı yeraltı suların səviyyəsinin aşağı salınması üçün külli miqdarda su çıxarılır ki, bu da onların rejiminə güclü təsir göstərir. Yeraltı suların səviyyəsinin aşağı düşməsi onların fiziki xassələrinin, kimyəvi, qaz, bakterioloji tərkibinin dəyişməsinə, bulaqların, çay və göllərin qurumasına, süxurların tərkibinin dəyişməsinə və digər proseslərin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Müəyyən təbii şəraitdə təzyiqli layda pyezometrik səviyyə yer səthindən və ya sulu horizontun tavanından aşağıda ola bilər. Bu halda yeraltı su hövzəsindən suyun istismarı nasoslar vasitəsi ilə aparılır və istismar quyusu **subartezian quyusu** kimi adlandırılır. Artezian hövzəsində təzyiqin azalması istismarla əlaqədar da ola bilər. Bu hal artezian hövzələrindən sugötürücü qurğuların təsir zonasında müşahidə olunur. Artezian suları aşağıdakı xüsusiyyətlərlə xarakterizə edirlər:

1) artezian su kompleksinə daxil olan sulu horizontlar biri-birindən sukeçirməyən təbəqə ilə məhdudlanırlar;

2) artezian sularının yayılma və təzyiq zonaları bir-birindən aralı yerləşirlər, qidalanma zonası isə təzyiq zonasından aralı da ola bilər;

3) artezian sularının quyularla açılması zamanı suyun rast gəlmə dərinliyi pyezometrik səviyyədən dərinədə yerləşir, pyezometrik səviyyə layda təzyiqin paylanmasına müvafiq olaraq bərpa olunur;

4) artezian sularının rejimi digər yeraltı sularla müqayisədə daimiliyi ilə fərqlənir;

5) artezian suları yüksək keyfiyyətə malik olmaları və çirklənmədən yaxşı mühafizə olunmaları ilə fərqlənirlər.

Yeraltı suların qidalanma və boşalma şəraiti. Yeraltı suların qidalanma və boşalma şəraitinə görə axının üç tipi ayrılır:

1) mərkəzləşən; 2) dağınıq; 3) qarışıq.

Axının mərkəzləşən tipində yeraltı suların qidalanması və boşalması axının müxtəlif lokal sahələrində və ya sərhədlərində mərkəzləşir. Bu tipin hidrodinamiki xüsusiyyəti bütün hərəkət yolunda sərfin daimiliyi ilə müəyyən olunur.

Axının dağınıq tipində yeraltı suların qidalanması və boşalması onların yayıldığı sahənin çox hissəsində baş verir. Qrunt suyu axınında dağınıq qidalanma aerasiya zonasından atmosfer yağıntılarının infiltrasiyası, boşalması grunt suyu səthindən buxarlanma hesabına, təzyiqli sulara isə dağınıq qidalanma və boşalma əsasən aralıq sulu horizontlarla hidravlik əlaqə zamanı axının tavanı və dabanı vasitəsi ilə baş verir.

Yeraltı axının qarışıq tipində hidrodinamiki xüsusiyyətlər öyrənilən ərazidə və onun sərhədlərində, qidalanma və boşalma şəraitindən asılı olaraq müxtəlif cür təzahür edir.

Qruntlarda su süzülmə xüsusiyyəti. Su saxlayan qruntlar su süzülmə xüsusiyyətinə görə **izotrop** (süzülmə xüsusiyyəti bütün istiqamətlər üzrə eyni olan) və **anizotrop** (süzülmə xüsusiyyəti istiqamətdən asılı olan) ola bilirlər. İzotrop qruntlara: qumlar və s., anizotrop qruntlara isə lős, lősvari gilçələr, lentvari gillər və s. aiddirlər.

Sərhədlərin forma və xarakteri. Yeraltı su axınları: **təbii** və **süni, daxili** və **xarici, keçirici** və **keçirici olmayan** sərhədlərə malik olur ki, bunlar da axının hidrodinamiki şəraitinə, onun tipinə, strukturuna və rejiminin xarakterinə kifayət qədər təsir göstərir.

Yeraltı axının təbii sərhədləri onları qidalandıran və drenləndirən çayların, göllərin, dərələrin konturları, o cümlədən bataqlıq, müxtəlif sukeçiriciliyə malik qruntların təması, tektonik pozulmalar və s. ola bilirlər. Süni sərhədlər yeraltı su axınına bu və ya digər dərəcədə təsir göstərən mühəndisi-qurğuların (quyular, qalereyalar və s.) konturları hesab edilir. Mühəndisi-qurğular (süni sərhədlər) süzülmə zonasının daxili sərhədləri, təbii sərhədlər isə – xarici sərhədləri kimi qəbul edilir.

Axınların sərhəd formaları çox müxtəlif (**düzxətli, sınan, əyrixətli, dairəvi və s.**) ola bilər.

Cərəyan xətlərinin formasından asılı olaraq, axınları **müstəvi** və **radial** növlərə ayırırlar. Əgər cərəyan xətləri axını kəsən müstəviyə paraleldirsə, bu halda axın *müstəvi axın* adlanır. Əgər həmin müstəvi şəqulidirsə, kəsilişdə-*müstəvi axın*, horizontaldırsa-*planda müstəvi axın* adlanır.

Radial axında cərəyan xətləri bir nöqtədə toplanan və ya dağılan düz xətlərin məcmusu, bərabər təzyiqlər xətləri isə cərəyan xətlərinə perpendikulyar olan çevrələr məcmusundan ibarətdir. Radial axın **yığılan** (suçəkmə zamanı quyuya su axımı) və ya **dağılan** (quyuya su tökmə və təzyiqlə suvurma zamanı), **radial-simmetrik** (təzyiq xətləri-koaksial çevrələr) və ya **planlaşmış- radial** (simmetriya yoxdur) ola bilər.

Əgər iş şəraitində mühəndisi-qurğular axının yan sərhədlərinə (onlardan kifayət məsafədə yerləşməsi səbəbindən) təsir etmirsə, onda axın **qeyri-məhdud** adlanır. Mühəndisi-qurğuların axının bir sərhədinə təsiri varsa, axın- **yarımməhdud**, bir neçə sərhədinə təsiri varsa **məhdud** adlanır.

1.6.3.1. QRUNTLARDA YERALTİ SULARIN HƏRƏKƏTİNİN NÖVLƏRİ VƏ SÜZÜLMƏNİN ƏSAS QANUNLARI

Qrunt daxilində müxtəlif su növləri iştirak edir ki, bu da onların su-fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsir edir. Qruntlarda bu və ya digər su növlərinin mövcudluğu yeraltı suların hərəkət şəraitini və qanunauyğunluqlarını şərtləndirir. Bununla əlaqədar olaraq, su ilə doymamış (aerasiya zonası) və su ilə doymuş (süzülmə və yaxud su ilə doyma zonası) qruntlarda suyun hərəkət şəraitini və qanunauyğunluqlarını, o cümlədən yeraltı suların süzülməsinin əsas diferensial tənliklərini nəzərdən keçirək.

Aerasiya zonasında suyun hərəkət növləri. Məlum olduğu kimi, aerasiya zonasında hər biri müəyyən hərəkət qanunauyğunluqları ilə xarakterizə olunan müxtəlif yeraltı su növləri yayılmışdır. Bunlardan qravitasiya (sərbəst) sularının hərəkət qanunauyğunluqları kifayət qədər öyrənilmişdir. Hiqroskopik, pərdəvari, kapilyar və digər su növlərinin hərəkəti əvəzləyici qüvvənin təsiri istiqamətindən asılı olaraq baş verir.

Qruntun kapilyar sularının hərəkəti. Suyun kapilyar hərəkəti dedikdə, kapilyar qüvvələrin təsiri altında kapilyar məsamələrdə aşağıdan yuxarıya (misal olaraq qrunu suyu səviyyəsində) və yaxud yuxarıdan aşağıya (misal üçün infiltrasiya zamanı nəmlənmə konturunun qarşısında) doğru suyun yerdəyişməsi nəzərdə tutulur. Kapilyar qüvvələr qrunu təşkil edən fazaları (bərk, maye, qaz) ayıran sərhəddə yaranır. Bu zaman suyun hərəkəti məsamələrdə islatma hadisəsi ilə əlaqədar olaraq yaranan çökük meniskin qaldırıcı qüvvəsinin təsiri ilə baş verir. Kapilyar məsamələrdə suyun hərəkəti zamanı ona ağırlıq qüvvəsi və kapilyar qüvvə təsir edir. Qüvvələrin əvəzləyicisi mayenin qrunu isladib-islatmamasından asılı olaraq istiqamətlənir (şəkil 1.3).

Kapilyar borularda suyun qalxması hadisəsi orta məktəb fizika kursundan məlum olduğundan, burada bəzi anlayışlara diqqət verilmir.

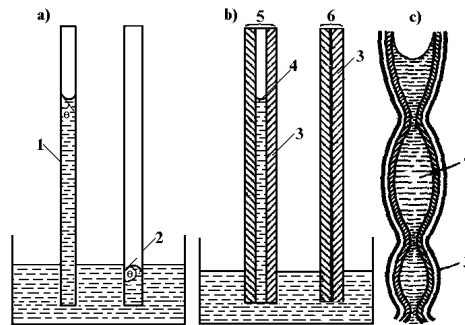
Qumlarda kapilyar qalxma hadisəsi hələ qədim zamanlarda belə Qədim Misirdə məlum olmuşdur. Ərəb alimi Əl-Xozeni (1121) özünün əsərində suyun kapilyar qalxmasını «izah olunmayan möcüzə» adlandırmışdır. 1718-ci ildə D.Jüren həmin prosesi riyazi ifadə edərkən kapilyar qalxmanın birinci qanununu müəyyən etmişdir. Həmin qanuna əsasən *kapilyarın diametrinin (d_k) mayenin qalxma hündürlüyünə (h_k) hasili sabit qiymətə malikdir.*

$$d_k \cdot h_k = \text{const} = 0,3. \quad (1.1)$$

XVIII əsrin sonu XIX əsrin əvvəllərində kapilyar qalxma mayenin səthi gərilməsi ilə əlaqələndirilərək izah edilmişdir. Sonradan isə T.Yunq (1804) sərhəd islanma bucağını (θ) həmin qanuna əlavə etmişdir.

Qrunu daxilində kapilyar məsamələr ölçülərinə, əlaqəliliyinə və açıqlığına görə müxtəlif olurlar. Kapilyar hadisəsi üç fazanın-qrunu skeletinin, mayenin (suyun) və qazın təmasında baş verir.

Qaz fazası ilə sərhəddə qrunu sülb (bərk) fazası maye ilə təmas etdikdə islanırsa, bu cür islanma təmas zamanı islanma adlanır və islanmanın xarakteri isə fazalar sərhədində fiziki-



Şəkil 1.3. Qrunu kapilyarlarında suyun hərəkətinin sxematik təsviri. a- islatma olduqda (1), hidrofof maddə ilə qrunu isladıldıqdan sonra (2) kapilyarlıq; b-kapilyarda sərbəst su olduqda (5) və kapilyar əlaqəli su ilə tam tutulduqda (6); c-pərdəvari sularla tutulduqda (asılı nəmlik şəraitində); 3-əlaqəli su (pərdəvari su); 4-kapilyar su;

kimyəvi qarşılıqlı təsirlə müəyyən olunur. Təmas zamanı islanma qazla sərhəddə maye səthinə toxunan düz xətt ilə sülb səth arasında qalan bucaqla (θ) səciyyələnir. İslanmanın **tarazlaşmış** və **tarazlaşmamış** bucaqları fərqləndirilir. Tarazlaşmış islanma bucağı (θ_0) sistemin termodinamiki xüsusiyyətləri ilə, yəni fazalar sərhədində mayenin səthi gərilməsi ilə müəyyən olunur və hər bir sistem üçün mövcud şəraitdə θ_0 müəyyən bir qiymətə malikdir. Əgər sistem termodinamiki tarazlıq vəziyyətindən çıxarsa, bu zaman θ öz qiymətini dəyişir və tarazlaşmamış islanma bucağı (θ_d -dinamiki islanma bucağı) yaranır. Qrunt kapilyarında islanma perimetri yerdəyişməyə məruz qaldıqda, islanma bucağının (θ_d) qiyməti də zamandan (t) asılı olaraq dəyişir və kapilyarda mayenin hərəkət sürətini ($\vartheta = \frac{d\theta_d}{dt}$) müəyyən edir:

İslanma bucağının dəyişməsi müxtəlif təsirlər ilə əlaqədar (mühitin temperaturu, səthi gərilmə, seysmik təsir və s.) ola bilər.

Tarazlaşmış islanma bucağına görə $180^\circ > \theta_0 > 90^\circ$ olduqda pis islanma, $90^\circ > \theta_0 > 0$ olduqda məhdud islanma, $\theta_0 \rightarrow 0$ olduqda isə tam islanma fərqləndirilir.

Qruntun kapilar məsələlərində çökük meniskin qaldırıcı kapilyar təzyiqi mayenin çökük səthdə təzyiqi (P_0) ilə düz səthdəki təzyiqinin (P_m) fərqinə bərabərdir və P.Laplas (1805) düsturu ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P_{\text{kap}} = P_0 - P_m = \frac{2\sigma}{R}, \quad (1.2)$$

burada σ -mayenin səthi gərilmə əmsalı; R -maye səthinin əyrilik radiusu.

XIX əsrin sonu və XX əsrin başlanğıcında kapilyarlıq nəzəriyyəsinə C.Hibbs (1878), P.A.Rebinder, B.V.Deryagin, A.N.Frumkin, B.D.Summ və başqaları termodinamiki cəhətdən yanaşmağı təklif etmişdir.

P.Laplas düsturunda $r = R \cdot \cos\theta$ olduğu nəzərə alınaraq, kapilyarda çökük meniskin qaldırıcı qüvvəsi (Q) üçün düstur aşağıdakı kimi ifadə olunmuşdur:

$$Q = \frac{2\sigma \cdot \cos\theta}{r}, \quad (1.3)$$

burada r -kapiların radiusudur.

Kapilyarda maye sütununun çəkisini ($\rho_w \cdot g \cdot h_k$) kapilyar qüvvəyə bərabər qəbul edərək kapilyar qalxma hündürlüyü (h_k) üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$h_k = \frac{2\sigma \cdot \cos\theta}{\rho_w \cdot r \cdot g}, \quad (1.4)$$

burada r -kapilyarın radiusu; ρ_w -mayenin sıxlığı; g -sərbəstdüşmə təcili; σ -mayenin səthi gərilməsi; θ -kənar islanma bucağı.

Bu düsturla qruntda kapilyar qalxma hündürlüyü təqribən (burada r məsamələrin orta radiusuna bərabər götürülməklə) hesablanıla bilər.

(1.4) düsturuna əsasən demək olar ki, *qruntda kapilyar qalxma hündürlüyü səthi gərilmə artdıqca, kənar islanma bucağı, məsamələrin radiusu və məsamə mayesinin sıxlığı azaldıqca artır.*

Mayenin kapilyar qalxma hündürlüyü kapilyar təzyiqlə (P_{kap}) də ifadə oluna bilər:

$$h_k = \frac{P_{kap}}{\rho_w \cdot g}, \quad (1.5)$$

(1.5) düsturuna əsasən demək olar ki, kapilyar qalxma hündürlüyü kapilyar təzyiqlə düz mütənasibdir.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı kapilyar **qalxma hündürlüyü (h_k)**, **kapilyar qalxma sürəti (g_k)** və **kapilyar təzyiq (P_{kap})** təyin edilməlidir.

Kapilyar qalxma hesabına aerasiya zonasında qrunnt suyu səviyyəsindən yuxarıya doğru kapilyar sulu qat (kapilyar kayma) formalaşır.

Qruntlarda kapilyar qalxma hündürlüyü qrunntun kimyəvi-mineral tərkibindən, onun struktur-tekstur xüsusiyyətlərindən, məsamə mayesinin tərkibi və xassəsindən, həmçinin xarici amillərdən asılıdır.

Kapilyar qalxma hündürlüyünə daha çox qrunntun struktur-tekstur xüsusiyyətləri təsir edir. Bu da dispersliklə əlaqədar meydana çıxır. Jüren düsturuna əsasən disperslik artdıqca h_k da artır. Kapilyar qalxma hündürlüyü qumlarda-ortadənəliyədə 0,15-0,35 m, xırdadənəliyədə 0,35-1,0 m, qumcalarda 1,5 m-dək, gilcələrdə 3-4 m, gillərdə isə 6 m (B.N.Miçurinə görə, 1975) və yaxud 8 m-dək (P.S.Kossoviçə görə, 1911) olur.

Əksər qruntlar polidispers olduğundan müxtəlif ölçülü kapilyarlara malikdirlər.

Qruntlarda kapilyar qalxma sürəti də müxtəlifdir.

Kapilyar qalxma sürətinin ən böyük qiyməti qumlarda, ən kiçik qiyməti isə sıx gillərdə müşahidə edilir. Qumlarda maksimal qalxma hündürlüyü bir neçə saata, sutkaya başa çatdığı halda, gillərdə bu proses aylarla, illərlə davam edir. P.A.Letunova (1955) görə kapilyar qalxma hündürlüyünün zamandan (t) asılı olaraq dəyişməsinə $h_k = k \cdot t^n$ şəklində ifadə etmək olar (burada k və n -qruntun tipindən asılı olan parametrlərdir).

Qruntda kapilyar qalxma hündürlüyünün aşağı salınması üçün əvvəlcə qrunut səthinə hidrofob maddə hopdurulur. Bu zaman qrunut su ilə təmasda olduqda islanmır (şəkil 1.3, a-2).

İnfiltrasiya. Qravitasiya (sərbəst) sularının hərəkəti atmosfer yağıntılarının, suvarma sularının və yerüstü suların aerasiya zonası qrunutlarında sızması şəklində baş verir.

Qravitasiya sularının aerasiya zonasından sızması prosesi **infiltrasiya** adlanır. İnfiltrasiyanın iki növü **sərbəst sızma** və **normal infiltrasiya** fərqləndirilir.

Sərbəst sızma zamanı suyun hərəkəti müxtəlif borucuqlar və kapilyar məsamələr vasitəsi ilə təcrid olunmuş su sızıntıları şəklində baş verir. Su ağırlıq qüvvəsinin və kapilyar qüvvənin təsiri ilə (kapilyar qüvvə su cəbhəsinin əvvəlində öz təsirini göstərir) hərəkət edir.

İnfiltrasiya davam etdikcə aerasiya zonası qrunutlarının məsamələri və çatları su ilə dolmağa başlayır. Bu halda bütöv hidravliki mühit yaranır və məsamələri su ilə dolmuş sahə daxilində suyun hərəkəti süzülmə mexanizmi ilə (hidrostatiki basqıya tabe olaraq), infiltrasiya edən su axınının qarşısında islanmamış qruntlarda isə kapilyar qüvvələrə tabe olaraq (kapilyar sorma qüvvəsinə) baş verir. İnfiltrasiyanın bu növü *normal infiltrasiya* adlanır. Bu halda kapilyar qalxma hündürlüyü (h_k) adi halda kapilyar qalxma hündürlüyünün (H_k) yarısına bərabər götürülür, yəni $h_k \approx 0,5H_k$ olur. Normal infiltrasiya zamanı basqı qradienti (J_w) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$J_w = \frac{h_0 + l + h_k}{l}, \quad (1.6)$$

burada $(h_0 + l + h_k)$ -təsir edən basqı; l -infiltrasiya yolunun uzunluğu; h_0 -islatma mənbəyində (kanalda, su anbarında və s.) su təbəqəsinin qalınlığı; h_k -infiltrasiya axınının qarşısında kapilyar qalxma hündürlüyü.

(1.6) düsturundan göründüyü kimi basqı qradiyenti infiltrasiya zamanı azalır, ancaq həmişə birdən böyük olur.

Aerasiya zonasında nəmlik daşınması. Aerasiya zonasında nəmliyin hərəkəti nəmlik daşınmasının əsas qanununa tabe olur və həmin qanun Darsi-Klyut qanunu adlanır, aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$\vartheta_z = -k_n \cdot \frac{dH}{dz} = k_n \cdot \frac{d\psi}{dz} - k_n = k_n \cdot \left(\frac{d\psi}{dz} - 1 \right), \quad (1.7)$$

burada ϑ_z -nəmlik daşınması sürəti; h_k -kapilyar qalxma hündürlüyü); ψ -nəmlik potensialı; $H = \frac{P_k}{\rho \cdot g} + z = -\psi + z$ -təsir edən basqı; P_k -kapilyar təzyiq olub, $P_k = \rho \cdot g \cdot h_k$ (ρ -suyun sıxlığı; k_n -nəmlik daşınması əmsalı; g -sərbəstdüşmə təcili; $k_n \cdot \frac{d\psi}{dz}$ -sorbsiya qüvvələrinin (molekulyar və kapilyar) təsirini nəzərə alan hədd; k_n -gravitasiya qüvvəsinin təsirini nəzərə alan hədd.

Nəmlik daşınması zamanı su ilə qrunut arasında fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir nəzərə alınmır.

(1.7) düsturuna əsasən $\frac{d\psi}{dz} > 1$ olduqda nəmlik daşınma sürəti $\vartheta_z > 0$ olur və bu zaman nəmliyin hərəkəti yuxarıya doğru yönəlir, yəni aerasiya zonasından buxarlanma baş verir. $\frac{d\psi}{dz} < 1$ olduqda isə $\vartheta_z < 0$ olur ki, bu zaman infiltrasiya baş verir. $\frac{d\psi}{dz} = 1$ olduqda $\vartheta_z = 0$ olur. Bu zaman aerasiya zonasında nəmlik axını baş vermir.

Nəmlik daşınma əmsalı qrunutun nəmliyindən asılı olaraq aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$k_n = k \cdot \left(\frac{W - W_{m.m}}{W_t - W_{m.m}} \right)^{3,5}, \quad (1.8)$$

burada W , W_{mm} və W_t -müvafiq olaraq qrunutun təbii, maksimal-molekulyar və tam nəmlik tutumu ($W_{mm} \leq W \leq W_t$), k -süzülmə əmsalı.

Su ilə doyma zonasında yeraltı suların hərəkəti. Süzülmə qanunları. Su ilə doyma zonasında əvvəllər nəzərdən keçirilən bütün su növlərinə rast gəlinir. Lakin burada əsas tədqiqat obyektı gravitasiya və zəif əlaqəli (pərdəvari) suların hərəkəti hesab olunur. Qravitasiya (sərbəst) suyu iki: **laminar** (latınca lamina

təbəqə deməkdir) və **turbulent** (latınca turbulentus qarışıqlıq deməkdir), zəif əlaqəli su isə **bir-özlü-plastik axım rejimi** ilə xarakterizə olunur.

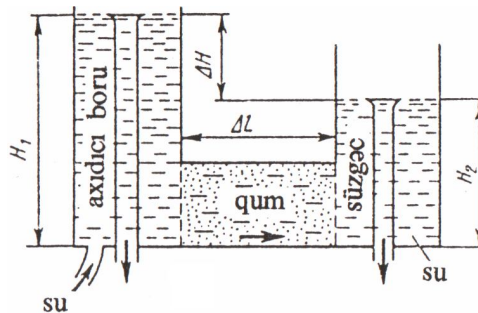
Yeraltı suların qruntlarda hərəkəti öz xarakterinə görə laminar və turbulent ola bilər. Laminar hərəkət zamanı su şırnaqları bir-birinə qarışmadan kiçik sürətlə, paralel, bütövlüyü pozulmadan süzülür. Turbulent hərəkət zamanı isə su şırnaqları böyük sürətlə, paralelliyi pozulmaqla bir-birinə qarışaraq süzülür.

Qeyd etmək lazımdır ki, laminar axım turbulent axıma və ya əksinə birdən keçmir. Belə ki axımın hər iki növünün-laminar və turbulent-mövcudluğunun mümkün olduğu keçid zonası vardır.

Axımın özlü-plastik rejimi zəif əlaqəli suyun hərəkətini xarakterizə edir. Zəif əlaqəli suyun hərəkəti üçün suyun qruntda qarşılıqlı əlaqəsi zamanı (narın dispers mühitdə) meydana çıxan molekulyar-cəzibə qüvvələri dəf edilməlidir. Su ilə doyma zonasında qravitasiya və ya zəif əlaqəli suyun hərəkəti prosesi süzülmə (filtrasiya) adlanır.

Axımın laminar rejimində süzülmə. Yeraltı suların qruntlarda laminar hərəkəti süzülmənin xətti qanununa tabe olur. Qruntlarda suyun əsas hərəkət qanunu (süzülmə qanunu) ilk dəfə 1856-cı ildə fransız hidravliki Anri Darsi tərəfindən təcrübə yolu ilə tədqiq edilmişdir .

Təcrübənin sxemi şəkil 1.4-də təsvir edilmişdir. Təcrübə zamanı borunun yuxarı və aşağı hissələrindəki təzyiq sabit saxlanılmış və pyezometrlər vasitəsi ilə ölçülmüşdür. Boruya verilən suyun qruntu yuyub dağıtmaması üçün giriş və çıxış hissəsində bir qat (2–3 sm) çaqıl və ya çinqil tökülmüşdür. Su qruntda hoparaq məsamələri doldurduqdan sonra qruntdan süzülmə başlayır. Müəyyən müddətdən sonra pyezometrlərdəki suyun səviyyəsi müxtəlif yüksəkliklərdə olduğu (H_1 və H_2) zaman borunun üst hissəsinə verilən suyun miqdarı süzülən suyun miqdarına bərabər olur və qruntda su qərarlaşmış laminar hərəkət edir.



Şəkil 1.4. Darsi təcrübəsinin sxemi.

Aparılmış təcrübə əsasında Darsi belə bir nəticə əldə etmişdir:
Eyni tərkibli qruntdan süzülən suyun sərfi süzgəcin en kəsik sahəsi və təzyiqlər fərqi ilə düz, süzülmə yolunun uzunluğu ilə tərs mütənasibdir. Bu riyazi şəkildə aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$Q = k \cdot F \cdot \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (1.9)$$

burada Q -vahid zamanda qrunnun en kəsik sahəsindən süzülən suyun miqdarı, m³/sut; k -qruntda su süzülmə əmsalı, m/sut ; L -süzülmə yolunun uzunluğu, m; H_1 və H_2 -uyğun olaraq, başlanğıc və son təzyiqlər, m; $\Delta H = H_1 - H_2$ -təzyiqlər fərqi (basqı), m.

$\frac{\Delta H}{L} = J$ olduğunu nəzərə alsaq, onda Q aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$Q = k \cdot J \cdot F, \quad (1.10)$$

burada J -hidravliki maillik və ya təzyiq qradienti olub, süzülmə yolunda səviyyənin dəyişməsinə göstərir. (1.10) düsturunda daha bir dəyişiklik aparsaq, yəni düsturun hər iki tərəfini F -ə bölsək ($\frac{Q}{F} = k \cdot J$) və nəzərə alsaq ki, sonuncu ifadənin sol tərəfi ($\frac{Q}{F} = g_s$) süzülmə sürətinin ifadəsidir, onda qruntda süzülmə sürəti (g_z) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$g_s = k \cdot J. \quad (1.11)$$

Darsi qanununu ifadə edən (1.11) düsturu süzülmə sürətinin hidravliki qradientdən xətti asılı olduğunu göstərir və bu qanun aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Süzülən suyun sürəti təzyiq qradientinin birinci dərəcəsi ilə düz mütənasibdir.

Darsi qanunu qrunn sularının hərəkətinin laminar rejimi üçün doğrudur. Bu qanunu əksər hallarda yeraltı suların hərəkətinin əsas qanunu adlandırırlar. Lakin Darsi qanununun tətbiqinin iki-yuxarı və aşağı sərhədi ayrılır.

Tədqiqatçıların əksəriyyəti Darsi qanununun tətbiqinin aşağı sərhədi haqda qeyd edirlər ki, tərkibində çox miqdarda fiziki əlaqəli sular iştirak edən, subkapilyar məsaməli, zəif sukeçirici gilli horizontlarda süzülmə zamanı xətti qanunun pozulması müşahidə olunur. Bu onunla izah olunur ki, təzyiq qradientinin (J) kiçik qiymətlərində, məsamələr fiziki əlaqəli su ilə tutulduğundan, gilli qruntlarda suyun süzülməsi müşahidə olunmur. Belə şəraitdə

süzülmənin baş verməsi üçün təzyiq qradiyentini müəyyən həddə qədər (süzülmənin başlanğıc J_0 qradiyentinədək) artırmaq lazımdır. Basqı qradiyentinin $J_{boh} \approx^4 /_3 J_0$ həddə qədər artırılması zamanı gilli qruntlarda suyun süzülməsi Darsi qanununa uyğun gəlməyə başlayır.

Yumşaq-əlaqəsiz və çatlı qruntlarda çox kiçik təzyiq qradiyentində-Amerika hidrogeoloqu O.Meyntserə görə $3 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$, V.N.Şelkaçov və İ.Y.Fomenkoya görə isə $n \cdot 10^{-3} - n \cdot 10^{-4}$ qiymətlərində Darsi qanunu doğrudur.

Qravitasiya sularının hərəkəti zamanı daxili sürtünmə və ətalət qüvvələri meydana çıxır. Lakin bu qüvvələrin təsiri çox cüzi olduğu üçün təcrübi hesablamalarda onları nəzərə almamaq olar. Beləliklə, qravitasiya suları üçün Darsi qanununun tətbiqinin aşağı həddi praktiki olaraq yoxdur.

Darsi qanununun tətbiqinin yuxarı həddi süzülmənin böhran sürəti ilə əlaqədardır. N.N.Pavlovski süzülmənin böhran sürətini təyin etmək üçün hidravlikadan məlum olan Reynolds ədədindən (Re) istifadə etməyi təklif etmişdir.

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu}, \quad (1.12)$$

burada ϑ -suyun orta axım sürəti, m/san; d -su keçən borunun diametri, BS-də m, SQS-də sm; $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ -mayenin kinematik özlülük

əmsalı, BS-də $\frac{m^2}{san}$, SQS-də stoks (St), $1st=1 \frac{sm^2}{san}$; ρ -mayenin sıxlığı,

$\frac{kq}{m^3}$ və yaxud $\frac{q}{sm^3}$; η -mayenin dinamik özlülük əmsalı, BS-də

(N·san)/m² və yaxud Pa·san, SQS-də isə $\frac{q}{sm \cdot san}$ ilə ölçülür və Puaz adlandırılır.

Özlülük dedikdə, xarici qüvvələrin təsiri altında mayenin axımına onun müqavimət göstərmək xüsusiyyəti başa düşülür. Adətən özlülük dinamik və kinematik özlülük əmsalları ilə xarakterizə olunur. *Dinamiki özlülük əmsalı* (η) vahidə bərabər sürət qradiyenti ilə hərəkət edən iki maye təbəqəsinin vahid toxunma səthinə düşən daxili sürtünmə qüvvəsinə bərabərdir.

Kinematik özlülük əmsalı ($\nu = \frac{\eta}{\rho}$) dinamik özlülük əmsalının mayenin sıxlığına olan nisbəti ilə ölçülür.

N.N.Pavlovski (1.12) düsturunda aşağıdakı kimi riyazi dəyişiklik etmişdir:

$$Re = \frac{1}{0,75n + 0,23} \cdot \frac{g_s \cdot d_e}{\nu}, \quad (1.13)$$

burada d_e -qruntu təşkil edən hissəciklərin effektiv diametri, mm ; g -süzülmə sürəti, m/san; n -qruntun tamın hissələri ilə ifadə olunmuş məsaməliliyidir; ν -kinematik özlülük, $\frac{m^2}{san}$.

(1.13) düsturu ilə aparılan hesablamaların və eksperimental tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq, N.N.Pavlovski müəyyən etmişdir ki, süzülmənin xətti qanununun pozulması $Re_{boh} = 7,5 - 9$ -dən böyük qiymətlərində baş verir. Reynolds ədədinin bu qiymətinə böhran qiymət, bu qiymətə uyğun gələn sürətə isə süzülmənin böhran sürəti (g_{boh}) deyilir. Süzülmənin böhran sürəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$g_{boh} = (0,75n + 0,23) \cdot \frac{\nu}{d_e} \cdot Re_{boh}, \quad (1.14)$$

Q.N.Kamenskiyə görə, Darsi qanunu yeraltı suların hərəkətinin 1000 m/sut–ya çatan həqiqi sürətində də tətbiq edilə bilər. 1000 m/sut–dan böyük sürət nadir hallarda rast gəlir və karstlaşmış, yüksək çatlı, iri qrunut qırıntılarından təşkil olunmuş əlaqəsiz qruntlar və çaqıllar üçün xarakterikdir.

Axının turbulent rejimində süzülmə. Yeraltı suların turbulent rejimli hərəkəti zamanı süzülmənin qeyri–xətti Şezi–Krasnopolski qanunu özünü doğruldur. A.A.Krasnopolskiyə görə axının sürəti aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$g = k \cdot J^{\frac{1}{n}}. \quad (1.15)$$

Burada n əmsaldır və $1 < n < 2$, $n=2$ olduqda (1.15) düsturu $g = k \cdot \sqrt{J}$ şəklində ifadə edilir. *Turbulent rejimdə axının sürəti təzyiq qradientinin $\frac{1}{2}$ dərəcəsi ilə düz mütənasib olur.*

Qarışıq (laminar – turbulent) axın rejimli süzülmə. Çoxlu miqdarda aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, sulu laylarda bəzən axının elə hissələri qeydə alınır ki, burada süzülmə nə

Darsi, nə də Krasnopolski tərəfindən müəyyən olunan qanunlar ilə baş vermir. Bu iki qanun arasında aralıq mövqe tutan qanuna tabe olur. Bu halda süzülmə Forxheymerin ikihədli düsturu ilə ifadə olunur:

$$J = a \cdot g + b \cdot g^2, \quad (1.16)$$

burada a və b -məsaməli mühitin və süzülən mayenin xüsusiyyətlərindən asılı olan və eksperiment yolu ilə təyin olunan parametrlərdir.

Süzülmə sürətinin kiçik qiymətlərində (1.16) düsturundakı ikinci həddi nəzərə almamaq olar. Bu halda aşağıdakı kimi olar:

$$J = a \cdot g, \quad (1.17)$$

və ya:

$$g = \frac{1}{a} \cdot J, \quad (1.18)$$

Əgər (1.18) düsturunda $\frac{1}{a} = k$ əvəzləməsi aparsaq, onda Darsi düsturunu alırıq, yəni $g = k \cdot J$. Əgər süzülmə sürəti çox böyük həddə dəyişərsə, o zaman (1.16) düsturunda birinci həddi nəzərə almamaq olar, yəni:

$$J = b \cdot g^2, \quad (1.19)$$

və yaxud:

$$g = \sqrt{\frac{1}{b}} \cdot \sqrt{J}. \quad (1.20)$$

Əgər (1.20) düsturunda $\sqrt{\frac{1}{b}} = k$ əvəzləməsi aparsaq, onda (1.16) düsturu A.A.Krasnopolskinin qeyri-xətti qanununu ifadə etmiş olar, yəni $g = k \cdot \sqrt{J}$.

Süzülmə əmsalının (k) qiyməti quntu təşkil edən hissəciklər arasındakı məsamələrin ölçüsündən asılıdır, vahidi sm/san, m/saat, m/sut-dır. *Süzülmə əmsalı vahid təzyiq qradientində süzülmə sürətinə bərabərdir.*

Sukeçiricilik əmsalı (T) sulu horizontun qalınlığı ilə süzülmə əmsalının hasilinə bərabərdir, ölçü vahidi $\frac{m^2}{sut}$ -dir. Aşağıdakı

düsturla hesablanır:

$$\text{- qunt suları üçün:} \quad T = k \cdot h, \quad (1.21)$$

$$\text{- təzyiqli sular üçün:} \quad T = k \cdot m, \quad (1.22)$$

Sukeçiricilik əmsalı vahid təzyiq qradiyentində qalınlığı h (və ya m), eni vahid olan sulu horizontun vahid zamanda su süzmə qabiliyyətini ifadə edir.

Keçiricilik (nüfuzetmə) əmsalı (k_n)-məsaməli mühitin özündən maye və ya qazı keçirmək xüsusiyyətidir. Bu əmsal ilə süzülmə əmsalı arasındakı asılılıq aşağıdakı bərabərliklə ifadə olunur:

$$k_n = k \cdot \frac{v}{g}, \quad (1.23)$$

burada v -kinematik özlülük əmsalı; g -sərbəstdüşmə təcili; k -süzülmə əmsalı.

Keçiricilik (nüfuzetmə) əmsalının (k_n) ölçü vahidi-sahə vahididir, m^2 ; mexaniki sistemdə-darsi (D) və ya sm^2 ($1D=1,02 \cdot 10^{-8} sm^2$).

Yeraltı suların qərarlaşmış və qərarlaşmamış hərəkəti. Bu və ya digər sulu horizontun qidalanma və boşalma şəraiti zaman etibarilə daimdirsə, bu halda yeraltı suların hərəkəti **qərarlaşmış** adlanır. *Qərarlaşmış hərəkətdə* zaman etibarilə yeraltı su axınının bütün hidrodinamiki elementləri (sərf, sürət, maillik, istiqamət və s.) dəyişməz qalır .

Qidalanma və boşalma şəraitinin zaman etibarilə dəyişməsi zamanı yeraltı su axınının bütün hidrodinamiki elementləri dəyişir və belə hərəkət **qərarlaşmamış** adlanır.

Təbiətdə yeraltı sular əsasən qərarlaşmamış hərəkətə malik olurlar. Yalnız qidalanma və boşalma şəraitinin cüzi dəyişdiyi müxtəlif zaman kəsirləri üçün təbii şərait sxematikləşdirilərək qərarlaşmış hərəkət barədə danışmaq olar.

Süzülmənin sərt və elastik rejimləri. Mayenin hərəkəti ağırlıq qüvvəsi və onun (suyun) təzyiqi ilə əlaqədardırsa, digər qüvvələrin təsiri (ətalət, elastiklik və s.) cüzidirsə və onları nəzərə almamaq mümkündürsə, süzülmənin belə rejimi sərt rejim adlanır. Bu rejim əsasən qunt suları, o cümlədən az dərinlikdə yatan təzyiqli sular üçün xarakterikdir.

Kifayət qədər dərinlikdə yatan təzyiqli sular üçün süzülmənin elastik rejimi xarakterikdir, yəni bu rejim üçün horizont enerjisinin üstünlük təşkil edən forması horizontun və sıxılmış mayenin elastik deformasiyası hesab edilir.

Artezian sularını quyular vasitəsi ilə açarkən horizontda təzyiqin aşağı düşməsi və suyun genişlənməsi baş verir. Bununla belə, horizontda təzyiqin aşağı düşməsi qrunun skeletinə elastiki genişlənməsinə və onun məsaməliliyinin azalmasına səbəb olur. Bunun nəticəsində qrunun skeletinə elastiki deformasiyası hesabına su sanki sıxışdırılıb çıxarılır və quyuya axır. Beləliklə, elastik rejim yaranır ki, onun da nəzəriyyəsi V.N.Şelkaçov tərəfindən işlənilib hazırlanmışdır.

1.7. QRUNTUN SÜLB, MAYE VƏ QAZ TƏŞKİLEDİCİLƏRİ SƏRHƏDİNDƏ YARANAN FİZİKİ-KİMYƏVİ PROSES VƏ HADİSƏLƏR

1.7.1. QRUNTUN SÜLB VƏ MAYE FAZALARININ SƏRHƏDİNDƏ YARANAN FİZİKİ-KİMYƏVİ HADİSƏLƏR

Qrunun sülb fazasını (onun skeletini) qeyri-üzvi və üzvi maddələr (mineral birləşmələr və s.) təşkil edir və onun əmələ gətirdiyi strukturun daxilində az və ya çox miqdarda boşluqlar qalır ki, bu boşluqlar (məsamələr, çatlar və s.) da müxtəlif maye və qazlarla tutulur. Əgər qrunun məsamələri (boşluqları) yalnız qazla və yaxud maye ilə (su, neft və s.) tutularsa, bu zaman qrun iki fazalı sistem olur, yəni iki fazadan təşkil olunur. Əgər qrun məsamələrində həm maye, həm də qaz olarsa, o zaman qrun üç fazalı sistemə, yəni sülb, maye və qazdan təşkil olunmuş sistemə çevrilir. Təbii şəraitdə qrun daxilində az və ya çox dərəcədə maye və qaz iştirak edir. Ona görə də, qrunun fazaları arasında gedən fiziki-kimyəvi proses və hadisələrin öyrənilməsi böyük əhəmiyyət daşıyır.

Adsorbsiya. Fiziki-kolloid kimya fənnindən məlumdur ki, bütün maddələrin səth enerjisi öz-özünə azalmağa istiqamətində dəyişikliyə meyllidir. Bu fazaları ayırıcı səthin və səthi gərilmənin azalması şəklində təzahür olunur. Adsorbsiya da səthi gərilmənin öz-özünə azalmasına gətirib çıxaran hadisədir.

Adsorbsiya sərbəst səth enerjisinin artıqlığı hesabına öz-özünə gedən, həmin enerjinin və səthi gərilmənin (σ) azalmasına səbəb olan, həllolan maddə kütləsinin sərbəst səthdə (fazalar sərhədində) artması ilə nəticələnən izotermiki prosesdir. Adsorbsiya çox komponentli sistemdə də baş verə bilər. Bu zaman o komponent

səth təbəqəsinə keçir ki, o digərlərinə nisbətən səthi gərilməni daha (səthi və yaxud fazalararası) güclü azaldır.

Ümumiyyətlə, adsorbsiya səth enerjisinin yalnız azalması hesabına deyil, həmçinin adsorbsiya edən təşkiledicinin maddə səthi ilə kimyəvi rabitə yaratması (hemosorbsiya) nəticəsində də gedə bilər. Bu zaman bütöv sistemin ümumi enerjisinin azalması fonunda səth enerjisi arta da bilər. Beləliklə, sülb adsorbent səthində adsorbsiya fiziki və kimyəvi rabitə hesabına baş verdiyindən, fiziki və kimyəvi (hemosorbsiya) adsorbsiya fərqləndirilir. Fiziki adsorbsiya Van-der-Vaals qüvvələri (bəzən molekulyar qüvvələr kimi də adlandırılır), kimyəvi adsorbsiya isə kimyəvi təbiətli (ion, kovalent, hidrogen) qüvvələr hesabına baş verir.

Adsorbsiya fazalar sərhədində getməsinə baxmayaraq, daha sıx fazanı (səthi müəyyən edən fazanı) **adsorbent** adlandırmağı qəbul etmişlər. Adsorbent sülb və maye halında ola bilər.

Sistem üzrə yenidən paylana bilən, adsorbsiya olunan maddə qaz və ya maye fazada olub, **adsorbat** adlandırılır. Beləliklə, adsorbat adsorbentin səthi üzrə adsorbsiya edir. Adsorbsiya etmiş adsorbatın səthdən geriye doğru keçməsi prosesi, yəni adsorbsiyanın əksi **desorbsiya** adlanır.

Qarışıq fazaların aqreqat tərkibindən asılı olaraq adsorbsiya səciyyəvi xüsusiyyət alır. Belə ki sülb adsorbent səthinə qazın adsorbsiyası, «sülb maddə-maye» və «maye-maye» sərhədində həll olan maddənin adsorbsiyası, «maye-məhlul-qaz» sərhədində adsorbsiya və s. müşahidə edilə bilər.

Qrunt daxilində adsorbsiya prosesi əksər hallarda qarışıq fazaların aqreqat vəziyyətindən asılı olur. Belə ki grunt məsamələri ilə suyun hərəkəti zamanı mürəkkəb fiziki-kimyəvi proses baş verir. Əgər suyun tərkibi bəsit olarsa (tərkibində həll olmuş mineral maddələr, qaz və s. iştirak etməzsə), o zaman adsorbsiya «sülb maddə-su» sərhədində suyun adsorbsiyası ilə baş verərdi. Həqiqətdə isə suyun tərkibində az və ya çox dərəcədə müxtəlif maddələr iştirak edir və məsaməli mühitdə hərəkət edərkən müxtəlif maddələri həll edərək məhlula çevrilir. Beləliklə, «sülb maddə-məhlul» sərhədində üçüncü maddə kimi həlledici (su) iştirak etdiyindən mürəkkəb bir proses gedir. Yəni sülb səth (adsorbent), həllolan maddə (adsorbat-mövcud halda gruntun həllolan, məsaməli mühit məhlulunun yaranmasına səbəb olan

təşkilediciləri) və həlledici (su) arasında qarşılıqlı təsir baş verir. Belə ki həlledici adsorbentlə və ya adsorbatla daha güclü əlaqədə ola bilər. Ona görə də, məhluldan adsorbsiya həllolan maddənin və yaxud həlledicinin adsorbsiya olunması ilə nəticələnə bilər. Əgər həllolan maddə adsorbsiya olunarsa müsbət, həlledici adsorbsiya etdikdə isə mənfi adsorbsiyanın baş verməsi fərqləndirilir.

Sülb faza tərəfindən məhluldan fiziki adsorbsiya öz-özünə gedən proses olub, həmişə səth enerjisinin azalmasına səbəb olur.

Müsbət adsorbsiya zamanı da «sülb faza-məhlul» sərhədində səthi gərilmənin azalması baş verir, əks halda həlledicinin daha çox udulması, yəni mənfi adsorbsiya müşahidə edilir.

Məhluldan fiziki adsorbsiya Hibbs düsturu ilə ifadə olunur:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}, \quad (1.24)$$

burada Γ - adsorbsiya, mol/sm²; C-məhlulda maddənin konsentrasiyası, mol/l; R-universal qaz sabiti olub, 8,31·10⁷erq/(mol·dər); T-mütləq temperatur, °K (Kelvin); $(-\frac{d\sigma}{dC})$ –

P.A.Rebinder tərəfindən səth fəallığı kimi adlandırılması təklif edilmişdir, g ilə işarə edilmişdir ($g = -\frac{d\sigma}{dC}$) və hibbslə ölçülür

(1h=1erq·sm/mol).

Beləliklə, müsbət adsorbsiya olunan maddələr səthi aktiv maddələr (SAM), mənfi adsorbsiya zamanı isə adsorbentlə təmasda olan maddələr səthi inaktiv maddələr (SIAM) adlandırılır. Suyu nisbətən bir çox üzvi birləşmələr (yağ turşuları, onların duzları, sabun, sulfo turşular və onların duzları, spirtlər, aminlər, fenol) səthi aktiv maddələr, suda ionlarına ayrılan bütün qeyri-üzvi elektrolitlər (turşular, qələvilər, duzlar), həmçinin ionlaşan üzvi maddələr (qarışqa turşusu və s.) səthi inaktiv maddələrə aiddirlər.

Həlledicinin səthi gərilməsi çox olduqca adsorbent səthində məhlulun tərkibindən əsasən həllolan maddə adsorbsiya olunur. Həlledici ilə adsorbent arasında qarışıqlı təsir güclü olduqda, həllolan maddə pis adsorbsiya olunur. Polyar maddələr polyar mayelərlə, qeyri-polyar maddələr isə qeyri-polyar mayelərlə daha yaxşı islanırlar. Polyarlıq ölçüsü kimi dielektrik nüfuzluluğu (ϵ)

götürülür. Temperaturun artımı məhluldan olan adsorbsiyanı azaldır.

Qeyri-elektrolit (molekulyar) və **elektrolit** (ion) adsorbsiyası fərqləndirilir. Molekulyar adsorbsiya zamanı adsorbent səthinə adsorbatın molekulları adsorbsiya edir. Məhluldan sülb maddəyə tarazlaşmış molekulyar adsorbsiyanın maddənin konsentrasiyadan asılılığı adsorbsiya izotermi ilə səciyyələənərək, durulaşdırılmış məhlullarda monomolekulyar adsorbsiyanın parabolik tipli düsturları ilə yaxşı ifadə olunurlar. Molekulyar adsorbsiya (hemisorbsiya olmadıqda) dönəndir.

Elektrolitlərin ion adsorbsiyası eyni maddənin müxtəlif ionlarının sülb maddələr tərəfindən müxtəlif adsorbsiyası ilə səciyyələnilir. Belə ki polyar molekullardan və ionlardan səth üzrə polyarlaşa bilən ionlar, digər halda isə polyarlaşmayan ionlar adsorbsiya olunurlar.

Səthin müəyyən hissəsində müvafiq yüklə yüklənmiş zərrəciyin ətrafında əks yüklü ionlar adsorbsiya edirlər. Bu zaman elektrolitin səthlə eyni yüklənmiş ionları adsorbsiya olunmayaraq, elektrostatik qüvvənin təsiri altında adsorbsiya olunmuş ionlara yaxın məsafədə qalaraq, həmin yüklü adsorbsiya olunmuş ionlarla birlikdə ikiqat-elektrik təbəqəsi (İET) əmələ gətirirlər. Beləliklə, əgər adsorbsiya gedən səth mənfi yüklə yüklənmişdirsə (mənfi yükün çoxluğu şəraitində), o zaman səthə adsorbsiya müsbət yüklü ionlarla olur, həmin ionların yaxınlığında isə mənfi yüklü ionlar yerləşir.

Beləliklə, adsorbsiya hadisəsi sülb maddə səthindən məhlulun daxilinə doğru (həcmində) keçir. Elektrolit ionlarının valentliyi artdıqca, daha uzaq məsafədən həmin ion əks yüklə yüklənmiş səth hissəsi tərəfindən cəzb edilir. Eyni valentli ionlar arasında daha böyük radiuslu, daha çox polyarlaşan və az hidratlaşan ionların adsorbsiya qabiliyyəti yüksək olur.

Çoxvalentli və böyük radiuslu ionlar yüklənməmiş səth molekullarını polyarlaşdırma bildiklərindən, Van-der-Vaals (Londonun dispers effekti) qüvvələrinin təsiri ilə qeyri-polyar səthdə səciyyəvi adsorbsiya baş verir. Böyük radiuslu anionlar belə səthlərdə yaxşı adsorbsiya olunduqlarından, mənfi yüklü səthə malik qruntlar təbiətdə daha çox rast gəlinir.

Mineral kristallarının səthi vasitəsi ilə adsorbsiya, kristalla qarşılıqlı təsirdə olan elektrolitlərin ekvivalent ionları arasında

seçim üzrə baş verə bilər. Belə ki kristalla qarşılıqlı təsirdə olan elektrolitlərin tərkibində iştirak edən kimyəvi elementin ionları kristalın qəfəsində də rast gəlsə (misal olaraq CaCO_3 kristalı məhlulunda kalsium ionu), o zaman mineralın kristal qəfəsində yenidən qurulma (kristallaşma), seçim yolu ilə adsorbsiya gedir.

Qruntlar içərisində daha fəal adsorbent olan gilli qruntlar, löslər və torpaq-qruntlardır. Bunlar səciyyəvi polyar adsorbentlər olub, polyar həlledicilər – su və elektrolitlərin sulu məhlulları ilə fəal qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu qruntları təşkil edən dispers təşkiledicilərin səthində adsorbsiya məhlullarla (çoxvalentli və yaxud böyük radiuslu ionlardan təşkil olunmuş) qarşılıqlı əlaqədə, səciyyəvi şəkildə, seçim yolu ilə və hemosorbsiya nəticəsində baş verir. Bununla əlaqədar olaraq bu qruntların hissəciklərinin səthində adsorbsiya ionları «potensialyaradıcı» olub, su məhlulları ilə qarşılıqlı əlaqə zamanı, elektrostatik qüvvələrin təsiri altında, əks yüklü hissəciklərlə əhatə olunaraq ikiqat-elektrik təbəqəsinin yaranmasına gətirib çıxarır. Belə dispers qruntlarda məsələlilik yüksək olsa da, onların keçiricilik qabiliyyəti zəifləyir, yüklü hissəciklərin hərəkət qanunları mürəkkəbləşir. Ona görə də, bu qruntların həll olan duzlardan təmizlənməsi, çirklənmənin qarşısının alınması problem yaradır.

Süxurlarda «potensialyaradıcı» rolu kristal strukturuna daxil olan ionlar oynayır və gillərdə heterovalent izomorfizmin baş verməsi nəticəsində (strukturda olan yüksək valentli ionların misal olaraq Si^{4+} - ionunun Al^{3+} , M^{2+} və s. əvəz olunması) və yaxud mineralın kristallik strukturunda müxtəlif səbəbli pozulmalar hesabına mineral səthində mənfi yükün artıqlığı (çoxluğu) hiss olunur.

Bununla bərabər, gilli mineralların səthində OH qrupu da iştirak edir ki, su məhlulları ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda məhlulun pH göstəricisindən asılı olaraq, H^+ və yaxud OH^- ionları şəklində dissosiasiya edir. Nəticədə bu ionlar maye fazaya keçərək kulon qarşılıqlı təsir qüvvəsi ilə mineral səthinin ionları ilə qarşılıqlı təsirdə İET-nin xarici təbəqəsini formalaşdırırlar. Bu halda D.A.Fridrixsberqə görə, «potensialyaradıcı» ionlar OH qrupu ionlarının (məhlulun H^+ və OH^-) dissosiasiya dərəcəsinə təsir edən ionlardır. Bu şəkildə əmələ gələn «əks ionlar» adsorbsiya ionlarına aid edilməməlidir. L.K.Tankayevaya görə həmin adsorbent bu ionlarsız mövcud olmur. Həmin əks ionlar desorbsiya olunmur.

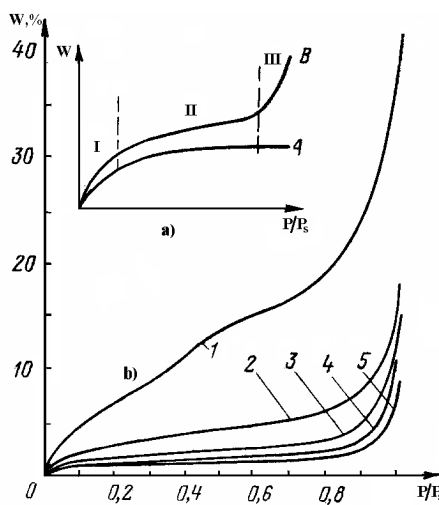
I.7.2. QRUNTUN SÜLB HISSƏCİKLƏRİNİN SƏTHİ İLƏ QAZLAR ARASINDA YARANAN FİZİKİ-KİMYƏVİ HADİSƏLƏR

Qruntu təşkil edən sülb halında hissəciklər müxtəlif qazlarla və su buxarı ilə əhatə olunur. Hissəcik səthi ilə qazlar arasında **fiziki və kimyəvi adsorbsiya, kapilyar kondensasiya** baş verir. Bu qarşılıqlı təsirin intensivliyi təmasda olan fazaların təbiətindən, nisbətindən və s. asılı olur.

Mayelərlə qrunt səthi arasında olan əlaqəyə uyğun olaraq, qazlar da qrunt hissəcikləri tərəfindən udulur və fazalar sərhədində (qaz və sülb) onların konsentrasiyası azalır. Bu qazların adsorbsiyası adlanır və vahid səthdə və yaxud vahid həcmdə, həmçinin qruntun vahid kütləsində adsorbsiya olunan qazın miqdarı ilə xarakterizə olunur.

Qrunt hissəciklərinin səthi adsorbsiya prosesinin baş vermə imkanına görə eyni deyildir, yəni səthin müxtəlif hissələrində fəal və qeyri-fəal sahəciklər mövcuddur və onlar qrunt hissəcikləri səthində, həmçinin həcmində qeyri-bərabər paylanmışdır. Buna görə də, qrunt hissəcikləri səthində qaz təzyiqi az olduqda (qazın adsorbsiyası qaz təzyiqindən də asılıdır) hissəciklərin səthində elektrostatik təsir effektivə malik (elektrik yükü neytrallaşmamış və yaxud digər təsir qüvvəsinə malik) molekul, atom və ionların rast gəlməsi hesabına fəallaşmış sahəciklər tərəfindən qazın monomolekulyar adsorbsiya polimolekulyar adsorbsiya ilə əvəz olunur.

Sabit temperaturda adsorbsiya olunan maddə miqdarının əvəzləyici təzyiqdən (P) və yaxud qazın (buxarın) nisbi əvəzləyici (P/P_s) təzyiqindən (P_s doymuş buxarın təzyiqi) asılılığı **adsorbsiya izotermi** adlanır. Şəkil 1.5- də iki tip adsorbsiya (monomolekulyar



Şəkil 1.5. Suyun adsorbsiyası. a) ümumiləşdirilmiş; b) təcrübə (R.İ. Zloçevskaya və V.A. Korolyova görə). A- monomolekulyar adsorbsiya; B- polimolekulyar adsorbsiya; 1- montmorillonit gilləri; 2- lösvəri gilçələr; 3- hidroslyuda gilləri; 4- kaolinit gilləri; 5- löş. I- monomolekulyar adsorbsiya; II- polimolekulyar adsorbsiya; III- kapilyar kondensasiya.

və kapilyar kondensasiya ilə mürəkkəbləşmiş polimolekulyar) izotermi təsvir olunmuşdur.

Hər iki izotermə başlanğıcında düzxətli asılılıq, yəni az təzyiq şəraitində ($P/P_s < 0,3$ olduqda) adsorbsiya buxarın (qazın) təzyiqinə mütənasib baş verir (əyrinin I hissəsi). İzoterm əyrisinin II hissəsi (horizontal hissə) buxarın (qazın) böyük təzyiqinə uyğundur. Qrafikdə A əyrisi adsorbent səthinin adsorbatla tam doyma halında monomolekulyar adsorbsiyaya, B əyrisi isə polimolekulyar adsorbsiyaya aiddir. İzotermə III hissəsi adsorbatın adsorbent səthində kəskin adsorbsiyasını (kapilyar kondensasiya zamanı) təsvir edir.

Qrunt hissəcikləri səthində qazların və su buxarının fiziki və kimyəvi adsorbsiyası baş verir.

Kimyəvi adsorbsiya (hemisorbsiya) fazalar sərhədində (sülb və qaz fazası) gedən kimyəvi reaksiya nəticəsində baş verir və adsorbentin (qrunt hissəciyinin) səthində yeni kimyəvi birləşmənin əmələ gəlməsi ilə nəticələnir. Kimyəvi adsorbsiya dönməyən olub, müəyyən maddələr üçün səciyyəvidir. Temperaturun artması kimyəvi adsorbsiyanı artırır, kimyəvi adsorbsiya istiliyini isə 840 kC/mol-dək çatdırır bilər.

İ.Lenqmyur tərəfindən 1915-ci ildə monomolekulyar adsorbsiya nəzəriyyəsi yaradılmışdır ki, bu da kimyəvi adsorbsiyaya aid olub, aşağıdakı düstur ilə ifadə olunur:

$$a = \frac{a_m \cdot K \cdot P}{1 + K \cdot P}, \quad (1.25)$$

burada a – adsorbsiya olunan maddənin miqdarı; a_m – həmin maddənin həddi miqdarı; K – mütənasiblik əmsalı, adsorbsiyanın tarazlıq sabitini səciyyələndirir; P – buxar təzyiqi.

Fiziki adsorbsiya dedikdə, əksərən Van-der-Vaals qüvvələrinin təsiri altında səth enerjisinin azalması hesabına gedən, qaz və buxarın grunt hissəcikləri səthində adsorbsiyası başa düşülür. Bu adsorbsiya dönməli təbiətli olub, az səciyyəvidir, adsorbsiya istiliyi 84-33,6 kC/mol həddində dəyişir. Fiziki adsorbsiya buxar və qazın adsorbent səthində yaratdığı təzyiqdən, sistemin temperaturundan, səthin udma qabiliyyətindən asılıdır. Qazın və buxarın təzyiqinin artması fiziki adsorbsiyanı artırarsa, temperaturun artması isə əks prosesin baş verməsinə səbəb olur.

Fiziki adsorbsiya öz-özünə baş verən prosesdir və bu prosesin baş verməsi zamanı adsorbat (qaz, buxar) adsorbent (qrunut hissəcikləri) səthini tam tutmağa çalışır.

Polimolekulyar fiziki adsorbsiya nəzəriyyəsi S.Brunauer, P.Emmet və İ.Teller tərəfindən (1910-1935-ci illərdə) təkmilləşdirilmişdir. Bu nəzəriyyə (BET nəzəriyyəsi) həcmi kondensasiya istiliyinə (L) bərabər olan və adsorbent səthinə adsorbsiya edən birinci molekul təbəqəsinin adsorbsiya istiliyi (Q) növbəti adsorbsiya təbəqələri istiliyindən çox olduğu halda, S formalı izotermənin analitik asılılıqlarının qurulmasına imkan verir (şəkil 1.5, a).

$$a = \frac{a_m \cdot C \cdot (P/P_s)}{(1 - P/P_s)[1 + (C - 1)(P/P_s)]}, \quad (1.26)$$

burada a-adsorbsiyanın miqdarı; C– polimolekulyar adsorbsiyanın tarazlıq sabiti olub, birinci adsorbsiya təbəqəsinin enerjisini xarakterizə edir, $C = A \cdot \exp [(Q-L)/R \cdot T]$, A- sabit, R- universal qaz sabiti, T- mütləq temperatur, $^{\circ}\text{K}$; a_m - adsorbatın müvafiq adsorbent üçün maksimal adsorbsiya olunma miqdarı; P və P_s - müvafiq olaraq buxarın (və yaxud qazın) təzyiqi və doymuş buxarın (qazın) təzyiqi; L- həcmi kondensasiya istiliyi; Q- birinci molekul təbəqəsinin adsorbsiya istiliyi.

BET bərabərliyi xətti formaya gətirilərək, qrafiki həll edilir. Bunun üçün koordinat oxları aşağıdakı kimi seçilir. Absisdə P/P_s , ordinat oxunda isə $(P/P_s)/[a \cdot (1 - P/P_s)]$ götürülür. Bu zaman xətti asılılıq aşağıdakı kimi olur:

$$\frac{P/P_s}{a(1 - P/P_s)} = \frac{1}{a_m \cdot C} + \frac{C - 1}{a_m \cdot C} \cdot \frac{P}{P_s}, \quad (1.27)$$

BET nəzəriyyəsi (Lenqmyur nəzəriyyəsi kimi) alçaq temperaturda təsirsiz qazların (azot, argon və s.) a_m miqdarına görə xüsusi səth sahəsinin tapılmasına imkan verir.

$$S_0 = a_m \cdot \omega \cdot N_A, \quad (1.28)$$

burada ω - bir qaz molekulunun sahəsi; N_A - Avoqadro ədədi.

BET nəzəriyyəsindən dispers qrunutların, xüsusi ilə gilli qrunutların adsorbsiya xüsusiyyətinin təyininə geniş şəkildə istifadə edilir.

Kapilyar kondensasiya qrunutların (ümumilikdə hər hansı adsorbentin) mikroməsələlərində hissəcik səthini isladan buxarın (adsorbatın) maye halına keçməsidir. Belə ki əgər doymuş buxar

müstəvi səth üzrə böyük təzyiqdə kondensasiya edirsə, kapilyar məsamələrdə çökük meniskin yaranması nəticəsində buxarın kondensasiyası nisbətən alçaq təzyiqdə baş verir. Kapilyar kondensasiya, digər şəraitlər eyni olduqda, kapilyarın radiusundan (r_k) asılı olaraq baş verir. Yəni kapilyarın radiusu nə qədər kiçilirsə, onda yaranan meniskin əyriliyi bir o qədər çox olur ki, buxarın kondensasiyası daha alçaq təzyiqdə baş verir. Bu $r = \frac{r_k}{\cos \theta}$ olduqda, Tomson-Kelvin düsturu ilə ifadə olunur:

$$P = P_s \cdot \exp\left(-\frac{\sigma \cdot V_m}{r \cdot R \cdot T}\right), \quad (1.29)$$

burada σ - səthi gərilmə; V_m - mayenin molunun həcmi; r - silindrvari kapilyar meniskinin əyrilik radiusu; r_k - kapilyarın radiusu; θ - islanma bucağı (toxunma bucağı).

Kapilyar kondensasiya ilə mürəkkəbləşmiş adsorbsiya zamanı adsorbsiya-desorbsiya izotermnin qurulması histerizeslə müşayiət olunur.

Adsorbsiya və kapilyar kondensasiya böyük xüsusi səthə və kapilyar-məsaməli quruluşa malik adsorbentlərdə daha yaxşı inkişaf etmişdir. Qruntlar içərisində yüksək adsorbentlik qabiliyyəti dispers qruntlarda, xüsusi ilə löslərdə, gilli qruntlarda və torpaqlarda müşahidə olunur. Bu qruntlarda su buxarının adsorbsiya qanunauyğunluqları A.A.Rode, F.D.Ovçarenko, R.İ.Zloçevskaya, L.İ.Kulçitski, Y.İ.Taraseviç, V.A.Korolyev və başqaları tərəfindən öyrənilmişdir.

Müxtəlif xüsusiyyətli lős və gilli qruntların adsorbsiya izotermi kapilyar-məsaməli maddələrin adsorbsiya izotermi üçün tipikdir və polimolekulyar fiziki-kimyəvi adsorbsiya qanunauyğunluğu tətbiq edilə bilər.

Lös və gilli qruntlar mürəkkəb heterogen-polyar sistem olduğundan, su buxarı ilə adsorbsiya tarazlığının yaranması səciyyəvilik daşıyır. Belə ki bu qruntları təşkil edən mineralların səthində və kənarlarında mübadilə kationları tərəfindən neytrallaşdırılmamış (kristallik şəbəkədə olan bəzi atom və molekullar), yəni müəyyən elektrostatik təsirə malik atomlar və ya ümumiyyətlə yüklü hissəciklər su buxarını ion-dipol və hidrogen rabitəsi yaradaraq, adacıqlar şəklində adsorbsiya edir. Çünki qrunut hissəcikləri səthinin müəyyən sahələri belə təsir effektinə malikdir. Ona görə də, qrunut hissəcikləri səthi su molekulları ilə

bütöv səth şəklində deyil, adacıqlar şəklində örtülür. Bununla əlaqədar olaraq, gilli qruntların xüsusi səth sahəsinin a_m göstəricisinə görə təyini təqribi nəticə verir.

Gilli qruntlarda kapilyar kondensasiya $P/P_s \geq 0,6$ olduqda baş verir, 0,8-0,9 qiymətində isə «mineral-su» sərhədində üstünlük təşkil edir.

Mineralın xüsusi səthi, mineral səthinin yük sıxlığı, mübadilə kationlarının hidratlaşması və valentliyi artdıqca, mineral səthinə polyar maddələrin adsorbsiyası artır.

Kristal şəbəkəsi ox üzrə yerdəyişə bilən minerallarda (misal olaraq montmorillonit) şəbəkələrarası mühitə su molekullarının daxil olması ilə polimolekulyar-fiziki adsorbsiyanın baş verməsi, adsorbentin kristaldaxili şişməsi ilə mürəkkəbləşir, adsorbsiya izotermi bu zaman qeyri-səliz əyri ilə təsvir olunur (şəkil 1.5, b).

Təbiətdə gilli qruntların əmələ gəlmə mərhələsində qrunut hissəciklərinin səthində qazların adsorbsiyası prosesinin intensivləşməsi məsamələrdə qazların toplanmasına, sukeçiriciliyin azalmasına və s. gətirib çıxarır.

I.7.3. QRUNTLARDA DİFFUZIYA VƏ OSMOS

Qruntlarda diffuziya xaotik istilik hərəkətinin təsiri altında molekulların və yaxud kolloid hissəciklərin konsentrasiyasının tarazlaşması istiqamətində öz-özünə gedən prosesdir. Həll olaraq dt zaman anında S sahəsindən keçən və böyük konsentrasiyalı məhluldan kiçik konsentrasiyalı məhlula doğru diffuziya edən maddə miqdarı Fik qanunu ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$dm = -D \cdot S \cdot \frac{dc}{dx} \cdot dt, \quad (1.30)$$

burada D - diffuziya əmsalıdır; $\frac{dc}{dx}$ - konsentrasiya qradienti, yəni məhlulun konsentrasiyasının diffuziya yolu boyu dəyişməsi; dm - diffuziya edən maddənin miqdarı; dt - diffuziyanın baş verməsinə sərf olunan zaman; S - diffuziya baş verən sahə.

Əgər stasionar diffuziya prosesi yaranarsa və diffuziya yolu boyu məhlulun konsentrasiya qradienti sabit qalarsa, o zaman vahid diffuziya sahəsində diffuziya sürəti (ϑ_d) aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$g_d = \frac{D}{l} \cdot (C_1 - C_2); \quad (1.31)$$

burada C_1 və C_2 – diffuziya baş verən l qalınlıqlı təbəqənin hər iki tərəfində məhlulun konsentrasiyası.

Düsturlara daxil olan D –diffuziya əmsalı vahid konsentrasiya qradiyentində, vahid sahədən diffuziya edən maddənin miqdarıdır. Diffuziya əmsalı diffuziya edən maddənin növündən, diffuziya mühitinin özlülüyündən və temperaturdan asılıdır.

Müxtəlif maddənin ion və molekullarının molekulyar diffuziya əmsalının onların termodinamiki parametrlərindən asılılığı A.Eynşteyn düsturu ilə təyin edilir:

$$D = \frac{R \cdot T}{\sigma \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot N_A}, \quad (1.32)$$

burada R -üniversal qaz sabiti; T -mütləq temperatur, $^{\circ}\text{K}$; η -mühitin özlülüyü; r -diffuziya edən zərrəciklərin (ion, molekul) radiusu; N_A -Avoqadro ədədi.

Bu düstura əsasən demək olar ki, temperatur artdıqca, mühitin özlülüyü və zərrəciklərin radiusu azaldıqca diffuziya əmsalı artır.

Diffuziya sürəti məsaməli mühidə (o cümlədən qruntda) təyin edilərkən D -nin qiyməti sərbəst mayedəki diffuziyadan fərqli olaraq **effektiv diffuziya əmsalını (D_{ef})** ifadə edəcəkdir və aşağıdakı düsturla təyin ediləcəkdir.

$$D_{ef} = \Omega \cdot \chi \cdot D, \quad (1.33)$$

burada Ω - mühitin tam en kəsiyinin vahid sahəsində sərbəst məsamələrin en kəsik sahəsi; χ - ayrilik əmsalı olub, məsafə və çat kanallarının (diffuziya yolunun) strukturunu və uzunluğunu nəzərə alır. Sərbəst mühidə diffuziya yolunun uzunluğunun (L_0) məsaməli mühidə diffuziya yolunun uzunluğuna (L) nisbətində

bərabərdir, yəni $\chi = \frac{L_0}{L}$; D -sərbəst maye həcmində molekulyar diffuziya əmsalıdır.

Məsaməli mühit üçün χ əmsalı Vikke düsturu ilə təqribən hesablanı bilər:

$$\chi = \frac{1 - \left(1 - \frac{3}{n}\right)^{\frac{2}{3}}}{n}, \quad (1.34)$$

burada n -mühitin məsaməliliyidir (tamın hissələri ilə). χ -nin qiyməti sıx qruntlar üçün 0,2-0,3, yumşaq qruntlar üçün 0,7-0,9 həddində dəyişir.

Diffuziya əmsalının tədqiqi nisbətən çox zəhmət tələb edən işdir. Diffuziya əmsalı haqqında məlumat əldə etmək üçün, sorğu kitablarında olan məlumatlar əsasında natrium xlorun və kalsium xlorun temperaturdan asılı olaraq həqiqi diffuziya əmsalının dəyişməsi cədvəl 1.8-də verilmişdir.

Məsaməli mühitdə, o cümlədən gilli qruntlarda diffuziya əmsalı məsaməlilikdən və məsaməli mühitin xarakterinə və kəmiyyət göstəricilərinə təsir edən digər amillərdən asılıdır. Qrunnt skeletinin keçiriciliyə qarşı göstərdiyi müqavimətlə əlaqədar olaraq həqiqi diffuziya əmsalı azalmış qiymətlər alır. Gilli qruntlarda effektiv diffuziya əmsalının (D_{ef}) həqiqi diffuziya (D_h) əmsalına nisbətən azalmasının səbəbi əlaqəli sulara özlülüyün adi suların özlülüyünə nisbətən çox olması ilə də əlaqədardır. İ.A.Briling qruntlarda əlaqəli suların özlülüyünün NaCl-n diffuziya əmsalına təsirini öyrənərək, müəyyən etmişdir ki, əlaqəli suyun özlülüyünün (η) sərbəst suyun özlülüyünə (η_0) nisbəti (η/η_0) diffuziyanın ləngidilmə ölçüsüdür (cədvəl 1.9)

Cədvəl 1.8

NaCl və CaCl₂-n diffuziya əmsallarının temperaturdan asılılığı

NaCl			CaCl ₂		
T, °S	C ₀ , q-ekv/l	D·10 ⁻⁵ , sm ² /san	T, °S	C ₀ , q-ekv/l	D·10 ⁻⁵ , sm ² /san
5	0,05	0,89	0	1,0	0,65
10	0,05	1,03	20	1,0	1,16
15	0,05	1,19	30	1,0	1,48
20	0,05	1,39	40	1,0	1,83
25	0,05	1,61	9	0,3	0,80
30	0,05	1,84	9	0,4	0,74
18	0,05	1,26	9	5,0	0,82
18	0,10	1,24			
18	0,20	1,21			
18	0,40	1,20			
18	0,60	1,21			
18	1,00	1,24			
18	2,00	1,30			
18	3,00	1,36			

Cədvəl 1.9

Süxur	Məsaməlilik, n, %	Nəmlik, W, %	Məsamələrin orta radiusu, mm	Effektiv diffuziya əmsalı, $D_e \cdot 10^{-7}$, sm^2/san	Əlaqəli suyun diffuziyası ləngitmə təsiri, η/η_0	Osmotik təzyiq qradienti, J_0
Benonit gilləri	64,5	92	8,7	10,8	5,0	+20
Lösvari ağır gilcə	28,9	31,8	11,2	9,65	2,2	+3
Karbonatsız dəniz mənşəli gilcə	19,6	18	13,2	5,50	2,7	-2
Karbonatlı dəniz mənşəli gilcə	19	15,3	17,8	7,05	2	-10
Lös	22,2	20	56	7,75	2,4	-1,5

Qruntun skeleti və əlaqəli su tərəfindən yaradılan müqavimət həqiqi diffuziya əmsalının (D_h) azalmasına səbəb olur. Müxtəlif mineraloji tərkibə və dispersliyə malik olan qruntlarda effektiv diffuziya əmsalına nisbətən süzülmə əmsalı daha kiçik olur (cədvəl 1.10).

Cədvəl 1.10-da göstərilmiş qruntların diffuziya əmsalları $(0,5 \div 3,4) \cdot 10^{-6} \text{ sm}^2/\text{san}$ hüdudunda dəyişdiyi halda, süzülmə əmsalı $1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-9} \text{ sm}/\text{san}$ hüdudunda dəyişir. Beləliklə, təqribi olaraq effektiv diffuziya əmsalını $D_{ef} \approx (0,1 \div 0,3) D_h$ kimi qəbul etmək olar.

Cədvəl 1.10

Müxtəlif qruntlarda NaCl-un diffuziya əmsalı ilə süzülmə əmsalının müqayisəsi

Sıra №-si	Süxur	NaCl-un diffuziya əmsalı $D \cdot 10^{-6}$, sm^2/s	Süzülmə əmsalı, k, sm/s
1	Askangel	1,0	$1 \cdot 10^{-9}$
2	Oqlanlin bentoniti	0,6-0,9	$4,6 \cdot 10^{-9}$
3	Göy kembri gili	0,5-0,9	$5,0 \cdot 10^{-9}$
4	Qluxovets kaolini	0,7-1,1	$3,0 \cdot 10^{-6}$
5	Prosyanovski kaolini	3,2	$2 \cdot 10^{-6}$
6	Tersk-Kumski artezian hövzəsinin neogen və IV dövr gilləri	0,5-1,2	$1 \cdot 10^{-6} - 7 \cdot 10^{-9}$
7	IV dövr gilləri	1,2-3,4	$2 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-9}$
8	Neogenin skif gilləri	0,21-0,7	$1 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-6}$
9	Moren gilcələri	1,2-4,0	$(2-3) \cdot 10^{-7}$
10	Lösvari ağır gilcə	0,96	$6,1 \cdot 10^{-9}$
11	Novoselets lösü	1,00	$9,1 \cdot 10^{-8}$
12	İncə dənəli qum	2,8	$1 \cdot 10^{-3}$

Qruntlarda osmos. Osmos dedikdə, fərqli konsentrasiyalı və bir birindən yarımkeçici xassəyə malik məsaməli mühitlə təcrid

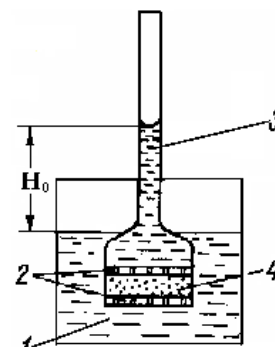
olunmuş iki dispersion sistem (məhlul və həlledici) arasında gedən həlledicinin axını başa düşülür. İonların və kolloid hissəciklərin diffuziyası istiqamətinə əks istiqamətdə suyun osmotik axınına səbəb yarımkeçirici xassəyə malik olan məsaməli mühitdir. Belə ki diffuziya edən hissəciklərin ölçüsü böyük olduğundan, onlar məsaməli arakəsmədə müqavimətə rast gəldiyindən sərbəst keçə bilmirlər. Su molekulları isə həmin arakəsməni asanlıqla keçirlər (su molekullarının ölçüləri hissəcik molekullarının ölçülərindən kiçik olduğundan) və osmosun təsiri ilə suyun məhlula daxil olması nəticəsində məhlul və suyun konsentrasiya fərqi yox olur, məhlul durulaşır.

Qruntlarda, xüsusi ilə gilli qruntlarda elektrolitlərin diffuziyası zamanı keçiriciliyin pis olması məsamələrin miqdarı ilə deyil, müxtəlif fazalar (sülb və maye) sərhədində ikiqat-elektrik təbəqəsinin (İET) yaranması ilə əlaqədardır. İkiqat-elektrik təbəqəsində müsbət ionlar üstünlük təşkil etdiyi halda anionların və ümumiyyətlə diffuziya axınının hərəkəti müqavimətlə qarşılaşır. Su molekullarının diffuziya axınına əks istiqamətdə hərəkətə gəlməsi isə məhlulun konsentrasiyasının azalması, onun durulaşması ilə nəticələnir. Osmosun yaranma səbəblərindən biri kimi diffuziya yolunda diffuziya potensialının yaranmasını da qəbul edirlər. Belə ki mənfi yüklü hissəcik diffuziya yolunun əvvəlində toplaşdığından elektroosmosda olduğu kimi, su axını mənfi yükə tərəf, diffuziyaya qarşı istiqamətlənir.

Bundan başqa təcrübi yolla «anomal» osmosun, yəni suyun hərəkətinin diffuziya istiqaməti ilə üst-üstə düşməsi də müəyyən edilmişdir. Bu zaman diffuziya ionları su molekulları ilə əhatə olunmuş şəkildə diffuziya istiqamətində hərəkət edirlər.

Osmotik axının istiqaməti məhlulun konsentrasiyasından asılıdır. B.V.Reltov öz əməkdaşları ilə birlikdə müəyyən etmişdir ki, 10 %-li məhlulda diffuziya az konsentrasiya qradientində «anomal» osmosla müşahidə edildiyi halda, konsentrasiyanın artması (təqribən 30 %-li məhlulda) ilə normal osmos baş verir.

Suyun osmotik axınını osmometrə daha əyani şəkildə müşahidə etmək olar (şəkil 1.6).



Şəkil 1.6. Osmometrin sxemi.
1-su; 2-deşikli lövhə; 3-məhlul; 4-qrunut.

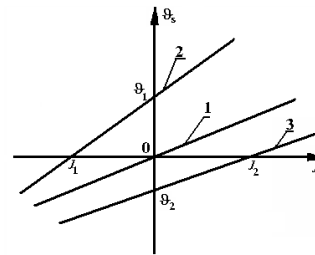
Osmometrin perferasiyalı (deşikli) diskləri arasında qrunut yerləşdirilərək müəyyən konsentrasiyalı məhlul tökülür və osmometr həllediciyə (suya) batırılır. Bu zaman suyun konsentrasiyası ilə məhlulun konsentrasiyası arasında müvafiq fərq mövcud olduğundan su molekulları qrunutdan keçərək, osmosun təsiri ilə məhlula daxil olur. Suyun məhlula daxil olması nəticəsində osmometrin borusunda məhlul sütununun hündürlüyü, yəni təzyiqi artır. Suyun məhlula daxil olması o zamanadək davam edir ki, qrunut üzərindəki məhlulda təzyiq (H_0) osmotik təzyiqə bərabər olsun. Yəni osmometrin borusunda hidrostatik basqı (H_0) osmotik təzyiqə bərabər olduqda suyun məhlula doğru hərəkəti dayanır.

«Anomal» osmosun baş verməsi üçün osmometrə məhlul ilə suyun yeri dəyişdirilməlidir. Hər iki osmos zamanı osmotik təzyiq qradienti $J_0 = H_0/l$ ifadəsinə bərabər olar. Osmometrə H_0 – tarazlaşmış basqı, l isə diffuziya yolunun uzunluğu və ya qrunutun qalınlığıdır. Normal osmos baş verdikdə osmotik təzyiq qradienti müsbət, «anomal» osmosda isə mənfi götürülə bilər.

Aparılmış tədqiqatlardan alınmış nəticələr və yuxarıda verilmiş cədvəllərin analizi əsasında demək olar ki, qrunutların hidrofiliyyət qabiliyyəti artdıqca, onlarda «normal» osmos, az hidrofili qrunutlarda isə «anomal» osmos baş verir.

Eyni qrunutda dispersləşdirici (natrium xlorid) məhlulların diffuziyası zamanı «normal» osmos, koagulyasiyaedici məhlulların (kalsium xlorid) diffuziyası zamanı isə «anomal» osmos baş verir.

Qrunutlarda osmotik axının təsadüf etməsi süzülməyə öz təsirini göstərir və süzülmənin xətti qanunu (Darsi qanunu) dəyişir. Osmotik axın süzülmə istiqamətində baş verdikdə, süzülmə sürətlənir, əks istiqamətdə yönəldikdə isə süzülməyə mane olaraq onun sürətini yavaşdır. Süzülmə ilə osmos arasında münasibət şəkil 1.7-də təsvir edilmişdir. Konsentrasiya qradienti iştirak etdikdə anomal osmos sürəti (ϑ_1) suyun süzülmə sürəti (ϑ_s) üzərinə əlavə edilir. Osmotik qradient J_1 -ə bərabər olduqda sürətlər müvazinətləşir.



«Normal» osmos sürəti (ϑ_2) suyun süzülmə sürətini azaldır və osmotik qradiyent J_2 -yə bərabər olduqda, yekun sürət sıfıra bərabər olur.

Diffuziya yavaş gedən proses olduğundan süzülmə olmasa və ya az miqdarda baş versə də diffuziyanın duzların daşınmasında təsiri böyükdür. Duzların məsaməli mühitdə daşınması diffuziya (konduktiv) və konvektiv mexanizmlə baş verir. Duzların daşınmasında onlardan (diffuziyanın və konvektiv mexanizmlə daşınmanın) hansının təsirinin böyük olduğu Pekle meyarı əsasında təyin edilir:

$$Pe = \frac{\vartheta \cdot l}{D}, \quad (1.35)$$

burada l – diffuziya oblastının ölçüsü; ϑ – diffuziya sürəti; D – diffuziya əmsalı.

$Pe < 0,1$ olduqda, məsaməli mühitdə duzların daşınması əsasən diffuziya hesabına, $Pe > 10$ olduqda isə diffuziyanın təsiri zəifdir və duzların daşınması əsasən konvektiv mexanizmlə, yəni suyun məhlulla birlikdə porşenvari sıxışdırılaraq kənarlaşdırılması hesabına baş verə bilər. Onda duzun daşınma sürəti (ϑ_d) məhlulun konsentrasiyasından və süzülmə sürətindən (ϑ_s) asılı olur.

$$\vartheta_d = \vartheta_s \cdot C, \quad (1.36)$$

Zəif sukeçirici qruntlarda süzülmə sürəti kiçik olduğu zaman duz daşınması diffuziya və süzülmə axınının sürətləri cəminə bərabərdir.

$$\vartheta_d = -D \cdot \frac{dc}{dx} + \vartheta_s \cdot C, \quad (1.37)$$

burada $D \frac{dc}{dx}$ hədlisi diffuziya hesabına duzun daşınması, $\vartheta_s \cdot C$ isə süzülmə hesabına duzun daşınması sürətini ifadə edir.

Pekle meyarının qiyməti 0,1-dən 10-dək dəyişdikdə duz daşınması qarışıq rejimdə baş verir. Yuyulma zonasının uzunluğu (ΔL), yəni hərəkət edən məhlul konsentrasiyasının sıfıra bərabər olduğu zonanın uzunluğu V.M.Şestakova görə hidrodispersiya əmsalından asılıdır:

$$\Delta L = 4,4 \sqrt{\frac{D_h \cdot t}{n}}, \quad (1.38)$$

burada n – effektiv məsaməlilik; D_h – hidrodispersiya əmsalıdır. Hidrodispersiya əmsalı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$D_h = D + \gamma \cdot \theta, \quad (1.39)$$

burada γ -məsamələrdə axının müxtəlifcinsliliyini səciyyələndirən, dispersiyanın struktur əmsalıdır.

V.M.Şestakov qumlarda γ -nın qiymətinin 0,1-dən 1 sm-dək dəyişdiyini qeyd edir.

İ.A.Brilin qılçələrdə kapilyar qalxma sürəti təqribən 8 sm/sut olduqda molekulyar diffuziya və hidrodispersiya əmsalını təyin etmişdir. Məlum olmuşdur ki, hidrodispersiya əmsalı diffuziya əmsalından 1,5 dəfə çoxdur, $\gamma=0,03$ -dür. Gilli qruntlarda nəmliyin hərəkət sürətinin mümkün olan böyük qiymətlərində baş verən kütlə daşınması, həmçinin onların şorlaşması molekulyar diffuziya prosesinin təsiri ilə müəyyən olunur.

I.7.4. DİSPERS QRUNTLARDA İKİQAT-ELEKTRİK TƏBƏQƏSİ

Dispers qruntlar su ilə qarışılıqlı təsirdə olduqda onları təşkil edən mineral hissəciklərin su ilə sərhədində mürəkkəb fiziki-kimyəvi proseslər baş verir. Bu proseslərin gedişi ilə müxtəlif hadisələr meydana çıxır. Həmin qruntlarda istər müxtəlif mayələrin hərəkətinə, istərsə də onların həllolan duzlardan və müxtəlif çirkləndiricilərdən təmizlənməsinə mineral səthində yaranan ikiqat-elektrik təbəqəsi çox böyük əngəl törədir.

İkiqat-elektrik təbəqəsinin (İET) yaranması haqqında ilkin mülahizə Kvink tərəfindən irəli sürülmüşdür. Ancaq onun quruluşu Helmholtz və Perren tərəfindən yastı kondensatorun quruluşuna müvafiq formada təsvir edilmişdir. Onların təsvirinə görə, təmasda olan fazaların sərhədində müxtəlif yüklü zərrəciklərin sıra ilə düzülüşü bir-birinə nəzərən əks yüklü yüklənmiş təbəqəni xatırladır və bu əks yüklü təbəqələr bir-biri ilə qarşı-qarşıya yerləşirlər. Bu isə yastı kondensatoru xatırladır.

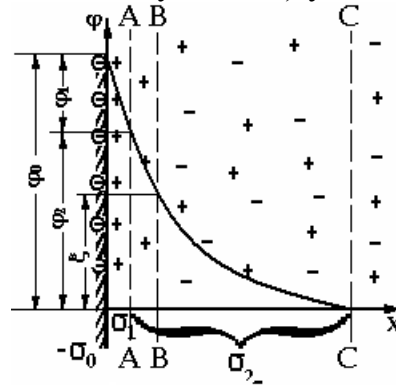
Sonradan bu nəzəriyyə M.Smoluxovski, Q.Qui, D.Çepmen, R.Ziqmondi, Q.Freyndlix tərəfindən inkişaf etdirilmişdir.

İkiqat-elektrik təbəqəsi haqqında müasir təsəvvür əvvəlki təsəvvürləri inkişaf etdirməklə 1936-cı ildə O.Ştern tərəfindən işlənilib hazırlanan nəzəriyyəyə söykənir. Bu nəzəriyyə sonradan

keçmiş sovet alimlərindən İ.İ.Jukov, A.N.Frumkin, O.N.Qriqorov, D.A.Fridrixsberq, S.S.Duxin, K.P.Tixomolova, R.İ.Zloçevskaya, Y.M.Çernoberejski və xarici ölkə alimlərindən C.Bikerman, D.Henri, C.Overbek, F.Bus, C.Liklema, S.Qxoş və başqaları tərəfindən təkmilləşdirilmişdir.

Qruntları təşkil edən mineralların və digər təşkiledicilərin kimyəvi xüsusiyyətlərindən, mühitin əsas göstəricilərindən və s. asılı olaraq qrunut su ilə qarışılıqlı təsirdə olduqda mineral strukturunda müvafiq dəyişiklik baş verir. Belə ki mineral strukturuna daxil olan kimyəvi elementlərin müxtəlif valentli ionlarla əvəz olunması, mineral səthində ionların dissosiasiya etməsi səbəbindən və s. elektrik yükü artıqlığının yaranması nəticəsində, mineral səthində elektrostatik təsir qüvvəsinə malik sahəciklər mövcud olur. Su ilə qarışılıqlı təsirdə olduqda mineral səthinin həmin zərrəcikləri su molekullarını və yaxud müxtəlif yüklü ionları özünə tərəf cəzb edir.

Mineral səthinin hansı yüklə (müsbət və ya mənfi) yüklənmiş ionu özünə cəzb etməsi səthdə artıqlıq təşkil edən yükəndən asılıdır. Təbiətdə gil minerallarının səthində əsasən mənfi elektrik yükünün üstünlüyünə daha çox təsadüf edilir. Ona görə də, mənfi yüklə yüklənmiş səth tərəfindən mənfi yüklü ionlar dəf olunur, kationlar (müsbət yüklü ionlar) isə cəzb edilir. Səthdən itələnmiş anionlar diffuz təbəqədə paylanır. Beləliklə, səthdə mənfi, onunla



Şəkil 1.8. İkiqat-elektrik təbəqəsinin quruluşunun sxematik təsviri.

qarşı-qarşıya cəzb edilmiş müsbət yüklü ionlardan təşkil olunmuş ikiqat-elektrik təbəqəsi, səthdən uzaqlaşdıqca **diffuz təbəqə** ilə tamamlanır. Diffuz təbəqə isə mənfi və müsbət yüklü ionların mütənasib paylandığı bir mühitdir (şəkil 1.8). Mineral səthində yaranmış mənfi (bəzi minerallarda müsbət yükün artıqlığı da ola bilər) yüklü təbəqə (potensial müəyyən edən qat) yastı kondensatorun daxili köynəyini, suyun daxilində mineral səthinə nəzərən əks yüklə yüklənmiş ionlar (İET-nin adsorbsiya və diffuz hissəsi) isə xarici köynəyini təşkil edir. Mineral səthindən suyun daxilinə doğru uzaqlaşdıqca, cəzbəmə qüvvəsi zəifləyərək sıfıra

bərabər olur və bu zaman diffuz təbəqə qurtarır. Əgər mineral səthində yüklü hissəciklərin səth sıxlığı σ_0 , adsorbsiya təbəqəsində σ_1 , diffuz təbəqəsində σ_2 olarsa, $\sigma_0 = \sigma_1 + \sigma_2$ olar. Beləliklə, mineral səthinin mənfi yüklə yüklənmiş təbəqəsi ilə üzbəüz yerləşən və kationlardan ibarət təbəqənin yükü mineral səthinin yükünü neytrallaşdırmağa kifayət etmədiyindən, diffuziya təbəqəsi yaranır və ümumilikdə sistem elektroneytral olur (şəkil 1.8, AA və CC xətləri arasındakı məsafə). Diffuz təbəqənin qalınlığı fiziki-kimyəvi şəraitdən asılı olaraq asanlıqla dəyişə bilər. Xüsusi ilə o, mayədə həll olunmuş elektrolitlərin konsentrasiyası dəyişdikdə dəyişir. Konsentrasiya çoxaldıqda diffuz təbəqə sıxılır, konsentrasiya azaldıqda isə genişlənir.

Mineral səthində fazaları ayıran sərhəddə yaranan potensiallar fərqi **faza** və yaxud **termodinamiki potensial** (φ_0) ilə xarakterizə olunur. Adsorbsiya təbəqəsinin (φ_1) və diffuz təbəqənin potensial düşkünləri (φ_2) cəminə bərabərdir, yəni $\varphi_0 = \varphi_1 + \varphi_2$. Nəzəri olaraq diffuziya təbəqəsi mayenin (dispersion mühitin) daxilinə doğru, mineral səthindən müəyyən məsafədə paylanır. Müəyyən məsafədən sonra istilik hərəkəti İET-nin qalınlığını məhdudlaşdırır. Zəif yüklənmiş qrunut hissəciklərinin səthində potensialın (φ_0) kiçik olduğu halda və $\frac{Z \cdot F \cdot \varphi_0}{2R \cdot T} \ll 1$ qiymətində, səthdən diffuz təbəqənin daxilinə doğru x məsafədə potensial düşkünləri Qui-Çepmen düsturu ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\frac{d\varphi}{dx} = -F \cdot Z \cdot \varphi_x \sqrt{\frac{8\pi \cdot C_0}{\varepsilon \cdot R \cdot T}} = -\frac{\varphi_x}{\delta}, \quad (1.39)$$

burada F -Faradey ədədi; Z -ionun valentliyi; C_0 -elektrolit ionlarının mayenin həcmində konsentrasiyası ($x \rightarrow \infty$ və $\varphi_x \rightarrow 0$ olduqda); ε -dielektrik nüfuzluğu. Bu düsturda $\frac{1}{\delta} = F \cdot Z \cdot \sqrt{\frac{8\pi \cdot C_0}{\varepsilon \cdot R \cdot T}}$ əvəzləməsi aparılmışdır.

(1.39) bərabərliyinin $x=0$, $\varphi_x = \varphi_0$ şərtləri daxilində inteqrallanması ilə $\varphi(x)$ ilə φ_0 arasında asılılıq alınır:

$$\varphi(x) = \varphi_0 \cdot \exp\left(-\frac{x}{\delta}\right), \quad (1.40)$$

burada δ -diffuz təbəqənin nisbi qalınlığı olub, adsorbsiya təbəqəsindən diffuz təbəqənin elektrik yüklərinin ağırlıq mərkəzinə qədər olan orta məsafəni xarakterizə edir. Debay-Hükkel nəzəriyyəsində **ion atmosferinin** radiusu və yaxud ekranlaşmanın debay radiusu adlandırılır. Həmin düsturda $\varphi(x)$ potensialı diffuz təbəqənin nisbi qalınlığına (δ) bərabər məsafədə 2,72 dəfə, daha böyük məsafədə isə sıfıra qədər azalır və δ -nın qiymətinə əsasən İET-nin qalınlığını səciyyələndirməyə imkan verir.

Simmetrik, bir valentli (misal olaraq NaCl, KCl, LiCl) elektrolitlər üçün $\sqrt{C_0}$ artdıqca δ -nın qiyməti xətti asılı olaraq azalır və (1.39) düsturunda müvafiq sabitlər nəzərə alındıqda aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\delta = \frac{3,06 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{C_0}}. \quad (1.41)$$

δ nə səthi yükədən (δ_0), nə də potensialdan (φ_x və yaxud φ_0) asılıdır, sabit temperaturda elektrolitin konsentrasiyasının (C_0) və ionun yükünün funksiyasıdır. δ -nın qiymətinin hesablanması zamanı müəyyən olunmuşdur ki, durulaşdırılmış məhlullarda diffuz təbəqənin qalınlığı artır, konsentrasiya artdıqda isə azalaraq diffuz təbəqə adsorbsiya təbəqəsi üzərinə düşür, $\varphi_1 \rightarrow \varphi_0$ olur (φ_0 hər bir səth üçün sabitdir). Bu vəziyyətdə İET yastı kondensatoru xatırladır, qrunut hissəciyinin səth yükünün qiyməti $\sigma_0 = \sigma_1$ olur və aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$\sigma_0 = \frac{\varphi_0 \cdot \varepsilon}{4\pi \cdot d}, \quad (1.42)$$

burada d -adsorbsiya təbəqəsinin qalınlığıdır.

Elektrokinetik potensial. Termodinamiki potensial (φ_0) və diffuz təbəqənin potensialı (φ_2) dispers qrunutlarda İET-nin xarakteristikalarından olsa da, onların qiymətini təcrübi olaraq ölçmək mümkün olmur. Ona görə də, φ_2 -nin qiyməti haqqında məlumat almaq üçün onun qiymətinə yaxın qiymət alan və ölçülməsi mümkün olan xarakteristikadan istifadə edilir. Diffuz təbəqənin potensialına (φ_2) yaxın qiyməti **elektrokinetik potensial** və yaxud ζ - potensialı alır. Elektrokinetik potensial xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə fazaların bir-birinə nəzərən sürüşməsi baş verən müstəvinin potensialını ölçməklə tiyin edilir (Şəkil 1.8-də BB müstəvisi üzrə sürüşməyə əsasən). BB sürüşmə müstəvisinin yeri

adsorbsiya və diffuz təbəqələri sərhədinə (şəkil 1.8-də AA xətti) düşmür, çox durulaşdırılmış elektrolitlərdə $\varphi_2 \approx \zeta$ olduğu qəbul edilir. Elektrokinetik potensialın (ζ) qiyməti diffuz qatın qalınlığından asılıdır və o, azaldıqca ζ potensialı da azalır və əksinə diffuz qatın qalınlığı artdıqca ζ potensialı da artır. Çox valentli ionlar da ζ potensialını azaldır.

Elektrokinetik hadisə. Dispers qruntlarda İET-nin varlığı və diffuz təbəqə ionlarının yerdəyişmə mümkünlüyü elektrokinetik hadisə ilə əlaqədardır. Bunlardan **elektroosmos**-sabit xarici elektrik sahəsinin təsirindən mayenin daşınması, **elektroforez**-elektrik sahəsinin təsiri ilə qrunut hissəciklərinin yerdəyişməsi və yaxud durulaşdırılmış məhlulların hərəkəti istiqamətində axım potensialının yaranması (elektroosmosa əks hadisə), maye sütununda müxtəlif səviyyələr fərqiində dispers qrunut hissəciklərinin çökməsi (elektroforeza əks hadisə) zamanı çökmə potensialının yaranması (Dorn effekti) hadisələri misal ola bilər. Bütün bu hadisələr dispers qruntlarda, xüsusi ilə gilli qruntlarda çox böyük təzahürlər yaradırlar.

Gilli qruntlarda elektrokinetik hadisə 1809-cu ildə Moskva universitetinin professoru Reys tərəfindən aparılmış təcrübə ilə müəyyən edilmişdir. O, bir parça gil mineralına iki elektrod batıraraq, orada sabit elektrik sahəsi yaratmışdır. Bu zaman anod batırılan hissədə gilin quruması, çatlaması, katod batırılan hissədə isə gilin nəmlənməsi baş vermişdir. Bu gilin tərkibində olan suyun sabit elektrik sahəsində anoddan katoda doğru hərəkətinin nəticəsidir.

Bu təcrübə aşağıdakı kimi aparılırsa, sabit elektrik sahəsində gildə baş verən dəyişikliyi daha aydın müşahidə etmək olar. Bu məqsədlə hər iki tərəfi açıq olan şüşə borunu gil parçasına batıraraq, onların içərilərinə yaxşı yuyulmuş qum tökək. Şüşə boruları şəffaf su ilə doldurub, onların içərisinə elektrod daxil edərək, sabit elektrik sahəsinə qoşaraq. Bu zaman aşağıdakı prosesin getdiyini müşahidə etmək olar. İçərisində anod olan şüşə boruda su aşağıdan bulanır və səviyyəsi aşağı düşür, katod olan şüşə boruda su şəffaf qalır və səviyyəsi artır. Bu anod olan şüşə boruya gil hissəciklərinin aşağıdan yuxarıya doğru, qum təbəqəsini keçməklə hərəkəti, suyun isə qum təbəqəsini keçməklə katoda doğru hərəkəti ilə əlaqədardır.

Kolloid hissəciklərdə ikiqat-elektrik təbəqəsi. Kolloid hissəciklərdə xüsusi səth sahəsi və müvafiq olaraq sərbəst səth enerjisi böyük olduğundan, həlledici (və yaxud da elektrolit məhlulları) ilə qarşılıqlı əlaqədə olduqda sərbəst səth ilə həlledici molekulları (və yaxud elektrolit ionları) arasında qarşılıqlı təsir yaranır.

İET haqqında mövcud təsəvvürə uyğun olaraq kolloid hissəcik səthində də ikiqat-elektrik təbəqəsi yaranır. Kolloid gil hissəciyi nüvəni əmələ gətirərək, onun səthi ionlarla örtülür. İonların yükünün işarəsi gil mineralının tərkibindən, ionların kimyəvi yerdəyişməsindən və s. asılı olaraq mənfi və ya müsbət (əksər hallarda mənfi) ola bilər. İonlar ikiqat-elektrik təbəqəsinin daxili köynəyini əmələ gətirir və potensial əmələgətirici ionlardır. Nüvənin səthi ilə möhkəm qarşılıqlı əlaqəyə malik olan və yükünün işarəsi nüvə səthinin yükünün işarəsinə əks olan ion təbəqəsi, ikiqat-elektrik təbəqəsinin hərəkətsiz qatını əmələ gətirir. Beləliklə, əgər nüvə səthi mənfi yüklə yüklənmişdirsə, onun səthində müsbət yüklü ionlardan ibarət təbəqə (möhkəm qarşılıqlı təsir qüvvəsinə malik) əmələ gəlir. Nüvə səthinin yükü əks yüklü təbəqənin yükü ilə neytrallaşmadığından, onun səthində ionların diffuz təbəqəsi əmələ gəlir. Həmin nüvədən və ona əks yüklə yüklənmiş hərəkətsiz təbəqədən ibarət kolloid hissəcik **qranula** adlandırılır. Diffuz təbəqə ilə birlikdə qranuladan ibarət kolloid hissəcik isə **mitsella** adlanır. Mitsellanın daha aydın təsviri Qorbunov tərəfindən verilmişdir.

Qranula ətrafında ionların diffuz təbəqəsi nüvə səthinin yükünün işarəsinə əks yüklə və ya adsorbsiya təbəqəsinin yükünün işarəsi ilə eyni yüklənir. Mitsellanın diffuz və nüvənin hərəkətsiz adsorbsiya təbəqəsi ikiqat-elektrik təbəqəsinin köynəyini əmələ gətirirlər. Diffuz təbəqənin qalınlığı ζ potensialının qiymətini müəyyən edir.

İET köynəyinin ionlarını əks ionlar da adlandırırlar. Əks ionlar, istənilən ion-kation və anion ola bilər. İonların təbiəti və valentliyi diffuz təbəqənin qalınlığına çox təsir edir. Çoxvalentli ionların cəzətmə qüvvəsi böyük olduğundan, diffuz təbəqə ionu ilə qranula səthi arasında cəzətmə qüvvəsi də böyük olur və bu zaman diffuz təbəqənin qalınlığı azalır. Ona görə də, diffuz təbəqənin qalınlığının böyük qiyməti birvalentli ionlarda olur.

Ümumilikdə mitsella elektroneytral olub, onun ağırlığını qranulanın (hissəciyin) nüvəsi əmələ gətirir. Qranulanın nüvəsi amorf və kristallik ola bilər.

1.7.5. QRUNTLARDA ŞORLAŞMA, HƏLLOLMA VƏ HƏLL OLMUŞ MADDƏLƏRİN DAŞINMASI

Şorlaşma. Suda həllolan duzların müxtəlif şəraitdə qruntlarda toplanması onun şorlaşmasına səbəb olur. Genezisinə görə qruntlar ilkin şorlaşmış və təkrar şorlaşmış ola bilərlər. İlkin şorlaşmış qruntlar əsasən dəniz mənşəli olub, həmin su hövzəsinin duz tərkibinə uyğun duzlarla şorlaşmış olurlar. Təkrar şorlaşma kontinental mənşəli olub, aşınma məhsulları ilə qrunta daxil olma, minerallaşmış yeraltı suların yer səthinə qalxması hesabına, yerüstü suların, suvarmanın və s. təsiri ilə şorlaşma şəklində baş verir.

Kontinental mənşəli şorlaşmış qruntlar arid zonalarda (buxarlanma atmosfer çöküntülərindən çox olduğu ərazilərdə) yüksək temperaturun və az nəmliyin iştirak etdiyi mühitdə geniş yayılmışdır. Arid zona iqliminin quruluğu zəif parçalanmış relyef formalarında və yavaşımış su mübadiləsi şəraitində duzların sulu məhlullar şəklində miqrasiyasının qarşısını alır və onların qruntda toplanması müşahidə olunur.

Qruntlarda duzlar bərk (sülb) halda (karbonatlar, yarozit, dəmir oksid, amfoter silisium), həmçinin məsamə məhlullarında təsadüf edirlər. Gips, yarozit, kalsium və maqnezium karbonatlar şorlaşmış qruntlarda incə dispers, diffuz səpələnmiş, həmçinin təbəqə və linza, druz və kristallar, tozşəkilli duz yuvaları şəklində iştirak edirlər. Şorlaşmış qruntların məsamə sularında natriumun, maqneziumun həll olan xlorid və sulfatları, soda toplanır.

Şorlaşmış qruntlarda iştirak edən duzlar həllolma qabiliyyətinə görə asan, orta və çətin həllolanlara ayrılırlar. Asan həllolanlara natriumun, kaliumun, maqneziumun, kalsiumun xlorlu, sulfatlı və karbonatlı bəzi duzları (NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , Na_2CO_3), orta həllolanlara $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4 və s., çətin həllolanlara CaCO_3 , MgCO_3 , $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ və s. aiddirlər.

Asan həllolan duzlar suda asan və müəyyən həcmdə, orta həll olanlar isə tədricən həll olurlar və tam həllolmaları üçün çoxlu

miqdarda su tələb olunur. Çətin həllolanlar isə sulu məhlula cüzi miqdarda keçir.

Şorlaşmış qruntların məsamə sularının kimyəvi tərkibində xloridli-sulfatlı duzların yüksək konsentrasiyasının iştirakı, həmin suların dəmir-beton konstruksiyalara qarşı aqressivliyini artırır. Bununla əlaqədar olaraq, şorlaşmış qruntlarda tikinti aparılarkən onların səciyyəvi xüsusiyyətləri-əlavə nəmlənmə zamanı yüklətmə qabiliyyətinin itirilməsi, qrunut tərkibində iştirak edən duzların həllolması, dəmir-betona qarşı aqressivlik nəzərə alınmalıdır.

Həllolma. Bu, qrunutun su (həllədicisi) ilə qarşılıqlı təsirdə sülb halında olan hissəsinin məhlulun tərkibinə keçməsi deməkdir. Qrunutun həll olması hidrolizlə, yəni həll olan maddənin (qrunutun) həllədicidə (suda) elektrolitik parçalanması ilə əlaqədardır.

Suyun yüksək həllədicisi xüsusiyyətə malik olması ilə əlaqədar qrunutun həllolan duzları həll olaraq, ion və hidrat kompleksləri şəklində məhlula keçirlər.

Qrunut daxilində iştirak edən duzların həllolması onların həllolma səviyyəsi ilə bərabər, həllədicinin xassələrindən, onun minerallaşma dərəcəsindən, həllədicisi və ya məhlulun pH göstəricisindən, mühitin temperaturundan və s. asılıdır. Misal olaraq, orta dərəcədə həllolma qabiliyyətinə malik olan gipsin həllolma qabiliyyəti NaCl və MgCl₂-in distillə olunmuş suda konsentrasiyasından asılı olaraq artır. Distillə olunmuş suda gipsin həllolma qabiliyyəti 2 q/l, suyun tərkibində konsentrasiyalari NaCl duzunun 100 q/l, MgCl₂-n isə 200 q/l olduqda gipsin həllolma qabiliyyəti müvafiq olaraq 6,5 q/l və 10 q/l olur. Gips qələvidə və xlorid turşusunda yaxşı həll olur. Məhlulda qələvinin konsentrasiyası 0,1n-dan 1 n-dək dəyişdikdə, gipsin həllolma qabiliyyəti 2 q/l-dən 66 q/l-dək dəyişir. Beləliklə, gipsin həllolma qabiliyyətinin həllədicinin minerallaşma dərəcəsindən, tərkibindən və s. asılı olaraq bu şəkildə dəyişməsi, qrunut daxilindən gipsin həll olunaraq daşınmasında nəzərə alınmalıdır.

Yeraltı suların tərkibində HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻ ionlarının iştirakı kalsium və maqneziumla yaxşı həllolan birləşmələr əmələ gətirirlər ki, bu da kalsit, maqnezit və dolomitin həllolma qabiliyyətinin artmasına gətirib çıxarır. Karbonatların həllolması suda iştirak edən CO₂-nin miqdarından asılıdır. Suda CO₂ iştirak etmədikdə CaCO₃-n həllolma qabiliyyəti 14 mq/l olduğu halda,

onun miqdarı suyun tərkibində 10 % olduqda və 16⁰S temperaturda 470 mq/l təşkil edir. Mühitin temperaturunun artması isə CaCO₃-n həllolma qabiliyyətinin əksər hallarda azalmasına səbəb olur.

Qruntun həllolan təşkiledicilərinin kənara daşınması.

Qruntların həlledicidə (suda) həllolması zamanı yaranan məhlul müxtəlif şəkildə həllolma zonasından kənara daşınır. Qrunt tərkibindən həllolan maddələrin, o cümlədən məsaməli mühit məhlulundan duzların miqrasiyası (yerdəyişməsi) molekulyar və konvektiv (süzülmə şəklində) diffuziya şəklində baş verir. Qrunt daxilindən həllolan maddələr, o cümlədən duzlar sulu məhlula keçir və məhlulun doyma həddinədək həllolma prosesi davam edir. «Qrunt-su» sistemində fiziki-kimyəvi-dinamiki tarazlıq yaranır. Həllolma prosesinin davam etməsi üçün isə yaranmış tarazlıq pozulmalıdır. Bu o zaman baş verir ki, həllolma zonasına şirin su daxil olsun. Zəif sukeçiriciliyə malik olan gilli qruntlarda su-duz məhlulunun daşınması konsentrasiya qradientindən asılı olub, molekulyar diffuziya hesabına, yaxşı sukeçirici qruntlarda (qumlar, bəzi gilcələr, çatlı qruntlar və s.) isə konsentrasiya qradienti ilə bərabər, hərəkət edən su axımının təsiri ilə porşenvari sıxışdırılma hesabına baş verir.

Qrunt daxilindən asan həllolan maddələrin su ilə həll olaraq daşınması prosesi təbiətdə geniş şəkildə təsadüf edir və bu prosesin fəallığı iqlim zonallığı ilə sıx əlaqəyə malikdir. Belə ki humid zonada, məhv olmuş canlı orqanizmlərin parçalanması nəticəsində ayrılan oksigen, karbon qazı (karbonat turşusu) və üzvi turşularla tərkibi zənginləşmiş atmosfer sularının və yaxud yeraltı suların təsiri altında qruntlar daha çox həll olaraq sular vasitəsi ilə daşınır. Bu şəraitdə qruntlardan həllolan maddələrin daşınması oksidləşdirici və qələvi mühitdə mərhələlərlə baş verir. Başlanğıc mərhələdə qrunt daxilindən asan həll olanlar, sonra orta və çətin həll olan duzlar daşınır. Eyni zamanda silikatların və alüminium silikatların hidrolizi baş verərək, onların əsasları (natrium, kalium, maqnezium, kalsium) daşınır. Qələvi mühitdə silisium oksidi də həll olunduğundan, qrunt daxilindən daşınır ki, prosesin son mərhələsində Al₂O₃, Fe₂O₃ hidratlarının silisium oksidi ilə birləşərək qruntda toplanması baş verir. Torpaqlarda bu proses uducu kompleksin parçalanmasına, silisium oksidinin yuyulması

alüminium və dəmirin hidratlarının toplanmasına, **laterit** və **podzol** torpaq tiplərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Qrunt daxilində müxtəlif maddələrin həll olaraq sular vasitəsi ilə daşınmasının parlaq təzahürü karstda müşahidə edilir. Karstlaşma prosesinə daha çox məruz qalan süxurlar əhəngdaşı, dolomit, təbaşir, gips, anhidrit, xörək duzudur. Bu qruntların suların hərəkəti üçün əlverişli şərait olan hissələrində (boşluqlarda, çatlarda, kavernalarda) karstlaşma prosesinin intensivliyi yüksək olur. Sukeçirmə prosesinin inkişafı ərazinin iqlimi və geomorfoloji şəraiti ilə əlaqədardır.

Qrunt daxilindən həllolan maddələrin daşınması sukeçiriciliyin zəif olması şəraitində molekulyar diffuziya şəklində baş verdiyindən şorlaşmış gilli qruntlardan duzların həll olaraq daşınması da əsasən molekulyar diffuziya hesabına baş verir. Bu zaman həll olaraq məsaməli mühit məhlullarına keçən ionlar konsentrasiyanın çox olduğu hissədən az olan hissəyə doğru hərəkət edir. Məsaməli mühit məhlullarında duzların diffuziya ilə yerdəyişməsi, eyni zamanda həlledicinin (suyun) osmotik təzyiq hesabına məhlula doğru hərəkəti ilə müşayiət olunur. Həlledicinin hərəkəti duzların hərəkəti istiqamətinin əksinə doğru, yəni qarşı-qarşıya yönəlir. Bu zaman məhlula daxil olan həlledici onun konsentrasiyasını azaltdığından, diffuziya prosesinin təsiri ilə duz daşınması zəifləyir.

Gilli qruntlarda həllolan maddələrin diffuziya şəklində daşınmasının fəallığı aşağıdakılarla müəyyən olunur:

- Diffuzion keçiricilik. Bu isə gilli qruntların mineraloji tərkibi və fiziki vəziyyətindən asılı olub, dehidratasiya (susuzlaşma) və sıxlaşma zamanı zəifləyir;

- Məhlulun konsentrasiya qradiyenti;

- Gilli qruntlarla təmasda olan sulu layların hidrokimyəvi və hidrodinamiki rejimi;

- Temperatur rejimi və digər amillər.

Müəyyən olunmuşdur ki, gilli qruntların tərkibindən maddələrin həll olunaraq daşınması tərkibində mineral maddələr yox dərəcəsində olan suların (şirin suların) təsiri ilə daha fəal baş verir. Bu zaman duzların həllolması və daşınması ilə bərabər, məsamə sularının kationları ilə qrunzun uducu kompleksinin kationları arasında mübadilə reaksiyası gedir. Gilli qrunzun tərkibindən duzların miqdarının azalması zamanı (asan həllolan

duzlar və gips qrunut daxilindən kənarlaşanda) qrunutun şorakətləşməsi, yəni məsaməli mühit məhlulunda Na_2CO_3 -n faizlə miqdarının artması müşahidə olunur. Şorakətləşmə qrunutun uducu kompleksində kationların miqdarında Na^+ ionunun faizlə miqdarı 5 %-dən çox olduqda yaranır. Bundan başqa, qrunutun uducu kompleksində udulmuş kationların miqdarında Mg^{2+} ionunun miqdarı 20 %-dən çox olduqda, maqneziumlu şorakətlik fərqləndirilir.

Fəal su-duz mübadiləsi gedən ərazilərdə mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması zamanı qrunut daxilindən maddələrin həll olaraq daşınması prosesinin öyrənilməsinə daha çox diqqət yetirilməlidir. Belə sahələrdə (misal olaraq müasir və qədim çay dərələrində) qrunutlardan həllolan maddələrin yerüstü və yeraltı sular vasitəsi ilə daşınması ilə əlaqədar olaraq həmin prosesin təsir zonasına düşən qrunutlarda psevdokarstlaşma və s. baş verir. Nəticədə qrunut massivində hər hansı mühəndisi fəaliyyətin (xüsusi ilə hidrotexniki qurğuların və tikintilərin tikilməsi) həyata keçirilməsi çətinləşir.

1.8. QRUNTLARIN FİZİKİ-MEXANİKİ XASSƏLƏRİ VƏ XASSƏ GÖSTƏRİCİLƏRİ, ONLARIN TƏYİNİ METODLARI

Geoloji mühitdə müxtəlif mühəndisi fəaliyyətin həyata keçirilməsi zamanı həlli vacib olan əsas məsələlərdən biri də qrunut şəraitinin düzgün qiymətləndirilməsidir. Bunun üçün həmin mühəndisi fəaliyyətin xarakterinə uyğun olaraq qrunutun xassə göstəricilərindən istifadə olunur. Onlardan isə daha çox istifadə edilənlər su-fiziki və mexaniki xassə göstəriciləridir. Onlara misal olaraq qrunutların sıxlıq, məsaməlilik, nəmlik, plastiklik, sıxılmaya və kəsilməyə qarşı müqavimət göstəricilərini və s. göstərmək olar.

1.8.1. QRUNTLARIN SU-FİZİKİ XASSƏLƏRİ, XASSƏ GÖSTƏRİCİLƏRİ VƏ ONLARIN TƏYİNİ METODLARI

Qrunutların sıxlığı. Qrunutların sıxlığı əsasən dörd sıxlıq göstəricisi ilə təyin olunur:

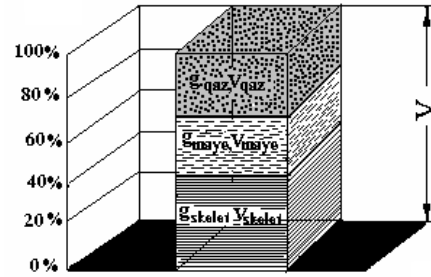
- 1) *Təbii yatımda və strukturda qrunutun sıxlığı* (γ_w).
2. *Qrunut skeletinin sıxlığı* (δ).

3. Mütləq sıxlıq və ya qrunun bərk hissəciklərinin (mineral hissəsinin) sıxlığı (Δ).

4. Qurudulmuş qrunun skeletinin sıxlığı (δ_q).

Qrunun fiziki xassə göstəricilərinin aydın şəkildə başa düşülməsi üçün təbii yatımda strukturu pozulmamış şəkildə götürülmüş prizmatik qrun nümunəsinin V həcmində iştirak edən bərk (qrunun skeleti), maye və qaz fazalarını xəyalən bir-birindən təcrid olunmuş şəkildə təsəvvür edək. Onların tutduqları müvafiq həcmələri şəkil 1.9-da göstərildi ki ayrılıqda təsvir edək və onların müvafiq kütləyə malik olduğunu qəbul edək (şəkil 1.9).

Həqiqətdə maye və qaz fazası qrunun bərk hissəciklərinin arasındakı boşluqları doldurur və hər biri müvafiq həcmə və kütləyə malikdir. Beləliklə, qrunun sıxlıq göstəriciləri aşağıdakı kimi müəyyən olunur:



Şəkil 1.9. Qrunun fazalarının sxematik təsviri.

Təbii yatımda və strukturda qrunun sıxlığı dedikdə, qrunun təbii şəraitdə, təbii nəmlikdə vahid həcmnin kütləsi nəzərdə tutulur və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\gamma_w = \frac{g}{V} = \frac{g_{sk} + g_m + g_{qaz}}{V_{sk} + V_m + V_{qaz}}, \quad (1.43)$$

burada γ_w -təbii yatımda və strukturda qrunun sıxlığı, q/sm^3 ; g - götürülmüş nümunənin kütləsi, q ; g_{sk} , g_m , g_{qaz} - uyğun olaraq skeletin, mayenin və qazın kütləsi, q ; V , V_{sk} , V_m , V_q -uyğun olaraq qrunun, onun skeletinin, mayenin və qazın həcmələri (sm^3).

Qrunların təbii yatımda və strukturda sıxlığı onların mineral tərkibindən, nəmliyindən və təbii şəraitdə sıxlaşma səviyyəsindən (süxur əmələgəlmə, düzülüş sıxlığı və s.) asılıdır. Çökmə qrunların əksəriyyətində (qumlu, gilli, tozlu, karbonatlı və s.) daha çox məsaməlilikdən və nəmlikdən, qismən mineraloji tərkibdən asılıdır.

Dispers qrunlarda (gilli, lős, qumlu və iri qırıntılardan ibarət) $1,30-2,20 q/sm^3$ həddində dəyişir. Hissəcikləri arasında möhkəm əlaqə olanlar az məsaməlilikdə böyük sıxlığa malik olurlar və onların sıxlığı bərk hissəciklərin sıxlığına (mütləq

sıxlığa) yaxınlaşır. Qayavari qruntların təbii yatımda və strukturda sıxlığı maqmatik mənşəlilərdə 2,50-3,40 q/sm³ (turşlardan əsas və ultraəsaslara doğru artır), argillit və alevrolitlərdə 2,20-2,55 q/sm³, əhəngdaşında 2,40-2,65 q/sm³, mergeldə 2,10-2,60 q/sm³, qumdaşında 2,10-2,40 q/sm³ həddində dəyişir.

Qrunnun skeletinin (quru qrunnun sıxlığı) sıxlığı dedikdə, təbii yatım şəraitində qrunnun vahid həcmində olan onun bərk komponentlərinin kütləsi nəzərdə tutulur və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\delta = \frac{g_{sk}}{V} = \frac{\gamma_w}{1 + 0.01W}, \quad (1.44)$$

burada γ_w -təbii yatımda və strukturda qrunnun sıxlığı, q/sm³; W_0 -qrunnun kütlə nəmliyi, %, V -qrunnun həcmi, sm³.

Qurudulmuş qrunnun skeletinin sıxlığı dedikdə, +100-105⁰S temperaturda qurudularaq tərkibindəki su xaric edilmiş quru halda qrunnun vahid həcmnin kütləsi nəzərdə tutulur.

Qumlu qruntlarda onun skeletinin sıxlığı ilə qurudulmuş halda skeletinin sıxlığı bir-birinə bərabər olur, gilli qruntlarda isə qrunn qurudularkən onu təşkil edən hissəciklərin səthində su təbəqəsi buxarlandığından qrunnun həcmində sıxlaşma baş verir və ona görə də, bu sıxlıq göstəriciləri fərqli alınır.

Mütləq sıxlıq (Δ) dedikdə, qrunn skeletinin (bərk fazanın) kütləsinin skeletin (bərk fazanın) həcminə olan nisbəti nəzərdə tutulur və aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\Delta = \frac{g_{sk}}{V_{sk}} \quad (1.45)$$

Qrunnun mütləq sıxlığı onun tərkibində iştirak edən mineral, üzvi-mineral və üzvi tərkibdən asılıdır, həmin təşkiledicilərin ortalaşdırılmış sıxlığı kimi təyin edilir. Əksər qruntlar üçün 2,50-2,80 q/sm³ həddində dəyişir, qrunn tərkibində ağır mineralların miqdarı artdıqca artır. Əsas və ultraəsas maqmatik qruntlarda mütləq sıxlıq (3,00-3,40 q/sm³) turşlara (misal olaraq qranitlərdə 2,63-2,75 q/sm³, çox vaxt 2,65-2,67 q/sm³) nisbətən yüksək olur.

Dispers qruntlarda mineral tərkibində üstünlük təşkil edən mineraldan asılıdır. Gillərdə 2,70-2,75 q/sm³, gilcələrdə 2,70 q/sm³, qumlarda orta mütləq sıxlıq 2,65 q/sm³ olur.

Praktikada tez-tez qrunnun xüsusi çəkisinin hesablanması lazım olur. *Qrunnun xüsusi çəkisi* (γ) *dedikdə, təbii yatımda sıxlığının* (γ_w) *sərbəstdüşmə təcilinə* (g) *hasili nəzərdə tutulur.*

$$\gamma = \gamma_w \cdot g \quad (1.46)$$

burada $g=9,81 \text{ m/san}^2$, hesablamalarda çox vaxt $g \approx 10 \text{ m/san}^2$ qəbul edilir. Qrunnun təbii yatımda sıxlığı t/m^3 ilə ifadə olunduqda, qrunnun xüsusi çəkisi kN/m^3 ilə ifadə olunur.

Analoji olaraq *qrunnun mütləq xüsusi çəkisi* (γ_Δ) *və skeletin xüsusi çəkisi* (γ_δ) də təyin oluna bilər.

$$\gamma_\Delta = \Delta \cdot g; \quad \gamma_\delta = \delta \cdot g. \quad (1.47)$$

Su ilə doyma zonasında qruntların xüsusi çəkisi yüngülləşdiyindən (Arximed qüvvəsinin təsiri ilə), o, ilkin xüsusi çəkiyə bərabər olmur və aşağıdakı kimi təyin edilir.

$$\gamma_y = \frac{\Delta - \rho_{su}}{1 + \varepsilon} \cdot g, \quad (1.48)$$

burada γ_y -qrunnun yüngülləşmiş xüsusi çəkisi; ρ_{su} -suyun sıxlığı; ε -qrunnun məsaməlilik əmsalı; digər şərti işarə əvvəlki düsturlarda olduğu kimidir.

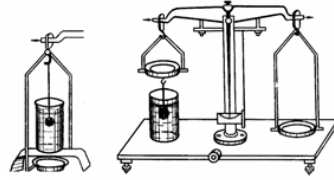
Su altında olan qumlu tərkibə malik qruntlarda qrunnun yüngülləşmiş xüsusi çəkisinin hesablanması zamanı təbii yatımda sıxlığı $\gamma_w < 1 \text{ q/sm}^3$ alınarsa, $\gamma_w = 1 \text{ q/sm}^3$, xüsusi çəkisi $\gamma_y = 10 \frac{kN}{m^3}$ qəbul edilir.

Qrunnun təbii yatımda sıxlığının təyini. Qrunnun təbii yatımda sıxlığı birbaşa və dolayı metodlarla çöl və laboratoriya şəraitində təyin edilir.

Bu metodlardan bəziləri kütlənin və həcmnin ölçülməsinə əsaslanır. Bu metodlarla çöl və laboratoriya şəraitində qrunnun təbii yatımda və strukturda sıxlığı təyin edilə bilər. Bu metodlara kəsici halqa və parafinləmə metodlarını misal göstərmək olar. Strukturu və nəmliyi pozulmadan qrunn daxili həcmi əvvəlcədən məlum olan kəsici halqaya (silindrə) daxil edilərək kütləsi çəkilir, həcmi isə həmin halqanın (silindrin) həcminə bərabər götürülür və onun təbii yatımda sıxlığı hesablanır. Digər fiziki xassə göstəriciləri kimi, qrunnun sıxlıq göstəriciləri də dövlət standartı əsasında (DÜİST 5180-84) təyin edilir.

Parafinləmə metodu. Qrunnun təbii halda sıxlığı laboratoriya şəraitində parafinlənmiş nümunənin distillə suyuna salınması ilə

çıxardığı mayenin həcminə görə (Arximed qanunundan çıxan nəticə əsasında) onun həcmnin təyini və kütləsinin çəkilməsi ilə də təyin edilə bilər. Bunun üçün təbii yatımda sıxlığı təyin olunan qruntdan hər birinin həcmi 50 sm³-dən az olmamaqla, 3 nümunə götürülərək həmin nümunələrin səthi iti bıçaq vasitəsi ilə hamarlanır. Boşluq və ya strukturu pozulmuş hissələr ləğv edilir və nümunələr yuvarlaq formaya salınırlar. Həmin nümunələrin hər biri texniki tərəzidə çəkilərək kütləsi (g₀) təyin olunur. Kütləsi təyin olunmuş qrunta çarpaz şəkildə nazik sap bağlanılaraq, uc hissəsi ilgək halına salınır. Həmin nümunə temperaturu 57-60°S olan əridilmiş parafinə salınır və 2-3 san saxlanılaraq parafinlənir. Parafinləmə elə aparılmalıdır ki, qrunla parafin arasında boşluq yaranmasın. Əgər boşluq yaranarsa, iynə və ya iti uclu alətlə ləğv edilərək parafinləmə yenidən həyata keçirilir. Sonra onun parafinlə birlikdə kütləsi (g₁) təyin olunur və laborator kitabında qeyd olunur. Bundan sonra, texniki tərəzinin yük qoyulan hissəsinə metal plastinkadan hazırlanmış körpücük, onun üzərinə isə içərisində distillə suyu olan şüşə qab qoyulur (şəkil 1.10).



Şəkil 1.10. Texniki tərəzidən istifadə etməklə parafinləmə metodu ilə qrunun təbii yatımda sıxlığının təyini.

Qrunla bağlanmış sapın ilgəyi tərəzinin müvafiq lingindən asılır və parafinlənmiş qrun suya batırılmış halda kütləsi (g₂) çəkilərək təyin olunur. Həmin qrun yenidən süzgəc kağızı ilə qurudulub suya batırılmamış halda (açıq havada) kütləsi təyin edilir. Əgər parafinlənmiş qrunun havada təyin edilmiş kütləsi suya salındıqdan sonra dəyişməmişdirsə, onda təcrübəni davam etdirmək olar, əks halda həmin nümunə ləğv edilərək sınaq yeni nümunə ilə aparılmalıdır. Parafinlənmiş nümunə suya salındıqdan sonra birinci şərt ödənilirsə, yəni suya salındıqdan sonra qrunla su daxil olmamışdırsa (parafinləmə yaxşı aparılmışdırsa və parafinlə birlikdə havadakı kütləsi dəyişməmişdirsə) onda alınmış nəticələr əsasında qrunun təbii yatımda sıxlığı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\gamma = \frac{g}{V} = \frac{\rho_{su} \cdot \rho_{pr} \cdot g_0}{\rho_{pr} \cdot (g_1 - g_2) - (g_1 - g_0) \rho_{su}}, \quad (1.49)$$

burada qrunun həcmi (V) aşağıdakı düsturdan tapılır:

$$V = \frac{g_1 - g_2}{\rho_{su}} - \frac{g_1 - g_0}{\rho_{pr}} = \frac{(g_1 - g_2)\rho_{pr} - (g_1 - g_0)\rho_{su}}{\rho_{su} \cdot \rho_{pr}}, \quad (1.50)$$

burada ρ_{su} – suyun sıxlığı, q/sm³; ρ_{pr} – parafinin sıxlığı, q/sm³.

Paralel olaraq aparılmış təcrübələrdə hər üç nümunədə sıxlığın təyin edilmiş qiymətləri əsasında qrunun təbii yatımda sıxlığının orta qiyməti hesablanır. Hər üç nümunədə alınmış qiymətlər arasındakı fərq 0,01 q/sm³-dan böyük olmamalıdır.

Beləliklə, $\gamma_{or} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3}{3}$ olur.

Mütləq sıxlığın təyini. Bu laboratoriya şəraitində Arximed qanununa əsaslanaraq qrunun skeletinə həcmi təyini ilə aparılır. Bunun üçün qrunun tərkibində iştirak edən nəmlik, hava qabarcığı və ya qaz, həllolan duzların miqdarı nəzərə alınır.

Təcrübə aşağıdakı kimi aparılır. Açıq havada qurudulmuş 100-200 q ağırlığında nümunə farfor həvəngdəstədə əzilərək, torlarının deşiyinin diametri 2 mm olan ələkdən keçirilir. Ələkdə qalan nümunə təkrar əzilərək həmin ələkdən keçirilir və kvartovaniye metodu ilə sınaq üçün nümunə götürülür. Qrunun mütləq sıxlığını düzgün təyin etmək üçün nümunə istifadə edilən piknometrin həcminə uyğun götürülməlidir. Yəni hər 100 ml piknometr həcmi üçün 15 q-dan az olmamalıdır. Təcrübə paralel olaraq 2 piknometrlə aparılır. Götürülmüş piknometrlə qrunun birlikdə kütləsi (g_2) çəkilərək təyin edilir. Həmin kütlədən piknometrin kütləsi (g_1) çıxılaraq götürülmüş nümunənin kütləsi (g_0) tapılır.

Paralel olaraq qrunun hiqroskopik nəmliyi və tərkibində həllolan duzların iştirakı təyin edilir. Qrunun tərkibində iştirak edən hiqroskopik nəmliyin miqdarı götürülmüş nümunənin kütləsində aşağıdakı şəkildə nəzərə alınır.

$$g'_0 = \frac{g_0}{1 + 0,01W_h} \quad (1.51)$$

burada W_h - qrunun hiqroskopik nəmliyi, %; g_0 - qrunun kütləsi, q; g'_0 - qrunun (hiqroskopik nəmlik nəzərə alındıqdan sonra) quru halda kütləsidir, q.

Qrunun tərkibində həllolan duzların iştirakı aşağıdakı kimi təyin edilir. 2 q-dək nümunə götürülərək, farfor kasacığa tökülür və üzərinə 4-6 sm³ distillə suyu əlavə edilir. Rezin ucluqlu dəstə ilə

nümunə distillə suyunda əzilir. Bundan sonra həcmi 20 sm^3 olanadək distillə suyu əlavə edilərək 5-10 dəqiqə müddətində qaynadılır. Sonra qıf vasitəsi ilə həcmi $300-500 \text{ sm}^3$ olan şüşə silindirə tökülür və üzərinə 200 sm^3 -ə qədər distillə suyu əlavə edilir. Alınmış suspenziya növbəti günədək saxlanılır. Əgər suspenziya daxilində koagulyasiya etmiş pambığabənzər maddə əmələ gələrsə, bu, qrunut daxilində həllolan duzların iştirakını göstərir. Qrunutun tərkibində həllolan duz iştirak etdikdə, həmin qrunutun mütləq sıxlığı neytral mayedən (kerosin, toluol, benzin, civə və s.) istifadə etməklə təyin olunur. Bunun üçün qrunutun skeletinə həcmi onun çıxardığı mayenin həcminə əsasən təyin olunur. Bundan ötrü hissəcik səthində adsorbsiya olunmuş və boşluqlarda toplanmış qaz qabarcıqlarının kənarlaşdırılması lazımdır. Bu məqsədlə maye içərisinə tökülmüş nümunə vakuumda 12 saatdan az olmayaraq saxlanılmalıdır. Qrunut daxilindəki həmin qaz qabarcıqlarının tam çıxmasına əmin olduqdan sonra, skeletin həcmi təyin olunur.

Tərkibindəki həllolan duz iştirak etmədikdə, qrunut nümunəsinin mütləq sıxlığının təyini aşağıdakı ardıcılıqla davam etdirilir.

Hiqroskopik nəmliyi nəzərə alındıqdan sonra kütləsi g_0 olan nümunə kütləsi g_1 olan piknometrə tökülərək, onun üzərinə piknometrin həcmnin yarısı qədər distillə suyu əlavə edilir. Distillə suyunda nümunə qumlar üçün 30 dəqiqə, gilcə və gillər üçün isə 1 saat müddətində qum hamamında qaynadılır və qaz qabarcıqları qrunut daxilindən kənarlaşdırılır. Nümunənin qaynadılması zamanı suspenziyanın kənara sıçramasına yol vermək olmaz. Bunun üçün qum hamamının temperaturunu azaltmaq lazımdır. Sonra piknometr soyudulmalı, üzərinə qaynadılmış və temperaturu 20°S (temperaturun ölçülməsi zamanı dəqiqlik $\pm 0,5^\circ\text{S}$ olmalıdır) olan distillə suyu (pipetka ilə əlavə etməklə) piknometrin qədərənmiş ölçü xəttinə qədər (piknometrin boğazında əmələ gələn suspenziya meniskinin aşağı sərhədinə görə) əlavə edilir. Piknometrin səthi süzgəc kağızı ilə qurudulduqdan sonra, texniki tərəzidə çəkilərək kütləsi (g_3) təyin olunur. Piknometr boşaldılaraq təmiz yuyulduqdan sonra, 20°S temperaturu, qaynadılmış distillə suyu ilə qədərənmiş həcmə qədər doldurulur və çəkilərək kütləsi (g_4) təyin olunur. Mütləq sıxlığın təyini paralel olaraq iki piknometrlə aparılmalı və alınmış nəticələr arasında fərq $0,02 \text{ q/sm}^3$ –dan çox olmamalıdır. Qrunutun mütləq sıxlığı aşağıdakı düsturla hesablanır və dəqiqlik $\pm 0,01 \text{ q/sm}^3$ –dək olmalıdır.

$$\Delta = \frac{g_0'}{V_{sk}} = \frac{g_0' \cdot \rho_{su}}{g_4 - g_3 + g_0'} . \quad (1.52)$$

Hər iki piknometrlə aparılmış sınaqların nəticələri əsasında mütləq sıxlığın orta qiyməti hesablanır.

Duzlu qrunun mütləq sıxlığının neytral mayedə təyini zamanı hesablama düsturu analogi olaraq aşağıdakı kimi olur:

$$\Delta = \frac{g_0' \cdot \rho_m}{g_3 - g_2 + g_0'} , \quad (1.53)$$

burada g_0' -mütləq quru qrunun kütləsi, q; g_2 -qrun və maye ilə birlikdə piknometrin kütləsi, q; g_3 -maye ilə birlikdə piknometrin kütləsi, q; ρ_m - mayenin sıxlığı, q/sm³.

Qrunun məsaməliliyi. Qrun tərkibində iştirak edən bütün boşluqlar məsaməliliyi müəyyən edir və iki göstərici ilə - **məsaməlilik və məsaməlilik əmsalı** ilə ifadə olunur. *Məsaməlilik dedikdə (n), qrun tərkibində iştirak edən məsamələrin həcmnin (V_{mas}) qrunun həcminə (V_{qr}) olan nisbəti nəzərdə tutulur*, tamın hissələri və ya faizlə ifadə olunur:

$$n = \frac{V_{mas}}{V_{qr}} \cdot 100\% \quad (1.54)$$

Məsaməlilik əmsalı (ε) dedikdə, qrun tərkibində iştirak edən məsamələrin həcmnin qrunun skeletinə (V_{sk}) olan nisbəti nəzərdə tutulur və tamın hissələri ilə ifadə olunur. Qrunun vahid həcmində, məsamələrin həcmi n, skeletin həcmi isə m ilə işarə etsək, onda $m+n=1$ olar və aşağıdakı müvafiq hesablama düsturları alınmış olar:

$$\varepsilon = \frac{n}{m} = \frac{n}{1-n} ; \quad m = \frac{1}{1+\varepsilon} ; \quad n = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} . \quad (1.55)$$

Laboratoriya şəraitində qrunun sıxlıq göstəricilərinə görə məsaməlilik və məsaməlilik əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\varepsilon = \frac{n}{m} = \frac{1-m}{m} = \frac{1-\frac{\delta}{\Delta}}{\frac{\delta}{\Delta}} = \frac{\Delta-\delta}{\delta} ;$$

$$n = \frac{\Delta-\delta}{\Delta} ; \quad \varepsilon = \frac{\Delta-\delta}{\delta} . \quad (1.56)$$

Qrunun məsaməliliyi və məsaməlilik əmsalı təbii kütlə nəmliyindən (W_0) və qrunun sıxlıq göstəricilərindən istifadə etməklə aşağıdakı düsturlarla hesablanı bilər:

$$n = \left[1 - \frac{\gamma_w}{\Delta \cdot (1 + 0.01W_0)} \right] \cdot 100\%; \quad (1.57)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \cdot (1 + 0.01W_0)}{\gamma_w} - 1 \quad \text{və ya} \quad \varepsilon = \frac{W_0 \cdot \Delta}{100}, \quad (1.58)$$

burada W_0 -qruntun kütlə nəmliyi; γ_w -qruntun təbii şəraitdə sıxlığı, q/sm³; Δ -qruntun mütləq sıxlığı, q/sm³.

Əlaqəsiz qruntlarda nisbi sıxlıq. Bu, qrunտun maksimal dağınıq vəziyyətində məsaməlilik əmsalı ($\varepsilon_{\max}$) ilə onun təbii şəraitdə malik olduğu məsaməlilik əmsalı (ε) fərqlinin, maksimal dağınıq vəziyyətində məsaməlilik əmsalı ilə tam sıxlaşmış vəziyyətdə ($\varepsilon_{\min}$) malik olduğu məsaməlilik əmsalı arasında olan fərqə nisbətidir. Nisbi sıxlığı məsaməlilik əmsalına (ε) və məsaməliliyə (n) görə aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$J_d = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}; \quad J_d = \frac{(n_{\max} - n)(1 - n_{\min})}{(n_{\max} - n_{\min})(1 - n)}, \quad (1.59)$$

burada $n_{\max}$, $n_{\min}$, n -müvafiq olaraq qrunտun tam dağınıq, tam sıxlaşmış və təbii vəziyyətdə məsaməliliyidir.

J_d -nin qiymətlərinə görə $0 < J_d \leq 0,33$ olduqda tam dağınıq, $0,33 < J_d \leq 0,66$ olduqda orta sıx düzlüşlü, $0,66 < J_d \leq 1$ olduqda isə sıx adlanır.

Müxtəlif qurğuların yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlar üzərində tikintisi zamanı onların sıxlaşdırılması lazım gəlir. Bu zaman maksimal sıxlaşma həddinin təmin edilməsi tələb olunur. Qrunտun sıxlaşdırılması statiki və dinamiki yüklə aparıla bilər. Maksimal sıxlığın alınması üçün müvafiq sıxlaşma təsiri (statiki yük və ya standart dinamiki zərbələrin tələb olunan sayı) və **optimal sıxlaşma nəmliyi** təyin edilir.

Optimal sıxlaşma nəmliyi qrunտun elə bir nəmlənmə həddidir ki, qrunտun nəmliyinin növbəti artımında sıxlaşma zamanı qrunտun sıxlığı özündən əvvəlkinə nəzərən azalır.

Maksimal sıxlaşma həddi standart cihazda (ağırlığı 2,5 kq və 30 sm hündürlükdən düşən yüklə) qumlar və qumcalar üçün 75, gillər və gilçələr üçün 120 zərbə təsirindən yaranır.

Nəmlilik. Təbii şəraitdə qrunտ məsamələrində müəyyən miqdarda sulara təsadüf olunur ki, bu sular da qrunտ hissəciklərinin səthində hiqroskopik, molekulyar və s. şəkildə və boşluqlarda sərbəst şəkildə iştirak edir. Qrunտun 105°S

temperaturda qızdırılması zamanı həmin sular onun tərkibindən xaric olunur. Bu sular qrunun nəmliyini əmələ gətirirlər. Nəmlik qrunun fiziki vəziyyətinin əsas xarakteristikalarından hesab olunur. Qrunların nəmliyi iki göstərici-**kütlə nəmliyi (W_k)** və **həcmi nəmlik (W_h)** ilə xarakterizə olunur.

Qrun daxilində iştirak edən hiqroskopik suların miqdarı ilə müəyyənləşən hiqroskopik nəmlik və molekulyar suların maksimal miqdarını ifadə edən maksimal-molekulyar nəmlik qrunların fiziki vəziyyətini müəyyən edən göstərici kimi kütlə nəmliyi şəklində təyin edilir.

Qrunun nəmliyi təbii yatım şəraitində olan qrunndan götürülmüş nümunələrdə təyin edilərsə, bu təbii nəmlik adlanır.

Qayavari və yarımqayavari qrunlarda təbii nəmlik az olur və yarımqayavari qrunlarda 15-20 %-dək ola bilər, digər qrunlarda təbii şəraitdən asılı olaraq müxtəlif qiymətlər alır.

Kütlə nəmliyi dedikdə, qrun məsamələrində iştirak edən suların kütləsinin (g_{su}) 105°C temperaturda qurudulmuş qrunun (qrunun sülb fazasının) kütləsinə (g_{qr}) olan nisbətinin faizlə və tamın hissələri ilə ifadəsi nəzərdə tutulur.

$$W_k = \frac{g_{su}}{g_{qr}} \cdot 100\% = \frac{\gamma_w - \delta}{\delta} \cdot 100\%, \quad (1.60)$$

$$W_k = \frac{g_{su}}{g_{qr}} = \frac{\gamma_w - \delta}{\delta}. \quad (1.60')$$

Həcmi nəmlik (W_h) dedikdə, qrun daxilində iştirak edən suyun həcmnin (V_{su}) quru qrunun ümumi həcminə (V_h) nisbəti nəzərdə tutulur.

$$W_h = \frac{V_{su}}{V_{qr}}. \quad (1.61)$$

Kütlə nəmliyi ilə həcmi nəmlik arasında aşağıdakı əlaqə mövcuddur:

$$W_h = \frac{V_{su}}{V_{qr}} = \frac{\frac{g_{su}}{\rho_{su}}}{\frac{g_{qr}}{\delta}} = \frac{g_{su} \cdot \delta}{g_{qr} \cdot \rho_{su}} = \frac{W_k \cdot \delta}{\rho_{su}}, \quad (1.62)$$

burada g_{su} -qrun daxilində suyun kütləsi, q; g_{qr} -quru qrunun (skeletin) kütləsi, q; ρ_{su} -suyun sıxlığı, q/sm³; δ -qrunun skeletin sıxlığı, q/sm³.

Suyun sıxlığı vahidə bərabər götürüldüyündən, həcmi nəmlik $W_h = W_k \cdot \delta$ düsturu ilə təyin ediləcəkdir. Qruntun məsamələri su ilə tam dolduğu halda qrunut daxilində iştirak edən suyun həcmi məsamələrin həcminə bərabər olur. Bu zaman qrunutun kütlə nəmliyi onun tam nəmlik tutumuna (W_t) bərabər ($W_h = W_t \cdot \delta$) olacaqdır. Qrunutun vahid həcmində skeletin həcmi m , məsamələrin həcmi n , $n + m = 1$ və $n = 1 - m$ olduğu yuxarıda qeyd edilmişdir.

Qrunut skeletinə həcmi (m) qrunut skeletinə sıxlığının (δ) onun mütləq sıxlığına (Δ) nisbətində bərabər ($m = \frac{\delta}{\Delta}$) olduğundan aşağıdakı riyazi asılılığı almaq olar:

$$W_h = W_t \cdot \delta = n = 1 - m = 1 - \frac{\delta}{\Delta},$$

$$W_t \cdot \delta = 1 - \frac{\delta}{\Delta}. \quad (1.63)$$

(1.63) düsturunu W_t -yə görə həll etsək, o zaman tam nəmlik tutumu üçün aşağıdakı düsturu almış olarıq:

$$W_t = \frac{1}{\delta} - \frac{1}{\Delta}. \quad (1.64)$$

(1.64) düsturunda qrunut skeletinə sıxlığı (δ) ilə onun mütləq sıxlığı (Δ) və məsaməliliyi arasında qarşılıqlı əlaqəni ifadə edən $\delta = \Delta \cdot (1 - n)$ düsturu nəzərə alınarsa, tam nəmlik tutumu üçün aşağıdakı düsturu almaq olar:

$$W_t = \frac{1}{\Delta \cdot (1 - n)} - \frac{1}{\Delta} = \frac{1 - 1 + n}{\Delta \cdot (1 - n)} = \frac{n}{\Delta \cdot (1 - n)} = \frac{n}{\Delta \cdot m} = \frac{\varepsilon}{\Delta} \quad (1.65)$$

Tam nəmlik tutumunu aşağıdakı digər düsturlarla da hesablamaq olar:

$$W_t = \frac{n}{\Delta \cdot (1 - n)}; \quad (1.66)$$

$$W_t = \frac{n}{\Delta \cdot m}; \quad (1.67)$$

$$W_t = \frac{n}{\delta}; \quad (1.68)$$

$$W_t = \frac{n \cdot (1 + 0,01 W_k)}{\gamma_w}; \quad (1.69)$$

$$W_t = \frac{\varepsilon}{\delta \cdot (1 + \varepsilon)}. \quad (1.70)$$

Qrunt məsamələri su ilə tam dolmadıqda, məsamənin bir hissəsi hava ilə (qazla) tutulmuş olur. Məsamələrdə olan qazın həcmi hesablamq üçün qruntun tam nəmlik tutumuna uyğun suyun həcmindən qruntun tərkibində iştirak edən suyun həcmi çıxmaq lazımdır.

$$V_{\text{qaz}} = \frac{W_t \cdot \delta}{\rho_{su}} - \frac{W \cdot \delta}{\rho_{su}} = \left(\frac{W_t}{\rho_{su}} - \frac{W}{\rho_{su}} \right) \cdot \delta = \left(\frac{\varepsilon \cdot \rho_{su}}{\Delta \cdot \rho_{su}} - \frac{W}{\rho_{su}} \right) \cdot \delta = \left(\frac{\varepsilon}{\Delta} - \frac{W}{\rho_{su}} \right) \cdot \delta,$$

$$V_{\text{qaz}} = \left(\frac{\varepsilon}{\Delta} - \frac{W}{\rho_{su}} \right) \cdot \delta. \quad (1.71)$$

Beləliklə, qrunt məsamələrində (üç fazalı sistemdə) iştirak edən qazın həcmi $-V_{\text{qaz}}$ (1.71) düsturu ilə hesablanıla bilər.

Qumlu və gilli qruntlarda təbii şəraitdə nəmlik geniş həddə dəyişə bilər. Misal üçün aerasiya zonasının qumlarında çox vaxt 4-5 %, kapilyar nəmlənmə və doyma zamanı 27-30 %, xırda və incədənəli qumlarda 35-40 %-dək olur. Gilli qruntlarda nəmlik böyük intervalda dəyişir.

Müasir dəniz və göl çöküntülərinə aid gilli qruntlarda 80-90 %-dək və daha çox olur. Az və orta səviyyədə litifikasiya olunmuş gillərdə 12-15 %-dən 50-60 %-dək nəmlik ola bilər. Yüksək və çox yüksək litifikasiyalı gillərdə 3-5 %-dək nəmlik iştirak edə bilər. Qruntun nəmliyi onun mineraloji tərkibindən, disperslik və litifikasiya səviyyəsindən və s. asılı olaraq müxtəlif ola bilər.

Qrunt məsamələrinin su ilə doyma səviyyəsinə görə qruntun **nəmlənmə səviyyəsi** və yaxud **nisbi nəmlik** (su ilə doyma səviyyəsi) anlayışından istifadə edilir. *Qruntun nəmlənmə dərəcəsi* (G) dedikdə, *qrunt məsamələrinin su ilə doyma səviyyəsi və ya onun təbii halda nəmliyinin* (W_0) *tam nəmlik tutumuna* (W_t) *olan nisbəti nəzərdə tutulur*, aşağıdakı düsturlarla hesablanıla bilər:

$$G = \frac{W_0}{W_t} = \frac{W_0 \cdot \Delta \cdot (1-n)}{n \cdot \rho_{su}}; \quad (1.72)$$

$$G = \frac{W_0 \cdot \Delta}{\varepsilon \cdot \rho_{su}}; \quad (1.73)$$

$$G = \frac{W_0 \cdot \Delta \cdot m}{n \cdot \rho_{su}}; \quad (1.74)$$

$$G = \frac{\gamma_w - \delta}{n \cdot \rho_{su}}, \quad (1.75)$$

burada Δ -qruntun mütləq sıxlığı, q/sm³; δ -qrunt skeletinin sıxlığı, q/sm³; γ_w -təbii şəraitdə qruntun sıxlığı, q/sm³; ρ_{su} -suyun sıxlığı birə

bərabər götürüldüyündən, düsturlarda çox vaxt göstərilmir, digər işarələr əvvəlki düsturlarda olduğu kimidir.

Su ilə doyma əmsalının qeyd edilən formada təyini qayavari və yarımqayavari qruntlardan başqa bütün qruntlara tətbiq edilə bilər. Qayavari və yarımqayavari qruntlarda isə nəmlik tutumunun tədqiqi zamanı su udma (W_{su}), su ilə doyma (W_s) və su ilə doyma əmsalından ($K_{s,d}$) istifadə edilir.

Su udma qabiliyyəti dedikdə otaq şəraitində (adi şəraitdə), atmosfer təzyiqində qrunnun suya salınması zamanı su udma qabiliyyəti nəzərdə tutulur və udulan suyun kütləsinin (g_{su}) mütləq quru qrunnun (g_{qr}) kütləsinə olan nisbəti ilə ifadə olunur:

$$W_{s,u} = \frac{g_{su}}{g_{qr}} \quad (1.76)$$

Su udma tamın hissələri ilə ifadə olunur.

Qrunnun su ilə doyma qabiliyyəti (W_s) dedikdə, xüsusi şəraitdə (vakuumda, yüksək təzyiq altında və yaxud qaynadılma zamanı) qrunnun suya batırılması zamanı maksimal su udma qabiliyyəti nəzərdə tutulur. Qrunnun su ilə doyma qabiliyyəti həmişə su udma qabiliyyətindən böyük olur. Çünki qrunnun xüsusi şəraitdə suya batırılması zamanı onun məsamə və mikro çatlarında olan hava və qazlar su ilə islanmaya az təsir göstərir. Su ilə islanma adətən qrunnun açıq məsaməliliyi ilə müəyyən olunur. Qrunnun su udmasının su ilə doymasına olan nisbəti **qrunnun su ilə doyma əmsalı adlanır** və aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$K_{s,d} = \frac{W_{s,u}}{W_s} \quad (1.77)$$

Əgər su ilə doyma əmsalı qayavari və yarımqayavari qruntlarda 0,8-dən böyük olarsa, onda həmin qruntlar şaxtaya qarşı davamsız hesab olunurlar.

Qrunnun su ilə doyma səviyyəsi (və yaxud əmsalı) vahidin hissələri şəklində ifadə edilir. Onun fiziki vəziyyətini müəyyən edən göstəricilərdən hesab olunur və qiyməti 0-dan 1-ə qədər dəyişir. Su ilə doyma əmsalının qiyməti 0-0,5 həddində dəyişdikdə qrunn az nəmlikli, 0,5-0,8 həddində dəyişdikdə nəm, 0,8-1,0 olduqda isə su ilə doymuş hesab olunur.

Nəmliyin təyini. Qruntların nəmliyi çöl tədqiqatları zamanı geofiziki metodlarla, laboratoriya şəraitində isə çəki üsulu ilə müvafiq dövlət standartı (DÜİST 5180-84) əsasında təyin olunur. Qrunnun nəmliyinin həmin üsul ilə təyini onun stabil kütləsinə

qədər qurudulması metodu ilə aparılır və kütlə nəmliyi şəklində təyin olunur. Bunun üçün nəmliyi təyin edilən qruntdan 15-50 q ağırlığında nümunə götürülərək büksə (nömrələnmiş, qapaqlı metal stəkan) tökülür və qapağı örtülür.

Hiqroskopik nəmliyin təyini zamanı isə, havada qurudulmuş və əzilərək deşiklərinin diametri 0,5 mm olan ələkdən keçirilmiş qruntdan kvartovaniye üsulu ilə 10-20 q ağırlığında nümunə götürülür. Hər iki halda bükslə birlikdə qrunut çəkilərək 0,01 q-dək dəqiqliklə kütləsi təyin edilir. Büksün qapağı açılaraq qapaqla birlikdə quruducu şkafa qoyulur. Adətən adi qruntlar $(105 \pm 2)^{\circ}\text{S}$, gipsləşmiş qruntlar isə $(80 \pm 2)^{\circ}\text{S}$ temperaturda stabil kütləsini əldə edənədək qurudulur. Qurutma qumlu qruntlarda 3 saat, gipsləşmiş qruntlarda 8 saat, digərlərində isə 5 saat aparılır. Qurutma başa çatdıqdan sonra bükslərin qapaqları quruducu şkafda örtülərək, dibində hiqroskopik maddə olan (misal olaraq kalsium xlorid) eksikatora qoyulur. 30-40 dəqiqə müddətində saxlanılaraq soyudulduqdan sonra çəkilərək (əvvəlki dəqiqlik gözlənilməklə) kütləsi təyin edilir. Növbəti qurutma aparılır və bu zaman qurutma qumlarda 1 saat, digərlərində isə 2 saat davam etdirilir. Təkrar qurudulduqdan sonra əvvəlki qayda üzrə soyudularaq, kütləsi təyin edilir. İki ardıcıl qurutma zamanı qrunutla büksün birlikdə çəkiliəri arasındakı fərq 0,02 q-dan az olanadək təkrar qurutmalar davam etdirilir. Təkrar qurutma zamanı təyin edilmiş kütlədə artım müşahidə edilərsə, ilkin nəticə əsas götürülür və ikinci qurutmadan sonrakı nəticə nəzərə alınmır. Təkrar qurutma zamanı qrunutun kütləsinin artması üzvi maddələrin oksidləşməsi ilə əlaqədar olur. Bu zaman kiçik kütlə götürülməlidir. Alınmış nəticələr əsasında kütlə nəmliyi aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$W = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g_0} \cdot 100\%, \quad (1.78)$$

burada g_0 -boş büksün qapaqla birlikdə kütləsi, q; g_1 -yaş qrunutun bükslə birlikdə kütləsi, q; g_2 - quru qrunutun bükslə birlikdə kütləsi, q. Nəmliyin təyini paralel olaraq 2 bükslə aparılır. Hər iki bükslə təyin olunmuş kütlə nəmliyinin qiymətləri arasındakı fərq 30%-dək nəmlənmiş qruntlarda 0,1%-dək, 30% və daha çox nəmləndikdə isə 1%-dək dəqiqliklə aparılmalıdır. Kütlə nəmliyinin təyin edilmiş

qiymətləri əsasında orta qiymət tapılmalıdır, yəni $W_{or} = (W_1 + W_2)/2$ hesablanmalıdır.

Qruntların qranulometrik tərkibi, onların analizi. Yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlar müxtəlif ölçülü hissəciklərdən təşkil olunurlar. Həmin hissəciklərin ölçüsü kiçildikcə onlarda yeni-yeni xüsusiyyətlər meydana gəlir. Yəni qruntların xassə göstəriciləri ilə onların hissəcik tərkibi arasında qarşılıqlı əlaqə mövcuddur. Mühəndisi fəaliyyət zamanı çökmə mənşəli həmin qruntların hissəcik tərkibinin öyrənilməsi müxtəlif məsələlərin həlli üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Müxtəlif ölçülü hissəciklər içərisində eyni fiziki və fiziki-kimyəvi səth xüsusiyyətinə malik, ölçüləri müəyyən hədd daxilində olanlar eyni qrupa daxil edirlər. Ona görə də, qruntların hissəcik tərkibi müxtəlif ölçülü hissəcik qrupları (fraksiyaları) şəklində öyrənilir.

Qranulometrik tərkibin analizi zamanı qrunzun təşkil olduğu müvafiq fraksiyaların (ilkin və sonradan yaranmış, yəni mikroaqreqat) faizlə miqdarı təyin olunur. *Qranulometrik və yaxud mexaniki tərkib dedikdə, qrunz tərkibində iştirak edən müxtəlif ölçülü hissəciklərin faizlə miqdarı nəzərdə tutulur.* Bu fraksiyaların bölgüsü müxtəlif alimlər tərəfindən və yanaşma üsulundan asılı olaraq müxtəlif şəkildə həyata keçirilmişdir. Torpaqşünaslıq elmində N.A.Kaçinski tərəfindən təklif olunmuş təsnifatdan, mühəndisi-geologiyada V.V.Oxotin, V.A.Priklonski və b. alimlər tərəfindən verilmiş təsnifatlardan, hal-hazırda MDB məkanında istifadə olunan **DÜİST 25100-82**-nin təkmilləşdirilməsi əsasında tərtib edilmiş və 1996-07-01 tarixindən qüvvədə olan **Dövlətlərarası Standartdan** istifadə edilir.

Əksər məsələlərin həlli zamanı hissəciklərin ölçüləri üzrə bölgü ümumi şəkildə aparılır.

Qruntların qranulometrik tərkibinə görə təsnifləndirilməsi V.V.Oxotin tərəfindən cədvəl 1.11-dəki kimi aparılmışdır və mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda həmin təsnifatdan əksər hallarda istifadə edilir.

Müxtəlif tikinti işlərinin həyata keçirilməsində qranulometrik tərkibin təyini xüsusi ilə vacibdir. Belə ki qranulometrik tərkibə görə təsnifləndirmənin aparılmasında, empirik düsturlardan istifadə etməklə yumşaq-əlaqəsiz qruntların sukeçiriciliyinin hesablanmasında, yol tikintisində tökmə qrunz qatının bünövrə, damba, döşəmə qat kimi yararlılığının müəyyən edilməsində, hidrotexniki

və meliorativ tikintilərdə tökmə qrunut qatının yükdaşıyıcı kimi və suyun təsirinə qarşı davamlılığının müəyyən edilməsində və s. qrunutların qrunulometrik tərkibinin məlum olması böyük əhəmiyyət daşıyır.

Cədvəl 1.11

V.V.Oxotinə görə qrunutların qrunulometrik tərkibinin təsnifləndirilməsi

Qrunutların adı	Fraksiyaları	Ölçüləri
Buzlaq daşı və iti kənarlı daş	İri Orta Xırda	>80 sm 80-40 sm 40-20 sm
Çaydaşı, çaqıl və çinqil	Çaydaşı və iri çinqil Çinqil və iri çaqıl Xırda çaqıl və xırda çinqil	20-10 sm 10-6 sm 6-4 sm
Yuvarlaq və iti kənarlı xır	İri Orta Xırda Çox xırda	40-20 mm 20-10 mm 10-4 mm 4-2 mm
Qum	Kobud İri Orta Xırda Narın	2-1 mm 1-0,5 mm 0,5-0,25 mm 0,25-0,1 mm 0,1-0,05 mm
Toz	İri Xırda Lilli	0,05-0,01 mm 0,01-0,005 mm 0,005-0,001 mm
Gil	Məxsusi gil Kolloid gil	0,001-0,00025 mm <0,00025 mm

Qrunulometrik tərkibin analizi üçün ilkin olaraq qrunutları onları təşkil edən hissəciklərdəki xırdalanmalıdır. Bundan sonra, onların təşkil olunduğu fraksiyalar müxtəlif analizlərlə dəqiq və təqribi təyin edilə bilər. Ona görə də, qrunulometrik tərkibin təyini üçün ilkin olaraq qrunut nümunəsi analiz üçün hazırlıq vəziyyətinə gətirilməlidir. Bunun üçün hansı analiz üsulundan istifadə olunması əsasdır. Hal-hazırda qrunutların qrunulometrik tərkibinin analizi çoxlu üsullarla aparılır ki, onları da aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

1. *Gözəyari və ya vizual üsul.* Bu üsulla qrunutların qrunulometrik tərkibi etalon qrunutların məlum qrunulometrik tərkibinə görə, təqribi olaraq gözlə baxmaqla və ya zərrəbin vasitəsi ilə qrunutu müayinə etməklə təyin edilir.

2. *Filatovun və Rutkovskinin çöl üsulu.* Filatovun üsulu xüsusi qıfda şişmiş qrunut tərkibində iştirak edən gilli hissəciklərin həcminə görə hesablanmış mexaniki ədəd əsasında təyin olunur. Rutkovski üsulunda qrunutların qrunulometrik tərkibi gilli

hissəciklərin miqdarından asılı olaraq şişmə qabiliyyətinə görə təyin edilir.

3. *Ələmə üsulu*. Torlarının dəşiklərinin diametri müxtəlif olan standart ələklərdən qrunun ələnməsi ilə qranulometrik tərkibi təyin edilir.

4. *Hidravliki üsul*. Bu üsulun mahiyyəti suda müxtəlif ölçülü fraksiyaların müxtəlif sürətlə çökməsinə əsaslanır. Onların çökmə sürəti Stoks düsturu ilə müəyyən olunur. Bu üsullar arasında Sabaninin, Atterberqin, Vilyamsın və başqalarının sakit suda bulandırma metodunu, su şırnağı vasitəsi ilə fraksiyaların ayrılması metodunu (Şene üsulu) göstərmək olar.

5. *Fasiləsiz analiz üsulları*. Bu üsullara misal olaraq müvafiq metodikalar əsasında hazırlanmış suspenziyalardan ardıcıl olaraq nümunələrin götürülməsinə əsaslanan (pipetka üsulu) üsulu, çökdürülmə zamanı suspenziyadan çökən çöküntülərin ardıcıl olaraq çəkilməsi üsulunu (Sven-Oden üsulu), suspenziyanın sıxlığının və yaxud hidrostatik təzyiqin dəyişməsinin müvafiq zaman müddətlərində qeydə alınması üsulunu (areometrik analiz və Viqner metodu) göstərmək olar.

6. *Sentrifuqalama üsulu*. Bu üsulun mahiyyəti sentrifuqanın fırladılması zamanı onda olan suspenziyadan, mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri altında, müxtəlif ölçülü qrun hissəciklərinin müxtəlif sürətlə çökməsi prinsipinə əsaslanır.

Qum və iri ölçülü hissəciklər ələk vasitəsi ilə ələmə üsulu ilə təyin olunur. Toz və gilli hissəciklər isə ələmə və digər üsullarla (pipetka analizi, Sabanin, Kaçinski və s. metodlarla, onların kombinasiyası ilə, həmçinin areometrik analiz vasitəsi ilə) təyin olunur. Qrunların qranulometrik (dənələrinin) və mikroaqreqat tərkibinin analizi DÜİST 12536-79 (2003) əsasında aparılır.

Ələk vasitəsi ilə qranulometrik analiz. Ələmə üsulu ilə qrunların qranulometrik tərkibi analiz edildikdə, müxtəlif ələk dəstlərindən istifadə olunur. Praktikada daha çox istifadə olunan aşağıdakı ələk dəstidir. Torunun dəşiklərinin diametri 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25 və 0,1 mm olan ələk, altıq və qapaqdan ibarət olan dəst. Bunlarla bərabər torunun dəşikləri 7 və 3 mm olan ələklərdən də istifadə edilir.

Qranulometrik tərkibin ələk metodu ilə analizi **yuyulmaqla** və **yuyulmadan** analizə hazırlana bilər.

Qruntun yuyulmadan analizi. Ələk vasitəsi ilə qruntun qranulometrik tərkibinin təyini üçün hava şəraitində həmin nümunə qurudulduqdan sonra, həvəndə farfor və ya rezin ucluqlu dəstə vasitəsi ilə xırdalanaraq kağız üzərinə tökülür və 1-2 sutka qurudulur.

Qranulometrik tərkibin təyini üçün hazırlanmış nümunə laborator ərsini vasitəsi ilə yaxşı qarışdırılaraq, kvartovaniye metodu ilə tələb olunan miqdarda nümunə götürülür. Bu metodun mahiyyəti ona əsaslanır ki, analiz üçün götürülən nümunənin tərkibi təbii mühitdəki tərkibi ilə eyni olsun. Bu məqsədlə analiz üçün hazırlanmış qrunt çevrə çəkilmiş kağız üzərində çevrə daxilində yayılır. Həmin çevrənin bir-birinə perpendikulyar olan 2 diametri boyu xətt çəkilərək, götürülmüş nümunə 4 bərabər yerə bölünür. Çevrə mərkəzinə nəzərən 2 çarpaz və qarşı-qarşıya olan kvadrantlardakı hissələr kənarlaşdırılır. Digər 2 hissə isə qarışdırılaraq (onların tam qarışması təmin olunduqdan sonra) yenidən çevrə daxilində nazik təbəqə şəklində yayılır və 4 yerə bölünür. Bu əməliyyat tələb olunan miqdarda nümunə qalanadək davam etdirilir.

Tərkibində 2 mm-dən böyük olan hissəciklər iştirak etmədikdə 100 q, həmin hissəciklər 10 %-dək iştirak etdikdə 500 q, 10-30 %-dək olduqda 1000 q, 30 %-dən çox olduqda isə 2000 q nümunə götürülür və ələmə üsulu ilə qranulometrik tərkib təyin olunur. Nümunələrin kütləsi 0,01 q-dək dəqiqliklə təyin edilir. Qrunt tərkibində 2 mm-dən böyük ölçülü hissəciklərin iştirakı vizual təyin olunur.

Qruntların qranulometrik tərkibinin analizi aşağıdakı kimi aparılır.

Tələb olunan miqdarda götürülmüş nümunə ələk dəstinə tökülür və onun qapağı örtülür. Ələk dəsti sağa və sola hərəkət etdirilərək ələmə aparılır. Müvafiq ölçülü ələklərdə qalan fraksiyalar rezin ucluqlu dəstə vasitəsi ilə həvəndə xırdalanaraq ələmə yenidən təkrarlanır. Torlarında dəşiklərinin ölçüsü müxtəlif olan hər bir ələk üçün həmin əməliyyat həyata keçirilir. Hər bir ələyin üzərində qalan hissəciklərin kütləsi çəkilərək təyin edildikdən sonra, həmin fraksiyaların ümumi kütləsi nümunənin ilkin götürülmüş kütləsinə bərabər olmalıdır.

Yuyulma aparılmaqla analiz. Yuyulma aparılmaqla qruntun qranulometrik tərkibinin ələk metodu ilə analizi üçün əvvəlki kimi

götürülmüş qrunut nümunəsi əvvəlcədən çəkisi məlum olan farfor kasaya tökülür. Su ilə isladılaraq, ucuna rezin başlıq taxılmış dəstə vəsitəsi ilə ovxalanaraq, qrunut suya tökülür və çalxalanır. 10-15 san keçdikdən sonra çökməmiş hissəciklərlə birlikdə su 0,1 mm-lik deşikli tora malik ələkdən keçirilir. Ələkdə qalan hissəciklər yenidən yuyulur. Bulandırma, həmin ələkdən keçirmə o zamana qədər davam etdirilir ki, ələk üzərində qalan qrunutu yumaq üçün su əlavə etdikdə bulanıqlıq yaranmır. Bundan sonra torlarının deşiklərinin ölçüsü 0,1 mm olan ələk üzərində qalan, ölçüsü >0,1 mm olan hissəciklər ələk üzərindən su şırnağı ilə yuyularaq kasaya tökülür və hissəciklərin üzərində olan su dekantasiya yolu ilə kənarlaşdırılır. Həmin hissəciklər tam qurudularaq, quru halda ələmə ilə fraksiyalara ayrılır. Ölçüsü <0,1 mm olan hissəciklərin miqdarı götürülmüş nümunənin kütləsi ilə ölçüsü >0,1 mm olan hissəciklərin kütlələri fərfinə görə təyin edilir.

Bundan sonra, qrunut tərkibində iştirak edən fraksiyaların miqdarı aşağıdakı kimi faizlə hesablanır.

$$A_i = \frac{q_i}{Q} \cdot 100 \% \quad (1.79)$$

burada A_i -qrunutun tərkibində i fraksiyasının faizlə miqdarı; q_i - i fraksiyasının miqdarı, q ; Q -analiz üçün götürülmüş nümunənin miqdarı, q .

Yumşaq-əlaqəli qrunutların qranulometrik analizə hazırlanması.

Yumşaq əlaqəli qrunutların qranulometrik analizə hazırlanması müxtəlif üsullarla qrunut hissəciklərinin, aqreqatlarının elementar hissəciklərə parçalanmasından ibarətdir.

Qrunutun fraksiyalara ayrılması ehtiyatla aparılır, hissəciklərin öz ölçüsündən çox xırdalanmasına yol verilməməsinə çalışılır. Ümumiyyətlə, yumşaq əlaqəli qrunutların qranulometrik analizə hazırlanması 3 üsulla – **mexaniki, kimyəvi və fiziki-kimyəvi üsullarla** aparılır.

Mexaniki üsula distillə suyu ilə qrunutun isladılaraq yumşaldılması, çalxalanması, ovxalanması və qaynadılması aiddir.

Kimyəvi üsula hazırlanmaya karbonat və üzvi sementləyici maddələrin parçalanması aiddir. Bu zaman karbonatın parçalanması xlor turşusu (HCl), üzvi maddələrin parçalanması isə peroksid (H_2O_2) vəsitəsi ilə həyata keçirilir.

Fiziki-kimyəvi üsulla qrunun qranulometrik analizə hazırlanması birvalentli kationlarla (Na^+ , Li^+ , NH_4^+) onun doydurulması hesabına qrunun daha çox dispersləşdirilməsi prinsipinə əsaslanır. Çünki çoxvalentli kationların birvalentlilərlə əvəz edilməsi hissəcik səthində böyük ölçülü hidrat təbəqəsi yaratdığından, daha çox dispersləşməyə səbəb olur. Qrunun qranulometrik analizə hazırlanması üsulundan asılı olaraq onun dispersləşməsi müxtəlif ola bilər. Ona görə də qranulometrik analizin nəticələri tamamilə fərqli alınır. Kimyəvi üsulla gilli qrunun, qranulometrik analizə hazırlanması zamanı onun tərkibi daha çox dəyişikliyə uğraya bilər. Bu halda qranulometrik analizin nəticələri həqiqi qranulometrik tərkibdən fərqli alınır.

Gilli qrunların qranulometrik analizə hazırlanmasının əsas üsulu distillə suyu ilə isladılaraq yumşaldılması, ammoniyakla birlikdə distillə suyunda qaynadılması və ardıcıl olaraq ovxalanmasından ibarətdir. Tərkibində həllolan duz iştirak edən gilli qrunun qranulometrik analizə hazırlanması üçün onun ilkin olaraq yuyulması lazımdır.

Yuxarıda verilmiş üsulların birgə tətbiqindən asılı olaraq qrun **3 sxem üzrə** qranulometrik analizə hazırlanır.

Birinci sxemdə qrun tam dispers analizə, ikinci sxemdə yarım dispers analizə, üçüncü sxemdə isə aqreqat tərkibin analizinə hazırlanır.

I və II sxem üzrə gilli qrunların qranulometrik analizə hazırlanması zamanı açıq havada qurudulmuş qrun rezin ucluqlu dəstə ilə həvəngdə əzilərək, torunun dəşiklərinin ölçüsü 0,5 mm olan ələklə ələnir.

Tam dispersləşmənin (I sxem üzrə) tətbiqi zamanı qrunun uducu kompleksində iştirak edən kationların Na-kationu ilə əvəz olunması həyata keçirilir. Torunun dəşiklərinin ölçüsü 0,5 mm olan ələkdən keçirilmiş qrunndan hər birində 20 q olmaqla 2 nümunə götürülür. Götürülmüş hər iki qrun nümunəsi ayrı-ayrılıqda süzgəc kağızı üzərinə tökülərək, 6 dəfə (hər birində 50 sm^3 olmaqla) normal NaCl məhlulu ilə yuyulur. Yenidən (hər birində 50 sm^3 olmaqla) 3 pay Na_2CO_3 -nın normal (soda) məhlulu ilə yuyulur. Sonra hər iki nümunə (hər birində 25 sm^3 olmaqla) 2 pay distillə suyu ilə yuyulur. Bundan sonra nümunənin biri süzgəc kağızından yastı dibli konik kolbaya tökülərək, üzərinə həcmi 200 sm^3 -ə çatanaq distillə suyu və 1 sm^3 normal NaOH məhlulu

əlavə olunur və 1 saat qaynadılır. Bununla da I-dispersləşmə sxemi üzrə qrunut qranulometrik tərkibin analizinə hazırlanmış hesab edilir.

İkinci nümunə süzgəc kağızı üzərindən götürülərək tam quruyanaqək qurudulur və çəkilərək kütləsi təyin edilir. Həmin çəki qranulometrik tərkibin hesablanmasıda istifadə edilir.

Yarım dispers analizə (II sxem üzrə) qrunutun hazırlanması zamanı kimyəvi təsir olmadan təbii-elementar hissəcik tərkibinədək xırdalanma aparılır. Bu sxemlə qrunutun qranulometrik analizə hazırlanması adətən onun qranulometrik tərkibinin areometrik üsul ilə analizi zamanı həyata keçirilir. Bu zaman ilkin hazırlanma aşağıdakı kimi aparılır. Əvvəl qeyd edildiyi kimi torunun deşiklərinin diametri 0,5 mm-lik ələkdən keçmiş qrunutdan kvartovaniye metodu ilə qranulometrik tərkib üçün gillərdən 20 q, qumlardan 30 q, qumcalardan 40 q ağırlığında nümunə götürülür. Paralel olaraq hiqroskopik nəmliyin təyini üçün hər birində 15 q olmaqla iki nümunə, mütləq sıxlığın təyini üçün piknometrin ölçülərinə müvafiq olaraq 3 nümunə götürülür. Bundan başqa, qrunut tərkibində həllolan duzların varlığının aşkar olunması üçün 2 q miqdarında nümunə götürülərək farfor kasaya tökülür, üzərinə 4-6 sm³ (ml) distillə suyu əlavə olunaraq, ucuna rezin başlıq taxılmış dəstə ilə ovxalanır və palçıq hazırlanır. Üzərinə 14-16 sm³ distillə suyu əlavə olunaraq 5-10 dəqiqə qaynadılır. Həmin suspenziya qıf vasitəsi ilə həcmi 100-150 sm³ olan ölçü silindrinə və yaxud sınaq şüşəsinə tökülərək üzərinə müvafiq miqdarda distillə suyu əlavə edilir. Bu zaman alınan suspenziyanın həcmi gillər üçün 100 sm³, gilcələr üçün 70 sm³, qumcalar üçün 50 sm³ olmalıdır. Həmin suspenziya çalxalanılaraq sonrakı günə qədər saxlanılır. Əgər növbəti gün suspenziya koaqulyasiya edərək içərisində pambığabənzər yumşaq çöküntü əmələ gəlsə, bu əlamət qrunut tərkibində həllolan duzların iştirakı deməkdir. Bu zaman qranulometrik tərkibin analizi üçün götürülmüş nümunə həllolan duzlardan təmizlənməsi üçün yuyulmalıdır. Bu halda nümunə süzgəc kağızı üzərinə tökülərək ardıcıl olaraq distillə suyu əlavə edilməklə yuyulmalıdır. Qrunut tərkibindən duzların yuyulma dinamikasının müəyyən olunması üçün nümunədən süzülən məhlul (filtrat) vəsfı analizə cəlb olunur. Bunun üçün AgNO₃-la HNO₃-n varlığı, BaCl₂ ilə HCl-n iştirakı yoxlanılır. Yuyulma başa çatıbsa, o zaman filtrat

bir qaba yığılır və həcmi təyin olunur. Yaxşı qarışdırıldıqdan sonra həmin məhluldan hər birində 100 sm³ olmaqla iki nümunə götürülür. Həmin məhluldan su buxarlandırılaraq qurudulur, çəkilir və həllolan duzların qrunut tərkibində kütləsinin orta qiyməti (A) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A = \frac{a \cdot V_1}{100} \quad (1.80)$$

burada a- 100-sm³ filtratda iştirak edən duzların kütləsi, q (iki nümunədə təyin edilmiş quru qalıqın kütləsinin orta qiyməti); V₁ – isə filtratın ümumi həcmidir, sm³.

Qranulometrik tərkib üçün götürülmüş nümunənin quru kütləsini hesablamaq üçün hiqroskopik nəmlik nəzərə alınır. Bundan sonra quru halda nümunənin kütləsindən həmin duzun ümumi kütləsi çıxılır.

Götürülmüş qrunut nümunəsinin ilkin kütləsi g₀ olarsa, o zaman hiqroskopik nəmlik nəzərə alındıqdan sonra onun quru halda kütləsi (g'₀) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$g'_0 = \frac{g_0}{1 + 0,01W_h}, \quad (1.81)$$

burada W_h- hiqroskopik nəmlikdir.

Onda hiqroskopik nəmlik və qrunut tərkibində həllolan duzların miqdarı nəzərə alındıqdan sonra götürülmüş qrunut nümunəsinin kütləsi (g'') aşağıdakı düsturla hesablanacaqdır:

$$g'' = g'_0 - A. \quad (1.82)$$

Həllolan duzlardan yuyularaq təmizlənmiş qrunut, yuyucu şüşə vasitəsi ilə (su şırnağı yaratmaqla) süzgəcin üzərindən yuyularaq həcmi 750-1000 ml olan yastı dibli kolbaya tökülür. Onun üzərinə analiz üçün götürülmüş nümunənin kütləsinin 10 misli qədər distillə suyu və 1 sm³ 25 %- li ammonyak (NH₃) əlavə edilir. Həmin kolbanın ağzına əks soyuduculu rezin tıxac taxılır və yaxud diametri 4-5 sm olan qıf qoyulur. Qum hamamında 1 saat qaynadıldıqdan sonra soyudulur.

Qeyd: Suspenziyası koaqulyasiya edən qrunutun suspenziyasının üzərinə əlavə edilən distillə suyunun tərkibinə 25 sm³ 4 %-li natrium pirofosfat və yaxud 6,7 %-li natrium turş pirofosfat əlavə edilməlidir. Yəni ya 4 %-li Na₄P₂O₇, ya da 6,7 %-li Na₄P₂O₇·10H₂O əlavə edilməlidir.

DÜİST 12536-79-a əsasən analiz üçün hazırlanmış həmin qrunut nümunələri distillə suyu (içərisinə 25 sm^3 müvafiq pirofosfat məhlulu əlavə edilmiş) əlavə edilməklə çalxalanılır, torlarının deşiklərinin ölçüsü $0,1 \text{ mm}$ olan ələkdən keçirilməklə həcmi 1000 ml olan ölçü silindrinə tökülür. Areometrlə granulometrik analiz aparılır. Yəni bu halda 1 sutka saxlanılaraq yumşalma, qaynadılma və qrunutun həllolan duzlardan azad olunması üçün yuyulması aparılır.

Tərkibində həllolan duz iştirak etməyən qrunutdan tələb olunan miqdarda götürülmüş nümunə (yuyulmadan) həcmi $750\text{-}1000 \text{ sm}^3$ olan yastı dibli kolbaya tökülür. Götürülmüş nümunənin üzərinə onun çəkisinin 10 misli qədər distillə suyu (1 l həcmi üçün $0,5 \text{ sm}^3$ ammoniyak məhlulu qatılmış distillə suyu) əlavə edilir və yumşalması üçün 1 sutka saxlanılır. Sonra üzərinə 1 sm^3 25% -li ammoniyak məhlulu əlavə edilərək, kolbanın ağzına əks soyuduculu tıxac və yaxud diametri $4\text{-}5 \text{ sm}$ olan qıf qoyulur. Suspenziya qum hamamında 1 saat qaynadılır və sonra otaq temperaturunadək soyudulur. Həcmi 1000 ml , daxili diametri 6 sm olan silindrin ağzına diametri 14 sm olan qıf qoyulur, onun üzərinə isə torunun deşiklərinin ölçüsü $0,1 \text{ mm}$ olan ələk yerləşdirilir. Kolbadakı suspenziya ələkdən keçirilməklə silindrə tökülür. Kolbanın içərisində qalan hissəciklər yuyucu şüşədən su şırnağı yaratmaqla və ələkdən keçirilməklə silindrə axıdılır.

Suspenziyanın yuyulması, durulaşdırılması və kolbaya və yaxud silindrə axıdılması zamanı istifadə edilən distillə suyunun hər litrinə $0,5 \text{ sm}^3$ 25% -li ammoniyak məhlulu əlavə edilir.

Torunun deşiklərinin ölçüsü $0,1 \text{ mm}$ olan ələkdən keçməyən hissəciklər su şırnağı ilə yuyularaq dərin farfor kasaya tökülür. Farfor kasada toplanmış suspenziya rezin başlıqlı dəstə vasitəsi ilə və yaxud barmaqlar arasında yaxşı əzilir və qarışdırılaraq 1 dəq müddətində çökməsi gözlənilir. Sonra kasanın dibinə çökməmiş bulanıq torunun deşiklərinin diametri $0,1 \text{ mm}$ olan ələkdən keçirilməklə, daxili diametri 6 sm , həcmi 1000 ml olan qədərənmiş silindrə tökülür. Farfor kasada qalan çöküntülərin üzərinə yenidən distillə suyu əlavə edilərək (1000 ml həcm üçün $0,5 \text{ sm}^3$ 25% li amonyak əlavə edilməklə), həmin suspenziya yenidən ovxalanır. Şüşə çubuqla yaxşı qarışdırdıqdan sonra, 1 dəqiqə müddətində çökdürülür. Çökməmiş bulanıq $0,1 \text{ mm}$ -lik deşikli tora malik ələkdən keçirilməklə, silindrə əvvəlki bulanığın üzərinə

əlavə olunur. Çöküntü şəffaflaşana kimi bu əməliyyat davam etdirilir. Kasada çöküntü üzərində bulanıq əmələ gəlmədikdə, kasanın dibində və torunun deşiklərinin ölçüsü 0,1 mm olan həmin ələk üzərində ölçüsü 0,1-0,5 mm-lik hissəciklər qalacaqdır. Həmin hissəciklər yuyucu şüşə vasitəsi ilə çini butaya tökülərək əvvəl qum hamamında, sonra isə quruducu şkafda qurudulur və ələmə üsulu ilə 0,5-0,25 mm və 0,25-0,1mm ölçülü hissəciklər ayrılaraq kütləsi təyin olunur.

Silindrdəki suspenziyanın həcmi distillə suyu əlavə edilərək 1 l -ə qədər çatdırılır. Bundan sonra qranulometrik analiz aparılır.

Qruntun aqreqat tərkibinin analizinə (III sxem) hazırlanması təbii halda olan grunt kəsəklərinin suda isladılaraq, xüsusi cihazda 1 saat müddətində çalxalanılmasından ibarətdir.

Koaqulyasiyanın qarşısının alınması üçün tərkibində karbonat olmayan qruntlarda 10 ml 5%-li natrium turş pirofosfat əlavə edilərək qaynadılır. Karbonatlı qruntlarda isə 10 ml 5%-li natrium pirofosfat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) əlavə olunmaqla grunt nümunəsi ovxalanılır.

Bu halda qranulometrik tərkibin hesablanması zamanı məhlulə əlavə olunan natrium-pirofosfatın nümunəyə daxil edilmiş miqdarı (A) nümunənin kütləsindən çıxılmalıdır. Bunun üçün 10 ml natrium-pirofosfatın 5%-li sulu məhlulundakı miqdarı buxarlandırma aparılmaqla təyin edilir. Bundan sonra grunt nümunəsində natrium-pirofosfatın miqdarı (A) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A = \frac{a \cdot b}{1000}, \quad (1.83)$$

burada a-10 ml natrium-pirofosfatın 5 %-li sulu məhlulunda onun quru qalığı, q; b-pipetkanın həcmi, ml.

Qruntun aqreqatlaşma səviyyəsinin təyini üçün paralel olaraq iki analizin (aqreqat və stabilizator kimi natrium-pirofosfat tətbiq etməklə analiz) aparılması və aqreqatlaşmanın hesablanması tövsiyə edilir.

1.8.1.1.GİLLİ QRUNTLARIN QRANULOMETRİK TƏRKİBİNİN AREOMETRİK ANALİZİ METODU

Ümumi anlayış. Areometrik metod suspenziyada müxtəlif ölçülü grunt hissəciklərinin müxtəlif sürətlə çökməsi səbəbindən

suspenziyanın zamandan asılı olaraq dəyişən sıxlığının ölçülməsi prinsipinə əsaslanır. Bu metodla qrunun qranulometrik tərkibinin analizi zamanı iri ölçülü hissəciklər ($>0,1$ mm) ələmə metodu ilə, $<0,1$ mm ölçülü hissəciklər isə suspenziyanın sıxlığının dəyişməsinin areometrə ölçülməsi yolu ilə (areometrik metodla) təyin edilir.

Qranulometrik analiz üçün istifadə edilən areometr (0,001 bölgülü) 0,995-1-1,030 şkalalıdır (şəkil 1.11). Stoks qanununa görə müxtəlif ölçülü hissəciklərin durğun suda çökmə sürəti müxtəlifdir. Müxtəlif ölçülü hissəciklərin müxtəlif vaxtda çökməsi ilə əlaqədar olaraq suspenziyanın sıxlığı zamandan asılı olaraq dəyişir. Ona görə də, areometr vasitəsi ilə suspenziyanın sıxlığının dəyişməsi ölçülməklə, müxtəlif ölçülü hissəciklərin miqdarı müvafiq metodika ilə təyin edilə bilər.

Stoks qanuna görə durğun suda sferik formalı hissəciklərin çökmə sürəti (g) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$g = \frac{2}{9} \cdot \frac{g \cdot r^2 (\Delta - \rho_{su})}{\eta}, \quad (1.84)$$

burada g -sərbəstdüşmə təcili, sm/san²; r -hissəciklərin radiusu, sm; Δ -hissəciklərin mütləq sıxlığı, q/sm³; ρ_{su} -suyun sıxlığı, q/sm³; η -suyun özlüklüyü, t=20⁰S-də $\eta=1,004 \cdot 10^{-3}$ Pa·san (1 Pz (puaz)=1 $\frac{dn \cdot san}{sm^2}$ =0,1 Pa·san).

Düsturda müvafiq dəyişiklik aparsaq, qrunn hissəciklərinin diametrini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$A = \frac{1800\eta}{981(\Delta - \rho_{su})}; \quad g = \frac{H}{t}; \quad d = \sqrt{A \cdot g}, \quad (1.85)$$

burada H -suspenziyada çökən qrunn hissəciklərinin hərəkət yolunun uzunluğu, sm; t -hissəciklərin çökməsinə sərf olunan zaman, san; d -qrunn hissəciklərinin diametri, sm.

Areometrik metodla gilli qruntların qranulometrik analizi. Bu metodla qranulometrik analizin təyini DÜİST 12536-79-a əsasən aşağıdakı kimi aparılır. Əvvəlcə areometr üçün müvafiq qədərilmə aparılır. Həmin qədərilmə areometrin

sıfırıncı göstərişinə, meniskin hündürlüyünə və disperqatora görə düzəlişlə əlaqədardır.



şəkil 1.11

Areometrin sıfırını gösərişinə görə düzəlişin təyini üçün areometr ölçü silindrində olan 20°S temperaturu distillə suyuna batırılaraq suyun sıxlığının təyini üçün areometrin göstərişi qeyd edilir. Həmin göstəriş suyun sıxlığını ifadə etdiyinə görə birə bərabər qəbul olunur.

Vahidlə areometrin həmin göstərişi arasındakı fərq onun göstərişinə düzəliş olub, analiz zamanı nəzərə alınmalıdır.

Əgər suyun sıxlığının ölçülməsi üzrə aparılan yoxlama zamanı areometrin göstərişi 1,000-dən kiçik olarsa, areometrin şkalası üzrə götürülən hər bir ölçmənin nəticəsinə düzəliş əlavə edilir, 1,000-dən böyük olduqda isə həmin düzəliş çıxılır.

Meniskin hündürlüyünə düzəliş o zaman aparılır ki, zavodda areometrin istehsalı dövründə qədərləmə meniskin aşağı sərhədinə görə aparılmış olsun. Əks halda düzəlişə ehtiyac yoxdur.

Meniskin hündürlüyünə düzəliş etmək lazım gəldikdə areometr silindir içərisinə tökülmüş, 20°S temperaturu distillə suyuna batırılaraq, meniskin aşağı və yuxarı sərhədləri üzrə ölçmə aparılır. Həmin ölçmə nəticələrinin fərqi meniskin hündürlüyünə düzəlişə bərabərdir. Suspenziyanın sıxlığının ölçülməsi zamanı areometrin şkalası üzrə götürülmüş hər bir ölçmə nəticələrinə həmin düzəliş əlavə edilməlidir.

Disperqatora görə düzəlişin təyini üçün areometr silindr içərisinə tökülmüş, 20°S temperaturu, 950 sm³ həcmli distillə suyuna batırılaraq meniskin yuxarı sərhədi üzrə ölçmə aparılır.

Silindrə disperqator maddə tökülərək, üzərinə II həcmə çatanadək distillə suyu əlavə edilir. Qarışıq çalxalandıqdan sonra, areometr həmin qarışığa batırılaraq meniskin yuxarı sərhədi üzrə ölçmə aparılır.

İkinci və birinci ölçmə nəticələrinin fərqi disperqator maddənin (ammonyak, natrium pirofosfat və s.) təsirinə görə düzəlişi ifadə edir. Suspenziyanın sıxlığının ölçülməsi zamanı areometrin şkalası üzrə hər dəfə götürülən ölçüdə həmin düzəlişi çıxmaq lazımdır.

Areometrin qədərlənməsi başa çatdıqdan sonra qranulometrik analiz aşağıdakı ardıcılıqla aparılır.

Ələk vasitəsi ilə qranulometrik analizin aparılması metodikasına uyğun olaraq tələb olunan miqdarda götürülmüş qrunut nümunəsi torlarının deşiklərinin ölçüləri 10; 5; 2; 1; 0,5 mm olan ələk dəstindən keçirilir. Qrunutun qranulometrik tərkibində

iştirak edən və ölçüsü $> 0,5$ mm olan hissəciklərin faizlə miqdarı təyin edilir. Ələkdən keçirilmiş $<0,5$ mm-lik hissəciklərdən ibarət nümunədən kvartovaniye metodu ilə gillər üçün 20 q, gilcələr üçün 30 q və qumcalar üçün isə 40 q nümunə götürülür. Paralel olaraq nəmliyin, mütləq sıxlığın, həllolan duzların varlığının təyini üçün də əvvəl qeyd edildiyi kimi nümunələr götürülür. Qrunt nümunələrinin götürülməsi, gruntun qranulometrik analizə hazırlanması II sxem (yarımdispers analiz) üzrə aparılır.

Tərkibində üzvi mənşəli maddələr iştirak edən qruntların qranulometrik analizi zamanı uyğun metodika ilə götürülmüş nümunə ovxalanaraq (metodikaya uyğun) torlarının dəşiklərinin ölçüləri 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 mm olan ələkdən keçirilir. $<0,1$ mm-lik hissəciklər suspenziya halına gətirilərək, areometrə ölçmə aparılan silindrə tökülür və həcmi 1000 ml-ə çatanaqədər distillə suyu əlavə edilir. Müvafiq ələklərdə qalan hissəciklər isə çəkilərək, grunt tərkibində faizlə miqdarı hesablanır.

Ölçmə aparılacaq silindrə tökülmüş suspenziya qarışdırıcı vasitəsi ilə 1 dəqiqə müddətində yaxşı-yaxşı qarışdırılaraq, silindrin dibinə çökmüş hissəciklər suspenziyada asılı vəziyyətə gətirilir. Bu zaman suspenziyanın silindrdən tökülməməsi üçün qarışdırma ehtiyatla aparılmalıdır. Qarışdırma başa çatdıqdan sonra saniyəölçən işə salınır və ölçmə aparılan müddətdən 10-12 saniyə əvvəl areometr suspenziyaya batırılaraq 5-7 saniyə müddətində ölçmə aparılır. Bu zaman areometr suspenziyada sərbəst şəkildə üzməli, silindrin divarına toxunmamalıdır. Müvafiq fraksiyaların təyini üçün cədvəl 1.12 üzrə göstərilən müddətdə areometrə ölçmələr aparılır.

Cədvəl 1.12

Qrunt hissəciklərinin diametri, mm	Qarışdırma başa çatdıqdan sonra suspenziyanın sıxlığının ölçülməsində keçən müddət
$<0,05$	1 dəq
$<0,01$	30 dəq
$<0,005$	3 saat

Areometrin şkalası üzrə ölçmənin asanlaşdırılması üçün vergülü 3 rəqəm sağa çəkmək lazımdır. Onda mindəbirlər də tam ədəd kimi qeydə alınacaqdır.

Suspenziyanın temperaturuna nəzarət etmək üçün təcrübənin başlanğıcına 5 dəqiqə qalmış, sonra isə hər dəfə sıxlığın təyini üzrə ölçü götürüldükdə suspenziyanın temperaturu ölçülməlidir.

Suspenziyanın temperaturu müsbət 20⁰S-dən fərqləndikdə sıxlığın həmin ölçməyə uyğun ölçülmüş qiymətinə cədvəl 1.13 üzrə müvafiq düzəliş edilməlidir. Yəni suspenziyanın sıxlığının təyini üzrə areometrin şkalası üzrə ölçülmüş qiymətə suspenziyanın temperaturuna uyğun müvafiq düzəliş edilməlidir. Eyni ilə areometrin qədərənməsi üzrə təyin edilən müvafiq düzəlişlər də sıxlığın təyini üzrə ölçülmüş qiymətlərdə nəzərə alınmalıdır.

Cədvəl 1.13

Suspenziyanın temperaturu, °S	Areometrin göstərisinə düzəliş	Suspenziyanın temperaturu, °S	Areometrin göstərisinə düzəliş	Suspenziyanın temperaturu, °S	Areometrin göstərisinə düzəliş
10,0	-1,2	17,0	-0,5	24,0	+0,8
10,5	-1,2	17,5	-0,4	24,5	+0,9
11,0	-1,2	18,0	-0,3	25,0	+1,0
11,5	-1,1	18,5	-0,3	25,5	+1,1
12,0	-1,1	19,0	-0,2	26,0	+1,3
12,5	-1,0	19,5	-0,1	26,5	+1,4
13,0	-1,0	20,0	0,0	27,0	+1,5
13,5	-0,9	20,5	+0,1	27,5	+1,6
14,0	-0,9	21,0	+0,2	28,0	+1,8
14,5	-0,8	21,5	+0,3	28,5	+1,9
15,0	-0,8	22,0	+0,4	29,0	+2,1
15,5	-0,7	22,5	+0,5	29,5	+2,2
16,0	-0,6	23,0	+0,6	30,0	+2,3
16,5	-0,6	23,5	+0,7		

Müvafiq ölçmələr başa çatdıqdan sonra ölçüsü >10; 10-5; 5-2; 2-1; 0-0,5 mm olan hissəciklərin qrunt tərkibində faizlə miqdarı (1.79) düsturu ilə hesablanır.

Qranulometrik analiz üçün götürülmüş <0,5 mm ölçülü hissəciklərin kütləsi (quru halda) nümunənin II sxemi üzrə qranulometrik analizə hazırlanmasında qeyd edilən qayda üzrə, (1.81) düsturu əsasında hesablanır. Qrunt tərkibində ölçüləri 0,25-0,5; 0,1-0,25 mm olan fraksiyaların faizlə miqdarı (L) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$L = \frac{g_n}{g_0} \cdot (100 - R) \quad (1.86)$$

burada g_n -sabit çəkiyə gələnədək qurudulmuş müvafiq fraksiyanın quru ktləsi, q; g_0' - qruntun nəmliyi (hiqroskopik və yaxud təbii) nəzərə alındıqdan sonra quru kütləsi, q (qrunt tərkibində həllolan duz yuyulmaqla nümunə analizə hazırlanan zaman $g_0' = g_0''$ olur); R-ölçüsü 0,5 mm-dən böyük olan hissəciklərin qrunt tərkibində faizlə miqdarı.

Areometrin şkalası üzrə götürülmüş hər bir ölçüyə görə qrunun müvafiq diametrdən kiçik ölçülü hissəciklərinin faizlə miqdarı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$L_c = \frac{\Delta \cdot R_n}{(\Delta - \rho_{su}) \cdot g'_0} \cdot (100 - R), \quad (1.87)$$

burada L_c - müvafiq diametrdən kiçik ölçülü hissəciklərin miqdarı, %; Δ - qrun hissəciklərinin mütləq sıxlığı, q/sm³; ρ_{su} -suyun sıxlığı, $\rho_{su}=1$ q/sm³; g'_0 -(1.86) düsturunda olan şərti işarə ilə eynidir, R_n -düzəlişlər nəzərə alınmaqla areometrin göstərişi; R -(1.86) düsturundakı şərti işarə ilə eynidir. Qrunun areometrə təyin olunmuş cəm fraksiyaları əsasında ayrı-ayrı fraksiyaları hesablamaq üçün böyük ölçülü hissəciklərə uyğun faizdən kiçik ölçülü hissəciklərin miqdarını ardıcılıqla çıxmaq lazımdır. Beləliklə, alınmış nəticələr laborator jurnalında >10; 10-5; 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,10; 0,10-0,05; 0,05-0,01; 0,01-0,005 və <0,005 mm ölçülü hissəciklərin uyğun faiz miqdarı, qrunun analizə hazırlanma metodu, nəmlik (hiqroskopik və ya təbii), suspenziyanı stabilləşdirmək üçün istifadə edilən kiməvi maddə göstərilməklə qeydə alınmalıdır.

Qrunların qranulometrik tərkibinin qrafiki təsviri üsulları.

Qrunun analiz edilmiş qranulometrik tərkibinə görə əksər hallarda müvafiq hesablamalar həyata keçirilir. Bu zaman **müxtəlifcinslilik əmsalından** (Xazenə görə) istifadə olunur. Xüsusi ilə keçiricilik məsələlərinin öyrənilməsində həmin əmsalın əhəmiyyəti böyükdür.

Qranulometrik tərkibə görə, müxtəlifcinslilik əmsalı dedikdə, qrun hissəciklərinin yoxlayıcı diametrinin (d_{60}) hissəciklərin effektiv diametrinə (d_{10}) olan nisbəti nəzərdə tutulur.

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}}. \quad (1.88)$$

Qrun hissəciklərinin yoxlayıcı diametri (d_{60}) dedikdə, elə bir diametr nəzərdə tutulur ki, həmin diametrdən kiçik ölçülü hissəciklərin qrun tərkibində miqdarı 60% təşkil etsin. Effektiv və yaxud təsiredici diametr (d_{10}) elə bir diametrdir ki, həmin diametrdən kiçik ölçülü hissəciklərin qrun tərkibində miqdarı 10 %-ə bərabərdir.

Qranulometrik tərkibin öyrənilməsi zamanı alınmış nəticələr əsasında qrafiki təsvir həyata keçirilir. Qruntun qranulometrik tərkibi qrafiki olaraq üçbucaq, dairə və s. diaqramlar (**tsikloqram və Ferre üçbucağı**) ilə təsvir edilir.

Figure 1 is a pie chart and a legend showing the distribution of grain sizes in the metal. The pie chart is divided into six segments with the following percentages: 49%, 33%, 8%, 2%, 1.0%, and 7%. The legend on the right shows six grain size ranges in mm, each with a corresponding pattern: 2-1mm (dots), 1-0.5mm (cross-hatch), 0.5-0.25mm (horizontal lines), 0.25-0.05mm (diagonal lines), 0.05-0.01mm (vertical lines), and <0.01mm (white).

Ferre üçbucağı. Bərabərtərəfli üçbucağın hər tərəfi 10 bərabər hissəyə bölünərək, müvafiq tərəfə paralel olmaqla xətlər çəkilir (şəkil 1.13).

Misal olaraq, toz hissəciklərinin miqdarı 23 %, qum hissəciklərinin miqdarı 37 %, gilın miqdarı 40 % olarsa, nöqtənin üçbucaqdakı yerindən asılı olaraq (şəkildə üçbucaq üzərində 1 nöqtəsi) grunt **tozlu-qumlu-gil** adlandırılır. Beləliklə, qeyd edilmiş nöqtə üçbucaqda hansı fraksiyaya

Bundan başqa, qruntların granulometrik tərkibi qrafiki yolla yarımloqarifmik miqyasda da təsvir oluna bilər. Bunun üçün ab-sis oxunda fraksiyaların ölçüsü, ordinat oxunda isə müvafiq fraksiyalara uyğun faiz miqdarı göstərilir (şəkil 1.14). Xırda ölçülü hissəciklərin faizlə miqdarına uyğun

nöqtə qeyd edildikdən sonra, həmin ölçülü hissəciklərdən böyük ölçülü hissəciklərə doğru müvafiq fraksiyaların faizlə miqdarı cəmlənilərək, alınmış nəticələr əsasında müvafiq fraksiyalara və onların faizlə miqdarlarına uyğun gələn nöqtələr qeyd edilir. Həmin nöqtələr birləşdirilərək qrunnun qranulometrik tərkibi qrafiki təsvir edilir. Belə qrafiki təsvirlər praktikada müxtəlif məsələlərin həllində, o cümlədən areometrik üsulla qranulometrik tərkibin təyini zamanı çox istifadə olunur.

Qruntların plastikliyi. Qruntların plastikliyi dedikdə, xarici qüvvələrin təsiri altında onların müəyyən formanı alması və təsir kəsildikdən sonra həmin formanı saxlaması nəzərdə tutulur. Qruntların plastikliyi onun tərkibində iştirak edən nəmliklə əlaqədardır. Plastiklik qrunnun fiziki vəziyyətini müəyyən edən göstəricidir. Plastiklik həddinə uyğun nəmlikdə qrunn özünü plastik aparır, nəmliyin müvafiq hədlərində isə bərk və axıcı vəziyyət ala bilər. Plastikliyin təyini onun aşağı və yuxarı həddinə (**plastikliyin aşağı və yuxarı həddi**) uyğun olan nəmliyin təyini ilə həyata keçirilir.

Plastikliyin yuxarı həddi və yaxud axıcılıq sərhədi (W_L) dedikdə, qrunnun elə bir nəmlənmə səviyyəsi nəzərdə tutulur ki, nəmliyin cüzi artımı qrunnun plastik haldan axıcı hala keçməsinə səbəb olur.

Plastikliyin aşağı həddi və yaxud qrunnun düyürlənmə sərhədi (W_p) dedikdə, qrunnun elə bir nəmlənmə səviyyəsi nəzərdə tutulur ki, onun nəmliyinin cüzi azalması qrunnun plastik haldan bərk hala keçməsinə səbəb olur.

Plastiklik ədədi (I_p) dedikdə, plastikliyin yuxarı və aşağı həddinə uyğun olan nəmliklər arasındakı fərq nəzərdə tutulur, yəni $I_p = W_L - W_p$.

Plastiklik ədədinə görə gilli qruntlar aşağıdakı kimi fərqləndirilir: $I_p = 1 \div 7$ – qumca; $I_p = 7 \div 17$ – gilcə; $I_p > 17$ – gil.

Qruntların plastikliyi ilə əlaqəli **konsistensiya və yaxud axıcılıq göstəricisindən** də istifadə olunur. *Qrunnun konsistensiya göstəricisi (I_L) dedikdə, onun təbii halda malik olduğu nəmliklə plastikliyin aşağı həddinə uyğun nəmlik arasındakı fərqi plastiklik ədədinə nisbəti nəzərdə tutulur və aşağıdakı düsturla hesablanır:*

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}. \quad (1.89)$$

Axıcılıq göstəricisinə görə qumcalar bərk ($I_L < 0$ olduqda), plastik ($0 \leq I_L \leq 1$ olduqda) və axıcı ($I_L > 1$ olduqda), gilcələr və gillər

isə bərk ($I_L < 0$ olduqda), yarım bərk ($0 \leq I_L \leq 0,25$ olduqda), bərk-plastik ($0,25 < I_L \leq 0,50$ olduqda), yumşaq-plastik ($0,50 < I_L \leq 0,75$ olduqda), axıcı-plastik ($0,75 < I_L \leq 1$ olduqda) və axıcı ($I_L > 1$ olduqda) kimi fərqləndirilir.

Axıcı vəziyyətdəki nəmləndirilmiş gilli qruntlar nəmliklərini itirdikcə əvvəl axıcı-plastik, yumşaq-plastik, bərk-plastik, yarım bərk, daha sonra isə bərk hala keçirlər. Bu zaman onların həcmi də müəyyən qədər azalır. Bu vəziyyət İsveçrəli alim Atterberq tərəfindən 1911-ci ildə təyin edilmiş və həmin vəziyyətləri ayıran sərhəd nəmlikləri (**büzülmə həddinə, plastikliyin aşağı və yuxarı hədlərinə** uyğun) müəyyən edilmişdir.

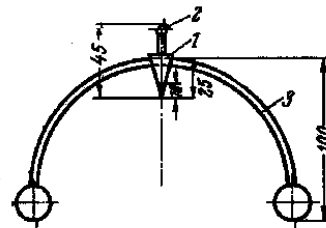
Büzülmə həddi (Rötə sərhədi) dedikdə, qrunzun elə nəmlənmə vəziyyəti nəzərdə tutulur ki, həmin nəmliyə malik qrunz qurudularkən onda həcm azalması baş vermir. Bu nəmlənmə həddi qrunzun yarım bərk vəziyyəti ilə bərk halı arasında sərhəd nəmliyidir.

Plastiklik göstəriciləri çöl və laboratoriya şəraitində müvafiq metodlarla təyin edilir.

Plastiklik ədədinin təyini. Qruntların plastikliyinin təyini də DÜİST 5180-84 əsasında aparılır. Qruntların plastikliyinin təyini üçün plastikliyin yuxarı və aşağı hədlərinə uyğun nəmliyi təyin edilməlidir.

Plastikliyin yuxarı həddinin təyini. Qruntların plastikliyinin yuxarı həddi dövlət standartına əsasən balansir konusu vasitəsi ilə təyin edilir (şəkil 1.15).

Həmin konu müvafiq metodika əsasında hazırlanmış qrunz palçıqına 5 saniyə müddətində 10 mm batmalıdır. Əgər konu palçıqı tələb olunandan az batarsa, onda hazırlanmış nümunə distillə suyu ilə nəmləndirilməli, laboratoriya ərsini (şpatel) vasitəsi ilə yaxşı-yaxşı qarışdırılmalı və sınaq təkrarlanmalıdır. Balansir konusunun nümunəyə 5 saniyə müddətində 10 mm batmasına uyğun nəmlik həddi (plastikliyin yuxarı həddi) alınanadək nümunənin nəmləndirilməsi, qarışdırılması və təkrar sınaqması davam etdirilməlidir.



Şəkil 1.15. A.M.Vasilyevin balansir konusu. 1-konus; 2-konusun dəstəyi; 3-tərzliq yaradıcı hissə.

Balansir konusu nümunəyə çox batdıqda isə palçıq şüşə üzərində, açıq havada qurudulmalı, ərsin vasitəsi ilə yaxşı-yaxşı qarışdırılmalı və tələb olunan vəziyyət alınanaqəd qeyd edilən əməliyyat təkrarlanmalıdır.

Tədqiq edilən qrunut nümunəsi aşağıdakı qayda üzrə sınağa hazırlanmalıdır. Nümunə monolit və təbii nəmlikdə olan pozulmuş strukturlu qrunutlardan götürülür.

Tərkibində üzvi maddə iştirak edən qrunutlarda plastikliyin yuxarı həddi nümunə sınaq üçün götürülən anda təyin edilməlidir. Tərkibində üzvi maddə iştirak etmədikdə isə, açıq havada qurudulduqdan sonra da plastikliyin yuxarı həddi təyin edilə bilər.

Qrunutun plastikliyinin yuxarı həddi aşağıdakı ardıcılıqla təyin edilir.

Təbii nəmlikdə olan qrunut iti bıçaqla nazik təbəqəciklər şəklində doğranılaraq, laborator ərsini (şpatel) və yaxud dəstə vasitəsi ilə farfor kasada (lazım olduqda, distillə suyu əlavə edilməklə) əzilir. Tərkibində iştirak edən 1 mm – dən böyük olan bitki qalıqları kənarlaşdırılaraq, xırdalanmış qrunutdan kvartovaniye metodu ilə 300 q-dək ağırlığında nümunə götürülür.

Açıq havada qurudulmuş qrunutdan nümunənin götürülməsi ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyininə də qrunut (tərkibində iştirak edən 1 mm – dən böyük olan bitki qalıqları kənarlaşdırılır) farfor dəstə ilə həvəndə əzilməli, torlarının deşiklərinin diametri 0,5 mm olan ələkdə ələnməli və kvartovaniye metodu ilə 300 q-dək nümunə götürülməlidir.

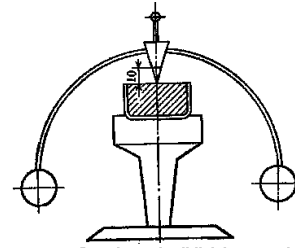
Götürülmüş nümunə üzəri nömrələnmiş xüsusi qaba tökülərək, qatı palçıq alınanaqəd distillə suyu ilə nəmləndirilməli və laborator ərsini ilə qarışdırılmalıdır. Bu ardıcılıqla hazırlanmış nümunə (lillərdən başqa bütün qrunutlar) eksikatora (qapaqlı şüşə qab) qoyularaq, 24 saatdan az olmayaraq orada saxlanılmalıdır.

Lillərdə nəmlik çox olduqda, hazırlanmış nümunə pambıq parçaya bükülməli, süzgəc kağızları arasında qoyularaq, press altında sıxılmalı və nəmliyi azaldılmalıdır.

Bundan sonra, həmin nümunə laborator ərsini vasitəsi ilə yaxşı-yaxşı qarışdırılmalı və diametri 4 sm – dən, hündürlüyü isə 2 sm-dən az olmayan stəkana (balansir konusunun stəkanına) ərsin vasitəsi ilə doldurulmalı və səthi stəkanın kənarları ilə bərabər

olmaqla hamarlaşdırılmalıdır. Bu zaman qrunut içərisində boşluq qalmamalıdır.

Həmin stəkan qrunut nümunəsi ilə birlikdə xüsusi dayaq üzərinə qoyulmalı (şəkil 1.16) və nazik vazelin təbəqəsi çəkilmiş balansir konusu nümunənin səthi üzərinə səlis şəkildə qoyulmalı və 5 saniyə müddətində balansir konusu nümunəyə 10 mm batarsa, hər birində

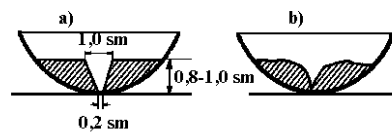


Şəkil 1.16. Qrunutların plastikliyinin yuxarı həddinin balansir konusu ilə təyininin sxematik təsviri.

15-20 q miqdarında olmaqla, iki bükse həmin palçıqdan qoyulmalı və nəmliyin təyini metodikası əsasında nümunənin nəmliyi təyin edilməlidir. Paralel təyin edilmiş nəmliklərin fərqi, plastikliyin yuxarı həddi 80%-dək olan qrunutlarda 2%-dək, 80%-dən çox olanlarda isə 4,0%-dək olmalıdır.

Qrunutların plastikliyinin yuxarı həddi müxtəlif metodlarla təyin edilə bilər. Həmin metodlardan olan Atterberq metodu və Kazaqrandada cihazı vasitəsi ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyini də praktikada istifadə edilir.

Atterberq metodu ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyini. Hava şəraitində qurudulmuş qrunut rezin başlıqlı dəstə ilə həvəngdə əzilərək, torlarının dəşiklərinin diametri 0,5 mm olan ələkdən keçirilir. Həmin qrunutdan 25 q-dək götürülür. Sferik dibli farfor kasaya tökülərək, distillə suyu əlavə edilir. Laborator ərsini ilə qarışdırılır və qatı kütlə əldə edilir. Həmin kasa ilə birlikdə hazırlanmış qrunut kütləsi (palçıq), dibinə su tökülmüş eksikatora forfor astana üzərinə qoyulur və eksikatorun qapağı örtülərək 1 sutka orada saxlanılır. Eksikatora götürülmüş palçıq yaxşı-yaxşı qarışdırıldıqdan sonra, həmin palçıq laborator ərsini ilə, kasanın dibində maksimal qalınlığı 0,8-1,0 sm olan, üfüqi səthli vəziyyətə gətirilir və səthdə aralarındakı məsafə 1 sm, dibdə isə 0,2 sm olan iki hissəyə ayrılır (şəkil 1.17).



Şəkil 1.17 . Atterberq metodu ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyininin sxematik təsviri.
a)-zərbədən əvvəl palçıqın vəziyyəti;
b)-zərbədən sonra palçıqın vəziyyəti.

Qalınlığı 0,3 sm olan rezin döşəkcə qoyulmuş masa üzərində həmin kasa 6 sm hündürlüyə (kasanın dibindən hesablanmaqla) qaldırılaraq, oradan rezin üzərinə sərbəst şəkildə salınır. Bu əməliyyat üç dəfə təkrarlanır. Əgər üçüncü zərbə zamanı hər iki

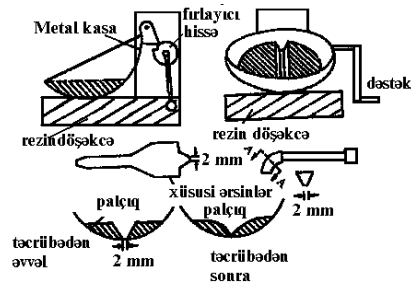
palçıq kütləsi kasanın dibindən 0,1 sm hündürlüyə qədər və aralanma səthi boyu 1,5-2,0 sm uzunluğunda hissədə birləşərsə, onda qrunnun malik olduğu nəmlik plastikliyin yuxarı həddinə uyğundur. Bu zaman həmin palçığın birləşmə baş vermiş hissəsindən hər birində 6-10 q olmaqla nümunə götürülərək, plastikliyin yuxarı həddinə uyğun nəmlik təyin edilir (paralel olaraq iki bükslə).

Əgər kasada ayrılmış hissələrin birləşməsi üçüncü zərbədən tez baş verərsə, bu, qrunnun nəmliyinin plastikliyin yuxarı həddindən çox olmasını göstərir. Bu halda qrunn yaxşı-yaxşı qarışdırılaraq qurudulmalı, yenidən səthi üfüqi vəziyyətə gətirilərək ərsinlə tələb olunan qaydada aralanmalı və sınaq əvvəlki kimi üç zərbə ilə yoxlanılmalıdır. Bu əməliyyatlar tələb olunan nəmlənmə həddi alınanadək təkrarlanmalıdır.

Əgər üçüncü zərbə zamanı ayrılmış hissələr tələb olunan həddədək birləşməzsə, o zaman bu, qrunnun nəmliyinin plastikliyin yuxarı həddinə uyğun nəmliyindən az olmasını göstərir. Bu halda həmin palçığa distillə suyu əlavə edilərək yaxşı-yaxşı qarışdırılmalı və sınaq təkrar aparılmalıdır. Əməliyyat tələb olunan nəmlənmə həddi alınanadək təkrarlanmalıdır.

Kazaqrandə cihazı vasitəsi ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyini. Bu cihaz vasitəsi ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyini Atterberq metodu ilə təyininə oxşardır. Cihaz latun kasadan, dayaqdan, ox ətrafında kasanı fırladıcı hissədən və ağacdan hazırlanmış dəstəkdən ibarətdir (şəkil 1.18).

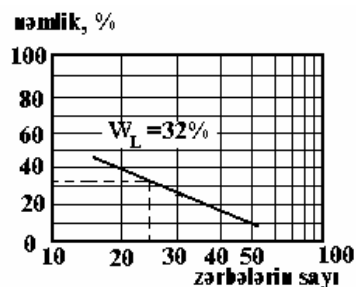
Plastikliyin yuxarı həddinin bu cihaz vasitəsi ilə təyini üçün əvvəlki metodlarda göstərildiyi kimi, hava şəraitində qurudulmuş qruntdan nümunə götürülərək, rezin başlıqlı dəstə ilə həvəngdə əzilir və torlarının dəşiklərinin diametri 0,5 mm olan ələkdən keçirilir və ondan 150-200 q miqdarında nümunə götürülür. Həmin nümunə distillə suyu əlavə edilərək laborator ərsini vasitəsi ilə qarışdırılır, nəmliyi plastikliyin yuxarı həddindən az olan nəmlikli palçıq hazırlanır. Həmin palçıq Kazaqrandə cihazının kasasına qoyularaq səthi hamarlaşdırılır. Cihazın fırlanma oxuna perpendikulyar olan şaquli müstəvi üzrə xüsusi



Şəkil 1.18 . Kazaqrandə cihazı ilə plastikliyin yuxarı həddinin təyininin sxematik təsviri.

ərsin vasitəsi ilə yarıq açılır. Cihazın kasası 10 mm-dək (tənzimləmə xətası 0,2 mm-dən çox olmamaqla) hündürlüyə qaldırılaraq, 2 dövr/san sürət ilə, səthinə rezin döşəkcə qoyulmuş masanın üzərinə vurulur. Palçığın hər iki hissəsi açılmış yarığın uzunluğu boyu 13 mm-dək bir-biri ilə birləşənədək cihazın kasası qaldırılıb-endirilərək, masa üzərindəki rezin döşəkcəyə zərbə ilə vurulur və bu zaman vurulmuş zərbələrin sayı qeydə alınır. Həmin palçığın birləşən hissəsindən nümunə götürülərək nəmliyi təyin olunur. Cihazın kasasından palçıq götürülərək, distillə suyu əlavə edilib, laboratoriya ərsini ilə qarışdırıldıqdan sonra, yenidən cihazın kasasına qoyularaq səthi hamarlanıb, əvvəlki qaydada yarıq açılır. Palçığın hər iki hissəsi yarıq boyu 13 mm-dək birləşənədək zərbə ilə masa üzərindəki rezinə vurulur və zərbələrin sayı təyin edilir. Bu əməliyyat müxtəlif nəmlənmə hədlərində təkrarlanır və hər dəfə də palçıqda açılmış yarığın 13 mm uzunluğunda birləşməsi üçün lazım olan zərbələrin sayı və həmin palçığın birləşən hissəsindən nümunə götürülərək nəmliyi təyin edilir. Alınmış nəticələr əsasında yarım loqarifmik miqyasda, absis oxunda zərbələrin sayı, ordinant oxunda nümunələrin nəmliyi göstərilməklə qrafik qurulur. Həmin qrafik əsasında 25 zərbəyə uyğun gələn nəmlik təyin olunur. Həmin nəmlik plastikliyin yuxarı həddinə uyğun gəlir (şəkil 1.19).

Plastikliyin aşağı həddinin təyini. Plastikliyin aşağı həddinin təyini də müxtəlif metodlarla aparılır. İstifadə olunan dövlət standartına (DÜİST 5180-84) əsasən plastikliyin aşağı həddi presləmə (preslə sıxma) və ya diametri 3 mm olan ipvari formaya salma metodları ilə təyin edilir. İpvari formaya salma ilə plastikliyin aşağı həddinin təyini məqsədi ilə palçığın hazırlanması plastikliyin yuxarı həddinin təyini üçün hazırlanmasına uyğun aparılmaqla, əvvəlki palçığa nisbətən qatı şəkildə hazırlanır və yaxud plastikliyin yuxarı həddinin təyini üçün hazırlanmış palçıqdan 40-50 q miqdarında götürülərək, laboratoriya ərsini ilə yaxşı-yaxşı qarışdırılmaqla nəmliyi azaldılır. Həmin palçıqdan bir az götürərək, səthi hamar olan taxta üzərinə qoyulur



Şəkil 1.19 . Kazaqrandaya görə plastikliyin yuxarı həddinin təyini.

və əlin içi ilə asta şəkildə taxtaya sıxmaqla və əl altında diyirləməklə palçıq ipvari formaya salınır. Hazırlanmış palçığın diametri 3 mm olduqda, həmin ipvari palçıq bütün uzunluğu boyu ölçüləri 3-10 mm olan hissələrə parçalanarsa, o zaman hər birində 10-15 q olmaqla hissələrə ayrılmış ipvari palçıqlardan iki bükse nümunə qoyulur və nəmliyi təyin edilir. Həmin nəmlik plastikliyin aşağı həddinə bərabərdir. Yəni bu metodla təyin etmə zamanı plastikliyin aşağı həddi ipvari hala salınmış palçığın elə nəmlənmə həddinə uyğundur ki, diametri 3 mm–ədək azaldılan palçıq bütün uzuluğu boyu 3-10 mm olan hissələrə parçalansın.

Əgər diametri 3 mm olan ipvari formaya salınmış palçıq tələb olunan uzunluqda hissələrə ayrılmazsa, o zaman həmin palçıq yenidən farfor kasaya qaytarılır. Laboratoriya ərsini vasitəsi ilə yaxşı-yaxşı qarışdırılıb, nəmliyi tələb olunan həddədək azaldılır və yenidən taxta üzərinə qoyularaq əvvəlki qayda üzrə ipvari formaya salınaraq əməliyyat təkrarlanır. Palçıq tələb olunan şərti ödəyənədək əməliyyat təkrarlanır.

Palçığın nəmliyi plastikliyin aşağı həddindən az olarsa, yəni diametri 3 mm–ə çatmamış hissələrə parçalanarsa, o zaman farfor kasaya qaytarılaraq nəmləndirilməli və yaxşı-yaxşı qarışdırılmalı, sınaq yenidən aparılmalıdır. Bu əməliyyat yuxarıda göstərilən şərt ödənilənədək təkrarlanmalıdır.

Əgər sınaq aparılan qruntdan hazırlanmış palçığa heç bir nəmlənmə həddində diametri 3 mm olan ipvari forma vermək mümkün olmur, onda bu, həmin qrunnun plastikliyin aşağı həddinə malik olmamasını göstərir.

Plastikliyin aşağı həddinin paralel bükslərlə təyini ilə alınmış nəticələr arasındakı fərq nəmlik 40 % -ədək olduqda 2,0 % -ədək, 40 % -dən çox olduqda isə 4,0 % -ədək olmalıdır.

Plastikliyin aşağı həddinin presləmə metodu ilə təyini. Əvvəlki qayda üzrə hazırlanmış palçıqdan pambıq parça üzərinə qoyulmuş, qalınlığı 2 mm və üzərində deşiyinin diametri 5 sm olan şablona palçıq doldurulur. Şablonun üzərində qalan palçıq iti bıçaqla kəsilir. Şablon götürülərək palçıq pambıq parçaya bükülür. Altdan və üstədən ölçüsü 9x9 sm olan 20 ədəd süzgəc kağızı qoyularaq, metal lövhələr arasına qoyulmaqla, 2 MPa (20 KQ/sm²) təzyiqlə pres altında 10 dəqiqə müddətində sıxılır. Qrunt daxilindən suyun xaric olunduğunu yoxlamaq üçün palçıq yükədən azad olunaraq, süzgəc kağızı və parça kənarlaşdırıldıqdan sonra,

iki hissəyə əyilir. Əgər preslənmiş palçıq əyilərkən onda çat əmələ gələrsə, bu, palçığın nəmliyinin plastikliyin aşağı həddinə uyğun olması deməkdir. Əks halda, ilkin hazırlanmış palçıqdan yeni nümunə götürülərək, əvvəlki kimi pres altına qoyulmaqla və əvvəlkindən 10 dəqiqə çox saxlamaqla (20 dəqiqə müddətində) 2 MPa yük altında sıxılır və sınaq təkrar edilir. Bu əməliyyat tələb olunan əlamət (preslənmiş palçığın iki yerə əyilməsi zamanı çatın yaranması) yarananaqədər (hər dəfə həmin yük altında sıxılma müddətini 10 dəqiqə artırmaqla) davam etdirilir və tələb olunan əlamət yarandıqda, preslənmiş palçığın nəmliyi – plastikliyin aşağı həddi təyin edilir.

Qruntların su ilə qarşılıqlı təsirdə parçalanması. Bu, gruntların su ilə qarşılıqlı təsirdə onların fiziki vəziyyətini və davamlılığını saxlama qabiliyyətini nəzərdə tutur və **suda parçalanma və yuyulma** şəklində təyin olunur. *Suda parçalanma dedikdə, durğun suya gruntun salınması zamanı onun parçalanması, hissəcikləri arasında əlaqənin itirilməsi nəzərdə tutulur və parçalanma vaxtı, parçalanma xarakteri və parçalanan gruntun nəmliyi* ilə xarakterizə olunur.

Su təsirindən gruntun yuyulması dedikdə isə, hərəkət edən su şırnağında (grunt səthindən axıdılarkən) grunt aqreqatlarının və hissəciklərinin dağılaraq parçalanma xüsusiyyəti nəzərdə tutulur.

Qruntların adgeziya və yapışqanlıq xassəsi. Gruntların **yapışqanlıq** və **adgeziya** xüsusiyyətləri onların xassə göstəricilərinin formalaşmasında və texniki meliorasiyasında böyük təsirə malikdirlər.

Adgeziya dedikdə, maye və sülb halında olan maddələrin bərk hissəciklərin səthinə suvanması (yapışması) nəzərdə tutulur. Ona görə də, mineral və digər maddələrin səthinə maye və bərk hissəciklərin adgeziyası fərqləndirilir.

Eyni maddə daxilində (misal olaraq, mineral və maye daxilində) molekulların qarşılıqlı təsirinin yaranması **kogeziya** adlanır.

Eyni tərkibə malik bərk maddə hissəciklərinin havada və yaxud maye daxilində bir-birinə yapışması **autogeziya** adlanır. Buna misal olaraq gruntla eyni tərkibə malik olan toz halında fraksiyaların onun səthinə yapışmasını göstərmək olar.

Gruntla qarşılıqlı təsirdə olan müxtəlif alətlərə səthdən gruntun yapışması **yapışqanlıq** adlanır. Bu xüsusiyyət yüksək

dispersliyə malik gilli, torflu, lös və lösvari və s. qrunqlar üçün xarakterikdir.

Qruntların adgeziyası. Müxtəlif mayelərin qruntu təşkil edən mineralların səthi vasitəsi ilə adgeziyası qruntların texniki meliorasiyası, onların islanması, kapilyarlıq xassəsinin yaranması və s. zamanı xüsusi ilə diqqəti cəlb edir. Alətlərin xarici səthinə qrunnun bərk hissəciklərinin adgeziyası dağ-mədən və torpaq işlərini həyata keçirən mexanizmlərin işçi orqanları və nəqliyyat vasitələri üçün əlavə çətinliklər yaradır. Qrunn boşluqlarının su ilə nəql olunan hissəciklərlə tutulmasında da adgeziyanın təsiri böyükdür.

Qrunn hissəciklərinin adgeziyası həmin hissəciyi yapışdığı səthdən qoparmaq üçün tələb olunan qüvvə ilə ölçülür. Adgeziya da adsorbsiya kimi sistemin sərbəst səth enerjisinin azalması hesabına baş verir. Qrunn hissəciklərinin adgeziyasının səbəbi molekulyar cəzətmə, Kulon təsir qüvvələri və s. ola bilər.

Kolmatasiya prosesinin gedişinə də adgeziya təsir göstərir. Belə ki qrunnun əlaqəli məsamələri ilə hərəkət edən suların özləri ilə nəql etdirdiyi daha kiçik ölçülü hissəciklər, molekulyar qüvvələr hesabına böyük ölçülü qrunn hissəciklərinin səthinə yapışaraq adgeziya edir. Bu zaman ölçüsü qrunnun əlaqəli məsamələrinin, boşluqlarının ölçüsündən böyük olan hissəciklər boşluqdan keçə bilmədiyindən, hərəkəti məhdudlaşaraq toplanır, «mexaniki udulma» baş verir. Ona görə də, kolmatasiyanın baş vermə mexanizmi kompleks xarakter daşıyır.

Kolmatasiya zamanı xırda hissəciklərin adgeziyası adsorbsiya mərkəzlərinin aktivliyinə müvafiq olaraq baş verir. Qrunn hissəciyinin səthində adsorbsiya mərkəzləri həmin xırda hissəciklərlə «doyduqda» adgeziya prosesi dayanır. Bu zaman həmin hissəciklərin qrunn məsamələrində su vasitəsi ilə sərbəst hərəkəti üçün şərait yaranır.

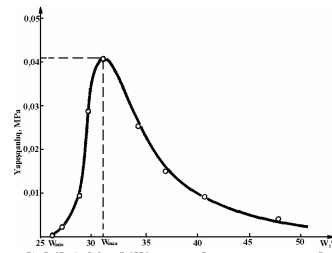
Qruntların yapışqanlıq. Yapışqanlıq dedikdə, qruntların müxtəlif mexanizmlərə və cisimlərə işlənmə zamanı yapışma qabiliyyəti nəzərdə tutulur. Yapışqanlıq qrunnun təşkiledicilərinin əlaqəli və keçid vəziyyətinin suları vasitəsi ilə xarici predmetlə qarşılıqlı əlaqəsinin təzahürüdür. Belə ki qrunn daxilində iştirak edən əlaqəli və keçid vəziyyətində olan sular bir tərəfdən qrunn hissəcikləri ilə, digər tərəfdən isə qrunnla təmasda olan bərk maddənin səthi ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Bu qarşılıqlı təsir maye

daxilində kogeziya, təmasda olan qrunut hissəcikləri arasında autogeziya şəklində baş verməklə kompleks tiplidir və adgeziyaya yaxındır.

Qrunutların yapışqanlığı onların mineral və kimyəvi tərkibindən, dispersliyindən, nəmliyindən, mübadilə kationlarının tərkibindən, məsamə məhlulunun konsentrasiyasından və tərkibindən asılıdır.

Bu xüsusiyyət **başlanğıc yapışma nəmliyi (W_b)**, **maksimal yapışma nəmliyi (W_m)** və **maksimal yapışma (L_m) göstəricisi** ilə xarakterizə olunur. Maksimal yapışmanın qiyməti təzyiq vahidi ilə ifadə olunur (MPa, kQ/sm^2 , N/sm^2).

Qrunutun nəmliyindən asılı olaraq onun yapışqanlıq qabiliyyəti dəyişir (şəkil 1.20).



Şəkil 1.20. Gilli qrunutların yapışqanlıqının nəmlikdən asılılığı.

Qrunutun şişməsi. Gilli qrunutlar (xüsusi ilə montmorillonit gil tərkibli qrunutlar) su ilə islandıqda öz həcmələrini artırır. *Qrunutların su ilə islandıqda öz həcmələrini artırmaları şişmə adlanır.*

Gilli qrunutların şişmə prosesi gil minerallarının su və su məhlulları ilə qarşılıqlı təsiri zamanı gedən fiziki-kimyəvi proses olub, qrunutun nəmliyinin və həcmnin artmasına, şişmə təzyiqinin yaranmasına səbəb olur.

Gillərin su ilə qarşılıqlı təsirdə şişməsinin səbəbini B.V.Deryagin nazik su təbəqəsinin qrunutun hissəcikləri və kristallik strukturun təbəqələri arasında yaratdığı «pazlayıcı» təzyiqlə izah etmişdir.

Şişmə prosesi K.Norrişə görə iki mərhələdə-**adsorbsiya** (və yaxud «daxili kristallik») və **makroskopik** (və yaxud «osmotik») şişmə mərhələsində baş verir.

Birinci mərhələdə adsorbsiya qüvvələrinin təsiri ilə suyun adsorbsiyası baş verir və maksimal hiqroskopik nəmliyə yaxın (yəni məsamələrdə olan su buxarının təzyiqinin doymuş buxarın təzyiqinə nisbəti- $P/P_s \approx 0,9$ olduqda) nəmlikdə başa çatır. Bu mərhələdə qrunutun nəmlənmə həddi məsamələrin həcminə yaxın olur və qrunutda həcm artımı baş vermir.

İkinci mərhələ «osmotik» qüvvələrin təsiri altında nəmliyin udulması şəklində baş verir. Qrunutun həcm artımı bu mərhələdə

yarandır və nəmliyin qruntda bərabər paylanması istiqamətində dəyişikliklə müşayiət olunur.

Gilli qruntların şişməsinə təsir edən amilləri Y.M.Sergeyev 3 qrupa bölmüşdür:

- 1) qrunnun bərk hissəciklərinin tərkibi və strukturu;
- 2) gillə qarşılıqlı təsirdə olan məhlulun kimyəvi tərkibi;
- 3) xarici amillər (təzyiq, temperatur və s.).

Dərslərin əvvəllərində verilmiş və qrunnun hidrofilliyinə təsir edən amillər əsasən şişmə prosesinə də təsir göstərirlər.

Qruntların şişmə qabiliyyəti **şişmə səviyyəsi** və yaxud **şişmə deformasiyası, şişmə nəmliyi** və **şişmə təzyiqi** ilə xarakterizə olunur.

Qrunnun şişmə deformasiyası onun həcmnin, kütləsinin və yaxud hündürlüyünün dəyişməsi ilə müəyyən olunur və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$R_v = \frac{V_s - V_b}{V_b} \cdot 100\%; \quad R_g = \frac{g_s - g_b}{V_b \cdot \rho_{su}} \cdot 100\%;$$

$$R_h = \frac{h_s - h_b}{h_b} \cdot 100\%, \quad (1.90)$$

burada R_v , R_g , R_h - qrunnun müvafiq olaraq həcminə, kütləsinə və hündürlüyünə görə şişmə deformasiyası, %; V_b və V_s - müvafiq olaraq qrunn nümunəsinin başlanğıc və son həcmi, sm^3 ; g_b və g_s - müvafiq olaraq qrunn nümunəsinin başlanğıc və son kütləsi, q; h_b və h_s -müvafiq olaraq qrunn nümunəsinin başlanğıc və son hündürlüyü, mm; ρ_{su} -suyun sıxlığı, q/sm^3 .

Qrunnun şişmə nəmliyi şişmə prosesinin sonunda onun nəmlənmə həddini ifadə edir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$W_s = \frac{g_s - g_q}{g_q} \cdot 100\%, \quad (1.91)$$

burada W_s -qrunnun şişmə nəmliyi, %; g_s və g_q -müvafiq olaraq qrunn nümunəsinin şişmə prosesinin sonunda və mütləq quru halda kütləsi, q.

Şişmə təzyiqi-xarici təzyiqin elə bir həddi qiymətinə bərabərdir ki, həmin təzyiq altında qrunn su ilə islandıqda şişmir.

Sərbəst şişmə PNQ cihazında, şişmə təzyiqi isə adətən odometrə təyin edilir. Dövlət standartına görə nisbi şişmə - $\delta_s \geq 0,04$ olan qruntlar şişən qruntlar adlanırlar və nisbi şişmə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\delta_s = \frac{h_{s,s} - h}{h}, \quad (1.92)$$

burada $h_{s,s}$ -qrunt nümunəsinin yana genişlənmə olmadıqda, sərbəst şişməsinin sonunda hündürlüyü, mm; h -qrunt nümunəsinin təbii nəmlikdə hündürlüyü, mm.

Quntların sukeçiriciliyi. Bu xüsusiyyət quntların müəyyən təzyiqlər fərqi (basqıda) suyu özündən keçirməsi xüsusiyyətini ifadə edir və əsas xarakteristikası su süzülmə əmsalıdır. Müxtəlif praktiki məsələlərin həlli zamanı qruntda su süzülmə əmsalının qiyməti məlum olmalıdır. Quntların sukeçiricilik xüsusiyyətləri haqqında dərsliyin 1.6.3.1 başlıqlı hissəsində məlumat verilmişdir.

Çağıllarda, qumlarda, digər əlaqəsiz qruntlarda sukeçiricilik xüsusiyyəti yüksək olur. Gilli qruntlarda isə sukeçiricilik xüsusiyyəti qruntda tərkibində iştirak edən gil minerallarının tərkibindən, onların fiziki vəziyyətindən və s. asılıdır və kiçik basqıda çox vaxt sukeçiricilik çox zəif olur.

Qruntlarda su süzülmə əmsalı çöl və laboratoriya şəraitində strukturu pozulmamış və strukturu pozulmuş nümunələrdə təyin edilə bilər.

Su süzülmə əmsalının təyini. Su süzülmə əmsalı vahid basqı qradientində süzülmə sürətinə bərabərdir. Laboratoriya şəraitində qruntlarda su süzülmə əmsalını təyin etmək üçün çoxlu cihazlar mövcuddur.

Qumlu-gilli qruntlarda su süzülmə əmsalını təyin etmək üçün mövcud olan K-01 cihazı vasitəsi ilə 0,1-1,0 hüdudunda dəyişə bilən basqı qradientində, qərarlaşmış axın rejimində su süzülmə əmsalı təyin edilə bilər. Bu cihaz əsasən qumlu qruntlarda su süzülmə əmsalının təyində istifadə edilir.

Darsi qanununa əsasən süzülmə əmsalı aşağıdakı dsturla hesablanır:

$$K_s = \frac{Q \cdot 864}{T \cdot F \cdot r \cdot J}, \quad (1.93)$$

burada K_s -qrunt da su süzülmə əmsalı, m/sut; Q -qrunt dan süzülən suyun həcmi, sm^3 ; T -süzülmə müddəti, san; F -nümunənin en kəsik sahəsi, sm^2 ; $J = \frac{H}{L}$ -təzyiq qradienti (H - basqılar fərqi, L -süzülmə yolunun-nümunənin uzunluğu, sm); 864-sm/san-dən m/sut-ya keçid; r -suyun temperaturuna görə düzəliş.

Süzülmə əmsalı dəyişən basqıda və qərarlaşmamış axın rejimində də təyin edilə bilər. Bunun üçün PV-2 və F-1M cihazları mövcuddur. Bu cihazlar vasitəsi ilə əlaqəli qruntlarda süzülmə əmsalını təyin etmək olar.

Gillərdə çox vaxt sukeçiricilik kiçik basqı qradiyentində çox zəif olur və başlanğıc basqı qradiyentinədək süzülmə baş vermir. Başlanğıc basqı qradiyentindən böyük basqı qradiyentində isə süzülmə Darsi qanununa tabe olur.

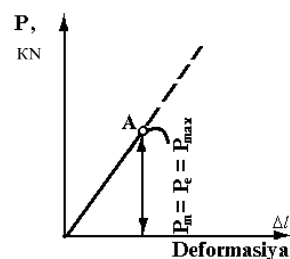
1.8.2.QRUNTLARIN MEXANİKİ XASSƏ GÖSTƏRİCİLƏRİ

1.8.2.1.QAYAVARI VƏ YARIMQAYAVARI QRUNTLARIN MEXANİKİ XASSƏLƏRİ

Ümumi anlayış. Xarici qüvvənin təsiri altında qrunnun dağılmaya və deformasiyaya qarşı müqaviməti, onun reaksiyası (davranışı) ilə xarakterizə olunan xassələri mexaniki xassələrdir. Müəyyən şəraitdə və həddə qədər dağılma baş vermədən müvafiq xarici yükün təsirinə davam gətirmək xassəsi qrunnun **möhkəmliyi**, xarici yükün təsiri ilə öz həcmi və ilkin formasını dəyişməsi xassəsi isə onun **deformasiyası** adlanır. Yəni qrunnun mexaniki xassələri onun möhkəmlik və deformasiya göstəriciləri ilə ifadə olunur və qiymətləndirilir.

Möhkəmlik. Qayavari və yarımqayavari qruntların möhkəmliyini onların sıxılmaya (eyni ilə dartılma), kəsilməyə və bəzən əyilməyə qarşı müvəqqəti müqaviməti ilə qiymətləndirmək və ifadə etmək qəbul olunmuşdur.

Qayavari qruntların sıxılmaya (eyni ilə dartılmaya) qarşı müqavimətinin təyini üzrə aparılmış sınağın nəticələrinin tipik diaqramı şəkil 1.21-də təsvir edilmişdir. Xarici yükü müəyyən həddə qədər artırıqda (qrafikdə A nöqtəsində) təsir edən yükə asılı olaraq deformasiya xətti dəyişir. Qrafikin A nöqtəsində qrunnun deformasiyası elastiki xarakter daşıyır. A nöqtəsi diaqramın düzxətli hissəsinin son nöqtəsi olub, deformasiya ilə gərginlik arasında düzxətli asılılıq saxlanılan maksimal yükə (P_m) uyğundur. Həmin yükün



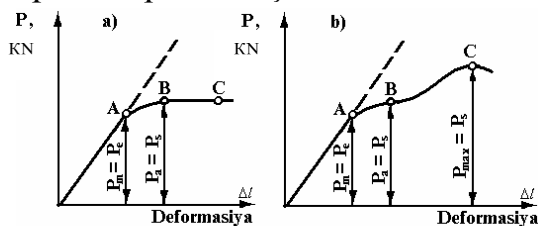
Şəkil 1.21. Qayavari qrunnun sıxılmaya qarşı müqaviməti üzrə sınağın nəticəsinin diaqramı.

nümunənin başlanğıc en kəsik sahəsinə (F_0) nisbəti mütənəsiblik həddi (R_m , MPa) ilə xarakterizə edilir.

$$R_m = \frac{P_m}{F_0}, \quad (1.94)$$

Xarici yükün qiyməti mütənasiblik həddindən çox (A nöqtəsindən sonrakı qiymətlərində) olduqda qayavari qrunut bütövlüyünü itirərək kövrək şəkildə dağılmağa başlayır.

Qayavari qruntlarda adi şəraitdə mütənasiblik həddi elastiklik həddinə (R_e) və sıxılmaya (dartılma zamanı isə dartılmaya) qarşı müvəqqəti müqavimət həddinə (R_s) bərabərdir. Yəni $R_m=R_e=R_s$. Yarımqayavari qruntlar (qumdaşı və gilli sementli alevrolitlər, gilli şistlər, argillitlər, gilli əhəngdaşı, dolomit, mergel və digərləri) qayavari qruntlardan möhkəmliklərinin və deformasiyaya qarşı müqavimətlərinin aşağı olması ilə fərqlənirlər. Onlar fiziki vəziyyətinə və xassələrinə görə müxtəlif olub, bəzən qayavari qruntlara yaxın xüsusiyyətli, əsasən xarici yükün təsiri altında müəyyən həddədək (nisbətən kiçik) elastiki, mütənasiblik həddindən böyük yük altında isə özlü-elastik və yaxud qalıq-plastik deformasiyalı olurlar. Tipik diaqramları şəkil 1.22-də təsvir edilmişdir. Mütənasiblik həddindən sonra yükün artımı deformasiya ilə gərginlik (təzyiq) arasında asılılığın qeyri-xətti xarakter almasına səbəb olur.



Şəkil 1.22. Yarımqayavari quntların sıxılmaya qarşı müqaviməti üzrə sınağın nəticələri diaqramı. a)-möhkəmlənməyən quntlar; b)-möhkəmlənən quntlar.

Belə ki deformasiya gərginliyə nisbətən sürətlə artır və qrunut nümunəsinin formasının dəyişikliyi dönməyən xarakter alır. Plastik deformasiya çox vaxt xarici yük artmadan plastik axın xarakteri kəsb edir. Bu P_a yükündən sonra, xarici yük artmadan baş verir və həmin asılılığın diaqramında BC hissəsinə uyğundur (şəkil 1.22, a). Bu halda müəyyən anadək qrunutun həcmi və bütövlüyü pozulmur. Həmin vəziyyətin yaranmasına səbəb olan yükün (P_a) nümunənin başlanğıc en kəsiyinə (F_0) nisbəti axıcılıq həddi (R_a , MPa) adlanır, yəni

$$R_a = \frac{P_a}{F_0}. \quad (1.95)$$

Beləliklə, *axıcılıq həddi qrunnun elə bir gərginlik həddinə uyğundur ki, həmin gərginlik plastik axının başlanmasına səbəb olur.*

Yarımqayavari qruntların çoxunda plastik deformasiya xarici yükün xeyli artırılmasından sonra baş verir. Belə ki sonradan əmələ gələn möhkəmlənmə ilə əlaqədar qruntda deformasiyanın əksinə yönələn daxili qüvvələr yarandığına görə, plastik axının baş verməsi üçün lazım gələn xarici yükün miqdarı artır (şəkil 1.22, b). Qruntda sonradan yaranan möhkəmlənmənin maksimal həddi ($P_{\max}$) qrunnun sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimətini-onun möhkəmliyini xarakterizə edir və $P_{\max}$ -nin qrunn nümunəsinin başlanğıc en kəsik sahəsinə (F_0) nisbəti qrunnun sıxılmaya qarşı möhkəmlik həddi (R_s , MPa) adlanır.

$$R_s = \frac{P_{\max}}{F_0}. \quad (1.96)$$

Buna müvafiq olaraq qrunnun dartılmaya (R_d), kəsilməyə (R_k) və əyilməyə (R_a) qarşı möhkəmlik həddi də təyin edilə bilər.

Yarımqayavari qruntlarda plastik deformasiya və kəsilmə (qəlpələnmə) əksər hallarda çatlar üzrə, əyri səthlə baş verir və qrunn kövrək-plastik xarakterli dağılmaya məruz qalır.

Yarımqayavari qruntların sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimətləri möhkəm olanlarda $15 \div 50$ MPa, orta möhkəmliyə malik olanlarda $2,5 \div 15$ MPa, zəif möhkəmliyə malik olanlarda isə $< 2,5$ MPa həddində dəyişir. Qəlpələnməyə qarşı müqavimətləri möhkəmlərdə adətən > 5 MPa, orta möhkəmliklilərdə $1 \div 5$ MPa, zəiflərdə < 1 MPa olur. Kəsilməyə qarşı müqavimətləri ≤ 1 MPa olur.

Beləliklə, yarımqayavari qruntların deformasiyası zamanı **elastiklik (mütənasiblik), axıcılıq və möhkəmlik hədləri** müəyyən edilə bilər.

Qayavari və yarımqayavari qruntların bəzi əlavə fiziki-mexaniki xassələri də vardır ki, praktikada müxtəlif səciyyəvi mühəndislik işlərinin aparılması zamanı tez-tez istifadə edilir. Bunlara qüvvə təsirindən **parçalanmaya qarşı davamlılıq (krepost), bərklik, cilalanma, işlənilmə, qazılma, partladılma, kəsilməyə qarşı müqavimət, xırdalanma, şaxtayadavamlılıq** və sair xarakteristikaları göstərmək olar.

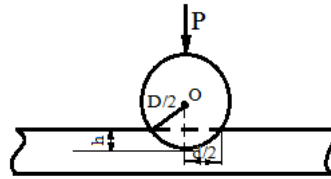
Bərklik. *Qüvvə təsiri altında bir cismin digər cismə daxil olmasına qarşı onun göstərdiyi müqavimət bərklik adlandırılır.*

Materiallar müqavimətində bərkliyin təyində Birinell ədədindən istifadə olunur. Bu müəyyən diametrə malik olan tavırlanmış polad kürənin müəyyən qüvvə (P) altında bərkliyi tədqiq olunan materiala sıxılması (şəkil 1.23) zamanı onda yaranan izə görə təyin olunur.

$$H_{\text{bark}} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}; \quad h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}, \quad (1.97)$$

burada h-kürənin materiala batma dərinliyi; D-kürənin diametri; d-material üzərində kürənin yaratdığı izin çevrəsinin diametridir.

Buna müvafiq olaraq almazdan hazırlanmış piramidanın ПМТ-3 cihazında süxur səthinə sıxılması ilə onun mikrobərkliyinin təyini



Şəkil 1.23. Bərkliyin təyini sxemi

M.M.Xruşev və Y.S.Berkoviç tərəfindən təklif olunmuşdur. Beləliklə, Moos şkalası M.M.Xruşev tərəfindən 15-dək artırılmışdır. Bərklik L.A.Şreynerin təklif etdiyi və cilalanmış qrunut səthinə şampın sıxılması ilə qrunutun parçalanmasına görə də təyin edilə bilər. Ümumiyyətlə, aqreqat bərkliyinin təyini üzrə çoxlu metodlar mövcuddur.

Aqreqat bərkliyinin (L.A.Şreynerə görə) təyini üçün tez-tez təmas möhkəmliyindən istifadə edilir. Qrunutun işlənilməmiş təbii səthinə şampın basılması (A.N.Skoçinski adına İQD metodu) yolu ilə təyin edilir.

Aqreqat bərkliyi və təmas möhkəmliyi göstəriciləri dağ və qazıma alətlərinin seçilməsi zamanı istifadə olunurlar. Qayavari və yarımqayavari qruntların bəzi tipləri üçün həmin göstəricilərin qiymətləri MPa (meqapaskalla) ilə aşağıdakı kimidir:

-qumdaşılarda: xırdadənəliyədə 8,2-16,6; iridənəliyədə 6,35; dəmirliyədə 3,54; misliyədə 18,2;

-şistliyədə: qumlularda 4,1-8,0; gilliliyədə 3,9-6,8; fillitliyədə 3,2; serisitliyədə 6,6;

-əhəngdaşında 2,9-4,4;

-dolomitləşmiş əhəngdaşında 8,6;

-mərmerdə 10,6;

-dioritdə 13,8;

-qranitdə 23,9;

-piroksenitdə 24,9;

-kvarsitdə 29,0.

Parçalanmaya qarşı davamlılıq xarici dağıdıcı qüvvənin təsirinə qarşı qrunnun müqavimətini ifadə edir. Əsasən M.M.Protodyakonovun təsnifatından istifadə edilir. Həmin təsnifata görə qruntlar 10 kateqoriyaya bölünmüşlər və hər bir kateqoriya üçün davamlılıq əmsali müəyyən edilmişdir. Həmin əmsal qrunnun sıxılmaya qarşı müqavimətini, işlənməsini, qazılmasını, parçalanma üçün sərf edilən partlayıcının miqdarını, qruntların dayanıqlılığını və yeraltı qazmaların bərkidilməsi təzyiqini xarakterizə edir.

Bu əmsal qrunnun petroqrafik tərkibindən və fiziki vəziyyətindən (çatlılıq səviyyəsi, aşınma, nəmlik, möhkəmlik və s.) asılıdır və çox vaxt qrunnun sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimətinə (R_s) görə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$f_{kr} = \frac{R_s}{100}. \quad (1.98)$$

L.İ.Barona görə həmin əmsal daha dəqiq aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$f_{kr} = \frac{R_s}{300} + \sqrt{\frac{R_s}{30}}. \quad (1.99)$$

M.M.Protodyakonovun təsnifatına görə daha davamlı (I kateqoriya) qruntlarda $f_{kr}=20$, onuncu (X) kateqoriyalı qruntlarda isə $f_{kr}=0,1 \div 0,3$ -ə bərabərdir.

Sürtülərək və köhnələrək yonulma (yeyilmə) və cilalayıcılıq qruntların biləvasitə möhkəmlik göstəriciləridir. Qayavari və yarımqayavari qruntlar əsasən yol yatağında tökmə qrunn qatı kimi istifadə edildikdə həmin göstəricilər tətbiq olunur.

Sürtülərək yonulma standart fırlanan sahədə yerləşdirilmiş qrunnun cilalayıcı materialın (müvafiq irilikli kvars qumu və ya yonucunun) təsirindən 30-35 m/dəq sürət ilə 1000 m məsafə qət edənədək fırladılarkən yonulmasına (yeyilməsinə) görə təyin edilir. Qrunnun itirdiyi kütləyə və həcmə dəyişməsinə görə yonulma hesablanır. Yonulma işlənen qrunnun vahid səthindən yonulan qrunn kütləsi və həcmə görə təyin edilir. Misal üçün yolların layihələndirilməsi zamanı sürtülmədən yonulma hərəkət intensiv olduğu hissələrdə $\leq 0,4$ q/sm², zəif olduğu hissələrdə isə ≤ 2 q/sm²

olmalıdır. Sürtülərək yonulması $> 2 \text{ q/sm}^2$ olan qruntlar zəif hesab olunurlar.

Köhnələrək yonulma (yeyilmə) qayavari və yarımqayavari qruntlardan hazırlanmış çinqilin möhkəmliyini xarakterizə edir və Deval barabanı vasitəsi ilə təyin olunur. Sınaq üçün götürülmüş nümunədən köhnələrək yonulma 10000 dövr fırladıldıqdan sonra (ovxantı) qrunut kütləsinin 4-10 %-dən (yolun tipindən asılı olaraq) çox olmamalıdır.

Qrunutun cilalayıcılığı onun işlənməsi zamanı avadanlıq və dağ texnikasının səthinin qrunutla təmasda olarkən yonulması xüsusiyyətini xarakterizə edir. A.A.Skoçinski adına İQD tərəfindən təklif olunmuş metoda əsasən, qrunutun cilalayıcılıq qabiliyyəti karbonlu poladdan hazırlanmış küt, silindrik milin 400 dövr/dəqiqə sürətlə, 1,5 MPa ox üzrə gərginlik altında, 10 dəqiqə fırlanması zamanı qayavari qrunut tərəfindən yonulması (cilalanması) nəticəsində itirilən kütləyə (milliqramla) görə təyin edilə bilər. Həmin metoda görə təyin edilmiş cilalayıcılıq xüsusiyyətinə görə qruntlar 8 sinfə bölünürlər.

İşlənmə və köhnəlmə yonulması (yeyilmə), cilalayıcılıq qabiliyyəti qrunutun tərkibindən, möhkəmliyindən, bərkliyindən, struktur əlaqəsindən, fiziki vəziyyətindən, xarici təsirə məruz qalaraq dəyişikliyə uğrama səviyyəsindən və s. asılıdır.

Qrunutun işlənməsi müxtəlif iş prosesində qrunutun dağılmasına qarşı onun göstərdiyi müqavimətidir. Qrunutun bu xarakteristikası əsasında onun işlənmə üsulu və müvafiq texnika müəyyən edilir.

Qruntların işlənməsi sərf edilən xüsusi vaxt, enerji və yaxud işlənən qrunutun vahid həcmnin parçalanmasına işçi alətin sərfi ilə xarakterizə olunur. Müvafiq tikinti norma və qaydaları üzrə qruntların işlənməsinə görə onlar 16 kateqoriyaya bölünürlər.

İşlənən qrunutun xüsusiyyətlərinə görə təyin edilmiş kateqoriyası əsasında işlənmə texnikası müəyyənləşdirilir.

Qazılmaya qarşı müqavimət qazıma zamanı qrunutun alət və avadanlıqla parçalanmasına qarşı onun göstərdiyi nisbi müqavimət səviyyəsini xarakterizə edir. Qazılmaya qarşı müqavimət göstəricisi kimi müəyyən standart şəraitdə, 1 dəqiqə ərzində qazılan boşluğun uzunluğu (mm, sm) və yaxud 1 m uzunluğunda qazıma üçün sərf edilən zaman (qazıma sərf edilən təmiz vaxt) təyin edilir. Bu göstərici qazıma prosesinin

normalaşdırılmasına və qrunun həmin göstərici əsasında təsnifləndirilməsinə xidmət edir.

Partladılmaya qarşı qrunun müqaviməti partlayış üsulu ilə işlənməsi zamanı onun dağılmaya qarşı göstərdiyi nisbi müqavimət səviyyəsini xarakterizə edir və təbii yatımda 1 m³ qrun üçün partladıcı maddənin xüsusi sərfi və yaxud qazılan boşluğun paqon metri ilə ifadə edilir. Əsasən sərf edilən partlayıcının miqdarına görə müəyyən edilən göstəricidən istifadə olunur. İşlənməyə görə kateqoriyaları V-XVI arasında dəyişən qrunlar partlayış üsulu ilə parçalanılaraq işlənir.

Qrunun kəsilməyə qarşı müqaviməti dağ texnikası vasitəsi ilə parçalanmaya, kəsilməyə, doğranmaya qarşı müqavimətini ifadə edir. Kəsilməyə qarşı müqavimət ölçüsü kimi iş sərfi, parçalanan qrunun miqdarı və onun xırdalanma səviyyəsindən istifadə olunur.

Yumşaldılma qrunun işlənməsi ilə əlaqədar xırdalanması, yumşaldılması, ekskavatorla qazılması zamanı həcmnin artmasını ifadə edir və qrunun yumşaldıqdan sonra malik olduğu həcm (V_y) onun ilkin həcminə (V₀) nisbətində bərabər olan *yumşalma əmsali* (K_y) ilə qiymətləndirilir.

$$K_y = \frac{V_y}{V_0}. \quad (1.100)$$

Yumşaldılma qrunun tərkibindən, işlənmə şəraitindən, nəql olunmasından, bir yerə toplanma üsulundan və orada qalma müddətindən və sair amillərdən asılıdır.

Şaxtayadavamlılıq qayavari və yarımqayavari qrunların tikinti ilə əlaqəli vacib xassələrindən biri olub, mənfi temperaturda onların fiziki vəziyyət və möhkəmliklərini qoruyub saxlamasını, periodik olaraq donma və ərimə ilə əlaqədar olaraq yaranan qeyri-bərabər deformasiyaya qarşı davamlılığını ifadə edir. Qrunu təşkil edən minerallar istidən qeyri-bərabər genişlənir, donarkən isə həcmələrini qeyri-bərabər azaldırlar. Bunun təsiri ilə yaranan gərginlik və deformasiyalar müxtəlif çatların formalaşmasına, qrunun möhkəmliyinin azalmasına səbəb olur. Çatların su ilə dolması, şaxtanın təsirindən suyun həcmnin artması da qrunun möhkəmliyinin azalmasına, onun dağılmasına səbəb olur.

Şaxtayadavamlılıq birbaşa (soyuducu kamerada 15 və yaxud 25 dəfə qrunun dondurulması və əridilməsi) və biləvasitə (su ilə

doyma əmsalı və su ilə islanaraq yumşalma əmsalı) metodlarla təyin oluna bilər. Qrunt şaxtaya qarşı o zaman davamlı hesab olunur ki, periodik olaraq çoxlu dondurma və əritmə zamanı onda dağılma və deformasiyanın xarici əlamətləri yaranmasın və möhkəmliyi 20-25 %-dən çox itirilməsin.

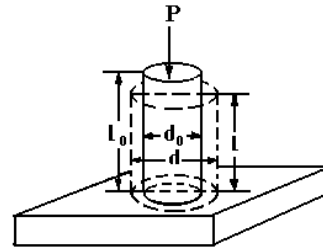
Qayavari və yarımqayavari qruntların deformasiya xüsusiyyətləri. Qayavari və yarımqayavari qruntların deformasiyasının nəzərə alınması və qiymətləndirilməsi məqsədi ilə onların aşağıdakı deformasiya xarakteristikalarını bilmək lazımdır. Həmin xarakteristikalara elastiklik modulu (Yunq modulu- E , MPa və yaxud KQ/sm^2), yana deformasiya əmsalı (Puasson əmsalı- μ), yana təzyiq əmsalı (ξ), ümumi deformasiya modulu (E_0 , MPa), hərtərəfli (həcmi) sıxılma modulu (K_h , MPa), sürüşmə modulu (G , MPa), elastiki dəfətmə əmsalı ($K_{e.d.}$, MPa) aiddirlər.

Qruntun sıxılması. Qruntların sıxılması dedikdə, xarici yükün təsirindən onun öz həcmi azaltması qabiliyyəti nəzərdə tutulur. Onların sıxılma səviyyəsi qruntların strukturundan və xüsusiyyətlərindən asılıdır. Belə ki qayavari, yarımqayavari qruntlarda sıxılma qabiliyyəti az olub, onları təşkil edən hissəciklər arasında rabitənin xarakterindən, qrunտun struktur möhkəmliyindən asılıdır.

Qruntun nisbi sıxılması. Qrunt səthinə perpendikulyar qüvvənin təsiri altında sıxılma və ya dartılma baş verdikdə, qrunտun uzunluğu müvafiq qaydada dəyişir (şəkil 1.24). $\Delta l = l - l_0$ mütləq,

$e = \frac{\Delta l}{l_0}$ nisbi sıxılma və ya uzanma

olur. Eyni zamanda qrunտun eninə ölçüləri də dəyişir və baş verən deformasiyanın mütləq və nisbi qiyməti müvafiq olaraq $\Delta d = d - d_0$ və $e_0 = \frac{\Delta d}{d_0}$ olur. Qrunտun eninə nisbi



Şəkil 1.24 . Silindrik formalı qrunտ nümunəsinin yük altında sıxılması.

deformasiyasının uzununa nisbi deformasiyasına nisbəti mütənəsiblik əmsalı-Puasson əmsalı (μ) adlanır və $\frac{e_0}{e} = -\mu$ asılılıqla ifadə olunur.

Qayavari və yarımqayavari qruntlarda $\mu=0,10\div0,40$ hüdudunda dəyişir. Onun qiyməti nə qədər çox olarsa qrunnt bir o qədər tez təsir altına düşən olur.

Mütənasiblik həddi daxilində qruntda yaranan gərginlik, nisbi deformasiya ilə düz mütənasib ($\sigma=E\cdot e$) olur. Xarici yükün təsirindən qruntda yaranan deformasiyanın kiçik qiymətlərində bu asılılıq (Huk qanunu) özünü doğruldur.

Qrunnt səthinə normal yönəlmiş təzyiqin (P) təsirindən yana təzyiq (Q) formalaşır. *Yana təzyiqin normal təzyiqə olan nisbəti yana təsir əmsalı (ξ) adlanır*, yəni $\xi = \frac{Q}{P}$ və Puasson əmsalı (μ) ilə mütənasibdir. Mütənasiblik həddi daxilində yana təsir əmsalı ilə Puasson əmsalı arasında $\xi = \frac{\mu}{1-\mu}$ asılılığı mövcuddur.

Yana təzyiq əmsalının qiyməti qayavari qruntlarda 0-0,1, yarımqayavari qruntlarda isə 0,2-0,3 hüdudunda dəyişir. Təbii yatım şəraitində qayavari və yarımqayavari qruntlar üçün ümumi deformasiya modulu (E_0) istər elastiki (E), istərsə də plastiki deformasiya (ümumi deformasiya) zamanı qrunntun xarici yükün təsiri altına düşməsinin ümumi xarakteristikasını ifadə edir. Qurğuların çökməsinin hesablanması həmin göstəricinin normal və hesabi qiymətlərindən istifadə edilir. Ümumi deformasiya modulunun normal qiyməti qruntlar üzərində aparılmış sınaqların nəticəsi əsasında və yaxud digər göstəricilər əsasında müvafiq metodika ilə hesablamaqla təyin edilir.

Müxtəlif qayavari və yarımqayavari qruntlar üçün elastiklik modulu cədvəl 1.14-də verilmişdir.

Cədvəl 1.14

Qayavari və yarımqayavari qruntlar üçün elastiklik modulu

Qruntlar	Elastiklik modulu, 10^3 MPa	Yana deformasiya əmsalı, μ
Qranit	30-68	0,15-0,30
Sienit	50-88	0,14-0,26
Qabbro	60-125	0,11-0,38
Diabaz	80-110	1,26-0,38
Bazalt	20-100	0,20-0,23
Mərmər	35-97	0,15-0,27
Kvarsit	50-85	0,13-0,26
Qranit-qneys	17-50	0,20-0,32
Dolomit	30-80	0,25-0,27
Sıx əhəngdaşı	25-75	0,25-0,33
Zəif əhəngdaşı	7-15	0,30-0,35
Mergel	15-46	0,30-0,40
Sıx qumdaşı	30-72,5	0,15-0,25
Zəif qumdaşı	6-20	0,22-0,30

Ümumi deformasiya modulu elastiklik moduluna analoji olub, deformasiyanın ümumi qiymətinin (elastiki və plastiki deformasiyalar birlikdə) gərginliklə mütənasibliyini ifadə edir, yəni yaranan gərginlik ümumi nisbi deformasiyaya mütənasib olur.

$$\sigma = E_0 \cdot \epsilon_z. \quad (1.101)$$

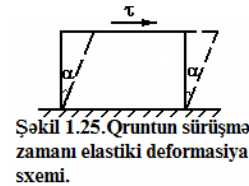
Həcmi sıxılma modulu qrunzun hərtərəfli sıxılması zamanı yaranan gərginliyin həcmnin nisbi azalmasına mütənasiblik əmsalıdır, yəni

$$\sigma_h = K_h \cdot \frac{\Delta V}{V_0}, \quad (1.102)$$

burada K_h -həcmi sıxılma modulu, MPa; σ_h -həcmi gərginlik, MPa; ΔV -qrunzun həcmnin mütləq deformasiyası, m³; V_0 -qrunzun ilkin həcmi, m³.

Həcmi sıxılma modulu qayavari və yarımqayavari qrunzlarda $40 \cdot 10^3 \div 110 \cdot 10^3$ MPa-dək dəyişir. Onun qiyməti nə qədər kiçik olarsa, qrunz bir o qədər sıxılındır.

Sürüşmə modulu (G) qrunzda yaranan toxunan (kəsici) gərginliklə sürüşmə deformasiyası arasında əlaqə göstəricisi olub, qrunza təsir edən toxunan gərginliyin (τ) sürüşmə bucağına (α) olan nisbəti ilə müəyyən olunur (şəkil 1.25).



$$G = \frac{\tau}{\alpha}. \quad (1.103)$$

Həcmi deformasiya və sürüşmə modulları ilə qrunzun əsas elastiklik xarakteristikaları arasında aşağıdakı asılılıqlar mövcuddur.

$$K_h = \frac{E}{3(1-2\mu)}; \quad G = \frac{E}{2(1+\mu)}. \quad (1.104)$$

Yeraltı qurğularda yaranan deformasiyalara qarşı qrunzun müqavimət qabiliyyəti elastiklik modulu, yana deformasiya əmsalı və yaxud elastiki dəfətmə əmsalı ilə xarakterizə edilir. Elastiki dəfətmə əmsalı təcrübi yolla yeraltı qazmalarda təyin edilir və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$K_{e.d.} = \frac{P}{\Delta S}, \quad (1.105)$$

burada $K_{e.d.}$ -qrunzun elastiki dəfətmə əmsalı, MPa; P -təcrübə seksiyasının yerdəyişməsinə müvafiq xüsusi (təcrübə qazmasında

daxili hidrostatik təzyiq) təzyiq, MPa; ΔS - təcrübə seksiyasının səthə perpendikulyar yerdəyişməsi, sm.

Elastik dəfətmə əmsalını E və μ -nün qiymətləri əsasında aşağıdakı düsturla da hesablamaq olar:

$$K_{e.d} = \frac{E}{(1 + \mu) \cdot r}, \quad (1.106)$$

burada r -yeraltı qazmanın radiusudur, m.

Qruntun elastiki dəfətmə qabiliyyəti yeraltı qazmanın ölçüləri dəyişdikcə dəyişir. Yeraltı qazmadan çıxarılan gruntun həcminə təqribən tərs mütənasibdir. Müqayisəli xarakteristika kimi **xüsusi elastiki dəfətmə əmsalından** istifadə edilir ki, o da 1 m radiuslu yeraltı qazmada gruntun elastiki dəfətmə xüsusiyyətini ifadə edir. Xüsusi elastiki dəfətmə əmsalının qiyməti az möhkəmliyə malik yarımqayavari qruntlarda 1÷5 MPa, möhkəm qayavarilərdə 100÷200 MPa, çox möhkəm qayavarilərdə isə 200÷400 MPa həddində dəyişir.

Xüsusi elastiki dəfətmə əmsalını M.M. Protodyakonova görə davamlılıq əmsalı (f_{kr}) əsasında aşağıdakı təqribi asılıqla hesablamaq olar:

$$K_{e.d} = 50 \cdot a \cdot f_{kr}, \quad (1.107)$$

burada a -qruntun çatlılıq səviyyəsini ifadə edən əmsal olub, az, orta və çox çatlı qruntlar üçün müvafiq olaraq 1,2; 1 və 0,8-ə bərabər qəbul edilir.

1.8.2.2.YUMŞAQ-ƏLAQƏSİZ, YUMŞAQ-ƏLAQƏLİ, XÜSUSİ TƏRKİBƏ, VƏZİYYƏTƏ VƏ XASSƏYƏ MALİK OLAN QRUNTLARIN MEXANİKİ XASSƏLƏRİ

Yumşaq-əlaqəsiz, yumşaq-əlaqəli, xüsusi tərkibə, vəziyyətə və xassəyə malik olan qruntların möhkəmlik xassələri onların sıxılmaya, kəsilməyə və deformasiyaya qarşı müqavimətləri ilə ifadə olunur və qiymətləndirilir.

Qruntun nisbi sıxılması. Yumşaq-əlaqəsiz, yumşaq-əlaqəli və xüsusi tərkibə, vəziyyətə və xüsusiyyətə malik olan qruntlarda deformasiya xüsusiyyətləri qayavari və yarımqayavari qruntların deformasiya xüsusiyyətlərindən kəskin şəkildə fərqlənirlər.

Yalnız mütənasiblik həddi daxilində qruntda yaranan gərginlik nisbi deformasiya ilə düz mütənasib ($\sigma = E \cdot e$) olur. Xarici

yükün təsirindən qruntda yaranan deformasiyanın kiçik qiymətlərində bu asılılıq (Huk qanunu) özünü doğruldur.

Mütənasiblik həddi daxilində yana təsir əmsalı ilə Puasson əmsalı arasında $\xi = \frac{\mu}{1-\mu}$ asılılığı da özünü doğruldur.

Yumşaq-əlaqəsiz, yumşaq-əlaqəli qruntların sıxılmaya qarşı müqaviməti odometr cihazında təyin olunduqda, onların yana genişlənməsi məhdudlaşdırılır. Yalnız bir ox istiqamətində sıxılması tədqiq olunur. Bu zaman təyin edilmiş mexaniki xassə göstəriciləri onların təbiətdə malik olduqları göstəricilərdən fərqli olur. Ona görə də, kompressiya cihazında alınmış elastiklik modulu təbiətdə qrunnun malik olduğu elastiklik modulundan aşağıdakı kimi fərqlənir.

$$E_k = \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)} \cdot E = \frac{E}{\beta}, \quad (1.108)$$

burada $\beta = \frac{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)}{(1-\mu)}$ təbii şəraiti nəzərə alan əmsaldır və

gillər üçün 0,43, gilçələr üçün 0,57, qumcalar üçün 0,72, qumlar üçün 0,76 qəbul edilir. Müvafiq tikinti norma və qaydalarına əsasən isə qrunnun konsistensiyasına əsasən qəbul edilir və yaxud təyin edilir. Əgər yana təzyiq əmsalı düzgün (ξ) təyin olunmayıbsa, o $\xi = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ düsturu ilə hesablanıla bilər;

Qruntların ümumi deformasiya modulu (E_0) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$E_0 = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{e_2 - e_1} = \frac{1 + \varepsilon_0}{a} \cdot \beta, \quad (1.109)$$

burada $a = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sigma_2 - \sigma_1}$ – qrunnun sıxlaşma əmsalı, MPa^{-1} ; β – təbii şəraiti

nəzərə alan əmsal; ε_0 – qrunnun ilkin məsaməlilik əmsalıdır. σ_1 və σ_2 – müvafiq olaraq gərginliyin kiçik və böyük qiyməti, MPa ; ε_1 və ε_2 – müvafiq olaraq σ_1 və σ_2 gərginliklərinə uyğun məsaməlilik əmsalları.

Qurğu əsaslarında qruntlar fəza gərginlikli vəziyyətdə (düzbucaqlı Dekart koordinat sistemində üç koordinat oxu istiqamətində gərginlikli vəziyyətdə), yəni üçoxlu sıxılma (hərtərəfli) vəziyyətində olurlar. Bu zaman qrunn massivində yaranan gərginliyin kiçik qiymətlərində, nisbi deformasiya ilə

gərginlik arasında olan asılılığın xətti olduğu, yəni Huk qanununa tabe olduğu qəbul edilir. Bu halda nisbi deformasiya aşağıdakı asılılıqla ifadə olunur.

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \frac{1}{E} [\sigma_1 - \mu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)] \\ e_2 &= \frac{1}{E} [\sigma_2 - \mu \cdot (\sigma_1 + \sigma_3)] \\ e_3 &= \frac{1}{E} [\sigma_3 - \mu \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)] \end{aligned} \right\} \quad (1.110)$$

burada e_1, e_2, e_3 , - düzbucaqlı Dekard koordinat sistemində müvafiq koordinat oxları istiqamətində nisbi deformasiyalar; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ –müvafiq koordinat oxları istiqamətində baş gərginliklər; μ -Puasson əmsalı; E -qruntlar üçün elastiklik modulu (Yunq modulu).

Yumşaq-əlaqəsiz qruntların sıxlaşma qabiliyyəti onların mineraloji və qranulometrik tərkibindən, təbii şəraitdə malik olduqları sıxlaşma həddindən, onları təşkil edən hissəciklərin bir-birinə nisbətən yerləşmə vəziyyətindən asılıdır. Bu qruntların sıxlaşması onların nəmliyindən asılı olmayaraq çox tez baş verir.

Gilli qruntların sıxılması onların mineraloji və qranulometrik tərkibindən, disperslik səviyyəsindən, uducu kompleksin mübadilə ionlarının tərkibindən, məsaməliliyindən və sıxılma şəraitindən asılıdır. Gilli qruntların dispersliyi, hidrofilliyi artdıqca onların şişmə və yük altında sıxılma qabiliyyəti də artır. Bu qruntlar arasında daha çox hidrofillik natrium-montmorillonit gillərinə məxsusdur. Montmorillonit gillərinin uducu kompleksində birvalentli kationlar iki valentli kationlarla (misal olaraq Na^+ kationu Ca^{++} kationu ilə əvəz olunduqda) əvəz olunduqda, onların şişmə və sıxılma qabiliyyəti azalır.

Gilli qruntların sıxılması zamanı başqa qruntlardan fərqli xüsusiyyətlər təzahür edir ki, onların formalaşmasında mineral hissəciklərinin səthində olan müxtəlif təbiətli rabitəyə malik su təbəqəsinin təsiri çox böyükdür. Xarici yükün təsiri ilə qruntların sıxılması zamanı qrunտ səthinə düşən yükün bir hissəsi məsamələrdə və hissəcik səthində toplanmış sulara ötürülür. Bu qruntları təşkil edən mineral hissəciklərinin səthləri ilə su molekulları arasında gedən mürəkkəb fiziki-kimyəvi proses nəticəsində müvafiq qarşılıqlı təsir qüvvəsi yarandığından, onlarda sıxlaşma prosesi çox zəif gedir.

Gilli qruntların yük altında sıxılması təbii strukturun vəziyyətindən də asılıdır. Belə ki eyni qrunnun strukturunu pozulmuş halda sıxlaşması strukturunu pozulmamış vəziyyətdə sıxlaşmasından kəskin şəkildə fərqlənir. Başlanğıc məsaməlilik əmsalına, nəmliyə və eyni su tərkibinə malik gilli qruntların sıxılması və şişmə qabiliyyəti pozulmuş strukturlu nümunələrdə pozulmamış strukturlulara nisbətən çox olur. Bu qruntların sıxlaşmasına yükün artım miqdarı və sürəti də təsir göstərir. Onların sıxlaşmasında məsamələrdə olan suların qrunnt daxilindən süzülərək xaric olması böyük təsir göstərir. Suyun sıxılma xüsusiyyəti çox az olduğundan, qrunnt daxilində iştirak edən sular onun sıxlaşmasına mane olur. Ona görə də, gilli qruntların sıxlaşma sürəti onların nəmliyindən və qrunnt layının qalınlığından asılıdır.

Su ilə doymuş gilli qruntların sıxlaşma sürəti qrunnt məsamələrindən sıxışdırılaraq çıxarılan suyun süzülmə sürətindən asılıdır. Bu qruntlarda məsaməlilik əmsalının böyük olmasına baxmayaraq, suların süzülmə sürəti, eyni zamanda qruntlarda süzülmə əmsalı çox kiçik olur. Qrunnt məsamələri suların hərəkəti üçün əlverişli olmur, yəni həmin məsamələr ya qapalı olur, ya da hissəcik səthi ilə məsaməli mühit məhlulu arasında yaranmış ikiqat-elektrik təbəqəsi ilə tutulmuş olur. Bu isə suların hərəkəti yolunda müvafiq şəkildə müqavimət yaratmış olur.

Gilli qruntların sıxlaşması, süzülmə əmsalının kiçik, həmin qrunnt layının qalınlığının isə böyük olması zamanı xarici yükün təsiri altında uzun müddət davam edir. Bu halda sıxlaşma prosesi qrunnt hissəciklərinin bir-birinə tam yaxınlaşması, məsamələrdə olan su üzərinə düşən təzyiqin suyun kənarlaşdırılmasından sonra tam olaraq qrunnt skeleti üzərinə ötürülməsinə və tarazlıq vəziyyəti yaranana qədər davam edir.

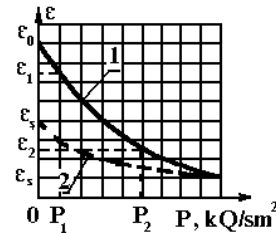
Əgər gilli qrunnt üç fazlı sistem əmələ gətirərsə, yəni onun tərkibində qrunnt skeleti daxilindəki məsamələrdə su molekulları ilə birlikdə hava qabarcıqları da iştirak edərsə, o zaman sıxlaşma prosesinə onlar da təsir edirlər. Sıxılma zamanı hava qabarcıqları sərbəst şəkildə qrunnt daxilindən kənarlaşdıqda, sıxlaşma (əks halda nəzərən) sürətlə baş verir, sukeçiricilikdən asılı olmur. Sıxlaşma prosesi xarici yükün qrunnt hissəcikləri səthində toplanmış hidrat təbəqəsinə ötürülərək davam edir.

Qruntların 4-7 KQ/sm² təzyiq altında sıxılması zamanı müəyyən olunmuşdur ki, təzyiqin hər bir qiymətinə qrunun məsaməlilik əmsalının və nəmliyinin müəyyən bir qiyməti uyğun gəlir. Bu ilkin olaraq N.M.Gersevanov tərəfindən müəyyən edilmişdir və **nəmlilik tutumu prinsipi** adlandırılmışdır. Həmin prinsipə görə, qrunun massivinin istənilən nöqtəsində baş gərginliklərin cəmi həmin nöqtədə qrunun məsaməlilik əmsalının dəyişməsinə müəyyən edir.

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_i + \frac{a}{1+(r-1) \cdot \xi} \cdot (1+2\xi) \cdot P = \varepsilon_i + \frac{a}{1+(r-1) \cdot \xi} \cdot \Theta, \quad (1.111)$$

burada a -sıxılma əmsalı; ε_i - P_i təzyiqinə uyğun məsaməlilik əmsalı; ε_0 - başlanğıc məsaməlilik əmsalı; r - ölçülərin sayı - qrunun biroxlu gərginlikli vəziyyətində 1-ə, müstəvi gərginlikli vəziyyətində 2-yə, fəza gərginlikli vəziyyətində isə 3-ə bərabərdir; ξ - yana təsir əmsalı; P -təzyiq; $\Theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$ - baş gərginliklərin cəmi.

Sıxılma zamanı qruna təsir edən şaquli yük ilə qrunun məsaməlilik əmsalı arasında qrafiki asılılıq qurulur. Bunun üçün absis oxunda şaquli təzyiq, ordinat oxunda isə məsaməlilik əmsalı qeyd edilir (şəkil 1.26).



Şəkil 1.26. Qrunun kompressiya sınağı nəticələrinin qrafiki təsviri. 1-sıxılma əyrisi; 2-sişmə əyrisi.

Qruntların yük altında sıxılması kompressiya və sıxılma şəklində təyin edilir. Kompresiya zamanı qrunun yana genişlənməsi məhdudlaşdırılır və şaquli yönəlmiş yük altında qrun bir oxlu sıxılır. Sıxılma zamanı isə qrun ya yana genişlənmə şəraitində şaquli yük altında biroxlu (pres altında) və ya bir-birinə perpendikulyar olan üç ox istiqamətində, qrun səthinə perpendikulyar yönəlmiş təzyiqlərlə üçoxlu sıxılır.

Kompresiya sınağı zamanı alınmış nəticələr əsasında kompressiya əyrisi təzyiqlə məsaməlilik əmsalı arasında asılılıq şəklində qurulur (şəkil 1.26).

Məsaməlilik əmsalı ilə təzyiq arasında olan asılılıq xarici yük altında hər bir qrunun sıxılma xüsusiyyətini xarakterizə edir. Qrun təsir edən xarici yükə azad olduqda onun məsaməlilik əmsalı yüklənmədən əvvəlki qiymətini bərpa etmir. Yəni qrun yüklənmədən əvvəl malik olduğu vəziyyəti almır, onda qalıq

deformasiyası yaranır (şəkil 1.26–da 2 əyrisi). Gilli qruntlarda şişmə ilə əlaqədar olaraq, xarici yük götürüldükdən sonra yenidən əvvəlki həcmnin bərpası istiqamətində artım baş verir, yəni elastiki deformasiya digər qruntlara nisbətən çox olur.

Kompresiya qrafikinə nəzər salsaq görərik ki, xarici yük götürüldükdən sonra qrunnt öz ilkin vəziyyətinə qayıtmır.

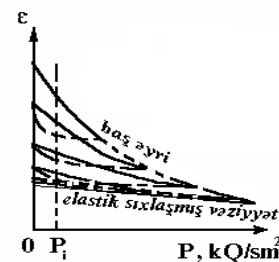
Baş verən tam deformasiya iki deformasiyanın-plastik ($\varepsilon_0 - \varepsilon_s$ məsaməlilik əmsalları fərqiə müvafiq) və elastik ($\varepsilon_s - \varepsilon_s$ məsaməlilik əmsalları fərqiə müvafiq) deformasiyanın cəmindən ibarət olur. Qrunnt xarici yükün təsirindən sıxlaşaraq malik olduğu son məsaməlilik əmsalından (ε_s) yük götürüldükdən sonra bərpa istiqamətində öz həcmi artıraraq aldığı məsaməlilik əmsalı (ε_s) gilli qruntlarda şişmə hesabına, digər qruntlarda isə skeletin strukturunun elastikliyi hesabına olur. Beləliklə, kompressiya qrafiki sıxılma (şəkil 1.26, 1 əyrisi) və şişmə (şəkildə 1.26, 2 əyrisi) ayriləri ilə səciyyələnir.

Əgər pozulmuş strukturlu qrunnt nümunəsi axıcılıq həddinədək nəmləndirildikdən sonra xarici yük altında odometrə sıxılarsa, o zaman kompressiya qrafiki səciyyəvi xüsusiyyətə malik olur və **sıxlaşmanın baş əyrisi** adlandırılır (şəkil 1.27). Bu əyri loqarifmik əyrinin qrafikinə uyğun gəlir.

Sonra nümunə həmin əyrinin müəyyən bir nöqtəsinədək periodik olaraq sıxılaraq, deformasiya stabilləşdikdən sonra yükə azad olunarsa və şişmə deformasiyası stabilləşdikdən sonra yenidən yük altında sıxılarsa, o zaman şişmə əyrisi ilkin çökmə əyrisi ilə üst-üstə düşməyəcəkdir.

Əgər nümunənin yük altında kompressiya sınağı əvvəlki qayda üzrə və hər dəfə də sıxlaşma və şişmə deformasiyası stabilləşdikdən sonra davam etdirilərsə (sıxılma, yüksüzləşdirmə və yenidən təkrar), o zaman şişmə əyrisi ilkin sıxlaşma əyrisi ilə, təkrar sıxlaşma zamanı yaranan çökmə deformasiyası isə ilkin sıxlaşma zamanı yaranan çökmə

deformasiyası ilə üst-üstə düşməyəcəkdir. Beləliklə, histerizes ilgəyinə bənzər əyri alınacaqdır. Hər hansı P_i xarici yükə uyğun və ordinat oxuna paralel düz xətt kompressiya qrafikinə sıxlaşma və



Şəkil 1.27. Qrunntun periodik yüklənmə və yüksüzləşmə üzrə kompressiya sınağının nəticələrinin qrafiki təsviri.

şışmə əyrilərini müxtəlif sıxlaşma həddinə uyğun nöqtələrdə kəsəcəkdir. Bu isə eyni qrunnun eyni xarici yük altında periodik yüklənməsi və yüksüzləşməsi nəticəsində müxtəlif sıxlaşma həddində ola bilməsini göstərir. Bu proses hər dəfə təkrarlandıqca çökmə və şışmə əyriləri daha çox düzxətli olacaqdır və elə bir sıxlaşma həddi yaranacaqdır ki, sıxlaşma və şışmə elastiki xarakter alacaqdır. Həmin həddən sonra sıxlaşma baş verməyəcəkdir. Qruntda sıxlaşmış vəziyyət yaranacaqdır.

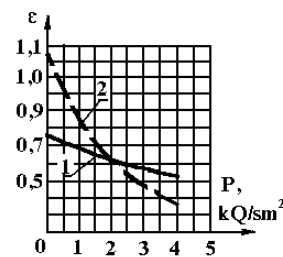
Pozulmamış (təbii) və pozulmuş strukturda olan eyni qrunnun kompressiya əyrisinin araşdırılması onu deməyə əsas verir ki, təbii strukturda (şəkil 1.28, 1 əyrisi) qrunnun xarici yük altında sıxılması zamanı məsaməlilik əmsalı pozulmuş strukturluya (şəkil 1.28, 2 əyrisi) nisbətən az dəyişikliyə uğrayır, yəni qrunn az sıxılır.

Dəyanətsiz sturkturlu qruntların kompressiya əyrilərinin tipləri. Şışən, batan, tiksotropluq xüsusiyyətinə malik olan və şorlaşmış torpaq qruntları yük altında su ilə islandıqda strukturlarını kəskin dəyişirlər. Donmuş qruntlar da əriyərək kəskin struktur dəyişikliyinə məruz qalırlar. Ona görə də, bu qruntları **dəyanətsiz strukturlu qruntlara** aid edirlər. Onların kompressiya əyriləri səciyyəvi xüsusiyyətə malikdir.

Şışən gilli qruntların kompressiya əyriləri. Təbii nəmlikdə şışən gilli qruntları xarici yük altında sıxdıqda qrunnun fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərindən asılı olaraq onlar az və ya çox səviyyədə sıxlaşmaya məruz qalırlar. Xarici yük altında su ilə isladılması zamanı isə onlarda şışmə deformasiyası yaranır (şəkil 1.29).

Qruntların kompressiya sıxılması 1 və ya 2 əyri sxemi ilə aparıla bilər. İki əyri sxeminin özü də tələbatdan asılı olaraq nümunənin su ilə isladılması qrunn üzərində xarici yük yaradılmadan və müvafiq xarici yük altında sıxlaşma deformasiyası stabilləşdikdən sonra aparıla bilər. Bu halda qrunnun digər nümunəsi təbii nəmlikdə sıxılır.

Şəkil 1.29-da təsvir edilmiş kompressiya əyrilərindən (iki əyri sxemi üzrə) biri nümunənin təbii nəmlikdə sıxılmasına, digəri isə təbii şəraitdə qrunn üzərinə düşən (üstə yatan layların ağırlığı və

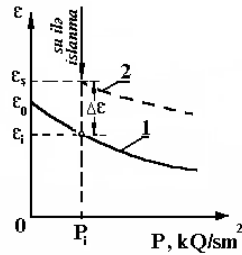


Şəkil 1.28. Eyni qrunnun kompressiya əyriləri. 1-təbii strukturda və nəmlikdə; 2-pozulmuş strukturda nəmləndirilmiş.

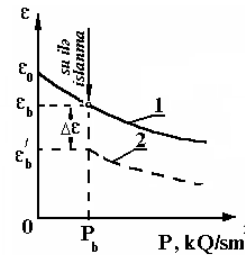
ya qurğuların təsirindən) yükə bərabər yük altında sıxıldıqdan sonra su ilə isladılaraq sıxılmasına uyğundur.

Batan qruntların kompressiya ayriləri. Batma müəyyən təzyiq altında müxtəlif şəraitdə (löslərdə su ilə islanma, donmuş qruntlarda ərimə, şorlaşmış torpaqlarda duzların həllolaraq daşınması zamanı) bəzi qruntların öz həcmələrini kəskin azaltması xüsusiyyətidir. Bu xüsusiyyət lös və lösvari qruntların yük altında islanması, donmuş qruntların əriməsi, incədənəli quru qumların islanması ilə bərabər vibrasiyası və şorlaşmış torpaqlarda duzların həllolaraq daşınması zamanı özünü göstərir.

Təbii şəraitdə lös qruntlarının nəmliyi az olur və xarici görünüşünə görə məsəməliliyi gözlə yaxşı görünür. Bu qruntların təbii strukturunda və nəmlikdə sıxılması zamanı möhkəmlik göstəricisi lazımı səviyyədə olur (şəkil 1.29, 1 əyrisi).



Şəkil 1.29. Şişən gilli qruntların kompressiya ayriləri: 1-qrunnun təbii nəmlikdə sıxılması; 2-qrunnun P_i təzyiqi altında isladılaraq sıxılması.



Şəkil 1.30. Batan lös qruntların kompressiya ayriləri: 1-qrunnun təbii nəmlikdə sıxılması; 2-su ilə islandıqdan sonra sıxılması.

Xarici yükün müvafiq qiymətində qrunn nəmlənərkən o, öz həcmi kəskin azaldır və sıxlaşma (batma) baş verir. Xarici yükün növbəti artımı *qrunnun strukturunun pozulmasından sonra sıxlaşmasına* uyğun gəlir.

Batmanın qiyməti kompressiya cihazında təyin edilir. Batan qruntlarda kompressiya əyrisinin səciyyəviliyi məsəməlilik əmsalının sıçrayışlı (eyni yük altında islanma zamanı) dəyişməsi ilə əlaqədardır. Lös qruntlarının batma səviyyəsi müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən müxtəlif şəkildə qiymətləndirilir.

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h - h'_p}{h_p}, \quad (1.112)$$

burada ε_{sl} -qrunnun nisbi batma deformasiyası; h -qrunn nümunəsinin təbii yatımda hündürlüyü, sm; h_p -nümunənin təbii nəmlikdə P (MPa) təzyiqi altında sıxıldıqdan sonra hündürlüyü, sm; h'_p -həmin P yükü altında qrunnun islanması zamanı hündürlüyü, sm.

$\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ olduqda qrunut batan hesab edilir. Batma xüsusiyyəti P yükü altında isladılan qrunutun məsaməliliyinin (ε) dəyişməsinə görə də qiymətləndirilir:

$$\varepsilon_m = \varepsilon_p - \varepsilon'_p, \quad (1.113)$$

burada ε_m -makroməsaməlilik əmsalı; ε_p -islanmayadək yük altında qrunutun stabilləşmiş məsaməlilik əmsalı; ε'_p -həmin yük altında qrunutun isladılması zamanı məsaməlilik əmsalının stabilləşmiş qiyməti.

Batma əmsalı aşağıdakı düsturla da hesablanıla bilər:

$$i_m = \frac{\Delta h_2}{h - \Delta h_1}, \quad (1.114)$$

burada i_m -qrunutun batma əmsalı; h -sınağadək qrunut nümunəsinin hündürlüyü, sm; Δh_1 -təbii nəmlikdə götürülmüş qrunut nümunəsinin P (MPa) yükü altında hündürlüyünün azalması, sm; Δh_2 -həmin yük altında qrunut islandıqdan sonra hündürlüyünün azalması, sm.

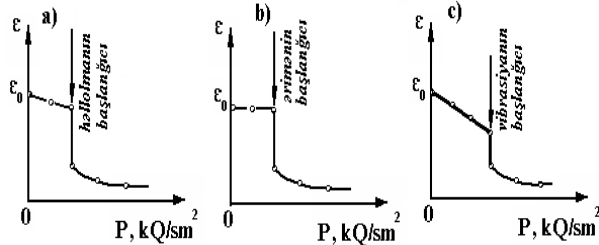
ε_p , ε_m və i_m -n qiymətləri müxtəlif təzyiqlərdə müxtəlif olduğundan, müqayisəli xarakteristika almaq üçün, batmanın standart təzyiq kimi 0,3 MPa-da təyin edilməsi təklif edilmişdir. Proqnozlaşdırma üçün, həqiqətdə yarana biləcək təzyiqdən asılı olaraq batmanın qiyməti təyin edilir.

Şorlaşmış torpaq, donmuş və tiksotrop xüsusiyyətə malik olan qrunutların kompressiya ayriləri də səciyyəvi xüsusiyyət kəsb edirlər (1.31).

Həmin qrunutlarda sıxlaşma təsir edən

xarici yükün qiyməti artırılmadan baş verir. Bu, şorlaşmış torpaq qrunutlarda duzların həllolaraq kənara daşınması, donmuş qrunutlarda ərimə, tiksotrop xüsusiyyətə malik olan qrunutlarda isə rəqsi hərəkətin, titrəyişin, zərbənin və s. təsiri ilə əlaqədardır.

Sıxlaşma qanunu. Qrunutun kompressiya ayriləri xarici yükün təsirindən onun sıxlaşmasını, məsaməliliyinin azalmasını xarakterizə edirlər. Yüksək sıxılma xüsusiyyətinə malik olan



Şəkil 1.31. Şorlaşmış torpaq, donmuş və tiksotrop xüsusiyyətə malik olan qrunutların kompressiya ayriləri: a) şorlaşmış torpaq qrunutlarının yük altında duzlar həll olarkən sıxılması; b) donmuş qrunutların yük altında əriyərkən sıxılması; c) tiksotrop xüsusiyyətə malik olan qrunutların yük altında vibrasiyası zamanı sıxılması.

qruntlarda xarici yükün artırılması məsaməlilik əmsalının kəskin azalmasına səbəb olur. Az sıxılan qruntlarda isə xarici yükün təsirindən onun məsaməlilik əmsalının az kiçilməsi baş verir. Qruntların sıxılma xüsusiyyətindən asılı olaraq kompressiya əyrisinin də xarakteri dəyişir (şəkil 1.32). Belə ki çox sıxılan qruntlarda kompressiya əyrisi absis oxu ilə (təzyiqlə) böyük bucaq əmələ gətirir, yəni əyri dik olur (şəkil 1.32, 1 əyrisi), az sıxılan qruntlarda isə əyri az maili olur (şəkil 1.32, 2 əyrisi).

Əgər qrunzun kompressiya əyrisini qurmaq üçün onun sıxılması üzrə sınağı xarici yükün kiçik artımları ilə aparılırsa, o zaman xarici yükün hər bir kiçik artımında ($\Delta P = P_2 - P_1$) qrunzun məsaməlilik əmsalının ($\Delta \varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$) düz xətt qanunu üzrə azalmasını müşahidə edərik (şəkil 1.33).

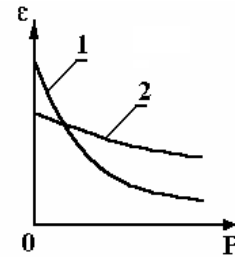
Onda həmin parçada kompressiya əyrisinin analitik ifadəsi düz xəttin tənliyinə uyğun olaraq bucaq əmsalı ilə təyin olunacaqdır. Həmin intervalın ortasında kompressiya əyrisinə – toxunan çəksək, onda həmin toxunanın absis oxu ilə əmələ gətirdiyi α bucağının tangensi seçilmiş intervalda düz xəttin bucaq əmsalı olacaqdır. $\alpha = 90^\circ + \beta$ olduğundan $\operatorname{tg} \alpha$ mənfi qiymət alacaqdır. Eyni ilə qrunzun sonrakı məsaməlilik əmsalı əvvəlki məsaməlilik əmsalından kiçik olduğundan, $\Delta \varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ fərqi də mənfi olacaqdır. Beləliklə, həmin intervalda kompressiya əyrisini analitik olaraq

$$\lim_{\Delta P \rightarrow 0} \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta P} = -\operatorname{tg} \alpha \quad \text{şəklində ifadə etmək}$$

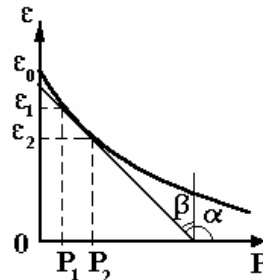
olar. Burada bucaq əmsalı $\operatorname{tg} \alpha = a$ ilə işarə olunur və ümumi sıxılma əmsalı, yana genişlənmə olmadan kompressiya sınağı ilə təyin olunduqda isə kompressiya əmsalı adlanır. Diferensial şəklində yuxarıdakı asılılığı aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\frac{d\varepsilon}{dP} = -a, \quad (1.115)$$

$$d\varepsilon = -a \cdot dP, \quad (1.116)$$



Şəkil 1.32. Qrunzun kompressiya əyriyələri. 1-yüksək sıxılan qruntlarda; 2-zəif sıxılan qruntlarda.



Şəkil 1.33. Qrunzun kompressiya əyrisinə görə kompressiya əmsalının təyini.

burada $d\varepsilon$ -məsaməlilik əmsalının tam diferensialı; dP -təzyiqin tam diferensialı.

Xarici təzyiqin kiçik qiymətlərində ($P=1-3 \text{ kQ/sm}^2$) məsaməlilik əmsalının dəyişməsi ilə təzyiq artımı arasında asılılıq düzxətli qanuna tabe olur. Yəni

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = a \cdot (P_2 - P_1), \quad (1.117)$$

burada ε_1 və ε_2 —müvafiq olaraq xarici təzyiqin P_1 və P_2 qiymətlərinə uyğun qrunnun məsaməlilik əmsalları.

Bu qruntlar mexanikasının əsas qanunlarından biri-sıxlaşma qanunu olub, aşağıdakı kimi ifadə olunur.

Sıxlaşdırıcı təzyiqin kiçik artımında qrunnun məsaməlilik əmsalı təzyiq artımına mütənəsib olaraq azalır.

Kompressiya əyrisinin parametrləri.

Qruntların kompressiya əyriləri xarakterinə görə loqarifmik əyrilərə uyğun olduğundan, təcrübi materiallar əsasında kompressiya əyrilərinin analitik tənliklərini təyin etmək olar. Dərinlik üzrə sıxlaşma modulu dəyişdikdə, qurğuların ağırlığından yaranan çökmənin hesablanmasında məsaməlilik əmsalının istifadə edilən müvafiq qiymətləri həmin tənliklər əsasında hesablanıla bilər.

Əgər qrunnun kompressiya əyrilərinə (sıxlaşma və yüksüzləşmə zamanı şişmə) nəzər salsaq görərik ki, həmin əyriləri aşağıdakı loqarifmik asılılıq şəklində ifadə etmək olar (şəkil 1.34).

Sıxılma əyrisi üçün

$$\varepsilon = -A \cdot \ln(P + P_s) + C_1, \quad (1.118)$$

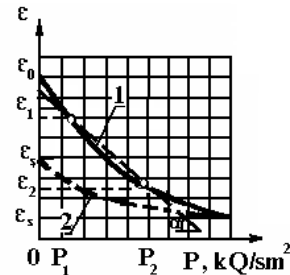
yüksüzləşmə zamanı şişmə əyrisi üçün isə

$$\varepsilon = -B \cdot \ln(P + P_i) + C_2, \quad (1.119)$$

olacaqdır.

Bu asılılıqlarda A , P_s , C_1 , B , P_i və C_2 kompressiya əyrilərinə aid olan sabitlər olub, onlar təzyiqin üç qiymətinə uyğun məsaməlilik əmsallarının təcrübi qiymətləri ilə (1.118) və (1.119) loqarifmik asılılıqları əsasında və yaxud müxtəlif riyazi metodlardan istifadə edilməklə təyin edilə bilər.

Yuxarıda verilmiş asılılıqlara daxil olan parametrlər normal təzyiqin üç qiymətinə uyğun qrunnun məsaməlilik əmsalının



Şəkil 1.34. Qrunnun kompressiya əyrilərinin parametrlərinin təyini. 1-sıxılma əyrisi; 2-şişmə əyrisi.

təcrübi təyin olunmuş müvafiq üç qiyməti əsasında aşağıdakı qayda ilə təyin edilə bilər /5/. Bunun üçün həmin asılılıqlara daxil olan A , P_s , C_1 parametrləri üçün aşağıdakı üç asılılıq yazılmalıdır:

$$\varepsilon_1 = -A \cdot \ln(P_1 + P_s) + C_1; \quad (a)$$

$$\varepsilon_2 = -A \cdot \ln(P_2 + P_s) + C_1; \quad (b)$$

$$\varepsilon_3 = -A \cdot \ln(P_3 + P_s) + C_1. \quad (c)$$

(a) asılılığından (b) asılılığını, (b) asılılığından isə (c) asılılığını çıxaraq, alınmış fərqi bir-birinə bölməklə və natural loqarifmi Makloren sırasına ayırmaqla həll etsək, alınmış sıranın ikinci həddinədək qiyməti aşağıdakı kimi olar:

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 - \varepsilon_3} = \frac{\ln P_1 - \ln P_2 + P_s \left(\frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2} \right)}{\ln P_2 - \ln P_3 + P_s \left(\frac{1}{P_2} - \frac{1}{P_3} \right)}. \quad (1.120)$$

(1.120) düsturunda P_s -dən başqa bütün parametrlər aparılmış təcrübə əsasında məlum olduğuna görə, P_s -nin qiymətini təyin etmək olar. P_s -nin təyin edilmiş qiymətləri (a), (b), (c) düsturlarında nəzərə alınmaqla, kompressiya əyrisinin $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ və $\varepsilon_2 - \varepsilon_3$ fərqlərinə uyğun intervallarında A -nın qiymətini aşağıdakı düsturlar əsasında hesablamaq olar:

$$\left. \begin{aligned} A' &= \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\ln(P_2 + P_s) - \ln(P_1 + P_s)} \\ A'' &= \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\ln(P_3 + P_s) - \ln(P_2 + P_s)} \end{aligned} \right\}, \quad (1.121)$$

(1.121) düsturları əsasında A -nın hesablanmış qiymətlərinin ədədi ortası $A = \frac{A' + A''}{2}$ düsturu ilə hesablanır.

(a), (b), (c) düsturlarından hər hansı birində P_s və A -nın hesablanmış qiymətlərini yazmaqla C_1 hesablanır. Eyni ilə yuxarıda verilmiş qayda üzrə qruntun kompressiyaya görə şişmə əyrisi (yüksüzləşdikdən sonra əvvəlki vəziyyəti bərpa etmə istiqamətində dəyişikliyin qrafiki) və onun parametrləri təyin edilə bilər.

Təsir edən təzyiqin kiçik qiymətlərində kompressiya əyrisi N.N.İvanovun təklif etdiyi aşağıdakı düsturla da təyin edilə bilər.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \frac{\ln P}{A_1}, \quad (1.122)$$

burada ε -təsir edən təzyiqin $P > 1 \text{ KQ/sm}^2$ şərtini ödəyən qiymətinə uyğun qrunun məsaməlilik əmsalı; ε_1 - təzyiq $P = 1 \text{ kQ/sm}^2$ olduqda (bu halda $\ln P = 0$ olur) qrunun məsaməlilik əmsalı; A_1 -kompresiya əyrisinin loqarifmik quruluşundan asılı olaraq təyin edilən əmsal.

(1.122) düsturunda A_1 əmsalı xarici təzyiqin 1 kQ/sm^2 -dən böyük qiymətinə müvafiq məsaməlilik əmsalı məlum olduqda aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$A_1 = \frac{\ln P}{\varepsilon_1 - \varepsilon}. \quad (1.123)$$

Beləliklə, məsaməlilik əmsalının təsir edən təzyiqdən asılı olaraq dəyişməsi (təzyiqin kiçik qiymətlərində) təyin edilə bilər.

Təzyiq artımlarının kiçik qiymətlərində kompressiya əyrisini düzxətli qəbul etmək mümkün olduğundan, kompressiya əmsalının təyininə aid asılılıqdan da məsaməlilik əmsalı hesablanıla bilər.

$$\varepsilon_i = \varepsilon_0 - a \cdot P_i, \quad (1.124)$$

burada ε_i -xarici təzyiqin P_i qiymətinə uyğun qrunun məsaməlilik əmsalı; ε_0 -qrunun təbii şəraitdə malik olduğu məsaməlilik əmsalı (qrafik düzxətli olmadıqda, bu, şəkil 1.34-dəki kimi fərqli olur); a -kompresiya əmsalı; P_i - xarici təzyiqin i -ci həddinə uyğun qiyməti.

Qrunları sıxılma əmsalına (a) görə təqribi olaraq aşağıdakı kimi səciyyələndirirlər:

- $a \leq 0,001$ -praktiki olaraq sıxılmayan;
- $0,001 < a \leq 0,005$ -zəif sıxılan;
- $0,005 < a \leq 0,01$ -orta sıxılan;
- $0,01 < a \leq 0,1$ -çox sıxılan;
- $a > 0,1$ -şiddətli sıxılan.

Qrunun yüksüzləşməsi də (kompresiya sınağında) kiçik pillələrlə aparılarsa, o zaman təzyiqin kiçik dəyişmələrində şişmə əyrisini düzxətli qəbul etməklə, sıxılma əyrisinə analoji olaraq şişmə əyrisinə görə məsaməlilik əmsalının dəyişməsi aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$\varepsilon'_i = \varepsilon'_0 - a_s \cdot P_i, \quad (1.125)$$

burada ε'_i - qrunun yüksüzləşməsi zamanı təzyiqin i -ci qiymətinə uyğun məsaməlilik əmsalı; ε'_0 - şişmə əyrisinə çəkilmiş toxunanın ordinat oxu ilə kəsişməsinə uyğun qrunun məsaməlilik əmsalı;

$a_s = \text{tg}\beta$ -qruntun kompressiya sınağının sonunda yüksüzləşməsi qrafikinə əsasən təyin edilən **şişmə əmsalı**; P_i -xarici təzyiqin i-ci həddinə uyğun qiyməti, kQ/sm^2 .

Qruntların çökmə modulu. Möhkəmlik göstəricisi kimi çökmə modulundan (l_p) da istifadə olunur. Müvafiq qüvvənin təsiri altında 1 m-lik qrunut təbəqəsində yaranan nisbi deformasiyadır.

$$l_p = 1000 \frac{\Delta h}{h_0}, \quad (1.126)$$

burada l_p -qruntun çökmə modulu, $\frac{\text{mm}}{\text{m}}$; Δh -qruntun mütləq deformasiyası, mm; h_0 -qrunt nümunəsinin başlanğıc uzunluğu, mm.

Qruntlar 0,3 MPa təzyiq altında onların çökmə moduluna görə aşağıdakı kimi xarakterizə edirlər:

$l_p \leq 1$ olduqda praktiki sıxılmayan	- 0 kateqoriyalı;
$1 < l_p \leq 5$ zəif sıxılan	- I kateqoriyalı;
$5 < l_p \leq 20$ orta sıxılan	- II kateqoriyalı;
$20 < l_p \leq 60$ şiddətli sıxılan	- III kateqoriya;
$l_p > 60$ olarsa- çox şiddətli sıxılan	- IV katekoriya.

Qruntların konsolidasiyası. Sabit xarici təzyiq altında qrunutun uzunmüddətli sıxlaşma prosesi konsolidasiya adlanır və konsolidasiya səviyyəsi ($Q = \frac{e_t}{e_\infty}$) ilə xarakterizə olunur. Qrunutun

növündən asılı olaraq konsolidasiya müddəti müxtəlif olur. Bu müddət gillərdə daha çox olur. Yəni qruntda baş verən deformasiyanın stabilləşməsi uzun müddətə baş verir. Bu, qrunut daxilindən suyun sıxışdırılaraq çıxarılması ilə əlaqədardır. Müvafiq hesablamaların aparılması zamanı konsolidasiya əmsalından (C_v) istifadə olunur.

$$C_v = \frac{K_s(1 + \varepsilon)}{a \cdot \rho_{su}}, \quad (1.127)$$

burada K_s -suzulmə əmsalıdır, m/sut. Süzülmə Darsi qanununa tabe olduqda, (1.93) düsturu ilə hesablanır.

Qruntların sürüşməyə (kəsilməyə) qarşı müqaviməti. Xarici yükün təsirindən yaranan toxunan gərginlik qrunutların bir sürüşmə səthi üzrə sürüşməyə qarşı müqavimətindən böyük olduqda, həmin səth üzrə sürüşmə baş verir.

Qruntun sürüşməyə qarşı müqaviməti onun həmin təsirə qarşı göstərdiyi müqavimətin maksimum (həddi) qiymətini ifadə edir. Onun qiyməti qruntun daxili sürtünməsindən (bərk hissəciklər arasında) və ilişkənliliyindən (bərk hissəciklər arasında müxtəlif təbiətli rabitələr hesabına yaranan) asılıdır.

Yumşaq-əlaqəsiz qruntların sürüşməyə qarşı müqaviməti bərk hissəciklər arasında sürtünmə hesabına, bərk-kristallik və yumşaq-əlaqəli qruntlarda isə həm ilişkənlilik, həm də daxili sürtünmə hesabına yaranır.

Təyin olunan göstəricilər **xüsusi ilişkənlilik (c_0)**, **sürtünmə əmsalı** və ya **sürtünmə bucağı ($f = \operatorname{tg} \varphi$ və ya φ)**, **sürüşməyə (kəsilməyə) qarşı müqavimət (τ)**, **sürüşmə (kəsilmə) bucağı (ψ)** və **əmsalı ($\operatorname{tg} \psi$)**, **sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimət (σ_0)** göstəricisidir.

Əlaqəsiz qruntlarda toxunan gərginliklə (τ) normal gərginlik (σ_n) arasında aşağıdakı asılılıq mövcuddur.

$$\tau = f \cdot \sigma_n = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.128)$$

«*Yumşaq əlaqəsiz qruntların sürüşməyə qarşı həddi müqaviməti normal təzyiqlə düz mütənasib olan sürtünmə müqavimətindən ibarətdir*» [Tsitoviç N.A., 1963]. Bu əlaqəsiz qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətini müəyyən edən Kulon qanununun ifadəsidir.

Əlaqəli qruntlarda isə (1.128) asılılığı aşağıdakı kimi olur.

$$\tau = c_0 + f \cdot \sigma_n = c_0 + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.129)$$

«*Əlaqəli (gilli) qruntların sürüşməyə qarşı həddi müqaviməti normal sıxıcı təzyiqin birinci dərəcədən funksiyasıdır*» [Tsitoviç N.A., 1963].

Bu asılılıqlar 1773-cü ildə Kulon tərəfindən müəyyən edilmişdir.

Kulon bərk cisimlər üçün müəyyən etmişdir ki, bir cismin digər cismin səthi üzrə sürüşməsi zamanı sürüşdürücü qüvvə ilə normal qüvvə arasındakı nisbət qüvvənin miqdarından, toxunma səthinin sahəsindən asılı deyildir, o, yalnız toxunan səthlərin səth xüsusiyyətindən asılıdır. Sürüşdürücü qüvvənin normal qüvvəyə olan nisbəti onlar arasında mütənasibliyi müəyyən edir və sürüşmə əmsalı adlanır.

Qruntlarda isə xarici yükün təsirindən bir müstəvi üzrə sürüşmə bərk cisimlərin bir-birinin səthi üzrə sürüşməsindən fərqlidir və sürüşmənin baş verməsi üçün sürüşdürücü qüvvənin qiyməti qrun-

tun ilişənliyi ilə daxili sürtünmə qüvvəsinin cəmindən çox olmalıdır.

Sürüşmə yerdəyişməsi (kəsilmə) dedikdə qrunnun bir hissəsinin digər hissəsinə nəzərən yerdəyişməsi nəticəsində qrunnun deformasiyası və dağılması prosesi nəzərdə tutulur. Qrunnun bir hissəsinin digər hissəsinin səthi üzrə sürüşməsi həmin səth üzrə toxunan gərginliyin təsirindən baş verir. Onun sürüşməyə qarşı müqaviməti sürüşməni yaradan həmin toxunan gərginliyin minimal qiymətinə bərabərdir. Sürtünməyə qarşı qrunnun müqaviməti ona təsir edən gərginlikdən (σ) asılıdır.

Qrunnun möhkəmliyi əsasən Mor nəzəriyyəsinə görə qiymətləndirilir. Bu nəzəriyyəyə görə qrunnun dağılması o zaman baş verir ki, toxunan gərginliyin normal gərginliyə nisbəti müəyyən həddən çox olur.

Normal gərginliyin (σ_n) hər bir qiymətinə toxunan gərginliyin (τ) müəyyən bir həddi qiyməti uyğun gəlir. Mor nəzəriyyəsinə görə, istənilən qrunn üçün həddi vəziyyət $\sigma_0\tau$ müstəvisində müəyyən bir $\tau=f(\sigma)$ ayrısı ilə ifadə oluna bilər. $\tau=f(\sigma)$ **sürüşmə diaqramı** və yaxud **həddi Mor bürüyəni** adlanır.

Qrunnun üçoxlu sıxılması zamanı maksimal və minimal normal gərginliklərin (σ_1 və σ_3) fərqinə ($\sigma_1-\sigma_3$) görə Mor dairələri qurulur və həmin dairələrə çəkilmiş toxunanlar qrunnun dağılma (sürüşmə və yaxud kəsilmə) şəraitinə uyğundur.

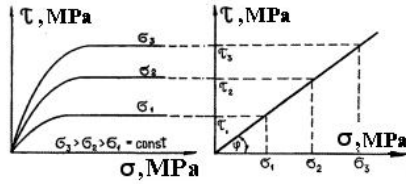
Yumşaq-əlaqəsiz qrunnlar üçün $\tau=f(\sigma)$ asılılığı qrafiki şəkildə qurularsa, o, koordinat başlanğıcından keçən düz xəttin qrafikindən ibarət olacaqdır (şəkil 1.35).

Əlaqəli qrunnların sürüşməyə qarşı müqavimətinin normal gərginlikdən asılılıq qrafiki isə ordinat oxunu hər hansı bir c_0 (vahid sürüşmə səthinə düşən ilişənlik qüvvəsi-xüsusi ilişənlik) nöqtəsində kəsən və absis oxu ilə φ bucağı (daxili sürtünmə bucağı) əmələ gətirən düz xəttin qrafikindən ibarət olacaqdır (şəkil 1.36). Burada c_0 və φ qrunnun parametrləridir.

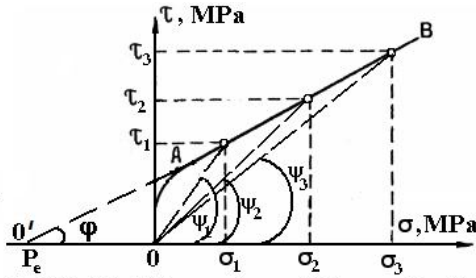
Qrunnun sürüşməyə qarşı müqaviməti bu halda ilişənlikdən və daxili sürtünmə müqavimətindən ibarət olur. Qrunnun ilişənliyi normal təzyiqlən asılı deyil, nəmlikdən asılıdır, ancaq daxili sürtünmə müqavimətinin qiyməti isə normal təzyiqdən asılıdır.

Əgər əlaqəli qrunnların (1.129) asılılığı ilə ifadə olunan düz xəttin (həddi düz xəttin) sol tərəfə uzantısının absis oxu ilə

kəsişməsini tapsaq, onda kəsişmə nöqtəsindən koordinat başlanğıcınadək məsafə (OO' parçası) qrunun ilişənliyinə ekvivalent olan **hərtərəfli təzyiqi** (P_e) ifadə edəcəkdir. Hərtərəfli təzyiqi xüsusi ilişənlik və daxili sürtünmə bucağı əsasında aşağıdakı düsturla (şəkil 1.36-ya əsasən) hesablamaq olar:



Şəkil 1.35. Əlaqəsiz qrunların sürüşməyə qarşı müqavimət diaqramı.



Şəkil 1.36. Gili qrunların sürüşməyə (kəsilməyə) qarşı müqavimət diaqramı.

$$P_e = c_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi = \frac{c_0}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (1.130)$$

Sürüşdürücü gərginliyin qruntda sürüşmə yaradan qiymətləri Mor dairəsinin toxunanı üzərində yerləşirlər. Ona görə də, sürüşmə səthləri üzrə təsir edən sürüşdürücü gərginliklər (1.128) və (1.129) düsturları ilə təyin olunan sürüşmə müqavimətindən böyük ola bilməz.

$$\tau_{\text{had}} \leq \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (1.131)$$

$$\tau_{\text{had}} \leq c_0 + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (1.132)$$

Qrun qırıntılarından təşkil olunmuş əlaqəsiz qrunların tədqiqi zamanı məlum olmuşdur ki, onların sürüşməyə qarşı müqavimətini xarakterizə edən düstur çox vaxt aşağıdakı şəkildə olur:

$$\tau = c + f \cdot \sigma_n \quad (1.133)$$

(1.129) düsturuna daxil c_0 -dan fərqli olaraq, (1.133) düsturunda c sıfıra bərabər olan normal təzyiqdə **qrunun sürüşməyə qarşı başlanğıc müqavimətini** xarakterizə edir. Müvafiq tikinti norma və qaydalarında bu parametr **hesabi xətti parametr** kimi adlandırılır. Fiziki mahiyyəti hələlik kifayət qədər aydınlaşdırılmamışdır. Sürüşməyə qarşı başlanğıc müqavimətin yalnız sürtünmə ilə deyil, həm də qrun hissəciklərinin bir-birinə nəzərən hərəkətə gəlməsi zamanı kilidlənmə, fırlanma və diyirlənmə kimi hadisələrlə əlaqədar olduğunu ehtimal etmək olar.

Ona görə də, sürtünmə müqaviməti (daxili sürtünmə müqaviməti) sadəcə olaraq bərk hissəciklərin səthləri arasında yaranan sürtünmədən ibarət deyildir, həm də bərk hissəciklərin bir-birinə nəzərən hərəkətinə mane olan kilidlənmə və digər hadisələrin təsirindən yaranan müqavimətin cəmini ifadə edir.

Qumlu gruntların möhkəmliyi daha çox onları təşkil edən hissəciklərin düzülüş sıxlığından asılıdır. M.N.Qoldşteyn (1952) tərəfindən aparılan tədqiqatlara əsasən demək olar ki, qumların daxili sürtünmə bucağı qruntu təşkil edən hissəciklərin düzülüş sıxlığı artdıqca artır. Məsələn üçün $I_d \approx 0$ olduqda, $\varphi = 33^\circ$, $I_d \approx 1$ olduqda isə $\varphi = 42^\circ 40'$ olmuşdur. Sıx düzülüşlü qumların sürüşməyə qarşı müqaviməti başlanğıcda çox, sonradan deformasiya artdıqca azalır. Dağınq qumlarda isə bunun əksi olur. Sıx düzülüşlü qumların başlanğıcda sürüşməyə qarşı müqavimətinin çox olmasının səbəbi onunla əlaqədardır ki, həmin sıx düzülüşün pozulması üçün əlavə qüvvə sərf olunmalıdır. Həmin düzülüş pozulduqdan sonra sürüşməyə yalnız sürtünmə müqaviməti təsir etdiyindən, deformasiya artdıqca müqavimət azalacaqdır. Orta sıxlıqlı qruntlarda demək olar ki, qrunnun sürtünməyə qarşı müqaviməti dəyişməyəcəkdir və həmin sıxlığa uyğun məsaməlilik **böhran məsaməliliyi** adlanır. Dağınq qumlarda isə sürüşmə zamanı başlanğıcda müqavimət az olur. Sonra deformasiya artdıqca sürüşməyə qarşı müqavimət həddi sürtünmə müqavimətinədək artır.

Qruntların sürüşməyə qarşı müqaviməti onların strukturundan, nəmlənmə dərəcəsindən asılı olaraq dəyişir. Ona görə də, mühəndisi fəaliyyətin xarakterindən asılı olaraq qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini metodikası müəyyən olunur. Əlaqəli qruntlarda ilişmə qüvvəsinin varlığı onların strukturunda müvafiq rabitənin olması ilə əlaqədardır. Yəni qruntu təşkil edən hissəciklər arasında müvafiq rabitənin varlığı həmin qrunnun sürüşməsi üçün strukturdakı rabitə qüvvəsindən böyük qüvvə ilə təsirin olmasını tələb edir. Yəni qrunnun kəsilməsi üçün ilkin olaraq struktur rabitə pozulmalıdır. Gilli qruntlarda nəmliyin artması həm ilişmə qüvvəsinin, həm də əksər hallarda sürtünmə müqavimətinin azalmasına səbəb olur. Əlaqəsiz qruntlarda isə ilişmə qüvvəsi iştirak etmir. Nəmliyin artması isə iri dənəli qumlardan xırda dənəli qumlara doğru dəyişdikcə daxili sürtünmə bucağının azalma səviyyəsi güclənir.

Gilli qruntların sürüşməyə qarşı müqavimət diaqramlarına əsasən demək olar ki, həmin diaqramlar iki hissədən ibarət olurlar (şəkil 1.36). Bir hissə normal təzyiqdən asılı olaraq düzxətli dəyişir, digər hissə isə normal təzyiqdən asılı deyildir və əyrixətlidir. Diaqramın düzxətli hissəsi qruntda yaranan daxili sürtünmə ilə, əyrixətli hissə qrunnun strukturunda mövcud olan bütün növ rabitələrlə əlaqədardır. Diaqramda əyrixətli hissə azdır, əsasən düzxətli hissə üstünlük təşkil edir.

Əgər (1.129) düsturunun hər iki tərəfini normal gərginliyə (σ_n) bölsək, onda həmin düstur aşağıdakı şəkllə düşər:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\tau}{\sigma_n} = f + \frac{c_0}{\sigma_n}. \quad (1.134)$$

$\frac{\tau}{\sigma_n}$ nisbəti $\operatorname{tg}\psi$ ilə işarə edilir və **sürüşmə əmsalı** adlanır.

$\operatorname{tg}\psi = F_{\sigma_n}$ -nin qiyməti qumlu qruntlarda daxili sürtünmə əmsalına ($\operatorname{tg}\varphi = f$) bərabərdir. Gilli qruntlar üçün sürüşmə əmsalının qiyməti dəyişkəndir və normal sıxlaşdırıcı təzyiq artdıqca o, azalır. Ona görə də F_{σ_n} işarəsində σ_n -nin qiyməti göstərilir, yəni qrunnun hansı normal təzyiq altında sürüşdüyü (kəsildiyi) məlum olur.

Su ilə doymuş gilli qruntlarda sürüşməyə qarşı onların müqavimətinin azalması normal təzyiqin məsamələrdə olan su üzərinə ötürülməsi, hidrostatiki (neytral) təzyiqin yaranması (əlavə sürüşdürücü gərginliyin yaranması), effektiv təzyiqin isə kiçik olması (sıxlaşmanın əvvəlində) və qrunnun sıxlaşmaması ilə əlaqədardır. Su ilə doymuş qruntların normal təzyiq altında sıxlaşması zamanı normal təzyiq məsamələri dolduran suyun üzərinə ötürülür və hidrostatiki təzyiq (u) yaranır, suyun məsamələrdən sıxışdırılaraq çıxarılması baş verir. Məsamələrdən su çıxdıqca normal təzyiqin bir hissəsi qrunnun skeleti üzərinə ötürülür və effektiv təzyiq (σ_e) yaranır, qrunn sıxlaşmağa başlayır.

Əgər su ilə doymuş qrunn normal təzyiq altında sıxlaşmamışdırsa və onun sıxlaşması hidrostatiki tarazlıq vəziyyətinə gəlməmişdirsə, onda qumlu qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\tau = f \cdot (\sigma_n - u), \quad (1.135)$$

Bu hal üçün gilli qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətini isə aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\tau = c_0 + f \cdot (\sigma_n - u), \quad (1.136)$$

(1.135) və (1.136) düsturları əsasında demək olar ki, su ilə doymuş qruntlar sıxlaşma zamanı hidrostatiki tarazlıq vəziyyətinə çatmamışlarsa, onda onların möhkəmliyi (yəni bu halda sürüşməyə qarşı müqaviməti) sıxlaşmış vəziyyətlərindəkinə nəzərən az olacaqdır. Ona görə də, qruntların buna oxşar fiziki vəziyyətində onların üzərində qurğuların tikilməsi, başlanğıc anda qruntların möhkəmliyi az olduğuna görə, təhlükəli hesab olunur. Sonradan sıxlaşma baş verdikcə qrunտun möhkəmliyi tədricən artır və məsamə təzyiqi azalır. Qrunտ məsamələrində hidravliki şəraitin kəskin dəyişməsi nəzərə alınmalıdır. Belə ki hidravliki şəraitin kəskin dəyişməsi qrunտun möhkəmliyinin böyük həddə azalmasına səbəb olur. Buna misal olaraq su ilə doymuş qrunտun sürətlə sıxlaşdırılması (yük altında, vibrasiya ilə dinamik təsir yaratmaqla, partlayışla, seysmik hadisə ilə və s.) zamanı məsamə təzyiqinin kəskin artmasını, bununla əlaqədar olaraq qrunտun möhkəmliyinin itirilməsini, sıyıqlaşmasını və onun üzərində tikilmiş qurğuda qəzanın yaranması ilə nəticələnən çoxlu hadisələri göstərmək olar.

1.8.3.QRUNTLARIN MÖHKƏMLİK VƏ DEFORMASIYA XARAKTERİSTİKALARININ LABORATOR TƏYİNİ METODLARI

Qruntların möhkəmlik və deformasiya xarakteristikalarının laborator təyini metodları dövlət standartı (DÜİST 12248-96) əsasında aparılır. Bu standart tikintilərin aparılması zamanı qruntların möhkəmlik və deformasiya xarakteristikalarının təyini metodikasını müəyyən edir.

Qruntların sıxılmaya qarşı müqavimət göstəricilərinin təyini. Qruntların sıxılmaya qarşı müqaviməti biroxlu və üçoxlu sıxma metodları əsasında təyin edilir və bu zaman onların növündən asılı olaraq müvafiq cihazlardan istifadə edilir.

Biroxlu sıxılmaya qarşı müqavimət göstəriciləri qayavari və yarımqayavari qruntlarda, əsasən hidravliki ötürücülü pres vasitəsi ilə, gilli qruntlarda isə İQP-10, P-12M cihazları və s. vasitəsi ilə təyin olunur.

Qruntlarda üçoxlu və ikioxlu sıxılmaya qarşı müqavimət göstəriciləri əsasən stabilometr cihazı vasitəsi ilə təyin edilir.

Qruntların biroxlı sıxılmaya görə möhkəmlik həddi kimi qrunut səthinə perpendikulyar təsir edən və onun dağılmasına (parçalanmasına) səbəb olan yükün qiymətinin (P_h) qrunutun ilkin en kəsik sahəsinə (F_0) nisbəti götürülür və biroxlı sıxılmaya görə **qrunutun möhkəmlik həddi (R_m)** adlanır.

Sınaq üçün qrunutlar strukturu pozulmamış halda götürülür. Yarımqayavari qrunutların təbii nəmlikdə, hava şəraitində qurumuş və yaxud su ilə doymuş vəziyyətdə, təbii şəraitdə su ilə doymuş gilli qrunutların isə təbii nəmlikdə sıxılmaya qarşı müqaviməti təyin edilir.

Yarımqayavari qrunutların sıxılmaya qarşı müqavimətinin təyini məqsədi ilə nümunələr silindirik formada götürüldükdə diametri $40 \div 100$ mm, nümunənin hündürlüyünün diametrinə nisbəti $1:1 \div 2:1$, paralelepiped formalı götürüldükdə isə tərəflərinin ölçüləri 40×40 mm – dən 100×100 mm – dək olmaqla, hündürlüyünün en kəsiyi ölçülərinə nisbəti $1:1$ –dən $2:1$ –dək olmalıdır. Nümunələrin en kəsiyi üzrə səthləri hamarlaşdırılmalıdır.

Gilli qrunutlarda isə nümunələr silindirik formalı götürüldükdə diametrləri 38 mm–dən, hündürlüyünün diametrinə nisbəti isə $2:1$ nisbətindən çox olmalıdır.

Qrunutların pres altında sıxılmaqla müqavimət göstəriciləri təyin edilərkən, nümunə presin dayağı üzərində mərkəzinə və cihazın üst hissəsinin lövhəsi nümunənin səthinə toxunan vəziyyətdə qoyulmalıdır. Massiv qrunutlara lazımi forma (silindirik və düzbucaqlı paralelepiped) verildikdən və en kəsikləri hamarlaşdırıldıqdan sonra, su ilə doymuş gilli qrunutlar isə kəsici halqa vasitəsi ilə kəsilərək silindirik vəziyyətə gətirildikdən və halqadan çıxarıldıqdan sonra pres altına qoyulur.

Qrunut üzərinə ötürülən yükü və nümunənin en kəsiklərində yerdəyişməni qeydə alan cihaz hazırlıq vəziyyətinə gətirilir. İlkin göstəricilər qeyd edildikdən sonra, nümunənin yüklənməsi kəsilməz olaraq, zərbəsiz, müvafiq sürətlə (yarımqayavari qrunutlarda $0,01-0,05$ MPa/san, gilli qrunutlarda isə 1 dəqiqə müddətində şaquli nisbi deformasiya artımının $0,02$ qiymətində və yaxud qrunutun möhkəmliyindən asılı olaraq 5-7 dəqiqə müddətində kəsilməsinə uyğun sürətlə) artırılmalıdır.

Qrunutun sınağı nümunənin parçalanmasına qədər davam etdirilməlidir. Gilli qrunutların sınağı zamanı dağılma əlamətləri

görünmədikdə, sınaq şaquli nisbi deformasiyanın $e=0,15$ qiymətində dayandırılmalıdır.

Yarımqayavari və gilli qruntların ($e \leq 0,1$ olduqda) biroxlu sıxılma zamanı möhkəmlik həddi (R_m) 0,1 MPa dəqiqliyədək hesablanmalıdır.

$$P_m = \frac{P_h}{F_0}, \quad (1.137)$$

burada P_h –qrunzun dağılmasına (həddi vəziyyətə) uyğun gələn yük, kN; F_0 – qrunz nümunəsinin sınaqdan əvvəl en kəsik sahəsidir, sm.

Şaquli nisbi deformasiya $e > 0,1$ olduqda (nümunənin dağılmağa doğru deformasiya artımı çox olduqda), gilli qruntların möhkəmlik həddinin təyini zamanı, qrunzun ilkin en kəsik sahəsi (F_0) əvəzinə dağılmağa uyğun orta en kəsik sahəsi götürülür və aşağıdakı kimi təyin olunur.

Gilli qruntlar pres altında biroxlu sıxılarkən onlarda əsasən deformasiya daha çox baş verir və en kəsiyinin böyüməsi müşahidə olunur. Qrunzun en kəsik sahəsi ştangenpərgar vasitəsi ilə nümunənin diametrinin ölçülməsi (0,1 mm-dək dəqiqliklə) və müvafiq düsturla hesablanması ilə təyin edilir. Sınaq zamanı qrunz həcmnin sabit qalması - $V = V_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \text{const}$ qəbul

olunduqda, $\frac{F}{F_0}$ nisbəti şaquli nisbi deformasiyanın (e) qiymətinə görə təyin olunur. Nümunənin silindrik forması saxlanıldıqda, yəni $\left(\frac{F}{h} = \frac{F_0}{h_0}\right)$ olduqda, $\frac{F}{F_0} = \frac{1}{1-e}$ düsturu ilə, nümunə çəllək forması alarsa və çəllək qurşağının diametri nümunənin ilkin diametrinə bərabər qalarsa, onda $\frac{F}{F_0} = \frac{1}{4} \cdot (3 \cdot \sqrt{\frac{1}{1-e}} - 1)^2$ düsturu ilə hesablanır.

Üçoxlu sıxma metodu. Bu metodla qruntların sıxılması adətən stabilometr cihazında aparılır. İş prinsipinə görə stabilometr cihazları kəsmə və kompressiya tipli olurlar. Kəsmə tipli stabilometrlərdə (şəkil 1.37) qrunnun möhkəmlik göstəricisi sərbəst yana genişlənmə ilə parçalanması şəraitində, kompressiya tiplilərdə isə yana genişlənmə olmadan parçalanmayadək sıxılmaqla təyin edilir. Bu cihazlar vasitəsi ilə qruntların kompleks mexaniki xassə göstəriciləri– möhkəmlik və deformasiya xarakteristikaları təyin edilir.

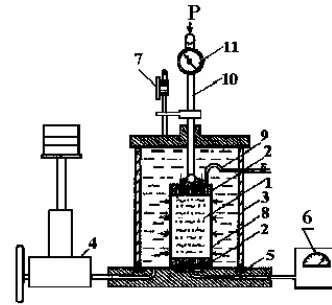
Kompressiya sıxma metodu. Bu metodun mahiyyəti yana genişlənmə olmadan qrunnun biroxlı sıxılmasından ibarətdir.

Qrunnun kompressiya sıxma metodu ilə təyin edilən xassə göstəriciləri aşağıdakılardır: kompressiya əmsalı (a); deformasiya modulu (E); sıxılmaya görə struktur möhkəmliyi (P_{str}); $J_L > 0,25$ olan gillər, üzvi-mineral və üzvi qruntlar, xırda və tozlu qumlar üçün **süzülmə ilə konsolidasiya və təkrar konsolidasiya əmsalları** (müvafiq olaraq c_v və c_a); şorlaşmış (tərkibində asan və orta həllolan duzlar iştirak edən) qumlar (çınqıllılardan başqa), qumcalar və gilcələr üçün **nisbi suffoziya sıxlaşması** (e_{sf}) və **suffoziya sıxlaşmasının başlanğıc təzyiqi** (P_{sf}).

Qrunnun bu xarakteristikaları nümunənin kompressiya cihazında (odometrə) və yaxud kompressiya-süzülmə cihazında (suffoziya sıxılmasını təyin etmək üçün), yana genişlənmə olmadan, şaquli yük altında sıxılması sınağının nəticələri əsasında təyin edilir (şəkil 1.38 və 1.39).

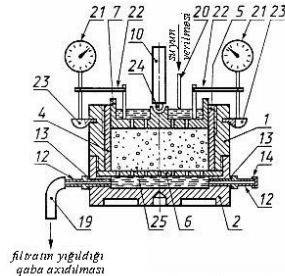
Sınaq strukturu pozulmamış (təbii nəmlikdə və yaxud su ilə doymuş) və yaxud pozulmuş halda (müvafiq sıxlıq və nəmlikdə) olan qrunn nümunələri üzərində aparıla bilər.

Nümunənin minimal diametri 71 mm, hündürlüyünün diametrinə nisbəti 1:3,5 və forması silindrik olmalıdır.



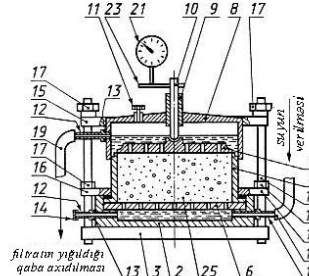
Şəkil 1.37. Kəsmə tipli stabilometrin sxemi. 1-qrunn nümunəsi; 2-məsaməli porşen; 3-rezin örtük; 4-kamerada yan təzyiq yaradıcı və saxlayıcı qurğu; 5-boru; 6-məsamə təzyiqini ölçən qurğu; 7-nümunənin şaquli deformasiyasını ölçən indikator; 8-kameranın divarı; 9-su; 10-şaquli təzyiqi ötürücü ştok; 11-dinamometr.

Qrunt nümunəsi işçi halqaya yerləşdirildikdən və cihaz quraşdırılaraq tələb olunan vəziyyətə gətirildikdən sonra, pillə-pillə şaquli yük yaratmaqla qrunt sıxılır. Qrunt üzərinə ötürülən yükün hər bir növbəti pilləsi özündən əvvəl qrunta ötürülən yükün təsirindən yaranan çökmə deformasiyası nisbi stabilləşdikdən sonra əlavə edilir. Çökmə deformasiyası saat tipli indikatorla ölçülür. Şaquli təzyiqin diapazonu və hər pillədə ötürülən təzyiqin həddi qruntun növü, fiziki xüsusiyyətləri əsasında və yaxud tələbata uyğun müəyyən edilir.



Şəkil 1.38. Kompressiya cihazında sıxılmanın sxematik təsviri.

1-korpus; 2-korpusun altı; 3-korpusun əsası; 4-işçi halqa; 5-istiqamətləndirici halqa; 6-perforasiyalı disk; 7-perforasiyalı ştamp; 8-qapaq; 9-vtulka; 10-ştok; 11-qazı buraxan tıxac; 12-ştutser; 13-rezin araqat; 14-tıxac; 15-üst sıxıcı halqa; 16-alt sıxıcı halqa; 17-qayka; 18-dayaq; 19-şlanq; 20-şüşə boru; 21-indikator; 22-indikatoru saxlayan dayaq; 23-sınaq aparılan qrunt nümunəsi; 24-kürəcik.



Şəkil 1.39. Kompressiya-süzülmə cihazında sıxılmanın sxematik təsviri.

Kompresiya sıxma metodu müvafiq dövlət standartında və xüsusi ədəbiyyatlarda [Ломтадзе В.Д., 1952, 1972 гг; Чаповский Е.Г.1966 г.] ətraflı şəkildə öz əksini tapmışdır.

Qruntun kompressiya sınağının nəticələri əsasında sıxılması aşağıdakı metodlarla təyin edilə bilər: **1) hündürlük; 2) çəki; 3) hündürlük-çəki; 4) məsaməliliyin bilavasitə təyini metodu.**

Çəki metodu su ilə tam doymuş qruntlara tətbiq edilir. Bu metoda əsasən məsaməlilik əmsalı şaquli təzyiqin hər pilləsinə uyğun sıxlaşma başa çatdıqdan sonra nəmliyin dəyişməsinə görə təyin edilir.

Qruntun nəmliyinin dəyişməsinə görə məsaməlilik əmsalı $\varepsilon = W_t \cdot \Delta$ düsturu (W_t -tam nəmlik tutumu, Δ -qruntun mütləq sıxlığı) əsasında hesablanır. Burada suyun sıxlığı vahidə bərabər götürüldüyündən düsturda nəzərə alınmamışdır.

Şaquli (normal) təzyiqin hər pilləsinə uyğun gələn məsaməlilik əmsalının qiyməti hesablandıqdan sonra, kompressiya əyrisi qurulur və qruntun sıxılma deformasiyasını xarakterizə edən parametrlər hesablanır.

Hündürlük metodu müxtəlif nəmliyə malik qruntlara tətbiq edilir. Bu metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, qruntun sıxılmasının məsamələr hesabına baş verdiyi əsas kimi qəbul edilir.

Təzyiqin hər pilləsinə uyğun məsaməlilik əmsalı (ε_i) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_0 - \frac{\Delta h}{h_0} \cdot (1 + \varepsilon_0), \quad (1.138)$$

burada ε_i -şaquli təzyiqin i -ci həddinə uyğun qrunnun məsaməlilik əmsalı; ε_0 -qrunnun başlanğıc məsaməlilik əmsalı; h_0 -qrunnun başlanğıc hündürlüyü, mm; Δh -qrunnun P_i təzyiqi altında mütləq çökmə deformasiyası, mm.

Təsir edən təzyiqin hər pilləsinə uyğun çökmə deformasiyası təyin edildikdən sonra məsaməlilik əmsalı və digər parametrlər hesablanır.

Hündürlük-çəki metodu hər iki (hündürlük və kütlə) metodun birgə tətbiqinə əsaslanır. Məsaməlilik əmsalı sınaqadək və təzyiqin axıncı pilləsindən sonra çəki metodu ilə, təzyiqin hər pilləsindən sonra isə hündürlük metodu ilə təyin edilir.

Qrunnun sıxlaşmasının daha etibarlı təyini metodu sınağa qədər və sınaqdan sonra məsaməliliyin hündürlük metodundan birlikdə istifadə etməklə biləvasitə təyini metodudur. Təcrübədən əvvəl və sonra məsaməliliyin təyini üçün qrunnun sıxlığı və nəmliyi məlum olmalıdır. Qrunnun təbii yatımda sıxlığı kəsici halqa metodu ilə, nəmlik çəki metodu ilə, mütləq çökmə deformasiyası isə saat tipli indikatorla (0,01 mm-dək dəqiqliklə) nümunənin hündürlüyünün dəyişməsi ölçülərək təyin edilir. Qrunnun təbii yatımda sıxlığı paralel olaraq parafinləmə metodu ilə təyin edilərək alınmış nəticələr müqayisə olunur. Nəticələrin üst-üstə düşməsi ilə işçi halqaya qrunnun düzgün yerləşdirilməsi müəyyənləşdirilir.

Qrunnun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini. Bir müstəvi üzrə kəsmə metodu. Bu metod üzrə qruntların kəsilməyə qarşı müqavimətinin tədqiqi zamanı kəsilməyə qarşı müqavimət (τ), daxili sürtünmə bucağı, xüsusi ilişkənlik (c_0) xarakteristikaları təyin edilir. Qrunnun qeyd edilən xassə göstəricilərinin təyini bir müstəvili kəsici cihazın fiksasiya olunmuş kəsilmə müstəvisi üzrə kəsilməsindən ibarətdir. Qrunnun kəsilməyə qarşı müqavimətini təyin etmək üçün, götürülmüş qrunn nümunəsinin, normal təzyiq altında üst hissəsi alt hissəsinə nəzərən sürüşdürülərək kəsilir (şəkil 1.40).

Sürüşdürücü yükün həddi qiyməti təyin edilir. Qrunnun c_0 və φ xassə göstəricilərinin təyini məqsədi ilə **ən azı 3 nümunədə**,

müvafiq metodikalara uyğun olaraq, **3 normal təzyiq altında** həddi kəsici yük tapılmalıdır.

Qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini üzrə sınaqlar aşağıdakı sxemlər üzrə aparıla bilər:

- **nəmlənmə səviyyəsindən asılı olmayaraq, deformasiyası stabilləşmiş vəziyyətə gətirilmiş qumların və gilli qruntların - konsolidasiya – drenlənmə şəraitində sınağı;**

-**deformasiyası stabilləşməmiş vəziyyətdə olan su ilə doymuş gilli və üzvi- mineral qruntların, həmçinin normal təzyiq təsir etmədən su ilə doyma həddinə gətirilmiş batan qruntların konsolidasiya edilmədən - drenlənməyə sınağı.**

Sınaq strukturu pozulmamış qruntlarda təbii nəmlikdə və su ilə doymuş şəkildə, strukturu pozulmuş qruntlarda isə mövcud nəmlik (o cümlədən tam nəmlənmiş) və sıxlıq həddində, həmçinin sıxlaşmış massivdən götürülən (süni sıxlaşdırılan qruntlar üçün) grunt nümunələrində aparıla bilər.

Bu zaman grunt nümunələrinin sınağı batan qruntlarda su ilə doymuş şəkildə, şişən qruntlarda işə təbii nəmlikdə aparılır.

Lazım olduqda, aşağıdakı şəkildə də qruntların kəsilməyə qarşı müqaviməti təyin edilir:

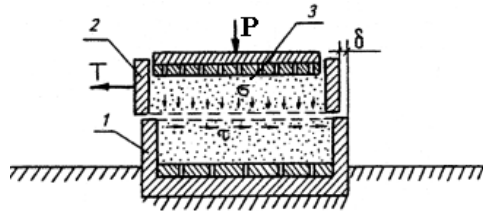
-**batan qruntlarda** (lös və lösvari) təbii nəmlikdə və plastikliyin aşağı həddinə uyğun gələn nəmlikdə (əgər bu nəmlik gruntun təbii nəmliyindən çox olarsa);

-**şorlaşmış qruntlarda**-əvvəlcədən həllolma getmiş grunt nümunələrində verilmiş normal təzyiqdə suffoziya ilə əlaqədar çökmə stabilləşdikdən sonra;

-**gilli şişən qruntlarda**—tam su ilə doymuş şəraitdə sərbəst şişmə və yaxud verilmiş təzyiq altında şişmə (sıxlaşma) stabilləşdikdən sonra;

-**tökmə qruntlarda**—onların maksimal, tələb olunan və yaxud yaradılmış sıxlığında.

Sınaq üçün götürülmüş nümunələrin minimal diametri 70 mm, hündürlüyü isə diametrinin 1/2-dən 1/3-dək olmalıdır.



Şəkil 1.40. Qruntların bir müstəvi üzrə sürüşməsinin (kəsilməsinin) sxematik təsviri. 1-cihazın alt hissəsi; 2-cihazın üst hissəsi; 3-sınaq aparılan grunt.

Çökmə mənşəli qruntların kəsilməyə qarşı müqavimətini təyin etmək üçün müxtəlif cihazlar mövcuddur ki, onlardan praktikada daha geniş istifadə olunanı (bir kəsmə müstəvili cihaz) Maslov-Lurye konstruksiyası əsasında keçmiş SSRİ-də Hidrolayihə tərəfindən modernləşdirilmiş QQP-30 modelidir. Hal-hazırda yeni modellər də yaradılmışdır.

Həmin cihazlar əsasən aşağıdakı təşkiledici elementlərdən ibarətdirlər:

- cihaz qoyulan massiv masa;
- cihazın kəsici qutusu-buraya hərəkət edən və yerini dəyişməyən hissə daxildir;
- şaqli (normal) təzyiq yaradan mexanizm;
- kəsici təzyiq yaradan mexanizm;
- verilən kəsici yükə uyğun qruntda yaranan deformasiyanı ölçən qurğu (QQP-30 cihazında saat tipli indikator və indikatoru saxlayıcı).

Kəsici cihazın konstruksiyası elə olmalıdır ki, nümunəyə ilkin ötürülən normal təzyiq (stampın və ölçü cihazının birlikdə ağırlığı) 0,025 MPa - dan az olsun. Cihaz pasportunda göstərilən tələblərə uyğun qurulmalı, qədərləmə (tarirovka) aparılmalı, cihazın kəsici qutusunda hərəkət edən hissə ilə sukunətdə qalan hissə arasında yaranan müqavimət normal təzyiqdən asılı olaraq təyin olunmalı və sınağın aparılması zamanı nəzərə alınmalıdır.

Konsolidasiya aparılması lazım olduqda, xüsusi sıxlaşdırıcı cihazlardan istifadə edilir ki, həmin cihazların da əsas təşkiledici elementləri metallik masadan, qrunut üzərində şaquli yükü (normal təzyiqi) yaratmaq üçün sərt lingdən (mildən), qrunutun isladılması və yük altında sıxılmasını təmin etmək üçün vanna içərisində yerləşdirilən cihazdan ibarətdir. Həmin cihaz üst və alt silindrlərdən, üst və alt gilzlərdən (metallik halqalardan), üst və alt tor-tor metal lövhədən, metal kürəcikdən, yardımçı dəstəkdən ibarətdir. Qrunutun konsolidasiyasının aparılmasından əvvəl, cihaz texniki pasportunda göstərilən qayda üzrə qurulmalı və hər bir sıxıcı ling üçün qədərləmə (tarirovka) aparılmalıdır. Bunun üçün, qrunutun sıxlaşdırılmasını həyata keçirmək üçün istifadə edilən cihazın halqasına qrunut əvəzinə metallik lövhə qoyularaq (alt və üst hissəsinə süzgəc kağızı qoymaq şərti ilə), su altında və quru halda cihaz tələb olunan normal təzyiqədək (metodika üzrə göstərilən pillələrlə yükləməklə) yüklənir və onda yaranan

deformasiya 2 dəqiqədən sonra (normal təzyiqin hər bir qiymətində) qeydə alınır. Cihazın yüklənməsi başa çatdıqdan sonra, əks ardıcılıqla yük götürülür və deformasiya 2 dəqiqədən sonra qeyd edilir. Konsolidasiya cihazının hər bir lingi (mili) üçün bu əməliyyat üç təkrarla təyin edilərək, alınmış nəticələrin orta qiyməti hesablanır. Sıxlaşdırıcı cihazın qədərəlməsi ildə iki-üç dəfə aparılmalıdır.

Qruntların kəsilməyə qarşı müqaviməti sabit olmayıb, onların fiziki vəziyyətindən-təbii strukturunun dəyişikliyə uğrama (pozulma) səviyyəsindən, sıxlığından, nəmliyindən, həmçinin sınağın aparılma şəraitindən-cihazın konstruksiyasından, nümunənin ölçülərindən, kəsmə sürətindən və s. asılıdır. Daha düzgün nəticə almaq üçün qrunտun kəsilməyə qarşı müqaviməti gərginlikli vəziyyətdə olduğu şəraitə uyğun aparılmalıdır.

Qrunt nümunələri tələb olunan qayda üzrə sınağa hazırlanmalı, tərəzidə çəkilərək (texniki tərəzidə 0,01 q-dək, analitik tərəzidə 0,001 q-dək dəqiqliklə), sınaq sxemindən və qrunտun növündən asılı olaraq ya əvvəlcədən sıxlaşdırılır, ya da kəsici cihazda kəsilməyə qarşı müqavimətini təyin etmək üçün birbaşa sınağı aparılır.

Qrunտun konsolidasiyalı - drenlənən sınağı zamanı əvvəlcədən kəsici cihazın halqasında çəkisi təyin edilmiş nümunə sıxlaşdırıcı cihazın vannasında müvafiq şəkildə yığılaraq, alt və üst hissəsinə nəm süzgəc kağızı və onların üstündən isə dəşikli metal lövhə (qrunտ nümunəsinin altından içlik, üstündən isə ştamр) qoyulur. Sıxlaşdırıcı cihazın vannası nümunə ilə birlikdə onun masası üzərinə yerləşdirilir. Cihazın lingi özünün sıxıcı mexanizmi vasitəsi ilə qrunտ nümunəsinin üzərindəki ştamр (metal təbəqə) üzərində yerləşdirilərək, ling üfüqi vəziyyətə gətirilir. Cihazda normal yükü qrunտ nümunəsinə ötürən ling üzərində saat tipli indikator (qrunտda yaranan şaquli deformasiyanı qeydə almaq üçün) quraşdırılır.

Qrunտun tam nəmlənməsi tələb olunduqda, cihazın vannası su ilə doldurulur.

Batan qrunտların təbii nəmliyi plastikliyin aşağı həddinə uyğun nəmlikdən az olduqda nümunə həmin nəmlik həddinədək nəmləndirilir.

Şişən qrunտ nümunələrinin tam nəmlikdə, müvafiq yük altında baş verən deformasiya stabilləşdikdən sonra kəsilməsi tələb

olunduqda, nümunə nəmlənmədən əvvəl həmin təzyiq altında sıxılmalıdır.

Qrunt nümunələrinin su ilə islanma vaxtı cədvəl 1.15-ə uyğun olmalıdır.

Cədvəl 1.15

Sıra №si	Qruntlar	Nümunələrin su ilə isladılma vaxtı, göstərilən vaxtdan az olmayaraq	Normal təzyiq artımlarının saxlanılma müddətləri, göstərilən vaxtdan az olmayaraq	Təzyiq artımının sonuncu pilləsinin şərti stabilləşmə müddəti, göstərilən vaxtdan az olmayaraq
1	Qumlar	10 dəq	5 dəq	20 dəq
2	Gilli (batmayan və şişməyən): -qumcalar -gilcələr ($I_p < 12$) -gilcələr ($I_p \geq 12$) -gillər ($I_p < 22$) -gillər ($I_p \geq 22$)	3 saat 6 saat 12 saat 12 saat 36 saat	30 dəq 30 dəq 30 dəq 30 dəq 30 dəq	2 saat 6 saat 12 saat 12 saat 12 saat
3	Batan	Batmayanlar kimi	30 dəq	3 saat
4	Şişən	Şişmə deformasiyası şərti stabilləşənədək (24 saat ərzində mütləq deformasiyanın qiyməti 0,1 mm olanadək)	30 dəq	şişməyənlər kimi

Kəsilmiş grunt nümunəsinin təkrar sınağı tələb olunduqda, nümunənin alt və üst kəsilmiş hissələri kəsilmə səthi üzrə iti bıçaqla (bütöv en kəsikləri) hamarlaşdırılmalı, düzləşdirilməli və üst-üstə qoyularaq təkrar kəsilmə sınağı aparılmalıdır.

Konsolidasiya-drenlənmə sınağının aparılması üçün nümunələrin (batan grunt nümunələrindən başqa) su ilə doymuş vəziyyətdə əvvəlcədən sıxlaşdırılması kəsilmə sınağının aparıldığı normal təzyiqdə həyata keçirilməlidir. Həmin təzyiq hissə-hissə qrunta ötürülməlidir. Bu halda qrunnun əvvəlcədən sıxlaşdırılması onun növündən asılı olaraq cədvəl 1.16 üzrə həyata keçirilməlidir:

Qrunnun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini zamanı normal yükün cədvəl 1.16-dan fərqli olaraq artırılması tələb olunduqda və $\tau=f(\sigma)$ asılılığı qeyri-xətti alındıqda həmin asılılıq xətti olanadək normal təzyiqin qiyməti azaldılaraq sınaq yenidən aparılmalıdır.

Bütün hallarda qrunnun qabaqcadan sıxlaşdırılması zamanı normal təzyiqin hər bir pilləsi altında nümunədə baş verən deformasiyanın stabilləşməsi gözlənilməlidir. Həmin defor-

masiyanın nisbi stabilləşməsi meyarı kimi cədvəl 1.15-də göstərilmiş vaxt ərzində qruntda baş verən deformasiyanın $\leq 0,01$ mm qiyməti götürülür.

Cədvəl 1.16

Sıra № sı	Qruntlar	Əvvəlcədən sıxlaşdırılma zamanı normal təzyiq, MPa	Pilə-pillə təzyiq artımı, MPa
1	Orta irilikli sıx qumlar; gillər ($I_L < 0$)	0,1; 0,3; 0,5	0,1
2	Orta irilikli və orta sıxlıqlı qumlar; xırda irilikli sıx və orta sıxlıqlı qumlar; $I_L \leq 0,5$ olan qumca və gilcələr; $0 < I_L \leq 0,5$ olan gillər.	0,1; 0,2; 0,3	0,05
3	Orta irilikli və yumşaq xırda qumlar; sıxlığından asılı olmayaraq tozlu qumlar; $I_L > 0,5$ olan gillər, gilcələr və qumcalar.	0,1; 0,15; 0,2	p=0,1-dək 0,025 və sonradan 0,05
Qeyd: Su ilə doymuş vəziyyətdə sınağı aparılan batan qruntların qabaqcadan sıxlaşdırılması zamanı normal təzyiq 0,3 MPa olmalı və həmin təzyiq 0,05 MPa həddində pillələrlə artırılmaqla yaradılmalıdır.			

Sınağa hazırlanmış nümunələrin kəsilməsi əvvəlcədən sıxlaşdırılmış təzyiqlərdə aparılır. Su ilə doymuş vəziyyətdə əvvəlcədən sıxlaşdırılmış batan qruntlarda isə kəsmə sınağı 0,1; 0,2; 0,3 MPa – da aparılmalıdır.

Təkrar kəsmənin aparılması zamanı normal təzyiq əvvəlki kəsmə zamanı verilmiş normal təzyiqlə eyni saxlanılmalıdır. Kəsici cihazda nümunə üzərində yaradılan normal təzyiq bir pillədə verilməli və həmin təzyiq altında qrunnt müvafiq müddət saxlandıqdan sonra qrunntun kəsilməsi sınağı aparılmalıdır. Həmin vaxt qumlar üçün-5 dəq, qumcalar üçün-15 dəq, gil və gilcələr üçün-30 dəq, təkrar kəsmə zamanı 10 dəq götürülür.

Bundan sonra cihazın kəsici mexanizmi işçi vəziyyətə gətirilir və nümunəyə normal təzyiqin 5 %-i miqdarında, müəyyən vaxtdan bir pilə-pillə kəsici yük verilməklə qrunnt kəsilir. Qruntda yaranan kəsilmə deformasiyası hər iki dəqiqədən bir ölçülür və kəsilmə deformasiyası sürəti $0,01 \frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$ -ə qədər olduqda kəsici yükün növbəti pilləsi əlavə edilir.

Qrunntun fasiləsiz artan kəsici yüklə sınağı zamanı kəsmə sürəti sabit saxlanılmalı və qumlar üçün $\leq 0,5 \frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$, qumcalar üçün $\leq 0,1$

$\frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$, gilcələr üçün $\leq 0,05 \frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$, $I_p < 30$ % olan gillər üçün $\leq 0,02$

$\frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$, $I_p > 30 \%$ olan gillər üçün isə $\leq 0,01 \frac{\text{mm}}{\text{dəq}}$ olmalıdır.

Qruntun kəsilmə üzrə sınağı o zaman başa çatmış hesab olunur ki, kəsici yükün növbəti artımında nümunənin bir hissəsinin digər hissəsinə nəzərən ani kəsilməsi baş versin və yaxud kəsilmə üzrə ümumi deformasiya 5 mm-dən çox olsun.

Konsolidasiya olunmayan-drenlənməyən sınaqların aparılması üçün götürülmüş qrunut nümunələri kəsici cihazın qutusuna qoyularaq, müvafiq nizamlaşma aparıldıqdan sonra, cihazın hərəkət edən və etməyən hissələri arasında 0,5-1 mm boşluq yaradılır. Qrunut üzərinə normal təzyiq bir pillədə ötürülür. Normal təzyiq gilli və üzvi-mineral qrunutların konsistensiyasına uyğun olaraq - $I_L < 0,5$ olduqda 0,1; 0,15; 0,2, axıcılıq həddi $0,5 \leq I_L < 1,0$ olduqda 0,05; 0,1; 0,15, axıcılıq həddi $I_L \geq 1,0$ olduqda isə 0,025; 0,075; 0,125 götürülür. Qrunut nümunəsinin kəsilməsi normal təzyiq verildiyi andan (2 dəqiqədən gec olmayaraq) başlayaraq həyata keçirilir. Kəsici təzyiq normal təzyiqin 10 % -dən çox olmamaqla, pillələrlə və 10 – 15 saniyədən bir verilir.

Fasiləsiz artan kəsici təzyiqin verilməsi zamanı kəsmə sürəti 2-3 mm/dəq həddində götürülür və əvvəldə verilmiş sınaqlarda olduğu kimi qrunutda kəsilmə deformasiyası yarandıqda qrunut kəsilmiş hesab olunur.

Bütün sınaqlar zamanı təcrübənin sonunda cihaz yükdən azad edilərək, kəsici və sükunətdə qalan halqalar qrunutla birlikdə cihazdan çıxarılmalı, kəsilmə müstəvisinin görünüşü laborator dəftərində təsvir (qeyd) edilməlidir. Kəsilmə müstəvilərindən (alt və üst halqalardakı) nümunə götürülərək sınaqdan sonra nümunənin nəmliyi təyin edilməlidir.

Üçdən az olmayaraq normal təzyiqdə kəsilmiş qrunut nümunələrinin kəsilmə təzyiqləri (üçdən az olmayaraq təyin edilmiş kəsilmə təzyiqinə görə) ilə müvafiq normal təzyiq arasında qurulmuş $\tau = c_0 + \sigma \cdot \text{tg} \varphi$ qrafiki əsasında xüsusi ilişənlik (c_0) və daxili sürtünmə bucağı (φ) təyin edilməlidir.

Ədəbiyyat

1. Babazadə V.M., Ramazanov V.G., Nəsimov T.N., Xasayev A.İ., Qələndərov B.H., Məmmədov Z.İ. Faydalı qazıntı

- yataqlarının axtarışı və kəşfiyyatı. Bakı: Bakı Universiteti nəşriyyatı, 2007. 395 s.
2. Məmmədov Q.Ş. Torpaqşünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları. Bakı, «Elm» nəşriyyatı, 2007. 664 s.
 3. Məmmədov Q.Ş., Həşimov A.C., Cəfərov X.F. Şorlaşmış və şorakətləşmiş torpaqların ekomeliorativ qiymətləndirilməsi. Bakı, 2005, 179 s.
 4. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. М.: «Высшая школа», 1986. 239 с
 5. Бобков Н.В. Лабораторные испытания главнейших физико-механических свойств грунтов и способы вычисления соответствующих констант. Изд. ЦНИГРИ, 1934.
 6. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: «Стройиздат» Ленингр. отделение. 1988. 415 с.
 7. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. М.: «Химия», 1976. 432 с.
 8. Злочевская Р.И., Королев В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд.-во МГУ, 1988. 177 с.
 9. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов: Учебн. для гидротехн. спец. вузов.-2-е изд., перераб. и доп. М.: «Высшая школа», 1991. 447 с.
 10. Каменский Г.Н., Климентов П.П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1953. 355 с.
 11. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Общая гидрогеология.- Л.: Изд-во «Недра», 1988. 359 с
 12. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л: «Недра», 1984, 511 с.
 13. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. Изд-во лит. По строительству. М.: 1971, 341с.
 14. Панюков П.Н. Инженерная геология. Издания второе, переработанное и дополненное. М.: «Недра», 1978. 291 с.
 15. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986. 415 с.

16. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть первая, издание 3-е переработанное и дополненное. М.: ГНТИЛ по геологии и охране недр, 1955. 430 с.
17. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть вторая, М.: Государственное изд-во Геол. Литер., 1952. 370 с.
18. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология. (пер. изд.: ГДР, 1978) Перевод с нем.- М: «Недра», 1983, 528 с.
19. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978, 348 с.
20. Справочник инженерной геологии. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. Чуринова М.В.- М: «Недра», 1981, 325 с.
21. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. Киев: «Наукова думка», 1975. 351 с.
22. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы/ Под ред. Е.М. Сергеева. М.: «Недра», 1985. 288 с.
23. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение. Переработ. и доп.-М: Изд-во МГУ, 2005, 1024 с.
24. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988. 464 с.
25. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: «Высшая школа», 1983. 288 с.
26. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.: Изд-во «Недра», 1966. 303 с.

FƏSİL 2.

MÜHƏNDİS GEOLOGİYASININ TEXNİKİ ƏSASLARI. QRUNTLAR MEXANİKASI

Ümumi anlayışlar. Qruntlar xarici təsirin xarakterindən asılı olaraq müxtəlif gərginlikli vəziyyətdə olurlar. Onların gərginlikli

vəziyyətinin öyrənilməsində materiallar müqaviməti fənnində istifadə edilən ümumi anlayışlardan, tətbiqi qruntlar mexanikasında mümkün olan metod və qanunauyğunluqlardan istifadə edilir. Qruntların gərginlikli vəziyyətinin, həddi-tarazlıq şəraitinin, yük-götürmə qabiliyyətinin və bir çox məsələlərin izahında vacib olan bəzi ümumi anlayışlara diqqət yetirək.

Qruntlara göstərilən təsir xaricdən olursa, onda həmin təsir xarici qüvvə və ya xarici yük adlanır. Qrunzun səthinə tətbiq edilən qüvvələr səthi qüvvələr, həcmi üzrə bütün nöqtələrinə tətbiq edildikdə isə **həcmi** və ya **kütləvi** qüvvələr adlandırılır. Qrunzun kiçik sahəsinə (onun ölçülərinə nisbətən kiçik olan) tətbiq olunan səthi qüvvə **topa qüvvə** adlanır. Qrunzun səthinə təsir edən istənilən xarici yük səthi qüvvələrə, qrunzun öz ağırlığı, ətalət qüvvələri və s. isə həcmi qüvvələrə aiddirlər.

Qrunzun səthinin müəyyən sahəsinə arasıkəsilmədən paylanmış xarici yüklər **səpələnmiş yüklər** adlanırlar. Bu yüklər müntəzəm və qeyri-müntəzəm şəkildə qrunz səthinə təsir edə bilərlər, yəni müntəzəm və qeyri-müntəzəm yüklər olmaqla iki qrupa bölünürlər.

Vaxtdan asılı olaraq dəyişməyən yükə **sabit yük**, müəyyən vaxtlarda təsir edən yüklərə isə **müvəqqəti yüklər** adı verilir.

Xarici yüklər tətbiq edilməsi şərtindən asılı olaraq iki sinfə bölünürlər. Sıfırdan başlayaraq öz son qiymətini alıncaya qədər tədricən artan xarici yükə **statik** yük, qısa bir vaxt ərzində öz qiymət və ya vəziyyətini dəyişən yükə isə **dinamik yük** deyilir.

Qrunzun öz həndəsi formasını, struktur və teksturunu qoruyub saxlaması qabiliyyəti onu təşkil edən hissəciklər arasında mövcud olan daxili qarşılıqlı təsir ilə əlaqədardır. Qrunza xarici qüvvə təsir etmədikdə onu təşkil edən hissəciklər arasında mövcud olan cəzətmə və itələmə qüvvələri müvazinətdə olur. Xarici qüvvə təsir etdikdə isə həmin müvazinət pozulur, hissəciklər arasındakı məsafələr, müvafiq olaraq cəzətmə və itələmə qüvvələri dəyişir, qrunzda deformasiya yaranır.

Qrunzun möhkəmliyi onun kəsiklərində (kəsik dedikdə qrunzun müstəvi ilə xəyalən kəsiyi nəzərdə tutulur) əmələ gələn daxili qüvvələrin intensivliyi ilə xarakterizə edilir. Hər hansı bir kəsikdə əmələ gələn daxili qüvvələrin intensivliyi, həmin kəsik üzərindəki nöqtələrdə alınan gərginliklərlə ölçülür. *Kəsiyin*

üzərində götürülmüş hər hansı nöqtə ətrafındakı vahid sahəyə düşən daxili qüvvəyə həmin kəsiyin həmin nöqtəsindəki **gərginliyi** deyilir.

Gərginlikli vəziyyətdə olan qrunտun tədqiq edilən kəsiyi üzrə yaranan daxili qüvvələr iki toplanana-səthə normal (sıxıcı və ya dartıcı) və səthə paralel yönələn (eninə və ya kəsici) qüvvələrə ayrılır. Həmin qüvvələr uyğun olaraq normal və kəsici (toxunan) gərginlikləri yaradırlar. Gərginlik MPa (kQ/sm²) ilə ölçülür.

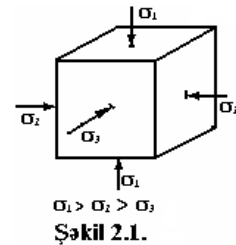
Xarici qüvvələrin təsiri altında olan qrunտun möhkəmliyi onun elementar hissəciklərində əmələ gələn normal və toxunan gərginliklərin ən böyük qiymətləri ilə xarakterizə edilir. Hər hansı elementar hissəcikdə yaranan gərginliklər isə ondan keçirilən xəyali kəsiyin istiqamətindən asılı olaraq dəyişirlər.

Qrunտun hər hansı hissəciyinin gərgin halı, bu hissəciklərdən keçirilən bütün xəyali kəsiklər üzərində alınan gərginliklərlə xarakterizə edilir. Hissəciyin müxtəlif xəyali kəsiklərində təsir edən gərginliklərin qiyməti müxtəlif olduğuna baxmayaraq, bu gərginliklər arasında müəyyən asılılıq vardır. Hissəciyin gərgin halı, adətən, baş sahəciklər adlanan kəsiklərdə təsir edən gərginliklərlə xarakterizə edilir.

Toxunan gərginlikləri sıfıra bərabər olan sahəciklərə baş sahəciklər deyilir.

Baş sahəciklərə təsir edən gərginliklər **baş gərginliklər** adlandırılır.

Elastiklik nəzəriyyəsinə görə, gərgin halda olan hər hansı hissəcikdən bir-birinə perpendikulyar istiqamətdə üç **baş kəsik** keçirmək olar. Bu zaman hissəciyin ümumi gərgin halında ona **üç baş gərginlik** təsir edir (şəkil 2.1).



Qrunտ üzərinə düşən təzyiqə perpendikulyar müstəvilərdə yaranan normal gərginliklər baş gərginliklərdir. Qrunտun mühitdə gərginlikli vəziyyəti 3 baş gərginliklə müəyyən edilir.

Baş gərginliklərdən ikisi sıfıra bərabər olduqda gərgin hala xətti, yaxud **biroxlı gərgin hal** deyilir. Baş gərginliklərdən biri sıfıra bərabər olan hala uyğun gərgin hala **müstəvi** və yaxud **ikioxlı gərgin hal** deyilir. Baş gərginliklərdən heç biri sıfıra bərabər olmadığı hala **həcmi** və yaxud **üçoxlu gərgin hal** deyilir.

2.1. QRUNT ŞƏRAİTİNİN TƏDQIQINDƏ İSTİFADƏ EDİLƏN MEXANİKİ MODELƏR

Xarici qüvvələrin təsiri altında qruntlarda yaranan gərginlik və deformasiyanın qarşılıqlı əlaqəsinin zaman və məkan etibarı ilə dəyişikliyə uğramasının müvafiq qanunauyğunluqlarının müəyyən edilməsi, həyata keçiriləcək mühəndisi fəaliyyətin xarakterinə uyğun qiymətləndirmələrin aparılması üçün müxtəlif metodlardan istifadə olunur. Bu qeyd edilən məsələlər mühəndisi-geologiyanın tərkib hissəsi kimi qruntlar mexanikasında öz həllini tapır.

Qruntlar mexanikasının metodları bərk cisim fizikasının nəzəri əsaslarına, elastiklik və plastiklik nəzəriyyələrinə, reologiyaya və fizikanın digər bölmələrinə əsaslanır. Real qruntlar mürəkkəb olub, çoxlu dəyişkənliklərə malikdirlər və müvafiq məsələlərin həllində onların ideallaşdırılmasına zərurət yaranır. Bu məqsədlə tədqiq olunan mühit tələbata uyğun şəkildə ideallaşdırılaraq, konkretləşdirilərək və tədqiqatı maraqlandıran əsas xüsusiyyətlər saxlanılmaqla tələb olunan suallara cavab axtarılır, yəni tədqiq olunan məsələ üzrə qrunnun tələbata uyğun olan modeli yaradılır. Modelin yaradılması zamanı real qrunnun elə xassələri saxlanılır ki, həmin xassələr tədqiq olunan hadisənin baş vermə mexanizmini müəyyən edir və müəyyən məsələlərin həlli üçün maraq doğurur.

Model dedikdə, intellekt tərəfindən təbiətdə mövcud olanın tələb olunan xüsusiyyəti əsas götürülməklə, tədqiq olunan məsələyə uyğun şəkildə mücərrədləşdirilmiş obyektə nəzərdə tutulur. Bu obyektin yaradılması intellektin elmi imkanlarından, yanaşma tərzindən, tədqiqatın istifadəsindən asılıdır. Ona görə də, modelin yaradılması üçün tələb olunan parametrlər müəyyən edilməlidir və müvafiq qiymətləndirmələr həmin parametrlər ətrafında həyata keçirilməlidir.

U.Krambeynə görə, modelləri aşağıdakı kimi təsnifləndirmək olar: **Konseptual (anlayışlı), diaqram, proses-nəticə, determinləşdirilmiş, statistik, stoxastik, alqoritmik tipli modellər.**

Konseptual tipli modellər əsasən keyfiyyətə, bəzən isə kəmiyyətə obyekt haqqında bizim prinsipial təsəvvürümüzü əks etdirir. Buna misal olaraq, bizim təsəvvürümüza görə Yerin struktur sxemini, sferik şəkildə müxtəlif təsvirlərini və s. göstərmək olar.

Diagramlar müxtəlif sxemlər, cədvəllər, qrafiklər və s. şəklində ifadə olunan modellərdir.

Proses-nəticə tipli modellər hər hansı prosesin elementlərinin matris şəklində təsviridir.

Determinləşdirilmiş modellər tədqiqatçının nəzərincə obyekt çoxparametrlili funksiya şəklində diferensial tənliklərlə ifadə edən və həlli axtarılan funksiyaları proqnozlaşdırmağa imkan verən riyazi modeldir.

Statistik modellər çoxlu miqdarda statistik məlumatlar əsasında qurulan və prosesin riyazi-statistik asılılığından ibarət olan riyazi modeldir.

Stoxastik modellər müxtəlif proses və hadisələrin müvafiq ehtimalları əsasında müəyyən yaddaşla qurulan asılılıqdır.

Alqoritmik modellər əvvəlki modellərdən fərqli olan və çox vaxt onların kombinasiyasından düzələn modeldir, yəni istənilən obyektin təsviridir.

Bu qeyd edilən model tipləri C. Xarbox və Q. Bonem-Karter tərəfindən ümumi adla simvolik modellər adlandırılmışdır və bunlardan başqa, fiziki modellər sinfi də fərqləndirilmişdir. Fiziki modellər mexaniki modellər kimi də adlandırılır.

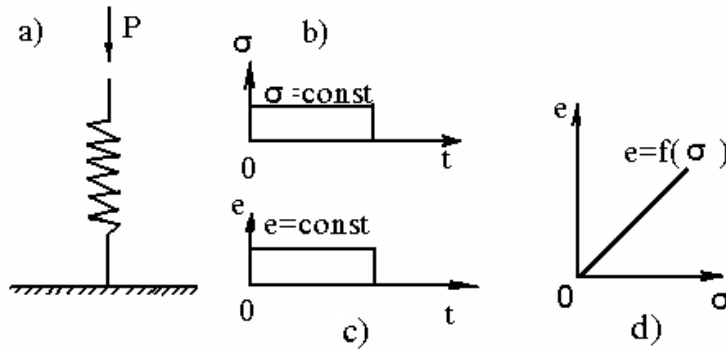
Mexaniki modellər riyazi asılılıqların vasitəsi ilə ifadə olunur. Qruntlar mexanikasında, əsasən tədqiq edilən dəyişənlər (qruntun parametrləri) arasında birqismətli uyğunluğun olduğu ehtimal edilən determinləşdirilmiş (funksional əlaqələndirilmiş) riyazi modellərdən istifadə olunur. Stoxastik xarakterli modellər isə geniş şəkildə tətbiq edilmir.

Qruntlar mexanikasında daha çox istifadə edilən ümumi modellərdir ki, onlara misal olaraq bütöv mühit modelini göstərmək olar. Bu modeldə də materialın deformasiyasının onun bütövlüyü pozulmadan baş verməsi qəbul edilir və kəsilməz funksiya şəklində asılılıqla ifadə oluna bilirlər. Əksər hallarda bütöv mühit kvazieynicins və kvaziizotrop kimi qəbul olunur. Kvazieynicinsli mühit dedikdə, elə dispers mühit nəzərdə tutulur ki, orada elementlərin ölçüləri ən kiçik həcm ölçüsündən kiçik olsun. Bu mühit üçün tədqiqat predmeti deformasiyadır və istənilən qruntlara, yəni gillərdən iridənəli əlaqəsiz qruntlaradək tətbiq oluna bilər. Kvaziizotrop mühit dedikdə isə, həcmə ən kiçik elementində belə istənilən istiqamətli anizotropluğu olduğu qəbul edilir. **Bütöv mühit modellərinə bərk cismin Huk, plastik cismin**

Sen-Venan və özlü mayenin Nyuton modelləri aiddirlər. Bu sadə modelləri təsvir etmək üçün elastik cisim kimi yaydan, sürtünmə üçün paralel lövhələrdən, özlülüyn təsviri üçün porşendən istifadə olunur və onların müxtəlif kombinasiyası əsasında müvafiq mürəkkəb proseslər modelləşdirilərək tədqiq edilir.

Elastik cisim modeli - Huk modeli də adlandırılır və **H** ilə işarə olunur. Model şəkil 2.2-də qrafiki asılılıqla təsvir olunur, yəni gərginliklə elastik cismin deformasiyası arasında asılılıq düzxətli qanuna tabedir, yəni $\sigma = E \cdot e$.

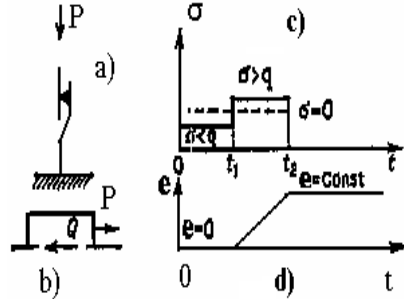
Elastik cisimlərdə deformasiya səs sürəti ilə baş verir və qalıq deformasiya sıfır bərabər olur. Qruntlarda bu xüsusiyyət gərginliyin kiçik intervallarında özünü doğruldur və gərginliklə deformasiya arasında asılılıq xətti xarakter daşıyır. Elastik cismin bu modeli xətti deformasiya edən mühit modeli də adlandırılır (şəkil 2.2). Şəkil 2.2-də σ -gərginlik; E -Yunq (elastiklik) modulu; e -nisbi deformasiyadır.



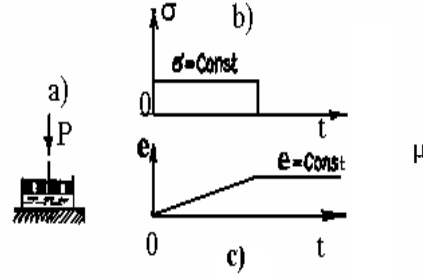
Şəkil 2.2. Elastik cisim modeli. a)- modelin simvolik təsviri; b)- gərginliklə zaman arasında asılılıq; c)- nisbi deformasiyanın vaxtdan asılılığı; d)- nisbi deformasiyanın gərginlikdən asılılıq qrafiki.

Plastik cisim modeli - Sen-Venan modeli (S_V) sürüşmə səthi ilə sürüşən kütlə arasında sürtünmə təsir edir və normal təzyiq dəyişmədikdə sabit qalır. Gərginlik plastiklik həddindən çox olmayanadək plastik cisimdə heç bir deformasiya baş vermir, cisim özünü sərt aparır (şəkil 2.3). Müvafiq olaraq, plastik cisim üçün $\tau = \tau_{pl}$ (burada τ - həddi toxunan gərginlik, τ_{pl} - qrunzun axıcılıq həddinə uyğun toxunan gərginlik) bərabərlik həddi özünü doğruldur. Plastik deformasiya zamanı cismin forması dəyişikliyə uğrayır, həcmi isə dəyişmir. Möhkəmliyin ikinci nəzəriyyəsinə-Sen-Venan nəzəriyyəsinə görə qrunzun axması (dağılması) o zaman baş verir ki, ən böyük deformasiya qrunzun

axıcılıq həddində (sıxılma zamanı dağılma həddinə) yaranan deformasiyaya bərabər olsun.



Şəkil 2.3. Sen-Venan modeli. a) və b) - modelin sxematik təsviri; c) - gərginliyin zamandan asılılığı; d) - nisbi deformasiyanın zamandan asılılığı.



Şəkil 2.4. Nyutonun özlü-maye modeli. a) - modelin simvolik təsviri; b) - gərginliyin zamandan asılılığı; c) - nisbi deformasiyanın zamandan asılılığı.

Özlü mayenin Nyuton modeli (N) sxematik şəkildə özlü maye doldurulmuş silindr içərisində kiçik dəşikli porşenin hərəkəti şəklində təsvir olunur (şəkil 2.4). Bu model üçün özlü mayədə yaranan gərginlik deformasiya sürəti ilə düz mütənasibdir və Nyutonun aşağıdakı tənliyi ilə

$$\tau = \mu \cdot \frac{de}{dt}, \quad (2.1)$$

ifadə olunur. Burada μ - dinamiki özlülük əmsalı, $\frac{de}{dt}$ - deformasiya sürətidir.

Qruntlar mexanikasında sadə modellərin kombinasiyalardan ibarət daha mürəkkəb modellərdən istifadə edilir. Bunun üçün həmin modellər ya ardıcıl, ya da paralel şəkildə birləşdirilir. Paralel birləşmə zamanı cismə verilən yük hər bir elementə verilmiş yüklərin cəminə bərabər olur, elementlərin deformasiya sürəti ($\frac{de}{dt}$) isə eyni olur. Ardıcıl birləşdirmə zamanı isə deformasiyanın tam sürəti, modeli təşkil edən elementlərin deformasiya sürətlərinin cəminə bərabər olur. Hər bir element yük altında olur.

Əgər özlü elementi elastik elementlə paralel birləşdirsək, onda özlü-elastik cismin **Foyxt modelini** almış olarıq (şəkil 2.5). Bu mühitdə yaranan tam gərginlik (σ), özlü və elastik elementlərdə yaranan gərginliklərin cəminə bərabər olacaqdır. Bu halda o, aşağıdakı asılıqla ifadə olunacaqdır:

$$\sigma = E \cdot e + \mu \cdot \frac{de}{dt}, \quad (2.2)$$

burada bütün parametrlər əvvəlkilərlə eynidir.

Sükunət halında $\frac{de}{dt}=0$ olduğundan, mühit özünü elastik cisim kimi aparır və o zaman σ_0 sabit gərginliyi yaranır. $t=0$ anında $e=0$ olur. Onda həmin asılılıqda σ sabit kimi götürüldükdə, (2.2) asılılığını

$$\sigma_0 - E \cdot e = \mu \cdot \frac{de}{dt}, \quad (2.3)$$

diferensial tənliyi kimi həll etsək, onda

$$-\frac{E}{\mu} \cdot t = \ln|\sigma_0 - e \cdot E| + \ln C, \quad (2.4)$$

şəklində asılılıq alınar. Həmin ifadədən başlanğıc şərt nəzərə alınmaqla aşağıdakı asılılığı almaq olar

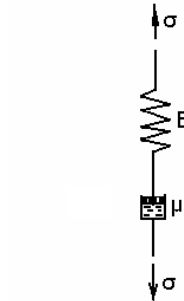
$$e = \frac{\sigma_0}{E} \cdot \left(1 - e^{-\frac{E}{\mu} t}\right). \quad (2.4)$$

Bu relaksasiya etməyən cismin sadə deformasiya qanunu adlandırılır.

Elastik və özlü cisimlərin modellərinin ardıcıl birləşdirilməsi ilə yaradılmış **modeldə** (şəkil 2.6) nisbi deformasiyanın dəyişilmə sürəti **Maksvell** tərəfindən müəyyən edilmiş aşağıdakı qanuna tabe olur:

$$\frac{de}{dt} = \frac{de_1}{dt} + \frac{de_2}{dt}, \quad (2.5)$$

burada $\frac{de}{dt}$ - mühitin deformasiya sürəti; $\frac{de_1}{dt}$ - elastik cismin deformasiya sürəti; $\frac{de_2}{dt}$ - özlü cismin deformasiya sürətidir.



Şəkil 2.6. Maksvell modelinin sxematik təsviri.

Huk qanununa əsasən $\frac{de_1}{dt} = \frac{1}{E} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$, Nyutonun özlü mayelər üçün $\tau = \mu \cdot \frac{de}{dt}$ ifadəsindən $\frac{de_2}{dt} = \frac{\sigma}{\mu}$ olduğunu yazmaq olar və bunu da (2.5) asılılığında nəzərə alsaq, onda aşağıdakı tənlik alınar.

$$\frac{de}{dt} = \frac{1}{E} \cdot \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\mu}. \quad (2.6)$$

Bu mühitdə $\sigma = \text{const}$ olduqda, (2.6) tənliyi ilə ifadə olunan cisim özlü mühitə uyğun sabit sürətlə deformasiya edəcəkdir.

Əgər bu mühitdə $t=0$ anında σ_0 gərginliyi təsir edərsə və buna uyğun başlanğıc nisbi deformasiya $\frac{\sigma_0}{E}$ -yə bərabər olarsa, həmçinin $e=e_0=\text{const}$ şərti ödənilərsə, onda $\frac{de}{dt}=0$ olar. Bu hal gərginlikli vəziyyətdə olan çubuğun uclarını bərkitməklə yaradıla bilər. Başlanğıc şərtlər daxilində

$$\frac{1}{E} \cdot \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\mu} = 0, \quad (2.7)$$

diferensial tənliyi alınar və o, həll edilərsə, onda bu halda aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_r}}, \quad (2.8)$$

burada $T_r = \frac{\mu}{E}$ - relaksasiya vaxtıdır (periodudur). (2.8) asılılığı əsasında onu demək olar ki, gərginlik zamandan asılı olaraq azalır və $t \rightarrow \infty$ olduqda, sıfıra yaxınlaşır. Maksvell tənliyi keyfiyyət cəhətdən relaksasiya gərginliyini (yəni dəyişməyən deformasiyada vaxtdan asılı olaraq gərginlikli vəziyyətin zəifləməsinə) ifadə edir. Həmin gərginliyin zəifləməsinə sərf olunan vaxta relaksasiya vaxtı deyilir. Maksvell tənliyi əsasən relaksasiyalı hadisənin keyfiyyət cəhətdən ifadə edilməsi zamanı istifadə olunur.

Bu, qrunnt massivlərində kəsilməyə qarşı gərginlikli vəziyyətdə olan qruntlara tətbiq edilə bilər.

Foyxtun və Maksvellin ümumiləşdirilmiş modelləri bəzi kəskin qeyri-xətli mexaniki vəziyyətləri ifadə edir.

Müxtəlif məsələlərin həlli zamanı qeyd olunan modellər sadə modellərin ardıcıl və paralel birləşdirilməsi şəklində tədqiq edilərək həmin məsələlər həll edilir.

2.2. XƏTTİ DEFORMASIYA EDƏN MÜHİT NƏZƏRİYYƏSİ

Qrunnt massivlərinə təsir edən qüvvələrin yaratdığı tam gərginlik iki toplanandan – qrunnt skeletinə düşən və onda həcmi dəyişiklik yaradan effektiv gərginlikdən və qrunnt məsamələrində olan suya təsir edən hidrostatik (neytral) gərginlikdən ibarətdir. Effektiv gərginlik sıxıcı, dartıcı və sürüşdürücü ola bilər.

Qrunt massivinin istənilən nöqtəsində gərginlikli vəziyyət ortoqonal koordinat sistemində doqquz təşkiledici ilə müəyyən olunur, **gərginlik tenzoru** adlanır və matris şəklində aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Perpendikulyar müstəvilər üzrə təsir edən tangensial toxunan gərginliklər bir-birinə bərabər olduqda ($\tau_{xy} = \tau_{yx}$, $\tau_{xz} = \tau_{zx}$, $\tau_{yz} = \tau_{zy}$), gərginlik tenzoru simmetrik olur.

$$\begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ & \sigma_y & \tau_{zy} \\ & & \sigma_z \end{pmatrix} \quad (2.10)$$

Bu halda gərginlikli vəziyyəti təsvir etmək üçün altı təşkiledicinin ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yx}, \tau_{zx}, \tau_{zy}$) məlum olması kifayətdir.

Qrunt biri-biri ilə qarşılıqlı əlaqəli və ya əlaqəsiz hissəciklərdən təşkil olunmuş, bərk hissəcikləri arasında boşluq olan (məsaməlilik) bir cisimdir və onun üzərinə düşən yükün təsiri altında qruntun deformasiyası müşahidə olunur. Bu deformasiya qrunt məsaməliliyinin azalması hesabına baş verir.

Qrunt da yaranan effektiv gərginlik qrunt səthinə yük ötürüldüyü andan başlayaraq artır, neytral gərginlik isə azalır. Bərk hissəciklər arasında olan rabitənin möhkəmliyi onların özlərinin möhkəmliyindən az olduğundan, qrunt üzərinə düşən xarici yükün təsiri altında həmin əlaqələrin pozulması baş verir. Çünki qruntu təşkil edən hissəciklər arasındakı rabitə enerjisi hissəciklərin özlünün daxili enerjisindən azdır. Yəni hissəciklər arasında mövcud olan rabitə zəif olduğu hissələrdə pozulur. Elastik cisimdən fərqli olaraq, deformasiya baş vermiş qrunt da yük götürüldükdən sonra o, öz ilkin vəziyyətini almır. Onlarda adətən qalıq deformasiya yaranır. Yəni plastik deformasiya baş verir. Qruntlarda yaranan gərginliklə deformasiya arasında olan asılılıq, aparılmış tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, qeyri-xətti qanuna tabedir və ümumi halda həmin asılılıq aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$e = \alpha_s \cdot \sigma_s + \alpha_h \cdot (\sigma_h - \sigma_s)^a, \quad (2.10)$$

burada e -nisbi deformasiya; α_s - qruntun struktur rabitəsi ilə əlaqədar olan əmsaldır ($\alpha_s = 1/E$), təcrübə əsasında təyin edilir; σ_s -

qruntun struktur əlaqəliliyinin möhkəmliyinə bərabər gərginlik; $(\sigma_h - \sigma_s) = \sigma$ - qrunta təsir edən və onu deformasiyaya uğradan normal gərginlik; α -sıxlaşma əmsalı; α_h - əmsalı isə qrunun ümumi deformasiya modulu E_0 -dan və qrunun yana genişlənməsini nəzərə alan əmsal β -dan asılı olaraq aşağıdakı kimi hesablanı bilər.

$$\alpha_h = \frac{\beta}{E_0}, \quad (2.11)$$

r -əmsalı laboratoriya təcrübələrindən təyin olunur və $r \leq 1$ olur.

σ_h -qruntun struktur möhkəmliyindən böyük olan ($\sigma_h > \sigma_s$), deformasiya yaradan gərginlikdir.

Qrunun səthinə ötürülən təzyiq onun struktur möhkəmliyindən böyük olan qiymətlərində nisbi deformasiyanın gərginlikdən asılılığı aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$e = \alpha_{sh} \cdot \sigma^{a_0}, \quad (2.13)$$

burada α_{sh} – ümumi mütənasiblik əmsalı olub, $\alpha_{sh} = \frac{\beta}{E_0}$ -ifadəsin-

dən hesablanı bilər; a_0 -əmsal olub, laboratoriya şəraitində təyin edilir və nisbi sıxlaşma əmsalı adlanır; β - təbii şəraiti nəzərə alan əmsaldır. Qrunun yana təzyiq və yaxud mütənasiblik əmsalından asılı olaraq qiymət alır, gillər üçün 0,43, gilçələr üçün 0,57, qumcaqlar üçün 0,72, qumlar üçün isə 0,76 götürülür.

Qrunun üzərinə düşən təzyiqin kiçik qiymətlərində qrunun yaranan nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında asılılıq xətti olur və aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$e = \alpha_{sh} \cdot \sigma. \quad (2.14)$$

Bu asılılıq əvvəlki asılılıqdan $a_0 = 1$ olduqda alınır.

Qrunun massivlərinə düşən təzyiq 3-5 kQ/sm² həddində olduqda, nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında asılılıq düz xətti qanuna tabe olur, yəni müəyyən ideallaşdırma şəraitində həmin intervallarda təzyiqin təsiri altında qrunun yaranan gərginlik elastiki səciyyə daşıyır. Bu hər bir qrunun müvafiq xassə göstəricisinə uyğun olaraq, təzyiqin müvafiq kiçik qiymətində özünü doğruldur. Yəni qrunun səthinə düşən təzyiq altında onda plastik deformasiya yaranmır.

Bunu əyani şəkildə başa düşmək üçün, nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında yaranan asılılığı, təsir edən təzyiq altında skeletin həcmi dəyişməyən qrunun baş verən həcm dəyişikliyinə araşdırılması əsasında müəyyən edək. Tutaq ki, yana genişlənməsi

mümkün olmayan silindrik qrunut nümunəsi üzərinə normal təzyiq təsir edir və qruntda boyuna sıxılma baş verir. Qəbul edək ki, bu zaman onun en kəsik sahəsi (S) dəyişmir, sıxılma isə qrunut məsamələrinin azalması hesabına baş verir. Qrunut nümunəsinin ilkin həcmi $V_0=S \cdot h_0$, sonrakı həcmi isə $V_p=S \cdot (h_0-\Delta h)$ olur. Qrunutun skeleti göstərilən təzyiq altında dəyişilmədiyi halda, skeletin həcmi aşağıdakı kimi təyin oluna bilər:

sıxlaşmaya qədər qrunut skeletinə həcmi;

$$V_{sk}=V_0 \cdot m=V_0(1-n_0), \quad (2.15)$$

sıxlaşmadan sonra isə;

$$V'_{sk}=V_p \cdot m=V_p(1-n_p), \quad (2.16)$$

olar.

burada n_0 və n_p - müvafiq olaraq qrunutun ilkin və P təzyiqi altında sıxıldıqdan sonrakı məsaməliliyi, m-qrunutun vahid həcmində skeletinə həcmi, h_0 -qrunutun ilkin hündürlüyü, Δh - qrunutun mütləq deformasiyasıdır.

Qrunut skeletinə həcmi dəyişmədiyindən (2.15) və (2.16) bərabərliklərinin sağ tərəfləri bir-birinə bərabər olar.

$$V_0(1-n_0)=V_p(1-n_p). \quad (2.17)$$

Əgər (2.17) ifadəsində V_0 və V_p -nin qiymətlərini yerinə yazsaq, aşağıdakı bərabərlik alınar:

$$S \cdot h_0 \cdot (1-n_0)=S \cdot (h_0-\Delta h) \cdot (1-n_p)$$

Müvafiq ixtisarlər və sadə çevirmə aparılarsa, onda aşağıdakı bərabərlik alınar:

$$\frac{h_0 - \Delta h}{h_0} = \frac{1 - n_0}{1 - n_p}. \quad (2.18)$$

Əgər bu ifadədə məsaməliliklə (n) məsaməlilik əmsalı (ε) arasındakı asılılıqdan ($n = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}$) istifadə etsək, o zaman aşağıdakı ifadəni alarıq.

$$\frac{h_0 - \Delta h}{h_0} = \frac{1 - \frac{\varepsilon_0}{1 + \varepsilon_0}}{1 - \frac{\varepsilon_p}{1 + \varepsilon_p}} = \frac{1 + \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}. \quad (2.19)$$

(2.19) bərabərliyində sadə çevirmə aparsaq, qrunut nümunəsində baş verən mütləq deformasiyanı aşağıdakı düstur əsasında hesablaya bilərik:

$$\Delta h = h_0 - h_0 \cdot \frac{1 + \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0} = h_0 \cdot \left(1 - \frac{1 + \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}\right) = h_0 \cdot \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}. \quad (2.20)$$

Təzyiq altında qruntda baş verən nisbi deformasiya düz xətti qanuna tabe olduqda, məsaməlilik əmsalının dəyişməsi ilə normal təzyiq arasında da düz xətti asılılıq mövcud olur:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = a \cdot (P_2 - P_1) = a \cdot \Delta p, \quad (2.21)$$

burada a -sıxlaşma əmsalı, MPa^{-1} ; ε_1 və ε_2 – müvafiq olaraq qrunta təsir edən P_1 və P_2 təzyiqlərinə uyğun məsaməlilik əmsalı.

(2.20) düsturuna əsasən nisbi deformasiyanı aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$e = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}, \quad (2.22)$$

Təzyiqlə məsaməliliyin dəyişməsi arasında olan (2.21) ifadəsi (2.22) düsturunda nəzərə alınarsa, onda nisbi deformasiya üçün aşağıdakı asılılığı almış olarıq:

$$e = \frac{a}{1 + \varepsilon_0} \cdot \Delta p, \quad (2.23)$$

Bu riyazi ifadədə $\frac{a}{1 + \varepsilon_0} = a_0$ – **nisbi sıxlaşma əmsalı** adlanır.

Ona görə də, (2.23) düsturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$e = a_0 \cdot \Delta p. \quad (2.24)$$

Bu isə nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında olan asılılığın xətti qanuna tabe olduğu halda ifadəsidir. Beləliklə, alınmış asılılıq onu deməyə əsas verir ki, *elastiklik nəzəriyyəsinə alınmış nəticələr eninə genişlənmə olmadıqda və cüzi olduqda qruntlara tətbiq oluna bilər, çünki bu zaman nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında olan asılılıq düz xətti olur*. Bu prinsip xətti deformasiya nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edir. Bu qruntlar mexanikasının əsas qanunauyğunluğu adlanır və qurğu əsaslarının (qrun bünövrələrinin) gərginlikli və deformasiya olunma vəziyyəti bu prinsipə əsasən müəyyən olunur.

2.3. GƏRGİNLİKLİ VƏZİYYƏTDƏ OLAN QRUNTUN DEFORMASIYA FAZALARI

Qruntlarda yaranan deformasiyanın tədqiqi əsasında məlum olmuşdur ki, əksər hallarda qrun özünü elastik material kimi aparmır, onlarda yaranan plastik deformasiya elastiki

deformasiyadan böyük olur. Bunu ştamp altında müəyyən yük verməklə sıxılmış qruntda yaranan deformasiyanı nəzərdən keçirməklə əyani şəkildə müşahidə etmək olar. Qrunnt səthinə perpendikulyar olmaq şərti ilə onun üzərinə müəyyən yük verildikdə onda müvafiq sıxılma baş verir və qrunnt deformasiyaya uğrayır. Üzərindən həmin yük götürüldükdən sonra isə qruntda yaranan deformasiya sıfıra bərabər olmur, yəni yük götürüldükdən sonra qrunnt yüklənmədən əvvəl malik olduğu vəziyyətinə qayıtmır, onda elastiki deformasiya ilə birlikdə plastiki deformasiya da yaranmış olur (şəkil 2.7, c). Bu zaman gərginliklə nisbi deformasiya arasında olan asılılıq ciddi şəkildə xətti qanuna tabe olmur. Qrunnt bütöv cisim deyil, aralarında boşluq olan və həmin boşluq müxtəlif qaz və maye ilə dolmuş ayrı-ayrı hissəciklərdən təşkil olunmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq, elastiklik nəzəriyyəsinin gərginliklə nisbi deformasiya arasında olan xətti qanununun hansı şərtlər daxilində qruntlara tətbiq oluna bilməsi sual doğurur.

Ümumiyyətlə isə qurğu əsaslarının (qrunnt bünövrələrinin) yükləgötürmə qabiliyyətinin təyini zamanı qrunntun gərginlikli vəziyyətlərinə uyğun yaranan deformasiyasının 3 fazasını fərqləndirirlər.

Birinci fazada qrunnt səthinə təsir edən təzyiq onun struktur möhkəmliyindən kiçik olduğundan, yaranan deformasiyanın elastiki olduğu və deformasiya sürətinin zamana görə sönən olduğu ($\frac{ds}{dt} \rightarrow 0$) qəbul olunur.

Yükün təsiri altında qruntda yaranan deformasiyanın zamandan asılı olaraq dəyişməsi deformasiya sürəti kimi qəbul edilir.

Təsir edən yükün qiyməti artırıldıqca elə bir gərginlikli vəziyyət yaranır ki, qruntda elastiki deformasiya ilə bərabər plastiki deformasiya da yaranmağa başlayır. Ona görə də, qruntda elastiki deformasiya yaradan xarici yükün maksimal həddi qrunntun **möhkəmliyə görə yükləgötürmə qabiliyyəti** kimi qəbul olunur. Bu faza qayavari və yarımqayavari qruntlarda **elastiki deformasiya fazası**, digər qruntlarda isə **sıxlaşma fazası** adlandırılır. Bu faza hüdudunda nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında asılılığın xətti qanuna tabe olduğu qəbul edilir.

Xarici yükün qiyməti artdıqca qruntda yaranan plastiki deformasiyanın (sürüşmə yerdəyişməsinə məruz qalan hissələr) hüdudları artır və yük altında **üçbucaq şəkilli sıxlaşma nüvəsi** formalaşır. Qrunnun deformasiya sürəti zamana görə sabit olur. Bu faza **yerli sürüşmələr fazası**, qayavari qruntlarda isə **plastik axın fazası** adlandırılır. Onun

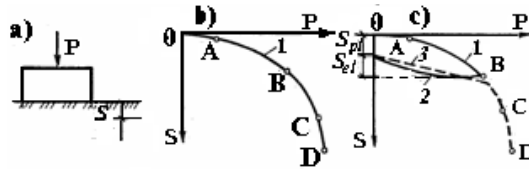
sonuna uyğun elə bir böhran yükü mövcuddur ki, qrunn üzərinə təsir edən həmin yükün qiyməti cüzi olaraq artırılarsa, onda yaranan deformasiya zamana görə artan sürət ilə

dəyişər və qrunn sürüşərək pırtlayıb yük altından çıxar. Qrunn səthində qabarmış relyef forması əmələ gəlir. İkinci fazanın sonuna uyğun həddi yük qrunnun **deformasiyaya görə yüklənmə qabiliyyəti** kimi qəbul olunur.

Üçüncü faza yerli sürüşmə səthlərinin birləşməsi, vahid sürüşmə səthinin əmələ gəlməsi və qrunnun yük altından sürüşərək çıxması istiqamətində inkişaf etdiyindən, **yük altından pırtlayaraq çıxma fazası** kimi adlandırılır.

Yuxarıda qeyd edilən suala cavab tapmaq məqsədi ilə qrunn səthinə şaquli təsir edən statik yük altında (sərt ştamp vasitəsi ilə ötürülən) onda yaranan deformasiyanın xarakterini təfəssilatı ilə tədqiq edək.

Tutaq ki, struktur əlaqəyə malik olan qrunn səthinə sərt ştamp qoyulmuşdur və həmin ştamp vasitəsi ilə qrunna ardıcıl olaraq P_1 , P_2 , P_3 və s. yükləri ötürülür və həmin yükün hər bir miqdarı qruntda yaranan deformasiyanın stabillənməsindən sonra verilir (şəkil 2.7). Bu yükün təsirindən qrunn massivində deformasiya baş verəcəkdir və qrunta düşən təzyiq artdıqca həmin deformasiyanın qiyməti də artacaqdır.



Şəkil 2.7. Ştamp altında qrunnun sıxılması sxemi (a), b və c-təzyiqdən asılı olaraq ştampın çökməsi qrafikləri.

Qruntda əvvəl mövcud olan gərginlikdən əlavə gərginliyin (təbii şəraitdə qrunnun öz ağırlığından) inkişaf etməsi nəticəsində o,

deformasiyaya uğrayacaqdır. Təzyiq artdıqca şampın qrunta daxil olması (qrunun çökməsi) da artacaqdır (şəkil 2.7, a). Şəkil 2.7, b qrafikindən göründüyü kimi (Dalmatov B.İ. -1988) 1 əyrisi üzrə 4 xarakterik hissə (OA, AB, BC və CD) ayırmaq olar.

Qrafikin OA hissəsi şampın altında olan qruntda yaranan gərginliyin qrunun struktur möhkəmliyini ($P < P_{str}$) aşmadığı vəziyyətinə uyğundur. Bu gərginlikdə əsasən elastik çökmə baş verir və çökmə sönən sürüşkənlik yaradır. Təzyiqin sərt şamp altında qeyri-bərabər paylanması nəticəsində, onun müxtəlif hissələrində (kənarları boyu) təzyiq qrunun struktur möhkəmliyindən (P_{str}) çox olacaqdır. Bu isə təzyiqin yenidən paylanmasına səbəb olacaqdır. Şampın əsas hissəsində $P < P_{str}$ şərti ödəniləcəkdir və deformasiya təzyiqin artmasına mütənasib olaraq artacaqdır. Baxmayaraq ki, şampın ayrı-ayrı kiçik təsir zonalarında plastik deformasiya və sıxlaşma da baş verir, qrunun bu (birinci) gərginlik fazası **elastiki deformasiyalar fazası** adlanır. Bu isə onu göstərir ki, bu faza hüdudunda da çökmə ilə təzyiq arasında ciddi xətti asılılıq yoxdur.

Qrun səthinə düşən yükün kiçik qiymətlərində deformasiya sürətinin sönən olduğunu görmək olar. Massiv qrunlarda deformasiya sürəti təsir edən yükün kiçik qiymətlərində daha sürətlə sönür. Digər qrunlarda isə, xüsusi ilə gilli qrunlarda deformasiya sürəti tədricən sıfıra yaxınlaşır. Yumşaq əlaqəsiz və xüsusi tərkibə, vəziyyətə və xassəyə malik qrunlarda bu faza fərqli olub, **sıxlaşma fazası** şəklində baş verir.

Şampın bütöv altı boyu təzyiq qrunun struktur möhkəmliyindən çox olarsa, onda qruntda sıxlaşma deformasiyası inkişaf edəcəkdir. Qruntda (şampın altında) yaranan gərginliyin kiçik həddində, təzyiqin artması ilə yaranan sıxlaşma deformasiyasını xətti artan kimi qəbul etmək olar. Qrafikin AB hissəsinə uyğun təzyiqin dəyişməsinə müvafiq olaraq sıxlaşma deformasiyası qrunun bütün həcmi üzrə baş versə idi, o zaman qrafikin həmin hissəsi düzxətli olmalı idi. Ancaq gərginlik qrunun struktur möhkəmliyindən böyük olduqda onun artımı, sıxlaşmanın şampın kənarları boyu baş verməsinə səbəb olur. Təzyiq artdıqca qrun daha geniş zonada sıxlaşır və daha çox həcm üzrə gərginlik qrunun struktur möhkəmliyindən böyük olur. Şampın kənarları üzrə gərginliyin artması plastik deformasiyaların yaranmasına (sürüşmə deformasiyası) səbəb olur. Qurğuların əsaslarında (qrun bünöv-

rələrində), təsir edən təzyiqin kiçik qiymətlərində asılılığın qrafikində həmin hissəni (AB hissəsi), müəyyən təqribiliklə, düzxətli qəbul etmək olar. Qurğu əsaslarında bu fazanı (ikinci fazanı) **sıxlaşma** və ya **yerli sürüşmələr fazası** adlandırırlar. Təzyiqin müəyyən qiymətindən sonra, qrunzun gərginlikli vəziyyətinin ikinci fazası deformasiya sürətinin sönməyən olması ilə xarakterizə olunur.

Qrunz səthinə təsir edən yükün qiymətinin cüzi artırılması plastik deformasiyanın kənarlara doğru inkişaf etməsinə, qrunzun sıxlaşmasına, sürüşmə deformasiyalarının intensivləşməsinə səbəb olur. Şəkildəki (şəkil 2.7, b) 1 əyrisinin BC hissəsi bununla əlaqədar olaraq ayrişətli olur. Bu faza **sürüşmə deformasiyalarının intensiv inkişaf fazası və plastik deformasiyalar zonasından kənarlara doğru sıxlaşma fazası** adlandırılır.

Qrunz səthinə düşən yükün müvafiq qiymətindən sonra, əvvəlki fazada yaranmış sürüşmə sahələri birləşərək, müəyyən sürüşmə səthini formalaşdırır. Bu fazada deformasiya sürəti dayanmadan artır və ştamp qrunza batır, səthdə ştamp ətrafında qrunzun köpməsi baş verir. Bu hadisə prof. V.İ.Kurdyumov (1889) tərəfindən öyrənilmişdir. Bu hadisə dayaz qazılmış bünövrələrdə qrunzun qurğu altından sürüşərək çıxmasına səbəb olur. Bu faza şəkildə (şəkil 2.7, b, c) 1 əyrisinin CD hissəsinə uyğundur və gərginlik fazası **yük altından pırtlayaraq çıxma fazası** adlanır.

N.M.Gersevanova görə, möhkəmlik şərti nöqtəyi-nəzərindən **sürüşmə fazası** (ştamp altında qrunzun deformasiya prosesi üç faza - elastiki və ya sıxlaşma, yerli sürüşmə və yaxud plastik axım, **yük altından pırtlayaraq çıxma** şəklində ayrıldıqda) qrunzun böhran həddi hesab olunmalıdır.

Yuxarıda qeyd edilənlərin analizi onu deməyə əsas verir ki, elastiki deformasiyalar, həmçinin sıxlaşma və yerli sürüşmələr fazası hüdudunda ştampın çökməsi ilə təzyiq arasında asılılığı, həmçinin nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında asılılığı təqribən xətti asılılıq kimi qəbul etmək olar.

2.4. TƏSİR EDƏN YÜKDƏN ASILI OLARAQ QRUNZ MASSİVLƏRİNDƏ GƏRGİNLİYİN HESABLANMASI

Qrunz səthinə düşən yükün paylanmasına görə massivdə yaranan gərginlik müxtəlif olur. Həmin yükün təsirindən qrunz massivində yaranan gərginliyi vəziyyətin hesablanmasında xətti deformasiya edən cisim nəzəriyyəsinin müvafiq riyazi asılılıq-

larından istifadə edilir. Bunun üçün qəbul olunur ki, gruntda yaranan gərginlik onda plastiki deformasiya oblastı yaratmır və gərginlik və onun yaratdığı deformasiya sabitləşmişdir.

Qruntlar mexanikasında əsasən iki şərt daxilində - **tökmə qrun**t və yaxud **elastik bünövrə** vasitəsi ilə qrunta ötürülən yükdən və **sərt bünövrədən qrun**ta ötürülən **yükdən yaranan** gərginliyin paylanması tədqiq edilir. Qurğu əsaslarında gərginlikli vəziyyət öyrənilərkən iki məsələnin – qurğu əsasının **fəza gərginlikli vəziyyətinin** və **müstəvi gərginlikli vəziyyətinin** həllinə diqqət yetirilir. Fəza gərginlikli vəziyyətə misal olaraq planda ölçüləri bir-birindən az fərqlənən qurğular (yükdaşıyıcı sütunlar, körpü dayaqları və s.) altında qruntların fəza gərginlikli vəziyyətini, müstəvi gərginlikli vəziyyətə isə planda bir istiqamətdə ölçüsü digər istiqamətdəki ölçüsündən böyük olan qurğular (lentvari özülləri, istinad divarlarını və s.) altındakı qruntların gərginlikli vəziyyətini göstərmək olar.

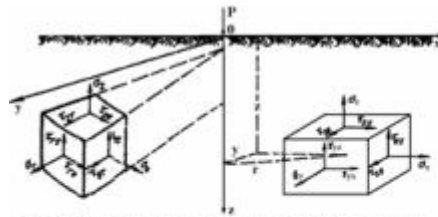
Fəza gərginlikli vəziyyət ortoqonal koordinat sistemində gərginliyin 9 təşkiledicisi ilə – koordinat oxları istiqamətində təsir edən baş gərginliklərlə ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) və toxunan gərginliklərlə ($\tau_{zy}, \tau_{zx}, \tau_{yz}, \tau_{yx}, \tau_{xz}, \tau_{xy}$) xarakterizə olunur. $\tau_{zy} = \tau_{yz}, \tau_{zx} = \tau_{xz}, \tau_{xy} = \tau_{yx}$ olduğu qəbul edilərsə, o zaman qrun

t bünövrəsinin istənilən nöqtəsində gərginlikli vəziyyət gərginliyin 6 toplananı ilə xarakterizə edilə bilər.

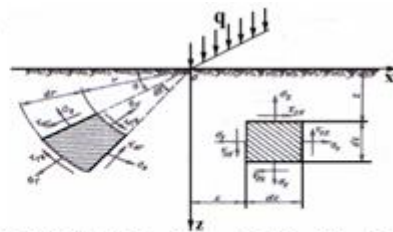
Müstəvi gərginlikli vəziyyətdə gərginlik bir müstəvi üzrə paylandığından, gərginlik 3 təşkiledici ilə - ortoqonal koordinat sistemində ($\sigma_x, \sigma_z, \tau_{zx}$), polyar koordinat sistemində isə ($\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{\theta r}$) ilə xarakterizə olunur (şəkil 2.8 və şəkil 2.9).

Müstəvi gərginlikli vəziyyət iki halda mövcud olur – müstəvi deformasiya vəziyyətində və müstəvi gərginlikli vəziyyətdə.

Müstəvi deformasiya halında yük OY oxu boyunca müntəzəm paylanır ($\sigma_y \neq 0$) və həmin ox boyunca nisbi deformasiya sıfıra bərabərdir ($\epsilon = 0$). Müstəvi deformasiya halı şəkil 2.10-da göstərilmişdir.

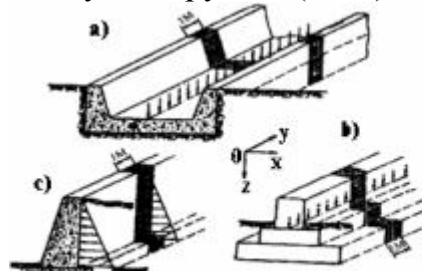


Şəkil 2.8. Qruntun fəza gərginlikli vəziyyətinin koordinat sistemində təsviri.

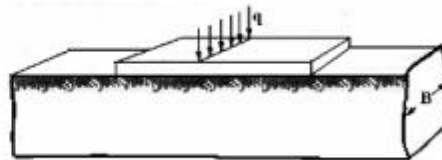


Şəkil 2.9. Müstəvi gərginlikli vəziyyətin Dekard və polyar koordinat sistemində təsviri.

Müstəvi gərginlikli vəziyyətdə isə OY oxu boyunca nisbi deformasiyanın qiyməti ($\epsilon \neq 0$) sıfırdan fərqli olur (şəkil 2.11).



Şəkil 2.10. Müstəvi deformasiya vəziyyəti.



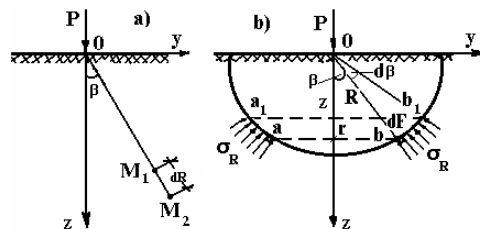
Şəkil 2.11. Müstəvi gərginlikli vəziyyətin sxematik təsviri.

2.4.1. XƏTTİ DEFORMASIYA EDƏN QRUNT MASSİVLƏRİNİN FƏZA GƏRGİNLİKLİ VƏZİYYƏTİ

Topa yükün təsirindən yaranan gərginliyin təyini. Bu məsələ 1885-ci ildə Bussinesk tərəfindən həll edilmişdir.

Xətti deformasiya edən, bir tərəfdən üfüqi müstəvi ilə məhdudlanmış, digər istiqamətlərdə isə qeyri-məhdud ölçülü qrunt massivinın səthinə perpendikulyar yönəlmiş topa yükün təsiri altında qrunt massivlərində yaranan gərginlikli vəziyyəti nəzərdən keçirək (şəkil 2.12).

Qrunt səthinə şaquli yönəlmiş P yükünün təsiri altında səthdən aşağıda yerləşən qrunt mühitində mürəkkəb deformasiya yaranacaqdır. Yükün təsir etdiyi O nöqtəsindən müəyyən dərinlikdə gərginlikli vəziyyət Dekard koordinat sistemində gərginliyin 6 təşkilçisi ilə ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{zy}, \tau_{zx}, \tau_{xy}$) xarakterizə olunacaqdır.



Şəkil 2.12. Topa yükün qrunt massivində təsiri sxemi.
a) M_1 və M_2 nöqtələrinin yerləşmə vəziyyətinin təsviri;
b) gərginliyin R radiuslu yarımkürə üzrə paylanması.

Tutaq ki, M_1 nöqtəsinin vəziyyəti polyar koordinat sistemində R radiusu və β bucağı ilə təyin olunur və O nöqtəsinə təsir edən P yükünün təsiri altında M_1 nöqtəsi R radiusu istiqamətində s_1 yerdəyişməsi alır. M_1 nöqtəsi O nöqtəsindən nə qədər çox uzaq yerləşərsə, həmin yükün təsirindən daha az yerdəyişmə alar. Eyni zamanda, R radiusunun eyni qiymətində belə β bucağının qiyməti dəyişdikcə, həmin nöqtənin aldığı yerdəyişmə müxtəlif olacaqdır. Həmin nöqtə daha böyük yerdəyişməni $\beta=0$ olduqda alacaqdır. β -nın qiyməti artıqca R radiusu istiqamətində nöqtənin yerdəyişməsinin qiyməti azalacaqdır. Kiçik deformasiya halında, $\beta=90^\circ$ olduqda (qrunt səthində), yerdəyişmə sıfıra bərabər olacaqdır. Ona görə də, P yükünün təsir etdiyi O nöqtəsi ətrafından başqa, bütün nöqtələrdə radius istiqamətində M_1 nöqtəsinin yerdəyişməsi aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər.

$$s_1 = \left(\frac{\alpha_1}{R}\right) \cdot \cos \beta, \quad (2.24)$$

burada α_1 -mütənasiblik əmsəlidir.

Bu asılılıq sərhəd şərtlərini ödəyir. M_1 nöqtəsindən dR məsafəsində yerləşən M_2 nöqtəsinin, əvvəlki asılılığa müvafiq olaraq, R radiusu üzrə yerdəyişməsi aşağıdakı kimi olar:

$$s_2 = \frac{\alpha_1}{R + dR} \cdot \cos \beta. \quad (2.25)$$

Bu halda dR parçasında qruntun nisbi deformasiyası aşağıdakı kimi təyin oluna bilər:

$$e_R = \frac{s_1 - s_2}{dR} = \left(\frac{\alpha_1}{R} - \frac{\alpha_1}{R + dR}\right) \cdot \frac{\cos \beta}{dR} = \frac{\alpha_1 \cdot \cos \beta}{R^2 + R \cdot dR}. \quad (2.26)$$

R^2 ilə müqayisədə kiçik oluğuna görə $R \cdot dR$ və qruntun ağırlıq qüvvəsi nəzərə alınmazsa, gərginliklə nisbi deformasiya arasındakı asılılığın xətti olduğu qəbul edilərək, R radiusuna perpendikulyar dF müstəvi kəsimində sıxılma gərginliyi üçün aşağıdakı asılılığı almaq olar:

$$\sigma_R = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{R^2} \cdot \cos \beta, \quad (2.27)$$

burada α_2 -deformasiya ilə gərginlik arasında mütənasiblik əmsəlidir.

σ_R gərginliyinin təyini üçün yarım kürə səthində, O nöqtəsində təsir edən P yükündən yaranan gərginlikli vəziyyəti

araşdıraraq (şəkil 2.12, b). Yarım kürə səthinin $d\beta$ mərkəzi bucağına uyğun kiçik aa_1bb_1 qatında təsir edən σ_R gərginliyinin intensivliyini eyni qəbul etmək mümkündür. Həmin kürə qatında təsir edən qüvvələrin səthə normal üzrə proyeksiyalarının cəminin sıfıra bərabər olması şərtinə əsasən

$$P - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sigma_R \cdot \cos\beta \cdot dF = 0, \quad (2.28)$$

olduğunu yazmaq olar. Burada dF aa_1bb_1 kürə qatının sahəsi olub, $dF = 2\pi \cdot (R \cdot \sin\beta) \cdot (R \cdot d\beta)$ bərabərliyi əsasında tapıla bilər. σ_R və dF – n qiymətlərini (2.28) tarazlıq şərtində yazıb integrallasaq, o zaman

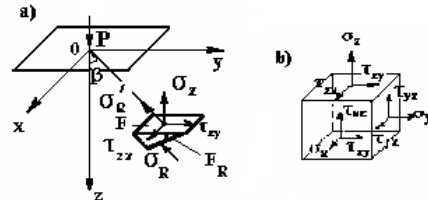
$$P - \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot 2\pi \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\beta \cdot \sin\beta \cdot d\beta = 0, \quad (2.29)$$

alınar ki, onu da həll etməklə, $P = \frac{2\pi}{3} \alpha_1 \cdot \alpha_2$ alındığından,

$\alpha_1 \cdot \alpha_2 = \frac{3P}{2\pi}$ olar. $\alpha_1 \cdot \alpha_2$ hasilinin alınmış qiyməti radial gərginlik üçün alınmış (2.27) asılılığında nəzərə alınarsa, o zaman şəkil 2.12, b-də göstərilən dF maili müstəviyə təsir edən σ_R radial gərginliyi üçün aşağıdakı düstur alınar:

$$\sigma_R = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{R^2} \cdot \cos\beta, \quad (2.30)$$

σ_R radial gərginliyinin horizontal müstəvi üzərindəki qiymətini tapsaq, o zaman şəkil 2.13, a – ya əsasən



Şəkil 2.13. Topa yükün təsirindən qırt massivində gərginliyin toplananları.

$\sigma_R \cdot F_R = \sigma'_R \cdot F$ ifadəsini yaza bilərik. $\frac{F_R}{F} = \cos\beta$ bərabərliyi alınar ki, buradan da horizontal müstəvi üzrə (σ'_R) gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur.

$$\sigma'_R = \sigma_R \cdot \cos\beta = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{1}{R^2} \cdot \cos^2\beta. \quad (2.31)$$

σ'_R gərginliyinin bir-birinə perpendikulyar istiqamətdə müstəvilər üzrə proyeksiyasını tapsaq, onda həmin müstəvilər üzrə σ'_R gərginliyinin toplananlarını tapmış olarıq. Bu zaman uyğun

koordinat oxları ilə həmin gərginliyin əmələ gətirdiyi bucaqların kosinusları aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\cos(\sigma'_R, z) = \frac{z}{R}; \cos(\sigma'_R, y) = \frac{y}{R}; \cos(\sigma'_R, x) = \frac{x}{R}. \quad (2.32)$$

Buradan,

$$\sigma_z = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R, z); \tau_{zy} = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R, y); \tau_{zx} = \sigma'_R \cdot \cos(\sigma'_R, x), \quad (2.33)$$

olduğuna görə, (2.31) düsturu nəzərə alınarsa, o zaman (2.33) düsturu əsasında) gərginliyin şaquli toplananı üçün aşağıdakı düsturu almaq olar:

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{R^2} \cdot \cos^3 \beta, \quad (2.34)$$

burada $\cos \beta = z/R$ olduğu həmin asılılıqda nəzərə alınarsa, o zaman alınır.

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5}, \quad (2.35)$$

Analoji olaraq, üfüqi müstəvidə gərginliyin müvafiq toplananları üçün Bussineskə görə aşağıdakı asılılıqları almaq olar:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5} \\ \tau_{zy} &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^2 y}{R^5} \\ \tau_{zx} &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^2 x}{R^5} \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

$R^2 = r^2 + z^2$ olduğu (2.36) düsturunda nəzərə alınaraq müvafiq dəyişiklik aparılırsa, onda gərginliyin şaquli toplananı aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\sigma_z = K \cdot \frac{P}{z^2}, \quad (2.37)$$

burada

$$K = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}}.$$

Gərginliyin başqa müstəvilərdə təsir edən müvafiq toplananları aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{x^2 \cdot z}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \cdot \left[\frac{1}{R \cdot (R+z)} - \frac{(2R+z) \cdot x^2}{(R+z)^2 \cdot R^3} - \frac{z}{R^3} \right] \right\}; \\ \sigma_y &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{y^2 \cdot z}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \cdot \left[\frac{1}{R \cdot (R+z)} - \frac{(2R+z) \cdot y^2}{(R+z)^2 \cdot R^3} - \frac{z}{R^3} \right] \right\}; \\ \tau_{xy} &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{x \cdot y \cdot z}{R^5} - \frac{1-2\mu}{3} \cdot \frac{(2R+z) \cdot x \cdot y}{(R+z)^2 \cdot R^3} \right\}, \end{aligned} \right\} \quad (2.38)$$

burada μ - Puasson əmsalıdır.

Koordinat oxlarına paralel istiqamətlər üzrə yerdəyişmələr aşağıdakı düsturlarla ifadə olunur:

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{P}{4\pi \cdot G} \cdot \left[\frac{x \cdot z}{R^3} - (1-2\mu) \cdot \frac{x}{R \cdot (R+z)} \right]; \\ V &= \frac{P}{4\pi \cdot G} \cdot \left[\frac{y \cdot z}{R^3} - (1-2\mu) \cdot \frac{y}{R \cdot (R+z)} \right]; \\ W &= \frac{P}{4\pi \cdot G} \cdot \left[\frac{z^2}{R^3} + 2(1-\mu) \cdot \frac{1}{R} \right], \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

burada U , V və W - müvafiq olaraq X , Y , Z oxları üzrə yerdəyişmələr; $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ - sürüşmə modulu; E -normal elastiklik

modulu; μ -yana genişlənmə (Puasson əmsalı) əmsalıdır.

Müxtəlif məsələlərin həlli zamanı əksər hallarda gərginliyin şaquli toplanmasının və yerdəyişmənin tapılması xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Topa yükün təsirindən qrunzun gərginlikli vəziyyətinin təyini zamanı təsir edən yükə yaxın, z oxu istiqamətində sıxıcı gərginlik böyük qiymət aldığına və həmin hissədə qruntda plastik deformasiya yarandığına baxmayaraq, düsturlarla aparılmış hesablamalardan alınmış nəticələr yer səthindən müəyyən dərinliyədək (gərginliyin konsentrasiyası çox olduğu, plastik deformasiya yarandığı zonaya uyğun dərinlikdə) həqiqi qiymətdən az alınır. Ona görə də, həmin göstəricilərin alınmış ifadələr əsasında hesablanması müəyyən dərinlikdən sonra aparılması və ya həmin düsturlarda müvafiq düzəliş əmsalının nəzərə alınması bəzi tədqiqatçılar tərəfindən təklif edilmişdir. Ancaq P.M.Kiçayevə görə yer səthindən şaquli P yükünü ötürən şampın sahəsi 1m^2 -dən böyük olduqda, sıxıcı gərginlik üçün alınmış düstur təbii vəziyyəti düzgün əks etdirir və o zaman həmin düstura heç bir düzəliş etməyə ehtiyac qalmır.

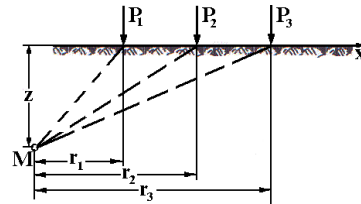
Müvafiq hesablamaların aparılması zamanı gərginliyin şaquli normal toplananının alınmış düstur vasitəsi ilə asan hesablanması məqsədi ilə K -nın qiyməti hesablanmış və cədvəl tərtib edilmişdir (cədvəl 2.1).

Cədvəl 2.1

K əmsalının r/z –dən asılı olaraq qiyməti

r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,5	0,0251
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,6	0,0200
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,7	0,0160
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,8	0,0129
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,9	0,0105
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	2,0	0,0085
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	2,5	0,0034
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	3,0	0,0015
0,40	0,3294	0,90	0,1083	1,40	0,0317	4,0	0,0004
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	5,0	0,0001

Müxtəlif topa yükün qrun
massivinə təsiri. Əgər izotrop-xətti deformasiya olunan qrun səthinə bir neçə topa yük təsir edərsə, onda gərginlik ilə deformasiya arasında düz mütənasiblik zamanı superpozisiya prinsipindən istifadə edilərək, qrun massivin istənilən nöqtəsində gərginliyin şaquli toplananı aşağıdakı kimi təyin oluna bilər (şəkil 2.14).



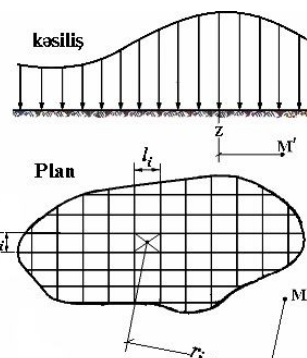
Şəkil 2.14. Qrun səthinə bir neçə topa yükün təsiri sxemi.

$$\sigma_z = K_1 \cdot \frac{P_1}{z^2} + K_2 \cdot \frac{P_2}{z^2} + K_3 \cdot \frac{P_3}{z^2} + \dots + K_n \cdot \frac{P_n}{z^2}. \quad (2.40)$$

Müxtəlif şəkildə paylanmış yükün qunt massivinə təsiri.

İzotrop, xətti deformasiya edən qunt səthinə istənilən şəkildə paylanmış yükün təsirindən massivdə yaranan gərginliyi araşdıraraq (şəkil 2.15).

Bunun üçün yüklənmiş səthin sahəsinə tərəfləri b_i və l_i olan, kiçik ölçülü düzbucaqlılara, onun sərhədləri boyu isə mürəkkəb fiqurlara bölüb, həmin fiqurların daxilində təsir edən yükü əvəzləyici topa yük kimi qəbul edək. Bu zaman həmin yükün hər bir fiqurun ağırlıq mərkəzinə təsir etməsi qəbul olunur. Hər bir topa yükədən yaranan sıxıcı gərginlik $\sigma_{zi} = K_i \cdot P_i / z^2$ düsturu ilə hesablanırsa, onda tədqiq edilən ümumi sahədə sıxıcı gərginlik aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər.



Şəkil 2.15. İstənilən şəkildə paylanmış yükün təsirini hesablama sxemi.

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_i / z^2, \quad (2.41)$$

burada K_i - r_i/z nisbətindən asılı olan əmsal kimi müvafiq cədvəl 2.2-dən tapılır.

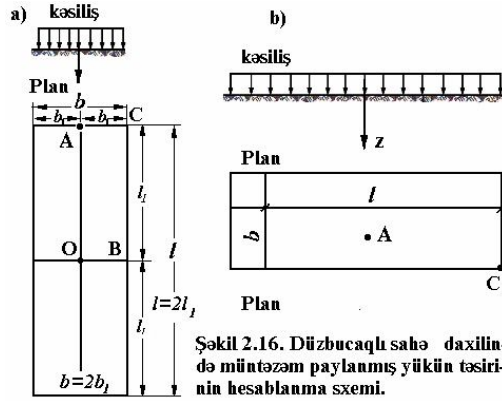
Hesablamanın dəqiqliyi b_i və l_i -nin ölçülərinin azaldılması ilə artır. Belə ki topa P_i yükü ilə M nöqtəsi arasında olan qunt massivindəki məsafə bölünmüş həndəsi fiqurların ölçülərindən 3 dəfə və daha çox artıq olarsa, o zaman hesablamanın xətası 3 %-dən çox olmur.

Düzbucaqlı sahə daxilində müntəzəm paylanmış yükün qunt massivinə təsiri. Əgər izotrop, xətti-deformasiya edən qunt səthinə təsir edən yükün paylanma qanunu məlumdursa, o zaman yüklənmiş sahədən kiçik sahəcik götürərək, həmin sahəciyə təsir edən yük topa yük kimi qəbul edilməklə, məlum hesablama düsturu əsasında gərginliyin toplananlarını müəyyən etmək olar. Bu zaman alınmış asılılıqları bütün yüklənmiş sahə üzrə inteqrallamaqla tələb olunan hesablama düsturlarını tapmaq olar. Ancaq bu metodla Q.K.Lotter, V.Q.Korotkin və başqaları tərəfindən alınmış hesablama düsturları mürəkkəb olub, müvafiq hesablamların aparılması üçün əlverişli deyildir.

Misal olaraq, müntəzəm yüklənmiş düzbucaqlı sahədə (şəkil 2.16, a) paralel horizontal müstəvilərə təsir edən sıxıcı σ_z gərginliyinin qiyməti Lyav düsturu ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma_z = \frac{2P}{\pi} \cdot \left[\frac{l_1 \cdot b_1 \cdot z}{D} \cdot \frac{l_1^2 + b_1^2 + 2z^2}{D^2 \cdot z^2 + l_1^2 \cdot b_1^2} + \arcsin \left(\frac{l_1 \cdot b_1}{\sqrt{l_1^2 + z^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + z^2}} \right) \right] \quad (2.42)$$

Bu, tərəfləri $2l_1$ və $2b_1$ olan yüklənmiş düzbucaqlının ağırlıq mərkəzi altında yerləşən istənilən nöqtədə sıxıcı gərginliyin yüklənmiş düzbucaqlının ölçülərindən və təsir edən yükədən asılılığını ifadə edir. Bu asılılıqda P -müntəzəm paylanmış yükün intensivliyi, z -nöqtənin yerləşmə dərinliyi, D isə $D^2 = l_1^2 + b_1^2 + z^2$ ifadəsi ilə təyin olunur.



Şəkil 2.16. Düzbucaqlı sahə daxilində müntəzəm paylanmış yükün təsirinin hesablanma sxemi.

Tərəfləri l və b olan, yüklənmiş düzbucaqlının künclərində şaqul üzrə yerləşən nöqtələrdə sıxıcı gərginlik (σ_z) **künc gərginliyi** adlanır. Sıxıcı gərginlik (σ_z) və baş gərginliklərin cəmi (θ) aşağıdakı asılılıqlarla ifadə olunurlar:

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi} \cdot \left[\frac{l \cdot b \cdot z}{D} \cdot \frac{l^2 + b^2 + 2z^2}{D^2 \cdot z^2 + l^2 \cdot b^2} + \arcsin \left(\frac{l \cdot b}{\sqrt{l^2 + z^2} \cdot \sqrt{b^2 + z^2}} \right) \right]; \quad (2.43)$$

$$\theta = \frac{P}{\pi} (1 + \mu) \cdot \arctg \frac{\eta}{\zeta \cdot \sqrt{1 + \eta^2 + \zeta^2}}, \quad (2.44)$$

burada $\left(\frac{D}{2}\right)^2 = R^2 = l^2 + b^2 + z^2$.

Yuxarıda verilmiş müvafiq hesablama düsturlarında bəzi dəyişiklik edilməklə və düsturlara daxil olan parametrlərin hesablanması əsasında cədvəl 2.2 tərtib edilmişdir. Beləliklə, düzbucaq şəklində müntəzəm yüklənmiş sahənin (şəkil 2.16, b) ağırlıq mərkəzində yaranan gərginliyin şaquli toplananı (σ_z) üçün həmin asılılıq aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\sigma_z = \alpha \cdot P, \quad (2.45)$$

burada α - qiyməti cədvəl 2.2 üzrə təyin edilən əmsal; P - müntəzəm paylanmış yük.

Gərginlikli vəziyyətdə olan sahənin mərkəzindən z dərinliyində götürülmüş nöqtədə σ_z sıxıcı gərginliyini təyin etmək üçün, hesablama düsturunda α - nın qiyməti cədvəl 2.2-dən $\eta=l/b$ və $\zeta=2z/b$ -nın (l -düzbucaqlının uzunluğu, b -enidir) qiymətləri nəzərə alınmaqla təyin edilir.

Düzbucaqlı yüklənmə sahəsinin künc nöqtələri altında (misal olaraq C nöqtəsində, şəkil 2.16, b) gərginliyin σ_z toplananının təyini üçün də α əmsalı cədvəl – dən istifadə etməklə (L.Y.Polşinə görə) təyin edilə bilər. Bu zaman $\eta=l/b$ və $\zeta=z/b$ – na uyğun α - nın müvafiq qiyməti tapılır. Künc nöqtələri altında gərginlik aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\sigma_z = 0,25\alpha \cdot P. \quad (2.46)$$

Bucaq nöqtəsi metodu ilə gərginliyin təyini. Düzbucaq şəklində müntəzəm paylanmış yükün təsirindən istənilən nöqtədə şaquli gərginliyin təyini üçün $\sigma_z = 0,25\alpha \cdot P$ düsturundan istifadə etmək olar. Doğrudan da, əgər gərginlik təyin edilən M' nöqtəsinin yer səthində proyeksiyası (M nöqtəsi) yüklənmə sahəsi hədudlarında yerləşirsə, gərginlik vəziyyətində olan bu sahəni 4 düzbucaqlıya (I-Meaf, II-Mfbg, III-Mgch, IV-Mhde) bölmək olar. Bu zaman M nöqtəsi künc nöqtəsi olacaqdır (şəkil 2.17, a).

Onda, şaquli σ_z gərginliyi bölünmüş 4 sahənin künc nöqtələrində gərginliyin cəmlənməsi ilə təyin edilə bilər:

$$\sigma_z = \sigma_{zI} + \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0,25(\alpha_I + \alpha_{II} + \alpha_{III} + \alpha_{IV}) P, \quad (2.47)$$

burada $\alpha_I, \alpha_{II}, \alpha_{III}, \alpha_{IV}$ - I, II, III, IV gərginlikli sahələrdə M' nöqtəsinin yerləşmə dərinliyinin (z) düzbucaqlıların eninə olan nisbətindən və həmin düzbucaqlıların tərəflərinin nisbətindən asılı olaraq, cədvəl 2.2-dən təyin edilən əmsaldır. Əgər M' nöqtəsinin yer səthinə proyeksiyası (M nöqtəsi) yüklənmiş sahənin kənarlarında yerləşərsə (şəkil 2.16, b), o zaman M nöqtəsi yuxarıdakına analogi olaraq, fiktiv yüklənmiş I, II, III, IV sahələrində (Meaf, Mgbf, Mhde, Mhcg) yerləşəcəkdir. Bu zaman II və IV fiktiv yüklənmiş sahələrdə yaranan gərginliklər (2.47) düsturuna əks işarə ilə daxil olacaqdır. Yəni

$$\sigma_z = \sigma_{zI} - \sigma_{zII} + \sigma_{zIII} - \sigma_{zIV} = 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} + \alpha_{III} - \alpha_{IV}) P, \quad (2.48)$$

düsturu ilə təyin olacaqdır.

Əgər M' nöqtəsinin yer səthi üzrə proyeksiyası (M) şəkil 2.16 c-dəki kimi yerləşərsə, o zaman fiktiv yüklənmiş Mhae (I), Mgbe

Cədvəl 2.2

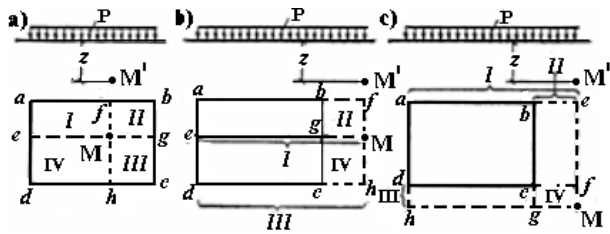
 α əmsalının qiyməti

S	Dairəvi özüllərdə	Düzbucaqlı özülün tərəflərinin nisbəti ($\eta = l/b$)											Lentvari özüllərdə $\eta \geq 10$ olduqda
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2	4	5	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,878	0,879	0,880	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,652	0,682	0,703	0,717	0,727	0,740	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,449	0,462	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374
3,6	0,106	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320	0,337
4,0	0,087	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,190	0,214	0,233	0,248	0,270	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,203	0,218	0,239	0,256	0,280
4,8	0,062	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,230	0,285
5,2	0,053	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,223

(II), Mhdf (III), Mgc f (IV) sahələri üzrə şaquli gərginlik aşabıdakı kimi hesablanacaqdır.

$$\sigma_z = \sigma_{zI} - \sigma_{zII} - \sigma_{zIII} + \sigma_{zIV} = 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} - \alpha_{III} + \alpha_{IV})P. \quad (2,49)$$

Beləliklə, künc (bucaq) nöqtəsi metodundan istifadə etməklə düzbucaqlı sahə üzrə müntəzəm paylanmış yükün təsiri altında gərginlikdə olan qrunut massivinin



Şəkil 2.17. M nöqtəsinin müxtəlif yerləşmə vəziyyətlərində gərginliyin hesablanma sxemi.

istənilən nöqtəsində şaquli gərginliyi təyin etmək olar. Bu metodun tətbiqi üçün mühitin istənilən nöqtəsində yerləşən nöqtənin müxtəlif düzbucaqlı sahələr üzrə bölünməsi elə aparılmalıdır ki, həmin nöqtə xəyalən bölünmüş düzbucaqlıların künc (bucaq) nöqtəsi olsun. Bölünmüş sahələr yüklənmə sahəsi daxilində olduqda, gərginlik toplanılır, kənara düşdükdə isə çıxılır.

2.4.2. QURĞU ƏSASLARININ MÜSTƏVİ GƏRGİNLİKLİ VƏZİYYƏTİ

Qrunut massivlərinin yüklənmə sahəsinin tərəflərindən biri digərindən böyük olarsa, o zaman qrunut massivi müstəvi gərginlikli vəziyyətdə olur. Çox böyük uzunluqlu (l) zolaqlı yükün uzanma oxuna perpendikulyar en kəsiklərində gərginlikli vəziyyət eyni olur. Əgər yüklənmə zolağının uzunluğunun onun eninə (b) nisbəti $l:b \geq 10$ olarsa, qurğu əsasında yaranan gərginlikli vəziyyət müstəvi məsələsi kimi təyin edilir. Bu halda gərginlikli vəziyyət iki normal (σ_z və σ_y) və bir toxunan (τ_{yz}) gərginliklə xarakterizə edilir.

Bundan başqa, qrunut elastiki qəbul olunduğuna görə (bu məsələ elastiklik nəzəriyyəsi əsasında həll edildiyindən), nəzərdən keçirilən ZOY müstəvisində gərginliyin bütün toplananları yana genişlənmə əmsalından və ümumi deformasiya modulundan asılı olmurlar. Yəni gərginliklə deformasiya arasında asılılıq xətti qanuna (Huk qanuna) tabe olur.

Müstəvi deformasiya vəziyyəti üçün nisbi deformasiya ilə gərginlik arasında asılılıq

$$\begin{aligned}
e_y &= \frac{1}{2G} \cdot [(1-\mu) \cdot \sigma_y - \mu \cdot \sigma_z] \\
e_z &= \frac{1}{2G} [(1-\mu) \cdot \sigma_z - \mu \cdot \sigma_y] \\
\gamma_{yz} &= \frac{1}{G} \cdot \tau_{yz}
\end{aligned} \tag{2.50}$$

müstəvi gərginlikli vəziyyət üçün isə

$$\left. \begin{aligned}
e_y &= \frac{1}{E} \cdot (\sigma_y - \mu \cdot \sigma_z) \\
e_z &= \frac{1}{E} \cdot (\sigma_z - \mu \cdot \sigma_y) \\
\gamma_{yz} &= \frac{1}{G} \cdot \tau_{yz}
\end{aligned} \right\} \tag{2.51}$$

düsturları ilə ifadə olunur. Bu düsturlarda e_y , e_z - müvafiq olaraq y və z oxları üzrə nisbi deformasiya, γ_{yz} - yz müstəvisi üzrə nisbi sürüşmə deformasiyası, G -sürüşmədə elastiklik moduludur.

Hər iki hal üçün müvazinət diferensial tənliklərini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\left. \begin{aligned}
\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} &= 0 \\
\frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= \gamma
\end{aligned} \right\}, \tag{2.52}$$

burada γ -qruntun təbii yatımda sıxlığıdır.

Zolaqvari müntəzəm yayılmış yükün təsiri (müstəvi məsələ).

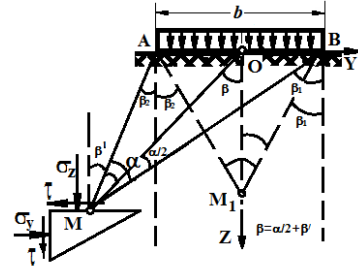
Müntəzəm paylanmış zolaqvari yükün (şəkil 2.18) təsirindən yer səthindən z dərinliyində yerləşən M nöqtəsində yaranan gərginliyin toplananları aşağıdakı ifadələrlə hesablanı bilər:

$$\left. \begin{aligned}
\sigma_z &= \frac{P}{\pi} \cdot (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta) \\
\sigma_y &= \frac{P}{\pi} \cdot (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos 2\beta) \\
\tau_{zy} &= \frac{P}{\pi} \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\beta
\end{aligned} \right\}, \tag{2.53}$$

burada α -görmə bucağı; β' -kənar şüa ilə şaquli ox arasında qalan bucaqdır və $\beta = \beta' + \frac{\alpha}{2}$.

Zolaqvari müntəzəm yayılmış yükün təsiri altında olan qrunut massivində yer səthindən dərininə doğru müxtəlif nöqtələrdə gərginliklər müxtəlif olur. Gərginlikli vəziyyəti təyin edilən

nöqtənin yeri dəyişdikcə (misal olaraq şəkil 2.18-də M nöqrəsindən M_1 nöqtəsinə keçdikdə) β_1 və β_2 bucaqlarının qiyməti dəyişir, β_2 bucağının işarəsi də dəyişir. Müntəzəm paylanmış yükü məhdudlandıran şaquli müstəvidən gərginlik nöqtəsi (şəkil 2.18) kənarda yerləşərsə, β_2 bucağının işarəsi müsbət, hər iki şaquli müstəvi ilə məhdudlanmış sahə daxilində yerləşərsə isə mənfi olur. Görmə bucağı $\alpha=2\beta$ olan nöqtələrdə isə normal gərginliklər ekstremal qiymətlər (maksimum və minimum) alır. Həmin nöqtələrin yerləşdiyi müvafiq kəsiklər baş kəsiklər, onlara perpendikulyar gərginliklər isə baş gərginliklər olur. Belə nöqtələr zolaqvari müntəzəm yayılmış yükün simmetriya oxu boyunca yerləşən kəsiklər üzərində olur. Həmin simmetriya oxu isə görmə bucağının tənböləni üzərinə düşür, yəni $\beta_1=-\beta_2=\beta=\frac{\alpha}{2}$ olur. Baş kəsiklərdə toxunan gərginlik təsir etməyəcəkdir, yəni $\tau_{zx}=0$ olacaqdır.



Şəkil 2.18. Zolaqvari müntəzəm yayılmış yükün yaratdığı gərginlikli vəziyyətin təyini sxemi.

Yuxarıda qeyd olunan en kəsikləri deformasiya zamanı müstəvi olaraq qalır, $\tau_{xy}=\tau_{xz}=0$, σ_x isə σ_z və σ_y gərginliklərinin funksiyası olur.

(2.53) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= K_z \cdot P \\ \sigma_y &= K_y \cdot P \\ \tau_{zy} &= K_{zy} \cdot P \end{aligned} \right\}, \quad (2.54)$$

burada K_z , K_y və K_{zy} əmsalları təsir əmsalları adlanırlar və cədvəl 2.3 üzrə $\frac{z}{b}$ və $\frac{y}{b}$ nisbətlərindən asılı olaraq qiymətləri təyin edilir.

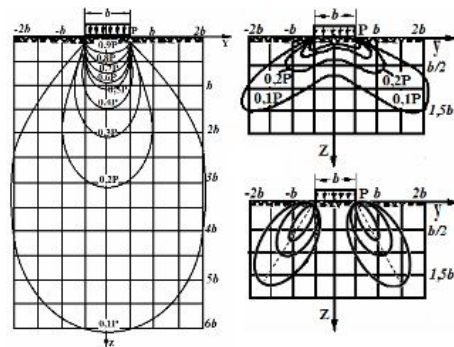
Cədvəl 2.3-dən istifadə edərək (2.54) düsturu əsasında müstəvi gərginlik toplananlarının şaquli və üfüqi müstəvilərdə yayılma epürələrini asanlıqla qurmaq olar.

Əgər yüklənmə zolağının uzanma istiqamətinə perpendikulyar en kəsiklərinin bütün nöqtələrində σ_z , σ_y və τ_{yz} gərginliklərini təyin edərək, həmin gərginliklərin qiyməti eyni olan nöqtələri birləşdirsək, o zaman bərabər gərginliklərin (**izobar ayrılırlarının**) şaquli müstəvi üzrə paylanmasını təsvir etmiş olarıq (şəkil 2.19).

Həmin əyrilərə əsasən demək olar ki, σ_z normal gərginliyi daha çox dərinliyə, σ_y normal gərginliyi və τ_{yz} toxunan gərginlikləri isə əsasən yüklənmə zolağının eninin 1,5-2,0 misli qədər dərinliyə yayılırlar.

Normal σ_z gərginliyinin y və z-n müxtəlif qiymətlərində şaquli və üfüqi müstəvi kəsiklərində epürləri şəkil 2.19 -da öz əksini tapmışdır. Həmin epürlərə əsasən demək olar ki, σ_z sıxıcı gərginliyi şaquli kəsiklərdə dərinliyə doğru azalır, üfüqi kəsiklərində isə zolaqvari yükün oxu boyu maksimal olur. Bu isə onu göstərir ki, dərinliyə doğru gərginlik daha böyük sahəyə səpələnir.

Şəkil 2.19-a əsasən demək olar ki, müstəvi məsələlərdə sıxıcı gərginliyin 0,1 P-yə bərabər olan qiyməti qurğu əsasının 6b dərinliyinə qədər yayılır. Üfüqi normal gərginliyin 0,1 P qiymətinin yayılma dərinliyi isə 1,5 b-yə bərabərdir. Toxunan gərginliklər isə özül dabanının kənarlarında yaranır və onun 0,1 P-yə bərabər qiyməti qurğu əsasının 2b dərinliyində də yayılır.



Şəkil 2.19. Zolaqvari müntəzəm yayılmış yükün təsirindən qurğu əsasında gərginlikləri eyni olan nöqtələrin həndəsi yerini birləşdirən əyrilər. a-izobar əyriləri; b-yana təzyiq əyriləri; c-sürüşmə əyriləri.

Şəkil 2.18-ə əsasən $\beta' = -\frac{\alpha}{2}$ və uyğun olaraq $\beta = \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} = 0$ olduğundan, baş gərginliklər (baş kəsikdəki gərginliklər) (2.53) ifadəsi əsasında aşağıdakı kimi təyin edilir və izotrop cismin müstəvi gərginlikli vəziyyəti üçün Miçell tərəfindən həll edilmişdir:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{P}{\pi} \cdot (\alpha + \sin \alpha) \\ \sigma_2 &= \frac{P}{\pi} \cdot (\alpha - \sin \alpha) \end{aligned} \right\}. \quad (2.55)$$

Ən böyük baş gərginlik görmə bucağının (α) tənböhləni istiqamətində təsir edir. Bu σ_1 gərginliyidir.

Görmə bucağının tənböhləni baş kəsiklərdən birinin, ona perpendikulyar olan düz xətt isə ikinci baş kəsiyin vəziyyətini müəyyən edəcəkdir. (2.55) düsturunu əsasında gərginlik ellipslərini qurmaqla zolaqvari müntəzəm paylanmış yükün təsirindən qurğu əsasında yaranan gərginlikli vəziyyəti araşdırmaq olar. Qurulmuş

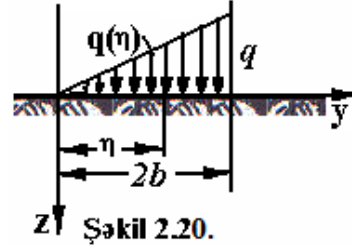
Cædvæl 2.3.

Müstəvi məsələlərində müntəzəm yayılmış yükün təsirindən gərginlik toplananlarının təyini üçün K_z , K_y , K_{zy} əmsallarının qiymətləri

[illegible]

ellipslərin uzunsov olduğu nöqtələrdə (σ_1 və σ_2 -nin hesablanmış qiymətləri ellipsin yarımoxları olacaqdır) toxunan gərginliyin qiyməti böyük, qrunut isə sürüşməyə meyli olur. Gərginlik ellipsi çevrə şəkilli olduqda isə toxunan gərginlik kiçik olur, qrunut həmin nöqtədə sıxılır.

Üçbucaq qanunu ilə yayılmış yükün təsirindən qrunutun gərginlikli vəziyyətinin təyini. Praktikada yer səthində qeyri-müntəzəm yayılmış yükün təsirindən qurğu əsasını təşkil edən qrunutların müstəvi gərginlikli vəziyyətinin təyini məsələsinin həlli lazım gəlir. Qeyri-müntəzəm yayılmış yükün bir halı da üçbucaq qanunu ilə yayılma zamanı yaranır (şəkil 2.20).



Şəkil 2.20.

Bu hal üçün yükün istənilən kəsikdə intensivliyi

$$q(\eta) = \frac{q}{2b} \cdot \eta. \quad (2.56)$$

ifadəsi ilə təyin olunacaqdır.

Bu zaman yüklənmiş sahədə qrunutun istənilən sahəsində yükün təsirindən yaranan gərginliyin toplananları aşağıdakı düsturla təyin olunacaqdır:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{q \cdot y}{2\pi \cdot b} \left(\arctg \frac{y-2b}{z} - \arctg \frac{y}{z} \right) + \frac{q \cdot z}{\pi} \cdot \frac{y-2b}{(y-2b)^2 + z^2}; \\ \sigma_y &= \frac{q \cdot z}{2\pi \cdot b} \cdot \ln \frac{(y-2b)^2 + z^2}{y^2 + z^2} - \frac{y \cdot q}{2\pi \cdot b} \left(\arctg \frac{y-2b}{z} - \arctg \frac{y}{z} \right) + \\ &+ \frac{q \cdot z}{\pi} \cdot \frac{y-2b}{(y-2b)^2 + z^2}; \\ \tau_{yz} &= \frac{q}{\pi} \cdot \frac{z^2}{(y-2b)^2 + z^2} + \frac{q \cdot z}{2\pi \cdot b} \left(\arctg \frac{y-2b}{z} - \arctg \frac{y}{z} \right). \end{aligned} \right\} \quad (2.57)$$

N.A.Tsitoviç üçbucaq qanunu ilə yayılmış yükün təsirindən yüklənmiş sahədə qrunutun istənilən Z dərinliyindəki $M(z, y)$ nöqtəsində yaranan sıxıcı gərginliyin aşağıdakı sadə düsturla təyini təklif etmişdir:

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \cdot \left(\frac{2y}{b} \cdot \alpha - \sin 2\beta' \right), \quad (2.58)$$

burada α və β' bucaqları şəkil 2.21-də təsvir edilmişdir.

(2.58) düsturu ilə hesablamaların sadələşdirilməsi məqsədi ilə cədvəl 2.4 tərtib edilmişdir.

$$\sigma_z = K'_z \cdot q, \quad (2.59)$$

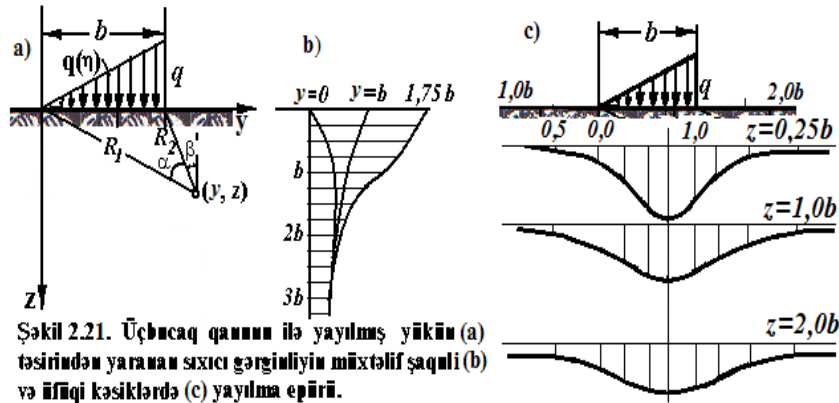
K_z -əmsaldır, $\frac{z}{b}$ və $\frac{y}{b}$ nisbətlərindən asılı olaraq cədvəl 2.4 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 2.4

**Üçbucaq şəkilli yükün təsirindən sıxıcı gərginliyi
təyin etmək üçün K_z əmsalının qiymətləri**

z/b	y/b										
	-1,5	-1	-0,5	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750	0,500	0,000	0,000	0,000
0,25	-	-	0,001	0,075	0,256	0,480	0,643	0,424	0,015	0,003	0,000
0,50	0,002	0,003	0,023	0,127	0,263	0,410	0,477	0,353	0,056	0,017	0,003
0,75	0,006	0,016	0,042	0,153	0,248	0,335	0,361	0,293	0,108	0,024	0,009
1,00	0,014	0,025	0,061	0,159	0,223	0,275	0,279	0,241	0,129	0,045	0,013
1,50	0,020	0,048	0,096	0,145	0,178	0,200	0,202	0,185	0,124	0,062	0,041
2,00	0,033	0,061	0,092	0,127	0,146	0,155	0,163	0,153	0,108	0,069	0,050
3,00	0,050	0,064	0,080	0,096	0,103	0,104	0,108	0,104	0,090	0,071	0,050
4,00	0,051	0,060	0,067	0,075	0,078	0,085	0,082	0,075	0,073	0,060	0,049
5,00	0,047	0,052	0,057	0,059	0,062	0,063	0,063	0,065	0,061	0,051	0,047
6,00	0,041	0,041	0,050	0,051	0,052	0,053	0,053	0,053	0,050	0,050	0,045

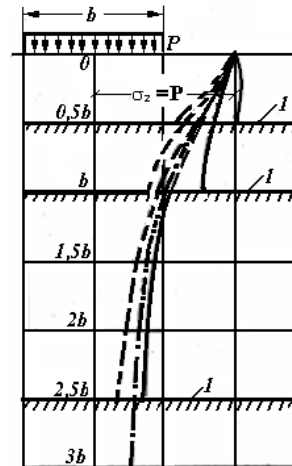
(2.59) düsturu əsasında sıxıcı gərginliyin epürü qurularsa, sıxıcı gərginliyin maksimal qiymətinin üçbucaq qanunu ilə yayılmış yükün ağırlıq mərkəzinə yaxın şaquli kəsikdə alındığını görmək olar (şəkil 2.21, b və c).



2.4.3. MÜXTƏLİFCİNSLİ VƏ ANİZOTROP QRUNTLARIN GƏRGİNLİKLİ VƏZİYYƏTİ

Qrunt massivlərində səthə düşən yükün təsirindən gərginliyin mühitdə paylanması qruntların təbiətindən, onların eynicinsli olub-olmamasından asılıdır. Əgər deformasiyaya uğrayan qruntlar eynicinsli və izotropdurlarsa, yuxarıda təsvir edilən hesablama sxemləri özünü doğruldur. Qrunt massivində müxtəlif sıxılma xüsusiyyətinə malik olan layların növbələşməsi təsadüf olunursa, onda gərginliyin mühitdə paylanması fərqli alınır və hesablamanın aparılmasında nəzərə alınmalıdır. Müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən (O.Y. Şexter, K.Y. Yeqorov, M.İ. Qorbunov-Posadov və b.) müəyyən olunmuşdur ki, grunt səthinə düşən yükün təsiri altında sıxılma baş verən zonada (yer səthindən az dərinlikdə) əgər praktiki olaraq sıxılmayan qrunut təbəqəsinə təsadüf edilsə, o zaman gərginliyin σ_z toplananı yükün təsir etdiyi ox boyu toplanır. Sıxılmayan qrunut təbəqəsindən yer səthinədək zonada həmin oxa yaxın nöqtələrdə nisbətən böyük qiymətə malik olur və gərginlik şəkil 2.22-dəki kimi paylanır. Şəkil 2.22-də qrafikdə bu kəsilməz əyri şəklində təsvir edilmişdir. Əgər sıxılma zonasının altında yerləşən qrunut yükdaşıyan təbəqəyə nisbətən daha çox sıxılma qabiliyyətinə malikdirsə, o zaman əvvəlkinin əksinə olaraq, gərginliyin σ_z toplananı daha böyük sahədə paylanır və yükün təsir oxu boyu qiyməti azalır (şəkil 2.22, qırıq xətlə təsvir edilmiş epür). Həmin şəkildə nöqtə və qırıq xətlə təsvir edilmiş epür deformasiya olunan mühitdə gərginliyin paylanma epürünü təsvir edir.

Praktikada daha çox anizotrop mühitdə, yəni müxtəlif istiqamətlərdə deformasiya modulunun qiyməti dəyişən mühitdə gərginliyin paylanmasına təsadüf edilir. Anizotropluq bir çox genetik tipə malik qruntlarda, xüsusi ilə laylı tekstura malik dəniz, göl və allüvial mənşəli çöküntülərdən ibarət qruntlarda geniş təzahür edir. Sıxılmaya görə anizotropluq səviyyəsi aşağıdakı göstərici ilə xarakterizə olunur:



Şəkil 2.22. Altı yatan müxtəlif xüsusiyyətli qrunut təbəqəsinin (1) yatma dərinliyindən asılı olaraq xarici yükün simmetriya oxu boyunca σ_z sıxıcı gərginliyin epürü.

$$K_a = \sqrt{\frac{E_{\bar{u}}}{E_{\bar{s}}}}, \quad (2.60)$$

burada K_a -anizotropluq səviyyəsi; $E_{\bar{u}}$ və $E_{\bar{s}}$ – müvafiq olaraq üfüqi və şaquli istiqamətdə qrunun ümumi deformasiya modulu.

Anizotrop mühitdə normal gərginlik praktiki məsələlər üçün lazımı dəqiqliklə, müvafiq hallarda aşağıdakı düsturlarla hesablanıla bilər:

- xətti paylanmış yüklərin təsiri zamanı (müstəvi məsələ);

$$\sigma_z' = \frac{\sigma_z}{K_a}, \quad (2.61)$$

- topa yükün təsiri zamanı (fəza məsələsinin həllində) yer səthindən z dərinliyində götürülmüş nöqtədə normal gərginlik;

$$\sigma_z' = \frac{p \cdot z^3 \cdot (1 + K_a + K_a^3)}{\pi \cdot R^5 \cdot K_a \cdot (1 + K_a)}. \quad (2.62)$$

burada z -gərginlik təyin edilən nöqtənin yer səthindən dərinliyi; R -koordinat başlanğıcından həmin nöqtəyədək məsafə (kürənin radiusu).

Koordinat oxları istiqamətində ümumi deformasiya modulları (E_z və E_x), şaquli və üfüqi istiqamətdə isə Puasson əmsalı eyni qəbul edilərək, anizotrop bünövrədə şaquli P xətti yükündən yaranan gərginlik toplananları aşağıdakı ifadələrlə təyin oluna bilər:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= -K_a \cdot \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{z^3}{r^2 \cdot r_1^2} \\ \sigma_x &= -K_a \cdot \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{x^2 \cdot z}{r^2 \cdot r_1^2} \\ \tau_{zx} &= -K_a \cdot \frac{2P}{\pi} \cdot \frac{x \cdot z^2}{r^2 \cdot r_1^2} \end{aligned} \right\}, \quad (2.63)$$

burada K_a -anizotropluq səviyyəsi; $r^2 = x^2 + z^2$; $r_1^2 = K_a^2 \cdot (x^2 + z^2)$

Əgər yükün təsiri istiqamətində deformasiya modulunun qiyməti yükün təsirinə perpendikulyar istiqamətdəki qiymətindən böyük olarsa, o zaman gərginliyin bir yerə toplanması, əks halda isə mühitdə səpələnməsi baş verir. Qrunun müxtəlifcinsliliyinin təsiri bütün qrunlarda az və ya çox dərəcədə təzahür edir. Bunlardan böyük təsir göstərən qrunun sıxlığının artması hesabına onun sıxlaşma qabiliyyətinin dərinlik boyu azalmasını göstərmək olar.

Əgər Pusson əmsalı $\mu=0,5$ qəbul edilsə və deformasiya modulunun qiyməti dərinlikdən asılı olaraq $E=E_0 \cdot z$ xətti qanunla artarsa, o zaman σ_z gərginliyi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\sigma_z = -\frac{2P}{\pi \cdot z}. \quad (2.64)$$

Əgər deformasiya modulu dərinlik boyunca $E = \frac{1}{z} \cdot E_0$ qanunu ilə dəyişərsə, onda sıxıcı σ_z gərginliyi dərinlik boyu aşağıdakı düstura uyğun şəkildə kiçilər.

$$\sigma_z = -\frac{P}{\pi \cdot z}. \quad (2.65)$$

2.5. QRUNTUN ÖZ AĞIRLIĞINDAN YARANAN GƏRGİNLİK

Qruntun öz ağırlığından yaranan təzyiq **təbii təzyiq** və yaxud **məişət təzyiqi** adlanır. Eynicinsli qruntlarda həmin təzyiq aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\sigma_{zm} = \gamma_w \cdot h, \quad (2.66)$$

burada σ_{zm} - yer səthindən z dərinliyində qrunտun öz ağırlığından yaranan gərginlik; γ_w –qruntun təbii yatımda sıxlığı, t/m^3 ; h -layın qalınlığı, m .

Təbii gərginliyin mühitdə paylanması epürü yer səthində koordinat oxunun başlanğıcından qrunտ layının dabanınadək çəkilmiş düzbucaqlı üçbucaq şəklində olur (şəkil 2.23). Çoxlaylı mühitdə altda yatan təbəqədə gərginlik üstə yatan layların ağırlığından və qrunտun öz ağırlığından yaranan gərginliklərin cəmindən ibarət olur və aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\sigma_{zm} = \gamma_{1w} \cdot h_1 + \gamma_{2w} \cdot h_2 + \gamma_{3w} \cdot h_3 + \dots + \gamma_{nw} \cdot h_n = \sum_{i=1}^n \gamma_{iw} \cdot h_i, \quad (2.67)$$

Sulu laylarda qrunտun təbii yatımda sıxlığı əvəzinə, Arximed qüvvəsinin təsirindən yaranan yüngülləşmə nəzərə alınmaqla, yüngülləşmiş xüsusi çəkiyə müvafiq sıxlıqdan (γ_y), yəni $\gamma_y = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}$ - dan istifadə olunur ki, burada Δ -qruntun mütləq sıxlığı; ε -qruntun məsaməlilik əmsalıdır.

Gillərdə və ağır gilcələrdə qrunտun tərkibində sular əlaqəli su şəklində iştirak etdiyindən, həmin qruntlarda Arximed qüvvəsinin

yüngülləşdirici təsiri nəzərə alınmır. Bu təsir daha çox əlaqəsiz qruntlarda özünü göstərir və həmin qruntlarda (misal üçün qumlarda) 1-dən kiçik olduqda, qrunnun sıxlığı $\gamma_y=1$ qəbul olunur.

Qrunn massivində yeraltı suların hərəkəti nəzərə alındıqda məişət gərginliyi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\sigma_{zm} = \gamma_w \cdot Z - \gamma_{su} \cdot J, \quad (2.68)$$

burada γ_{su} - suyun çəkisi ($\gamma_{su} = \rho_{su} \cdot g$); J -hidrodinamiki qradient. Yeraltı suların hərəkəti aşağıdan yuxarıya doğru olduqda, (2.68) düsturunda ikinci həddin işarəsi müsbət, aşağıya doğru olduqda mənfi olur. Qrunnun öz ağırlığından yaranan gərginliyin üfüqi istiqamətdə toplananları (σ_x və σ_y) aşağıdakı kimi hesablanır:

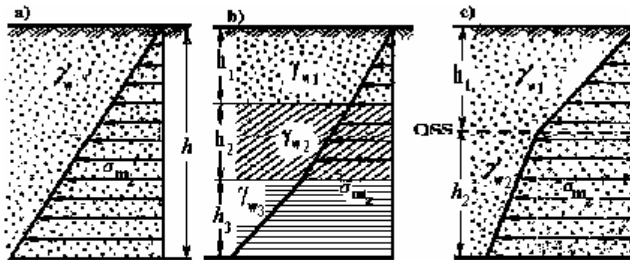
$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu_0}{1 - \mu_0} \gamma_w \cdot Z = \xi \cdot \gamma_w \cdot Z, \quad (2.69)$$

burada μ_0 və ξ - müvafiq olaraq Puasson və yana təzyiq əmsallarıdır. Həmin əmsalların qiyməti qrunnun növündən asılı olaraq cədvəl 2.5-də verilmişdir.

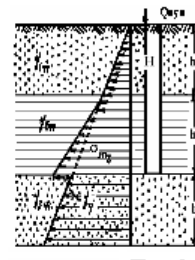
Cədvəl 2.5

ξ və μ_0 əmsallarının müxtəlif qruntlar üçün qiyməti

Qrunn	ξ	μ_0
Gil	0,75	0,73
$\varepsilon=0,9$ olduqda, dağınıq qum	0,64	0,39
$\varepsilon=0,7$ olduqda, orta sıxlıqlı qum	0,52	0,34
$\varepsilon=0,6$ olduqda, sıx qum	0,49	0,33



Şəkil 2.23. Təbii (məişət) gərginliyin dərinlik üzrə paylanması. a-birtəbəqəli qrunn şəraitində; b-çoxtəbəqəli qrunn şəraitində; c-qrunn təbəqəsində qrunn suları iştirak etdikdə.



Şəkil 2.24. Təzyiqli suların iştirakı zamanı çoxtəbəqəli layda təbii təzyiqin epürü.

Təzyiqli yeraltı suların təsiri zamanı basqı təzyiqli layın tavanına ötürüldüyündən, çoxlaylı qrunn təbəqəsində (şəkil 2.24) təbii gərginlik aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\sigma_{zm} = \gamma_{1w} \cdot h_1 + \gamma_{2w} \cdot h_2 - H \gamma_w + \gamma_{3w} \cdot h_3, \quad (2.70)$$

Yeraltı suların səviyyəsinin və yaxud basqının dəyişməsi təbii təzyiqin artmasına və yaxud azalmasına səbəb olur. Bununla əlaqədar olaraq, tarazlığın pozulması və yer səthinin aşağı və yaxud yuxarı hərəkət etməsi baş verir.

Özül çalalarının, karxanaların, kəsiliş və dərin qazmaların yaradılması zamanı qrunut massivlərinin yükünün azalması baş verir ki, bu da gərginliyin dəyişməsinə səbəb olur.

2.6. ÖZÜL DABANINDA YARANAN TƏMAS GƏRGİNLİKLƏRİ

Qurğu və binaların, onlara təsir edən yüklərin birlikdə təsiri özül vasitəsi ilə əsası təşkil edən qruntlara ötürülür. Bu zaman özülün dabanı ilə əsası təşkil edən qruntların təmasında normal gərginlik yaranır və həmin gərginlik **təmas gərginliyi** adlandırılır.

Özülün xüsusiyyətlərindən asılı olaraq qurğunun yaratdığı yükün təsirindən əsasın səthinin çökməsi qeyri-bərabər ola bilər. Bu daha çox elastik özüllərdə baş verir. Qəbul etdiyi yükün qiymətini və xarakterini dəyişmədən əsası təşkil edən qruntlara ötürən özül **çevik özül** adlanır. Qurğunun yaratdığı yükün təsirindən çevik özülün mərkəzi hissəsində çox, kənarlarında isə çökmə az alınır.

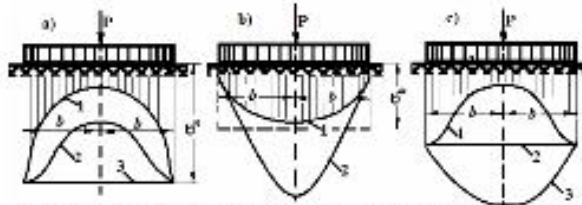
Simmetrik yüklənmiş mütləq sərt özüllərin altında isə qurğunun yaratdığı yükün təsirindən əsasın səthinin çökməsi sabit alındığı üçün, özülün mərkəzindən kənarlara doğru çökmə getdikcə artır. Bu halda əsasın səthində təsir edən gərginliyin qiyməti və xarakteri ilə yükün altında olan qrunutun çökməsinin qiyməti və xarakteri arasında müəyyən qanunauyğunluq müşahidə olunur. Çevik özüllərin dabanında isə yaranan təmas gərginliyinin paylanması əsasın elastiki xüsusiyyətlərindən, özülün əyilmədə möhkəmliyindən və özülə ötürülən yükün paylanma qanunundan asılıdır.

Təmas gərginliyin təyin edilməsi özüllərin möhkəmliyə hesablanması, əsasda yaranan çökmənin xarakterinin (bərabər və ya qeyri-bərabər olması) və qiymətinin müəyyən edilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir.

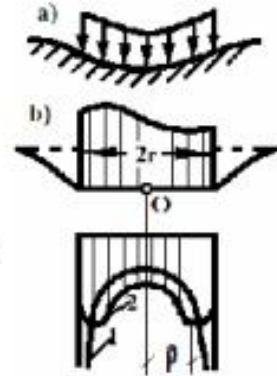
Özülə təsir edən yükün qiyməti artdıqca təmas gərginliklərin epürü dəyişikliyə uğrayır.

263

qruntlarda təmas gərginliklərinin epürünün xarakteri də müxtəlif olur. Belə ki qumlarda təsir edən yükün istənilən qiymətlərində əsasda sürüşmə deformasiyası baş verdiyindən, özül dabanının perimetri boyunca təmas gərginliyinin ordinatı sıfıra bərabər olur və epür parabolik şəkə malik olur (şəkil 2.27, b). Qurğu əsası gilli qruntlardan təşkil olunduqda isə təmas gərginliyinin epürü əvvəlcə yəhərəbənzər (şəkil 2.26), sonra parabolik şəkə alır. Yükün qiyməti qurğu əsasının yükçötürmə qabiliyyətinə bərabər olduqda isə təmas gərginliyinin epürü paraboladan üfüqi xəttə çevrilir (şəkil 2.27, a və c). Beləliklə, həm qum, həm də gilli qruntlarda sərt özül altında yaranan təmas gərginliyinin epürü yük artdıqca yəhərəbənzər, parabolik, üfüqi xətt və üçbucaq şəkilli ola bilər (şəkil 2.27).



Şəkil 2.27. Müxtəlif sərt şamp altında sıxılan müxtəlif qruntlarda təmas gərginliyinin epürü. a) daxili sürtünməyə malik olmayan gilli qruntlarda; b) qumlarda; c) həm daxili sürtünməyə, həm də ilişənliyə malik gilli qruntlarda; yükün qiymətləri: 1-küçük olduqda; 2-gilli qruntlarda orta, qumda isə dağılma həddinə uyğun; 3-gilli qruntlarda dağılma həddinə uyğun.



Şəkil 2.28. Müntəzəm paylanmış elastiki özöldən (a) və sərt şampdan qrun səthinin deformasiyası və təmas gərginliyinin epürü (b, 1-nəzəri, 2-praktiki).

Əgər yük simmetrik yüklənmiş sərt özöldən əsasə ötürülərsə, o zaman özül altında əsası səthi müntəzəm çökəcəkdir. Özülün kənarları boyu kəskin qeyri-bərabər çökmənin yaranması səbəbindən, özülün dabanında təzyiq qeyri-bərabər paylanacaqdır. Nəzəri olaraq sərt, dairəvi şamp üçün bu məsələ Bussinesk tərəfindən həll edilmişdir və şampın mərkəzindən ρ məsafəsində (şəkil 2.28) şamp altında təzyiq aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$P_{\rho} = \frac{P_m}{2\sqrt{1 - \frac{\rho^2}{r^2}}}, \quad (2.71)$$

burada p_p -dairəvi şampın altında onun mərkəzindən ρ məsafədə ($\rho < r$ olduğu zaman) təzyiq; r -özül dabanının radiusu; p_m -özül dabanında orta təzyiq.

Müstəvi məsələləri üçün (2.71) düsturu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P_{xy} = \frac{2P_m}{\pi \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{b^2}}}, \quad (2.72)$$

burada x -özülün mərkəzindən tədqiq edilən nöqtəyə qədər üfüqi məsafə; b -özülün eninin yarısıdır.

Sərt özüllər altında təzyiqin yenidən paylanması dərinlik boyu gərginliyi az dəyişdirir, ancaq sərt özüllərin layihələndirilməsi zamanı nəzərə alınmalıdır.

2.7. HƏDDİ-TARAZLIQ NƏZƏRİYYƏSİ, ONUN TƏTBİQLƏRİ VƏ QRUNTLARIN YÜKGÖTÜRMƏ QABİLİYYƏTİ

Qruntun nöqtəvi həddi-tarazlığı anlayışı. Qrunt massivinin həddi-gərginlik vəziyyəti dedikdə onun elə bir vəziyyəti nəzərdə tutulur ki, grunt massivinə təsir edən xarici qüvvənin cüzi artımı və yaxud gruntun möhkəmliyinin cüzi azalması mövcud olan tarazlığın pozulmasına-grunt massivinin dayanıqlılığının itirilməsinə (sürüşmə deformasiyalarının inkişafı, sürüşmə səthinin yaranması, təbii strukturun pozulması) səbəb ola bilər. Mövcud tarazlığın pozulması özül altından gruntun sürüşüb çıxmasına (özülün şiddətli çökməsinə), yamaclarda grunt massivinin sürüşməsinə, grunt massivinə qarşı tikilmiş istinad divarlarının yerini dəyişməsinə şərait yaradır.

Əksər qurğular üçün müəyyən həddən çox yerdəyişmənin baş verməsi yolverilməz hesab edilir və müvafiq istiqamətdə təsir edən, gruntun dayanıqlılığının itirilməsinə səbəb olmayan xarici qüvvənin maksimal həddinin düzgün təyini vacibdir. Qruntların dayanıqlılığı dedikdə, xarici yükün təsiri altında olan grunt massivinin dayanıqlı tarazlıq vəziyyəti nəzərdə tutulur.

Qruntların həddi-tarazlıq nəzəriyyəsi əsasında qurğu əsaslarında, yamaclarda qruntların dayanıqlılığının hesablanması, istinad divarlarına qruntların göstərdiyi təzyiqin təyini, müxtəlif

ankerlərin və istinad konstruksiyalarının yerini dəyişməsinə qarşı qruntların müqavimətinin təyini məsələləri öz həllini tapır.

Qruntların həddi-tarazlıq məsələsi ilkin olaraq Ş.Kulon tərəfindən həll edilmişdir. XXIX əsrin axırlarında V.İ.Kurdyumov tərəfindən qrunut bünövrələrinin dayanıqlılığının itirilməsi zamanı yaranan deformasiya prosesinin mahiyyəti təcrübi olaraq aşkar edilmişdir.

Həddi-tarazlıq nəzəriyyəsi təbii qrunut bünövrələrinin yükləyici qabiliyyətinin təyini, istinad divarlarına qrunut kütləsinin göstərdiyi təzyiqin hesablanması, yamaclıqların və sürüşmə yamaclarının dayanıqlılığının hesablanması zamanı tətbiq edilir.

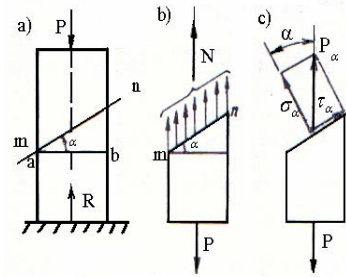
Müstəvi gərgin vəziyyətdə olan qruntda yaranan təhlükəli kəsiklər. Qrunutun müstəvi gərgin halda möhkəmliyinin yoxlanılması üçün onun həddi-tarazlıq vəziyyətində kəsiklərində yaranan ən böyük normal və toxunan gərginlikləri təyin etmək lazımdır.

Fərz edək ki, silindrik şəkilli qrunut nümunəsi xarici yükün təsiri altında gərginlikli vəziyyətdədir (şəkil 2.29, a). Onun sahəsi F_α olan maili kəsiyinə təsir edən tam daxili qüvvə P -yə, həmin kəsikdə yaranan tam gərginlik isə $P_\alpha = \frac{P}{F_\alpha}$ -ya bərabərdir. Nümunənin maili

kəsinin sahəsini (F_α), onun eninə kəsinin sahəsini isə (F) ilə ifadə edərək (şəkil 2.29, b, c) tam gərginliyin düsturunda nəzərə alsaq, onda

$$P_\alpha = \frac{P}{F} \cdot \cos \alpha = \sigma \cdot \cos \alpha \quad (2.73)$$

olar. Burada $\sigma = \frac{P}{F}$ nümunənin F eninə kəsinə yaranan gərginlikdir. $\alpha = 90^\circ$ olduqda, yəni nümunənin oxuna paralel kəsikdə $P_\alpha = 0$ olur. Tam gərginliyin (P_α) kəsinin normalı (σ_α) və kəsinin üzərində (τ_α) proyeksiyaları (normal və toxunan gərginliklər) uyğun olaraq



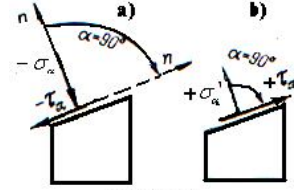
Şəkil 2.29. Maili kəsikdə yaranan gərginliyin sxematik təsviri.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\alpha} &= P_{\alpha} \cdot \cos \alpha = \sigma \cdot \cos^2 \alpha, \\ \tau_{\alpha} &= P_{\alpha} \cdot \sin \alpha = \frac{\sigma}{2} \cdot \sin 2\alpha, \end{aligned} \right\} \quad (2.74)$$

olacaqdır.

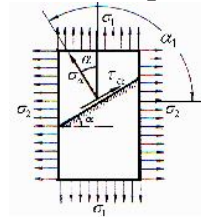
Adətən kəsiyin xarici normalı istiqamətində təsir edən normal gərginliyin işarəsi müsbət, əks halda mənfi götürülür.

İstiqaməti, kəsiyin xarici normalının saat əqrəbi hərəkəti istiqamətində 90° döndükdə aldığı istiqamətə uyğun olan toxunan gərginliyin işarəsi müsbət, əks halda mənfi qəbul edilir (şəkil 2.30).



Şəkil 2.30.

Qrunt nümunəsinin ən böyük normal və toxunan gərginlik alınan kəsiklərini və həmin kəsiklərdəki gərginlikləri təyin etmək üçün ilk növbədə axtarılan kəsiklərdə yaranan normal və toxunan gərginliklərin ümumi düsturunu çıxarmaq lazımdır. Bunun üçün xarici qüvvənin təsiri altında müstəvi gərginlikli vəziyyətdə olan düzbucaqlı paralelepiped şəkilli qrunut nümunəsi götürək və fərz edək ki, onun yan üzlərinə σ_1 və σ_2 gərginlikləri təsir edir (şəkil 2.31).



Şəkil 2.31. Müstəvi gərginlikli qrunut nümunəsinin maili kəsinin gərginliyinin sxematik təsviri.

Nümunənin səthinə perpendikulyar müstəvi ilə maili kəsik keçirərək, həmin maili kəsiyin normalı ilə baş gərginliklərin vektorları arasında qalan bucaqları uyğun olaraq α və α_1 ilə işarə edək. Tədqiq edilən maili kəsikdə əmələ gələn gərginliklər həm σ_1 , həm də σ_2 -dən asılıdır.

Kəsikdə σ_1 gərginliyinin təsirindən əmələ gələn normal və toxunan gərginliklər (2.74) düsturlarına uyğun olaraq

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\alpha}^I &= \sigma_1 \cdot \cos^2 \alpha, \\ \tau_{\alpha}^I &= \frac{\sigma_1}{2} \cdot \sin 2\alpha, \end{aligned} \right\} \quad (2.75)$$

σ_2 gərginliyinin təsirindən isə həmin kəsikdə yaranan gərginliklər

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\alpha}^{II} &= \sigma_2 \cdot \cos^2 \alpha_1 = \sigma_2 \cdot \cos^2 (\alpha + 90^\circ) = \sigma_2 \cdot \sin^2 \alpha, \\ \tau_{\alpha}^{II} &= \frac{\sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha_1 = \frac{\sigma_2}{2} \cdot \sin (2\alpha + 180^\circ) = -\frac{\sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (2.76)$$

olacaqdır. σ_1 və σ_2 gərginliklərinin birgə təsirindən maili kəsikdə yaranan eyni adlı gərginlikləri toplamaqla, qrunutun müstəvi gərgin

halı üçün maili kəsiklərdə yaranan tam normal və tam toxunan gərginlikləri aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\alpha &= \sigma_1 \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_2 \cdot \sin^2 \alpha, \\ \tau_\alpha &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha. \end{aligned} \right\} \quad (2.77)$$

(2.77) düsturlarına əsasən demək olar ki, hər iki gərginlik kəsiyin maillik bucağından asılı olaraq dəyişir. Normal gərginliyin ən böyük qiymətini tapmaq üçün (2.77) düsturlarından α -ya görə törəmə alıb, sıfıra bərabər qəbul etmək lazımdır. Onda

$$-2 \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha = 0, \quad (2.78)$$

olduğundan, $\max \sigma_\alpha$ və $\min \sigma_\alpha$ toxunan gərginliklərin sifra bərabər olduğu kəsiklərdə, yəni baş kəsiklərdə alınır. Ən böyük toxunan gərginlik isə $\sin 2\alpha = 1$, yəni $\alpha = 45^\circ$ olduqda alınır və bu zaman

$$\max \tau_{\alpha} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}, \quad (2.79)$$

olur. Ona görə də, materialların (o cümlədən qayavari qruntların) yük altında sıxılması zamanı nümunənin dağılması mərkəzi oxa 45° -li bucaq altında çatların (Çernov xətlərinin) yaranması ilə baş verir. Yəni toxunan gərginliyin maksimal qiymətinə uyğun ($\alpha=45^\circ$ olduqda) kəsik üzrə yaranır ki, bu kəsiklər təhlükəli kəsiklər hesab edirlər.

Qruntların yükləyici qabiliyyəti. Qruntla yaranan gərginlik onun möhkəmliyinin itirilməsinə səbəb olursa, həmin gərginlik **təhlükəli gərginlik** adlanır. Xarici yükün hər bir qrunt üçün elə bir həddi qiyməti vardır ki, onun təsirindən qruntla yaranan gərginlik qruntun möhkəmliyinin itirilməsinə səbəb olmur. Həmin gərginlik isə **təhlükəsiz gərginlik** adlanır. Təhlükəsiz gərginliyin maksimal qiyməti **buraxıla bilən gərginlik** adlanır.

Qruntların yükəgötürmə qabiliyyəti yük altında sıxılma zamanı onlarda yaranan gərginlikli vəziyyətin xarakterindən asılı olaraq buraxıla bilən gərginliyə görə təyin edilir. Bunun üçün sərt şamp altında sıxılan qruntda yaranan nisbətən ideallaşdırılmış gərginlikli vəziyyətə uyğun deformasiyaların xarakteri əsas götürülür. Qruntda yaranan gərginliyin qiyməti sıfırdan başlayaraq təhlükəli gərginliyədək artanaqək onda əmələ gələn deformasiyanın xarakterindən asılı olaraq **3 faza** fərqləndirilir. Bu haqda yuxarıda ətraflı məlumat verilmişdir.

Birinci fazada xarici yükün təsirindən qruntda yaranan deformasiya gərginliyə mütənəşib dəyişir, qruntda sıxlaşma məsələlilik hesabına yaranır. M.İ.Qorbunovun-Posadovun və V.Q.Berezantsevin tədqiqatlarına görə bu fazada ştamp altında sıxlaşma nüvəsi formalaşır.

Son faza qruntda yaranan gərginliyin təhlükəli həddə çatması, deformasiyanın gərginlikdən asılı olaraq dəyişməsinin əyrixətli qanuna tabe olması, yerli sürüşmə səthlərinin birləşərək sürüşmə səthinin formalaşması, qrunnun yanlara doğru hərəkət edərək yük altından sürüşərək çıxması ilə müşayiət olunur.

Birinci və son faza arasında **keçid fazası** formalaşır. Bu fazada sıxlaşma prosesi başa çatır, sıxlaşma nüvəsi tam formalaşır, sıxlaşmış nüvənin yanlara təsiri ilə hissəciklərin kənarlara doğru yerli sürüşməsi artır. Bu faza qrunnun yükdaşıma qabiliyyəti həddini xarakterizə edir.

Birinci fazanın sonu ikinci (keçid) fazanın başlanğıcı, yəni I və II fazanın sərhədinə uyğun gələn yük qrunnun **başlanğıc böhran yükləyici qabiliyyəti** ($P_{baş}^{böh}$) adlanır.

II deformasiya fazasının sonu III deformasiya fazasının başlanğıcına uyğun gələn yük isə qrunnun **həddi böhran yükləyici qabiliyyəti** ($P_{həddi}^{böh}$) adlanır. Bu elə bir yükə uyğundur ki, onun təsirindən qruntda sürüşmə fazaları yenidən yaranmağa başlayır, gərginliyin növbəti artımı isə qrunnun dağılması prosesinin başlanmasına səbəb olur. Yəni qrunnun həddi yükdaşıma qabiliyyəti ikinci və üçüncü fazalar arasındakı sərhəd-təhlükəsiz gərginliyin maksimal qiymətinə uyğundur.

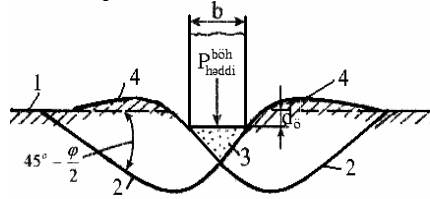
Qrunn üzərinə ötürülən yük qrunnun həddi böhran yükləyici qabiliyyətinə çatdıqda, özülün qoyulma dərinliyindən və qrunnun sıxlığından asılı olaraq qrunn bünövrəsində müxtəlif sürüşmə səthləri yaranır.

Özülün dərinliyinə müvafiq olaraq aşağıdakı sürüşmə səthləri formalaşa bilər.

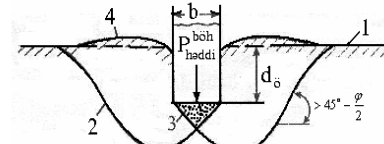
1. Dərin olmayan özüllərdə ($\frac{d_0}{b} \leq \frac{1}{2}$) qrunta ötürülən yük qrunnun həddi yükləyici qabiliyyətinə çatdıqda, özül dabanından qrunn sıxışdırılaraq özülün çevrəsi boyunca qrunnun səthinə çıxır (şəkil 2.32).

2. Orta dərinlikli özüllərdə ($\frac{d_{\delta}}{b} = \frac{1}{2} \div 2$) qrunta ötürülən yük onun yükləyici qabiliyyətinə çatdıqda, qrunut sıxışdırılaraq özülün çevrəsi boyunca səthə qalxır və sürüşmə səthi S-vari olur (şəkil 2.33).

3. Dərin özüllərdə ($\frac{d_{\delta}}{b} = 2 \div 4$) qrunta ötürülən yük onun yükləyici qabiliyyətinə çatdıqda, özül dabanında yaranan sürüşmə zonaları özülün yan tərəfində yerləşən qruntu sıxışdıraraq özül dabanı səthinə qalxırlar (şəkil 2.34).



Şəkil 2.32. Dayaz özül altındakı qrunut bünövrədə yaranan sürüşmə səthləri. 1- yer səthi; 2- sürüşmə səthləri; 3- sıxlaşma nüvəsi; 4- yer səthində qabarmış qrunut.



Şəkil 2.33. Orta dərinlikli özül altındakı qrunutda yaranan sürüşmə səthləri. 1- yer səthi; 2- sürüşmə səthləri; 3- sıxlaşma nüvəsi; 4- yer səthində qabarıq səth.

4. Dərin özüllərdə ($\frac{d_{\delta}}{b} > 4$) qrunta ötürülən yük onun yükləyici qabiliyyətinə çatdıqda, özül dabanı altında böyük deformasiyalar yaranır və sürüşmə zonaları qrunut bünövrəsinin səthinə doğru deyil, onun dərinliyinə doğru istiqamətlənirlər (şəkil 2.35).

Morun həddi gərginlik

dairələri. Qrunut massivində yaranmış müstəvi gərgin vəziyyətin istənilən nöqtədə qrafiki təsviri Mor tərəfindən 1871-ci ildə təklif edilən gərginlik dairələri əsasında həyata keçirilə bilər. Mor dairələrinin qurulması üçün 3 oxlu sıxma cihazında massivdəki qrunutlardan götürülmüş qrunut nümunələri üzərində aparılmış sınaqların nəticələrindən istifadə olunur və istənilən nöqtədə gərginliklər təyin edilir.

Mor dairələri ən böyük və ən kiçik baş gərginliklərə görə qurulur. Əsasən $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ olduğu qəbul edilir. Qrunutun fəza gərgin vəziyyətinin Mor dairəsi vasitəsi ilə qrafiki təsviri Botkin –

Mizes metodu ilə qurulur və bu haqda «Qruntlar mexanikası» fənninə aid müvafiq dərs vəsaitlərindən ətraflı məlumat əldə etmək olar / 10/.

Müstəvi gərgin vəziyyətdən asılı olaraq baş gərginliklərdən biri sıfıra bərabər olduğundan, Mor dairəsi iki baş gərginlikdən istifadə edilərək qurulur.

Müstəvi gərgin halda olan qrunun bir-birinə perpendikulyar iki kəsiyində təsir edən gərginliklər məlum olarsa, o zaman qrunun istənilən kəsiyinin gərginliklərini Mor dairəsi vasitəsi ilə qrafiki təyin etmək olar. Bunu əsaslandırmaq üçün $\sigma_3=0$, $\sigma_1>\sigma_2$ olduğunu fərz edərək, qrunun eninə kəsiyi ilə α bucağı əmələ gətirən maili kəsik üzrə yaranan normal gərginliyin düsturunda aşağıdakı kimi dəyişiklik aparaq.

$$\sigma_\alpha = \sigma_1 \cdot \cos^2 \alpha + \sigma_2 \cdot \sin^2 \alpha = \sigma_1 \cdot \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} + \sigma_2 \cdot \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \cos 2\alpha, \quad (2.80)$$

(2.80) düsturunda $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = a$, $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = b$ ilə əvəz edilərsə, onda

$$\left. \begin{aligned} \sigma_\alpha &= a + b \cdot \cos 2\alpha \\ \tau_\alpha &= b \cdot \sin 2\alpha \end{aligned} \right\}, \quad (2.81)$$

olar. Maili kəsikdə yaranan normal və toxunan gərginliklərin düsturlarında müvafiq dəyişiklik edərək kvadrata yüksəldib tərəf-tərəfə toplasaq, onda aşağıdakı riyazi ifadələr alınır.

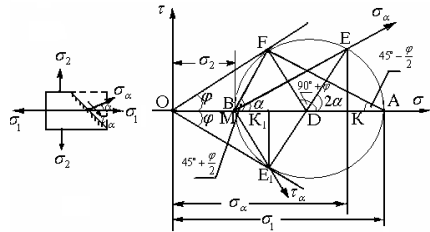
$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_\alpha - a &= b \cdot \cos 2\alpha \\ \tau_\alpha &= b \cdot \sin 2\alpha \end{aligned} \right.,$$

$$(\sigma_\alpha - a)^2 + \tau_\alpha^2 = b^2 \cdot (\cos^2 2\alpha + \sin^2 2\alpha) = b^2,$$

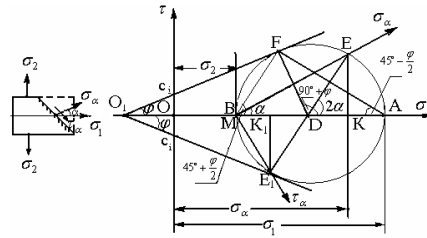
$$(\sigma_\alpha - a)^2 + \tau_\alpha^2 = b^2. \quad (2.82)$$

Alınmış (2.82) tənliyi koordinat oxları σ və τ -dan ibarət olan düzbucaqlı koordinat sistemində radiusu b olan çevrənin tənliyidir. Koordinatların biri a , digəri isə sıfıra bərabərdir, yəni koordinatlar uyğun olaraq $(a; 0)$ olur. Həmin riyazi ifadənin qrafikinə Mor dairəsi deyilir. Mor dairəsinin çevrəsi üzərindəki nöqtələrin koordinatları müvafiq kəsiklərdə təsir edən σ_α və τ_α gərginliklərini verir. Bununla əlaqədar olaraq Mor tərəfindən təklif olunmuş dairə aşağıdakı kimi tərtib edilir (şəkil 2.36 və şəkil 2.37). Şəkil 2.36-da verilmiş qrun nümunəsinin müstəvi gərgin vəziyyətini Mor dairəsi əsasında təsvir etmək üçün ən böyük baş gərginliyə paralel istiqamətdə $O\sigma$ və bu oxa perpendikulyar

istiqamətdə $O\tau$ koordinat oxunu çəkək. Həmin koordinat sistemində toxunan gərginlik sıfıra bərabər olan kəsiklərin qiyməti absis oxu üzərinə köçürülür (şəkil 2.36). Yəni absisləri $\sigma_1=OA$, $\sigma_2=OB$ olan nöqtələr qeyd edilir. $OD=\frac{\sigma_1+\sigma_2}{2}$ məsafəsində çevrənin mərkəzi qeyd olunur və AB xəttini iki hissəyə bölməklə radiusu $BD=DA=\frac{AB}{2}=b=\frac{\sigma_1-\sigma_2}{2}$ olan çevrə çəkilir. Çevrənin $A(\sigma_1, 0)$ nöqtəsindən keçən və σ_1 -ə paralel xəttin çevrəni kəsdiyi M nöqtəsi **dairənin qütbü** adlanır. M nöqtəsindən elementin kəsiyinin normalına paralel şüanın çevrə ilə kəsişmə nöqtəsinin (E) koordinatları həmin kəsiyin gərginliklərinə bərabər olur, yəni $\sigma_\alpha = OK$, $\tau_\alpha = EK$.



Şəkil 2.36. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan əlaqəsiz qruntlarda Mor dairəsinin qurulmasının sxematik təsviri.



Şəkil 2.37. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan əlaqəli qruntlarda Mor dairəsinin qurulmasının sxematik təsviri.

Normal gərginlik ME şüası, toxunan gərginlik isə E_1 nöqtəsindən keçən ME_1 şüası istiqamətində olur.

Mor dairəsi əlaqəsiz qruntlar üçün qurulduğu zaman koordinat başlanğıcından keçməklə üst və alt yarımdairə çevrəsinə toxunanlar çəkilir. Toxunanların absis oxu ilə əmələ gətirdiyi bucaq həmin qrunտun daxili sürtünmə bucağını ifadə edəcəkdir, yəni ona bərabərdir (şəkil 2.36)

Əlaqəli qruntlarda isə qrunт ilişmə qüvvəsinə ($c_i \neq 0$) də malik olduğundan Mor dairəsi aşağıdakı kimi qurulur.

Əgər σ_1 və σ_2 baş gərginlikləri və qrunտun xüsusi ilişkənliliyi (c_i) məlum olarsa, o zaman Mor dairəsi əvvəlki kimi qurulur və ordinat oxu üzərində qrunտun xüsusi ilişkənliliyinə uyğun nöqtə qeyd olunaraq, həmin nöqtədən çevrəyə toxunan çəkilir. Həmin toxunanların absis oxu ilə kəsişmə nöqtəsi (O_1) tapılır. Toxunanların absis oxu ilə əmələ gətirdiyi bucaq əlaqəli qrunտun

daxili sürtünmə bucağına (φ -yə) bərabərdir. Çevrə üzərində götürülmüş istənilən nöqtəyə görə təyin olunmuş normal və toxunan gərginlik (nöqtənin koordinatları) qrunzun müvazinət vəziyyətinə uyğun olub, baş gərginliklərin istiqamətləri ilə müvafiq bucaq əmələ gətirən müstəvi üzrə normal və toxunan gərginliklərə bərabərdir. Üst yarımçevrə üzərindəki nöqtələr baş gərginliklərin istiqamətləri ilə $\alpha < 90^\circ$ bucaq təşkil edən, alt yarımçevrə üzərindəki nöqtələr isə $\alpha > 90^\circ$ bucaq təşkil edən müstəvilərdəki normal və toxunan gərginliklərə uyğundur.

Qrunzun yük altında sıxılması zamanı onun parçalanması (dağılması) iki müstəvi üzrə baş verir. Bu müstəvilər baş gərginlik müstəvisi ilə $\alpha = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$ bucağı əmələ gətirirlər. Sürüşmə (kəsilmə) müstəvisinin istiqaməti qrunzun xüsusi ilişənliyiindən asılı deyildir. Qurulmuş Mor dairəsi əsasında qrunzun həddi-tarazlıq şəraiti və yaxud dağılmaya (parçalanmaya) yaxın vəziyyəti təyin edilə bilər. Əlaqəsiz qrunzlar üçün həddi-tarazlıq vəziyyətini (B nöqtəsinə görə) baş gərginliklər vasitəsi ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar (şəkil 2.36).

$$\sin \varphi = \frac{FD}{OD} = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2}, \quad (2.83)$$

Əlaqəli qrunzlar üçün eyni qayda ilə həddi-tarazlıq vəziyyəti aşağıdakı kimi tapılacaqdır (şəkil 2.37).

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{FD}{O_1D} = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}}{O_1O + \sigma_2 + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2c \cdot \operatorname{ctg} \varphi + \sigma_1 + \sigma_2} = \\ &= \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \sin \varphi}{2c \cdot \cos \varphi + (\sigma_1 + \sigma_2) \cdot \sin \varphi}. \end{aligned} \quad (2.84)$$

$0 < \varphi < 90^\circ$, $\sin \varphi \neq 0$ olduğundan, sadə riyazi çevirmələr aparmaqla

$$\begin{aligned} (\sigma_1 + \sigma_2) \sin \varphi &= \sigma_1 - \sigma_2 - 2c \cdot \cos \varphi, \\ \sin \varphi &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - 2c \cdot \cos \varphi}{\sigma_1 + \sigma_2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} - \frac{2c \cdot \cos \varphi}{\sigma_1 + \sigma_2}, \end{aligned} \quad (2.85)$$

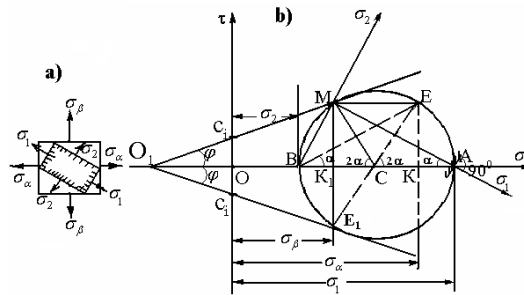
aşağıdakı düsturu almaq olar.

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} - \frac{2c \cdot \cos \varphi}{\sigma_1 + \sigma_2}. \quad (2.86)$$

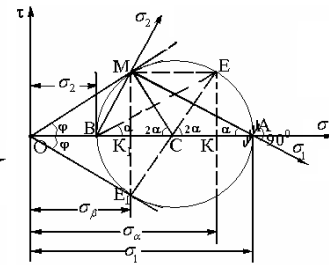
Mor dairəsi vasitəsi ilə baş gərginliklərin təyin edilməsi. Mor dairəsi müstəvi gərgin vəziyyətdə olan qrunnun istənilən nöqtəsində gərgin vəziyyəti təsvir etməklə bərabər, həm də hər hansı bir kəsikdə normal və toxunan gərginliklər, onların istiqaməti məlum olduqda, baş gərginlikləri təyin etməyə imkan verir.

Fərz edək ki, müstəvi gərgin vəziyyətdə olan qrunnun bir-birinə perpendikulyar olan hər hansı iki kəsiyində σ_α , τ_α və σ_β , τ_β gərginlikləri məlumdur (şəkil 2.38, a) və həmin gərginliklər əsasında baş gərginlikləri təyin etmək lazımdır. Bunun üçün $\sigma O \tau$ düzbucaqlı koordinat sistemində $O \sigma$ oxu σ_α gərginliyinə paralel götürülərək, $E(\sigma_\alpha, \tau_\alpha)$ və $E_1(\sigma_\beta, \tau_\beta)$ nöqtələri həmin koordinat sistemində qeyd edilir. Bu nöqtələri birləşdirən EE_1 xəttinin absis oxu ilə kəsişməsi mərkəz qəbul edilərək CE radiuslu çevrə çəkilir. Qrunnun xüsusi ilişkənliyi ($c_i \neq 0$ olduqda) ordinat oxu üzərində qeyd edilərək çevrəyə toxunanlar çəkilir. Qrunnun daxili sürtünmə bucağı φ təyin edilir (şəkil 2.38, b)

Əlaqəsiz qruntlarda oxşar hal üçün yuxarıda qeyd edilən əməliyyatlar ($c_0=0$ halı üçün) anoloji şəkildə aparılaraq baş gərginliklər təyin edilir (şəkil 2.39).



Şəkil 2.38. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan əlaqəli qruntlarda Mor dairəsi vasitəsi ilə baş gərginliklərin təyini sxemi.



Şəkil 2.39. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan əlaqəsiz qruntlarda Mor dairəsi vasitəsi ilə baş gərginliklərin təyini sxemi.

Şəkil 2.38 və 2.39-da göstərilmiş B və A nöqtələrinin ordinatları sıfıra bərabər olduğundan, bu nöqtələrin absisləri uyğun olaraq baş gərginlikləri ($\sigma_1 > \sigma_2$ şərtinə əsasən, $\sigma_1 = OA$; $\sigma_2 = OB$) ifadə edəcəkdir. Baş gərginliklərin istiqamətini təyin etmək üçün dairənin qütbünü (M nöqtəsini) təyin etmək lazımdır. $E(\sigma_\alpha, \tau_\alpha)$ nöqtəsindən keçən üfüqi və ya $E_1(\sigma_\beta, \tau_\beta)$ nöqtəsindən keçən və ordinat oxuna paralel olan düz xəttin çevrə ilə kəsişmə

nöqtəsi Mor dairəsinin qütbü olacaqdır. A və B nöqtələri ilə M nöqtəsini birləşdirən düz xətlər σ_1 və σ_2 baş gərginliklərinin istiqamətini müəyyən edirlər.

İndi isə Mor dairəsindən istifadə edərək baş gərginliklərin analitik ifadəsini təyin edək. Şəkil 2.38-də $CA=CE$ olduğundan,

$$\sigma_1 = OK_1 + K_1C + CE = \sigma_\beta + \frac{\sigma_\alpha - \sigma_\beta}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_\alpha - \sigma_\beta}{2}\right)^2 + \tau_\alpha^2},$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_\alpha + \sigma_\beta}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\alpha^2}, \quad (2.87)$$

olur. Digər baş gərginlik isə aşağıdakı düsturla təyin olunacaqdır.

$$\sigma_2 = OA - BA = \sigma_1 - 2CE = \frac{\sigma_\alpha + \sigma_\beta}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\alpha^2},$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_\alpha + \sigma_\beta}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\alpha^2}. \quad (2.88)$$

Əlaqəsiz qruntların həddi-tarazlıq vəziyyəti şəkil 2.39-a əsasən aşağıdakı

$$\sin \varphi = \frac{CM}{OC} = \frac{\sqrt{\left(\frac{\sigma_\alpha - \sigma_\beta}{2}\right)^2 + \tau_\beta^2}}{\frac{\sigma_\alpha + \sigma_\beta}{2}} = \frac{\sqrt{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\beta^2}}{\sigma_\alpha + \sigma_\beta}, \quad (2.89)$$

kimi təyin olunur. Əlaqəli qruntlar üçün isə həddi-tarazlıq vəziyyətini şəkil 2.38-də əsasən aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\sin \varphi = \frac{\sqrt{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\beta^2}}{2c \cdot ctg \varphi + \sigma_\alpha + \sigma_\beta}, \quad (2.90)$$

$$\sin^2 \varphi = \frac{(\sigma_\alpha - \sigma_\beta)^2 + 4\tau_\beta^2}{(2c \cdot ctg \varphi + \sigma_\alpha + \sigma_\beta)^2}. \quad (2.91)$$

Ən böyük baş gərginliklə σ_α gərginliyinin vektoru arasında əmələ gələn bucaq

$$-tg \alpha = \frac{K_1M}{K_1A} = -\frac{EK}{BK} = -\frac{\tau_\alpha}{\sigma_\alpha - \sigma_2}, \quad (2.92)$$

düsturu ilə, buradan isə həmin bucaq

$$\alpha = arctg\left(-\frac{\tau_\alpha}{\sigma_\alpha - \sigma_2}\right), \quad (2.93)$$

düsturu ilə təyin edilə bilər.

Qruntlar üçün Mor dairəsinin tətbiqi aşağıdakı şərtlər ödənildikdə doğru nəticələr verir:

- verilmiş nöqtədən keçən istənilən kəsikdə c_i və φ -nin qiymətləri sabit və eyni olduqda;
- qrunnt massivinin gərgin vəziyyətinin bütün fazalarında sıxlaşma deformasiyası və kəsilmə c_i və φ -nin qiymətlərinə təsir etmədikdə.

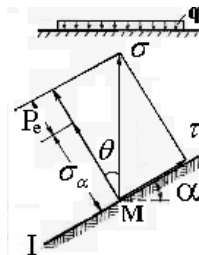
Praktikada qrunntun müvazinət vəziyyətinin təyini zamanı stabilometrdə aparılmış 2-dən çox sınaqların nəticələri əsasında Mor dairəsi qurulur.

Ən böyük meyl (təmayül) bucağı. Gərgin vəziyyətdə olan qrunntun deformasiya fazalarını araşdırdıqda müəyyən etmək olar ki, qrunntun dağılmasına onda yaranan sürüşmə deformasiyası səbəb olur. Həmin deformasiyanı isə toxunan gərginlik yaradır. Ona görə də, qrunnt bünövrələrinin hər hansı bir nöqtəsində müvazinət halının təmin olunması üçün həmin nöqtədə toxunan (sürüşdürücü) gərginliyin qiyməti qrunntun sürüşməyə qarşı müqavimətindən böyük olmamalıdır. Bu şərtin riyazi ifadəsi qrunntun **möhkəmlik** və ya **həddi-müvazinət şərti** adlanır. Qrunntun möhkəmlik şərtini **ən böyük meyl (təmayül) bucağı** vasitəsi ilə araşdıraraq.

Bunun üçün müntəzəm paylanmış q yükü altında gərgin vəziyyətdə olan qrunnt massivinin hər hansı bir M nöqtəsindən horizontal müstəvi ilə α bucağı əmələ gətirən I-I müstəvisi keçirərək, həmin nöqtədə müvazinət vəziyyətini araşdıraraq (şəkil 2.40). Həmin müstəvidə normal gərginliyi σ_α ,

toxunan gərginliyi isə τ_α işarə edək. Müstəvidəki tam gərginliklə normal gərginlik arasında qalan θ bucağı tam gərginliyin **meyl (təmayül) bucağı** adlanır. Baş gərginliklərin (σ_1 və σ_2) nisbətindən asılı olaraq, α bucağının dəyişməsi zamanı θ bucağı müxtəlif maksimal qiymət alacaqdır. Əlaqəsiz qruntlarda meyl bucağı nə qədər böyük qiymət alarsa, qrunntun həmin nöqtədə yerdəyişməyə qarşı müqaviməti bir o qədər az olacaqdır.

Əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş qrunnt massivinin maksimal meyl bucağının həddi qiyməti həddi-tarazlıq şəraitinə



Şəkil 2.40. I-I müstəvisi üzrə gərginlik toplanmalarının təsir etmə sxemi.

uyğundur, yəni bu şərait qrunzun dağılmasının başlanğıcına müvafiq olub, aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \frac{\tau_{\alpha}}{\sigma_{\alpha}} / \max. \quad (2.94)$$

Əgər $\frac{\tau_{\alpha}}{\sigma_{\alpha}}$ nisbəti gərgin vəziyyətin düzxətli funksiyasını ifadə edərsə, onda

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.95)$$

olar. Burada φ – qrunzun daxili sürtünmə bucağıdır.

Qrunz xüsusi ilişkənliliyə malik olduqda isə (əlaqəli qrunzlarda) maksimal meyl bucağının həddi qiyməti (2.94) münasibətindən fərqli olacaqdır. Yəni tədqiq edilən M nöqtəsində qrunzun xüsusi ilişkənliliyinə ekvivalent olan, hərtərəfli təsirə malik $P_e = \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi}$ təzyiqi təsir etdiyindən, I-I kəsiyinə təsir edən

normal gərginlik iki gərginliyin cəmindən, yəni $P_e + \sigma_{\alpha}$ - dan ibarət olacaqdır. Ona görə də, M nöqtəsində maksimal meyl bucağının həddi qiyməti həddi-tarazlıq şəraitinə uyğun olaraq aşağıdakı kimi təyin olunacaqdır:

$$\operatorname{tg}\theta_{\max} = \left| \frac{\tau_{\alpha}}{\sigma_{\alpha} + P_e} \right|_{\max}. \quad (2.96)$$

Yəni M nöqtəsində təsir edən sürüşdürücü və normal gərginliklərin qiyməti I-I kəsiyinin yerləşmə vəziyyətindən asılı olduğundan, α bucağının qiyməti dəyişdikcə I-I kəsiyinə təsir edən gərginliyin toplananları da dəyişəcəkdir və meyl bucağı özünün maksimal qiymətini aldıqda tədqiq edilən M nöqtəsində sürüşmə başlayacaqdır.

Tədqiq edilən nöqtədə müvazinət şəraitinin pozulmaması üçün

$$\tau_{\alpha} < \operatorname{tg}\alpha \cdot (\sigma_{\alpha} + P_e) \text{ və ya} \quad (2.97)$$

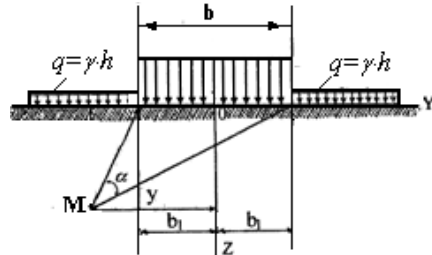
$$\frac{\tau_{\alpha}}{\sigma_{\alpha} + P_e} < \operatorname{tg}\varphi \quad (2.98)$$

şərtləri ödənilməlidir. Bu şərtlərə və əvvəlki riyazi ifadəyə əsasən müvazinət halının pozulmaması üçün $\operatorname{tg}\theta_{\max} < \operatorname{tg}\varphi$, yəni $\theta_{\max} < \varphi$ şərti ödənilməlidir.

Həddi-tarazlıq nəzəriyyəsi əsasında müxtəlif mühəndisi məsələlərin həlli zamanı təbii əsasların dayanıqlılığının

qiymətləndirilməsi iki meyarla-**başlanğıc böhran** və **həddi böhran** yüklərinə görə aparılır.

Başlanğıc böhran yükü və yaxud kənar böhran təzyiqi. Başlanğıc böhran yükü kimi qrunut üzərinə ötürülən elə bir yük axtarılır ki, həmin yükün təsiri qruntda yalnız sıxlaşma fazasını başa çatdır, təzyiq sahəsinin mərkəzi hissəsində elastiki sıxlaşma nüvəsini formalaşdır və elastiki nüvə ilə qarışıq zonada sürüşmə sahəcikləri yarada bilər. Yəni həmin yük qrunutun deformasiyasının I fazasının (sıxlaşma fazası) inkişaf edərək tamamlanmasına kifayət edir. Bu yükün təsiri özül dabanında sürüşmə zonasının yalnız əmələ gəlməyə başlamasına (həddi-müvazinət halına məruz qalan zonalarda) səbəb olur.



Şəkil 2.41. Müntəzəm paylanmış zolaqvari yükün təsiri sxemi.

Özül dabanının kənarlarında toxunan gərginlik böyük olduğundan, sürüşmə zonaları da ilkin olaraq orada meydana gəlməyə başlayır. Ona görə də, **başlanğıc böhran təzyiq kənar böhran təzyiq kimi də adlandırılır.**

Qrunutun başlanğıc böhran yükləmə qabiliyyətini təyin etmək üçün aşağıdakı məsələnin həllini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, yer səthindən h dərinliyində qoyulmuş, eni b olan özüldən qrunut bünövrəyə müntəzəm paylanmış, zolaqvari $P = \gamma \cdot h$ yükü təsir edir (şəkil 2.41) və bu yükün təsirindən yer səthindən z dərinliyində yerləşən M nöqtəsində həddi-müvazinət halı yaranır.

Özül dabanından yer səthində olan hissədə qrunutun öz ağırlığından yaranan yükü özülün kənarları boyu bütöv müntəzəm paylanmış $q = \gamma \cdot h$ (γ -qrunutun təbii yatımda sıxlığı, h -özülün qoyulma dərinliyi) yükü ilə əvəz edək. Onda M nöqtəsində qrunutun öz ağırlığından yaranan gərginlik

$$\sigma_{lqr} = \gamma \cdot (h + z), \quad (2.99)$$

olacaqdır. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan qrunut bərk cismin plastik vəziyyətinə uyğun olur və onun formasının dəyişməsi həcmnin dəyişməsi ilə baş vermədiyindən, yana genişlənmə əmsalını $\mu = 0,5$ (praktiki məqsədlər üçün lazım olan dəqiqliklə)

qəbul etmək olar. Onda yana təzyiq əmsalı $\xi = \frac{\mu}{1-\mu} = 1$ olar. Ona

görə də, qrunnun öz ağırlığından yaranan üfüqi gərginlik

$$\sigma_{2qr} = \xi \cdot \sigma_{1qr} = \sigma_{1qr} = \gamma \cdot (h+z), \quad (2.100)$$

olur. M nöqtəsinə təsir edən P- $\gamma \cdot h$ yükündən və qrunnun öz ağırlığından yaranan baş gərginliklər aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{P - \gamma \cdot h}{\pi} \cdot (\alpha + \sin \alpha) + \gamma \cdot (h+z), \\ \sigma_2 &= \frac{P - \gamma \cdot h}{\pi} \cdot (\alpha - \sin \alpha) + \gamma \cdot (h+z), \end{aligned} \right\} \quad (2.101)$$

burada α -yer səthindən z-dərinliyində olan M nöqtəsindən özül dabanına baxış bucağıdır.

Qrunnun başlanğıc böhran yükləmə qabiliyyətinin analitik olaraq təyini üçün özül dabanı altında əmələ gələn həddi-müvazinət zonasının maksimum dərinliyinin sıfır ($z_{\max}=0$) bərabər olması şərtindən istifadə edilir. Bu şərt daxilində özül altında qrunn bünövrəsinin heç bir nöqtəsində həddi-müvazinət şəraiti mövcud olmur, yalnız həmin şərait yaranmağa başlayır.

Beləliklə, qrunn bünövrəsinin başlanğıc böhran yükləmə qabiliyyəti ilkin olaraq N.P. Puzirevski (qrunnun ilişkənliliyi nəzərə alınmadan) və N.M.Gersevanov tərəfindən təyin edilmişdir. Həmin düstur, qrunnun ilişkənliliyi də nəzərə alınmaqla O.Frelix tərəfindən inkişaf etdirilmiş və başlanğıc böhran təzyiqinin analitik olaraq təyini üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$P_{\text{baş}}^{\text{böh}} = \frac{\pi \cdot (\gamma \cdot h + c_0 \cdot \text{ctg} \varphi)}{\text{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma^1 \cdot h, \quad (2.102)$$

burada γ^1 -özül dabanından yer səthində qrunnun təbii yatımda sıxlığı; c_0 -qrunnun xüsusi ilişkənliliyi; φ -qrunnun daxili sürtünmə bucağıdır.

Praktiki təcrübələrdən məlumdur ki, qrunn bünövrələrə (qurğu əsaslarına) ötürülən yükün qiyməti, başlanğıc böhran yükləmə qabiliyyətindən müəyyən qədər çox olduqda belə, qrunn bünövrədə təhlükəli gərginlik yaranmır. Qrunn bünövrədə təhlükəli gərginlik yaratmayan həmin yük qrunnun **hesabi müqaviməti** adlanır.

Qrunnun hesabi müqaviməti dedikdə qrunn bünövrəyə ötürülən elə bir yük nəzərdə tutulur ki, onun təsirindən özül

dabanının kənarlarında yaranan plastiki deformasiya zonasının (həddi-müvazinət vəziyyətinə məruz qalan zona) maksimum dərinliyi özül dabanının eninin dördə birinə bərabər olsun, yəni $z_{\max}=0,25 b$ olsun.

Hesabi müqaviməti (R) təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etmək olar:

$$R = \frac{\pi \cdot (\gamma \cdot h + 0,25b \cdot \gamma + c_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma^1 \cdot h. \quad (2.103)$$

Bu düstura daxil olan bütün parametrlər əvvəlki düsturlarla eynidir.

Qrunt bünövrənin həddi-böhran yüklətmə qabiliyyəti.

Qrunt bünövrəyə ötürülən zolaqvari yükün müəyən həddindən sonra (qruntun başlanğıc yüklətmə qabiliyyətindən böyük yükə) müntəzəm paylanmış zolaqvari yükün kənarları altında sürüşmə zonaları inkişaf etməyə başlayır. Bu sürüşmə zonaları qapalı formada olurlar. Sürüşmə zonalarının inkişafına onları əhatə edən sıxlaşma qabiliyyətli qruntun müqaviməti mane olur. Ona görə də, sürüşmə zonasının xarici sərhədi zolaqvari yükədən kənarlara, əksər hallarda isə yuxarıya doğru yerini dəyişir. Sürüşmə zonası sərhədinin yerini dəyişməsi istiqamətində rast gələn qrunt sıxlaşdığından, sürüşmə zonasının inkişafına mane olur. Təsir edən xarici yükün elə bir qiyməti mövcuddur ki, həmin yük qrunt üzərinə ötürülərkən qruntda yaranan sürüşmə zonaları birləşir və qruntun **həddi-tarazlıq vəziyyəti** yaranır. Yükün cuzi artımı qrunt bünövrənin (qurğu əsasının) dağılmasına, yəni əmələ gəlmiş bütöv sürüşmə səthi üzrə qrunt bünövrənin bir hissəsinin onun üzərində tikilmiş qurğu altından sürüşüb çıxmasına səbəb olur.

Qruntda həddi-tarazlıq şəraitinin yaranmasına səbəb olan, xarici yükün, yəni qruntun həddi-böhran yüklətmə qabiliyyətinin təyini üçün ilkin olaraq Prandtl (1920), sonra isə Reysner (1920) tərəfindən müvazinət halının differensial tənlikləri və qruntun həddi-müvazinət şərti birlikdə həll edilərək, qrunt bünövrədə yaranan sürüşmə səthləri təyin edilmişdir. Həmin sürüşmə səthlərindən istifadə edilərək qrunt bünövrənin həddi-böhran yüklətmə qabiliyyəti təyin edilmişdir.

Qruntun öz ağırlığı nəzərə alınmadan onun həddi-böhran yüklətmə qabiliyyəti aşağıdakı düstur ilə təyin edilir:

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böh}} = (q + c_0 \cdot \text{ctg} \varphi) \cdot \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} - c_0 \cdot \text{ctg} \varphi, \quad (2.104)$$

burada $q = \gamma \cdot h_\delta$ – yer səthindən özülün dabanınadək olan dərinlikdə qrunnun ağırlığı; h_δ – özülün qoyulma dərinliyi; c_0 – qrunnun xüsusi ilişkənliyi; φ – daxili sürtünmə bucağıdır.

Bu məsələnin həlli zamanı aşağıdakı sürüşmə səthləri alınmışdır (şəkil 2.42):

OCD üçbucağında sürüşmə səthləri üfüqi oxla $\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$ qədər bucaq əmələ gətirən iki paralel xətlər ailəsindən, COB üçbucağında isə O nöqtəsindən çıxan şüalardan və loqarifmik spirallardan ibarətdirlər. OAB üçbucağında (özül dabanında) isə üfüqi oxla $\pm \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$ qədər meyl etmiş iki paralel düz xətlər ailəsindən ibarətdir.

İdeal ilişkənli ($c_0 \neq 0$; $\varphi = 0$) qruntların həddi-böhran yükləyici qabiliyyətini təyin etmək üçün Prandtl aşağıdakı düsturu təklif etmişdir:

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böh}} = (2 + \pi) \cdot c_0 + q = 5,14c_0 + q. \quad (2.105)$$

Dairəvi və kvadrat şəkilli özüllər altındakı ideal ilişkənliyə malik qrunnt bünövrələrin həddi-böhran yükləyici qabiliyyəti A.Y.İşlinskiyə (1947) görə

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böh}} = 5,7c_0 + q \quad (2.106)$$

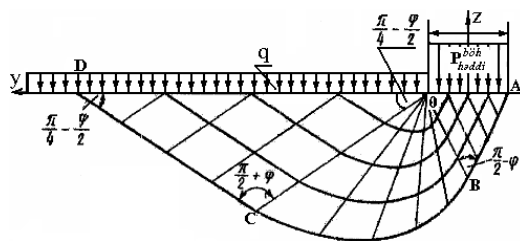
düsturu ilə, həmin özüllər altındakı suya doymuş gil qruntlarının həddi-böhran yükləyici qabiliyyəti isə A.S.Stroqonova (1977) görə

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böh}} = 6,025c_0 + q \quad (2.107)$$

düsturu ilə təyin edilə bilər.

Professor Şildə görə, düzbucaq şəkilli özüllər altındakı ideal ilişkənliyə malik olan qrunnt bünövrənin həddi-böhran yükləyici qabiliyyəti

$$\frac{b}{l} < 0,53 \text{ olduqda,}$$



Şəkil 2.42. Həddi-böhran yükünün təsirindən qrunnt bünövrədə yaranan sürüşmə səthləri.

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böh}} = \left(5,14 + 0,66 \cdot \frac{b}{l}\right) \cdot c_0 + q, \quad (2.108)$$

$$\frac{b}{l} > 0,53 \text{ olduqda isə } P_{\text{həddi}}^{\text{böhr}} = \left(5,24 + 0,47 \cdot \frac{b}{l} \right) \cdot c_0 + q \quad (2.109)$$

düsturu ilə təyin edilə bilər.

Düzbucaq şəkilli özüllər altındakı ilişənlikli qruntların həddi-böhran yüklətmə qabiliyyəti A.Skempton tərəfindən təklif edilən aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$P_{\text{həddi}}^{\text{böhr}} = \left(0,84 + 0,16 \cdot \frac{b}{l} \right) \cdot N_c \cdot c_0 + q, \quad (2.110)$$

burada b -özülün eni; l - özülün uzunluğu; c_0 -qrunտun xüsusi ilişənliyi; N_c - özülün nisbi qoyulma dərinliyindən asılı olan əmsəldir və cədvəl 2.6 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 2.6

Özülün nisbi qoyulma dərinliyindən ($\frac{h}{b}$) asılı olaraq

N_c əmsəlinin qiyməti

Özül dabanının sahəsi	$\frac{h}{b}$									
	0,0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	≥ 4
Dairəvi və kvadrat şəkilli	6,2	6,7	7,1	7,4	7,7	8,1	8,4	8,6	8,8	9,0
Zolaqvari	5,14	5,6	5,9	6,2	6,4	6,6	7,0	7,2	7,4	7,5

Qrunт bünövrənin həddi-böhran yüklətmə qabiliyyətinin təyini üçün bir çox metodlar mövcuddur. Bu haqda ətraflı məlumat almaq üçün müvafiq vəsaitlərdən /1, 24, 26, 28/ istifadə etmək olar.

2.8.QRUNT BÜNÖVRƏLƏRİN (ƏSASLARIN) ÇÖKMƏSİ

Qruntlarda deformasiyanın təbiəti və növləri. Müxtəlif qurğuların özülləri vasitəsi ilə qrunт bünövrəyə (qurğu əsasına) ötürülən yükün qiyməti qrunտun yüklətmə qabiliyyətindən çox olduqda, qurğu əsasında yaranan deformasiya inkişaf edərək bünövrənin və özül ətrafında qrunт səthinin qabarması, qrunт bünövrənin qurğu ilə birlikdə sürüşməsi və s. ilə nəticələnir. Ona görə də, qurğu və binalar qurğunun və onun əsasını təşkil edən qruntların xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla həddi-tarazlıq şəraiti əsasında müəyyən edilmiş həddi yükə və ya deformasiyaya görə layihələndirilir.

Həddi-tarazlıq şəraiti dedikdə, qrunт massivinə elə bir gərginlikli halı nəzərdə tutulur ki, onun üzərinə ötürülən yükün cüzi artırıl-

ması qrunun dayanatliliyinin və bütövlüyünün pozulmasına, təhlükəli deformasiyaların və yerdəyişmənin yaranmasına səbəb olur və həmin qrun üzərində tikilmiş qurğunun bundan sonra istismarı mümkün olmur. Bununla əlaqədar olaraq, qrunun iki həddi-hal fərqləndirilir:

- *Qrunun möhkəmliyinə və yaxud dayanatliliyinə görə;*
- *Deformasiyaya görə.*

Birinci həddi-hal (möhkəmliyə görə) bünövrədə yerli sürüşmə səthinin formalaşması (və yaxud plastik zonanın yaranması) ilə səciyyələnir və həmin formalaşmış səth üzrə bünövrənin bir hissəsinin onun üzərindəki qurğu ilə birlikdə yerdəyişməsi baş verə bilər.

İkinci hədd-hal (deformasiyaya görə) qurğu əsasında yaranan deformasiyanın elə bir həddi ilə xarakterizə olunur ki, bu zaman tikilmiş tikinti konstruksiyasında yol verilməyən zədələnmə baş verə bilər. İkinci həddi-hala görə hesablama zamanı çökmənin və çökmə deformasiyaları fərqləndirilməsi hesablanmış qiymətləri uyğun normativ qiymətlərdən kiçik bərabər olmalıdır.

Hər iki həddi-hala görə müvafiq hesablamların aparılması zamanı **normativ və hesabi yük** fərqləndirilir.

Normativ yük (təzyiq) dedikdə, normativlə müəyyən olunan elə bir maksimal yük nəzərdə tutulur ki, həmin yükün təsirindən tikilmiş qurğuda və qrun bünövrədə təhlükəli deformasiya yaranmır, qurğunun normal istismarı mümkün olur.

Hesabi yük isə normativ yükün əlavə yüklənmə əmsalına vurulması hesabına tapılır. Həmin əmsalın qiyməti 1,1-1,4 həddində dəyişir.

Qrunların möhkəmlik və deformasiya xassələri də **normativ və hesabi göstəricilərlə** səciyyələnilir. Normativ göstəricilər qrunlar üzərində aparılmış paralel sınaqlardan alınmış nəticələrin orta statistik qiymətinə bərabərdir. Bu zaman sınaqların sayı 7-dən az olmamalıdır. Hesabi göstəricilər isə normativ göstəricilərin etibarlılıq əmsalına bölünməsi ilə hesablanılır.

Mövcud tikinti norma və qaydalarına görə bina və qurğuların sıxılmaya işləyən qrun bünövrələri (qurğu əsasları) ikinci həddi-hala görə, üfüqi yüklərin təsirinə məruz qalan, həmçinin sürüşmə yamacları birinci qrup həddi-hala (möhkəmliyə) görə hesablanır.

Müntəzəm paylanmış yükün təsirindən qrunut səthinin çökməsinin son qiymətinin hesablanması (birölçülü sıxlaşma halı). Tutaq ki, sıxılmayan qayavari süxurlar üzərində yatan, h qalınlığına malik olan qrunut səthinə müntəzəm paylanmış yük təsir edir və həmin qrunut yana genişlənmə olmadan sıxılmaya məruz qalır (şəkil 2.43, a). Həmin layda baş verən deformasiyanı qrunutun kompressiya əyrisindən istifadə etməklə təyin etmək mümkündür (şəkil 2.43, b).

Qrunut təbəqəsindən oturacağanın sahəsi A -ya bərabər olan düzbucaqlı $ABCD$ paralelepipedini ayıraq. Qəbul edək ki, qrunut səthinə ötürülən həmin yükün təsirindən paralelepipedin daxilində iştirak edən bərk hissəciklər qrunutun deformasiyası zamanı dəyişikliyə uğramır. Ona görə də, yüklənmədən əvvəl və sonra bərk hissəciklərin həcmnin dəyişmədiyini qəbul edərək, qrunutda yaranan deformasiya üçün aşağıdakı bərabərliyi yazı bilərik:

$$\frac{1}{1+\varepsilon_1} \cdot A \cdot h = \frac{1}{1+\varepsilon_2} \cdot A \cdot h', \quad (2.111)$$

burada ε_1 və ε_2 - müvafiq olaraq qrunutun təbii yatımda (ilkin) və P_2 yükünün təsiri altında məsaməlilik əmsalları; P_1 və P_2 -müvafiq olaraq, qrunutun öz ağırlığından və müntəzəm yükün təsirindən yaranan təzyiq; h və h' - müvafiq olaraq qrunutun ilkin və sıxlaşmadan sonrakı qalınlığı (hündürlüyü).

(2.111) bərabərliyindən qrunutun sıxlaşmadan sonrakı qalınlığı üçün aşağıdakı düsturu almaq olar:

$$h' = h \cdot \frac{1+\varepsilon_2}{1+\varepsilon_1}. \quad (2.112)$$

(2.112) düsturundan istifadə etməklə mütləq deformasiyanı aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$s = h - h' = h \cdot \left(1 - \frac{1+\varepsilon_2}{1+\varepsilon_1}\right) = h \cdot \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1+\varepsilon_1}. \quad (2.113)$$

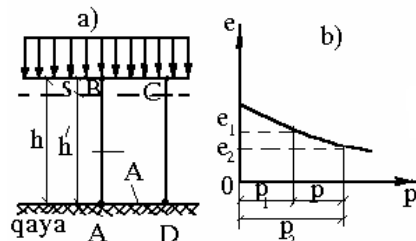
$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = a \cdot P \quad \text{olduğunu} \quad (2.113)$$

düsturunda nəzərə alaraq, mütləq deformasiyanı hesablamaq üçün aşağıdakı düsturu almaq olar:

$$s = \frac{h \cdot a \cdot P}{1+\varepsilon_1}. \quad (2.114)$$

$$\frac{a}{1+\varepsilon_1} = a_0 \quad \text{nisbi sıxlaşma əmsalı}$$

kimi qəbul olunduğundan, çökmə-



Şəkil 2.43. Müntəzəm paylanmış yükün təsiri altında qrunut səthinin çökməsinin hesablanması sxemi. a-müntəzəm yüklənmiş qrunut təbəqəsi; b-kompressiya əyrisi.

nin son (stabilləşmiş) qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$s = a_0 \cdot h \cdot P. \quad (2.115)$$

Əgər (2.115) düsturunda $a_0 = \frac{\beta}{E_0}$ (β -təbii şəraiti nəzərə alan

əmsal, E_0 - ümumi deformasiya modulu) olduğu nəzərə alınarsa, o zaman qrunut səthində müntəzəm paylanmış yükün təsirindən baş verən çökmənin son qiymətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$s = \frac{\beta}{E_0} \cdot h \cdot P. \quad (2.116)$$

Bünövrənin çökməsinin lay-lay hesablanması metodu. İzotrop mühitdə səthdə müntəzəm paylanmış yükün təsirindən gərginliyin mühitdə paylanması qrunut bünövrənin hüdudlarında və dərinliyə doğru səpələnir. Səthə təsir edən yükün qruntda yaratdığı çökmənin son qiyməti yuxarıda verilmiş düstur əsasında hesablanı bilər. Ancaq qrunut səthinə düşən məlum yükün təsirindən gərginlik dərinlik boyu tədrici dəyişdiyindən, müvafiq dərinliklərdə gərginliyin qiyməti məlum olmalıdır. Ona görə də, çökmənin qiymətini hesablamaq üçün onu $h_i \leq 0,4b$ qalınlıqlı (b -bünövrənin enidir) təbəqələrə bölməklə, həmin təbəqələr hüdudunda gərginliyi təyin etmək lazımdır. Bu, lay-lay cəmləmə metodunun əsasını təşkil edir. Bu metodla çökmənin hesablanması zamanı bünövrənin dabanında xarici yükün təsirindən yaranan əlavə gərginliyin orta qiyməti (P_0) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg,0} = P_{II} - \gamma \cdot d_0, \quad (2.117)$$

burada P_{II} -qurğu və kənar yüklərin təsiri ilə yaranan gərginlik; $\sigma_{zg,0}$ -özül dabanından yer səthinədək qrunutun öz ağırlığından yaranan gərginlik; γ -özül dabanından yer səthinədək qrunutun təbii yatımda sıxlığı; d_0 -özülün qoyulma dərinliyi.

P_0 -ın qiymətini bilərək, yüklənmə sahəsinin mərkəzi altında dərinlik üzrə σ_{zp} gərginliyi müxtəlif dərinliklərdə təyin olunur və dərinlik üzrə onun epürü qurulur (şəkil 2.44, a). σ_{zp} gərginliyinin qiyməti dərinlik boyu azaldığından, deformasiya nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olan laya qədər hesablamaların aparılması məqsədəuyğun hesab olunur. Adətən sıxlaşan təbəqənin qalınlığı (H_s) üçün norma kimi σ_{zp}' -nin qiymətinin təbii gərginliyin (σ_{zg}') qiymətini 20 %-dən çox aşmadığı qiymətə uyğun, yəni $\sigma_{zp}' \leq 0,2\sigma_{zg}'$ bərabərsizliyi ödənilməsi qalınlığın götürülməsi

qəbul edilmişdir. Əgər norma kimi qəbul edilmiş dərinlikdən altda deformasiya modulu $E_0 \leq 5 \text{MPa}$ olan qruntlar yerləşərsə, o zaman əvvəl qəbul edilmiş şərt $\sigma_{zp}' \leq 0,1 \sigma_{zg}'$ şərti ilə əvəz olunur. Hansı şərtin ödənilməsinin müəyyən olunması üçün eyni miqyasda σ_{zg} gərginliyinin hər iki şərt üzrə epürü qurulur. Hər bir laylanma müstəvisi üzrə hesablanılmaqla, təbii gərginliyin sıxılan lay hüdudunda qiymətini tapdıqdan sonra və hər layda σ_{zpi} -nin orta qiymətini bilməklə bünövrənin çökməsini hesablamaq olar. Bunun üçün hər layda yaranan çökmənin qiyməti cəmlənir. Yəni aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$s = \sum_{i=1}^n h_i \cdot a_{0i} \cdot \sigma_{zp,i} \quad (2.118)$$

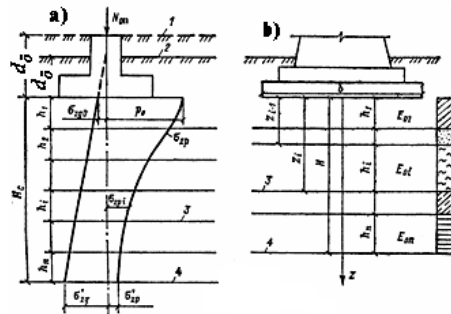
burada n -sıxlaşma baş verən lay hüdudunda qrunntəbəqələrinin sayı; h_i - i -ci qrunntəbəqəsinin qalınlığı; a_{0i} - i -ci qrunntəbəqəsinin nisbi sıxlaşma əmsalıdır.

Həmin düsturda a_{0-in} qiymətini ümumi deformasiya modulu ilə onun arasında olan asılılıqla əvəz etsək aşağıdakı düsturu alırıq:

$$s = \beta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{h_i \cdot \sigma_{zp,i}}{E_{0i}}, \quad (2.119)$$

burada β -qrunntun yana genişlənmə əmsalından (μ) asılı olan, təbii şəraiti nəzərə alan əmsal; E_{0i} - i -ci qrunntəbəqəsinin ümumi deformasiya modulu.

Qrunntun xassə göstəricilərinin dəyişkənliyi və yana genişlənmə əmsalı (μ) ilə qrunntun gərginliyi arasında olan asılılığın mü-rəkkəb xarakterə malik olması səbəbindən, bütün qruntlar üçün hesablama zamanı norma kimi $\beta=0,8$ götürülməsi tövsiyə edilir. Çünki μ çox amillərdən asılı olduğuna görə, β -da çox amillərdən asılıdır. Ona görə də, qrunntun çökməsinin hesablanması qrunntun sıxlaşma xüsusiyyətləri kompressiya əyriləri vasitəsi ilə təyin olunarsa, (2.118) düsturu,



Şəkil 2.44. Qrunntəbəqəsinin çökməsinin hesabat sxemi. a-lay-lay cəmləmə metodu ilə; b-xətti deformasiya edən lay metodu ilə; 1-yer səthinin hamarlaşma səviyyəsi; 2-yer səthinin səviyyəsi; 3-qrunntun i-ci təbəqəsinin dəbəni; 4-sıxılan təbəqənin alt sərhədi.

deformasiya modulu verildikdə isə (2.119) düsturu ilə aparılmalıdır.

Lay-lay cəmləmə metodunun əsasında aşağıdakı ideallaşdırma aparılmışdır:

-qrunt bünövrə bütöv, izotrop, xətti deformasiya olunan mühit kimi qəbul olunur;

-çökmə σ_{zp} gərginliyi hesabına baş verir (gərginliyin digər 5 toplananının təsiri nəzərə alınmır), özündə qrunտun yana genişlənməsi baş vermir;

- σ_{zp} özulun mərkəzi altında təyin olunur;

- σ_{zp} gərginliyi təyin olunarkən ayrı-ayrı layların sıxlaşma xüsusiyyətlərindəki fərqlilik nəzərə alınmır;

-özül qeyri-sərt kimi qəbul olunur;

-deformasiya sıxlaşma baş verən qrunտ layının hüdudunda (H_s) araşdırılır;

-qruntun xarakterindən asılı olmayaraq $\beta=0,8$ qəbul edilir.

Qrunտun qeyri-məhdud genişlənməsi halında çökmənin təyini.

Bu üsulla çökmənin hesablanması zamanı qrunտ təbəqəsinin yük altında sərbəst yana genişlənməsi qəbul edilir. Tədqiq edilən qrunտ kütləsinə kənarda yerləşən qrunտların təsiri nəzərə alınmır və deformasiya ilə gərginlik arasında asılılıq xətti qəbul edilir. Şaquli istiqamətdə deformasiya

$$s = h \cdot \frac{\sigma_z}{E_0}, \quad (2.120)$$

olur. Burada h – tədqiq edilən təbəqənin qalınlığı; σ_z – orta sıxıcı gərginlik; E_0 – ümumi deformasiya moduludur.

Bünövrə altında bütöv sıxlaşma zonasında (aktiv qatda) çökmə, ayrılmış təbəqələrdəki (elementlərdəki) çökmələrin cəminə bərabər olur və aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$s = \sum h_i \cdot \frac{\sigma_{zi}}{E_{0i}}, \quad (2.121)$$

burada n -ayrılmış elementlərin sayı; σ_{zi} – yer səthindən z dərinliyində i elementində gərginlik; h_i – i -ci elementin qalınlığı; E_{0i} – ümumi deformasiya moduludur və $E_0 = \frac{\beta \cdot (1 + \varepsilon_0)}{a}$ düsturu ilə hesablanır.

Bu üsul ilə çökmənin hesablanması zamanı alınmış nəticələr şişirdilmiş olur.

Ekvivalent lay metodu ilə qrunut bünövrənin çökməsinin hesablanması. Təbii şəraitdə özülün altında qrunut bünövrənin sıxılması məhdud şəkildə yana genişlənmə ilə müşayiət edilir. Qrunut səthinə təsir edən təzyiqin elastik, həmçinin əlaqəsiz qrunutlardan və yaxud sərt özüldən ötürülməsindən, özülün formasından və səth üzrə təzyiqin paylanma qanunundan asılı olaraq dərinlik üzrə gərginliyin paylanması və qrunut massivində yaranan sıxlaşma müxtəlif olur.

Bu metod özül altında sıxlaşma qatı hüdudunda gərginliyi, özülün ölçülərini, formasını, qrunutların xüsusiyyətlərini və məhdud yana genişlənməsini nəzərə almaqla çökmənin hesablanılmasına şərait yaradır. Onun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, müvafiq ölçülü özülün sıxılan qrunut üzərində çökməsi qrunutun ekvivalent təbəqəsinin bərabər ölçülü çökməsinin hesablanması ilə təyin edilir.

Bu metodda eynicinsli qalın qrunut təbəqəsi üçün aşağıdakı sadələşdirmə aparılır:

-yarımfəza hüdudlarında qrunut eynicinslidir;

-qrunut xətti deformasiya edəndir, yəni deformasiya gərginliyə mütənəsbidir;

-tədqiq edilən yarımfəza daxilində qrunutun defomasiyası elastiklik nəzəriyyəsi əsasında təyin edilir.

Elastiklik nəzəriyyəsinə əsasən xətti deformasiya edən yarımfəzanın səthinin çökməsi Şleyxerin aşağıdakı düsturu ilə təyin edilə bilər:

$$s = \frac{\omega \cdot b \cdot P \cdot (1 - \mu^2)}{E_0}, \quad (2.122)$$

Burada P-xarici yük (sınaq yükü); ω -özülün sərtliyindən və onun alt səthinin formasından asılı olan əmsal; b-özülün alt səthinin eni; μ -Puasson əmsalı; E_0 -qrunutun ümumi deformasiya modulu.

Bu metodda ekvivalent lay kimi elə bir qalınlıqlı (h_s) lay götürülür ki, həmin layda baş verən çökmə üfüqi və şaquli istiqamətdə sonsuz ölçülü qrunut massivində yerləşdirilən müvafiq ölçülü və xüsusiyyətli bünövrənin çökməsinə bərabər olsun. Həmin şərtə görə, xətti deformasiya edən qrunut təbəqəsinə müntəzəm təsir edən təzyiqdən çökmə S_0 ilə, xətti deformasiya edən massivdə yerləşdirilən müvafiq ölçülü və formalı qrunut bünövrələrdə çökmə S ilə işarə edilərsə, onda $S_0=S$ şərtinə görə

qruntun ekvivalent layının qalınlığı təyin edilir. Onda h_s qalınlıqlı xətti deformasiya edən qrunut təbəqəsinin müntəzəm təsir edən təzyiqdən çökməsi aşağıdakı düsturla təyin olunduğundan,

$$S = \frac{P \cdot h_s}{E_0} \cdot \beta = \frac{P \cdot h_s}{E_0} \cdot \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}\right), \quad (2.123)$$

$S_0 = S$ şərtinə görə,

$$\frac{\omega \cdot p \cdot b \cdot (1 - \mu^2)}{E_0} = \frac{p \cdot h_s}{E_0} \cdot \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}\right) \quad (2.124)$$

olar. Buradan

$$h_s = \frac{(1-\mu)^2}{1-2\mu} \cdot \omega \cdot b = A \cdot \omega \cdot b \quad (2.125)$$

olar. Burada $A = \frac{(1-\mu)^2}{1-2\mu}$; h_s -ekvivalent layın qalınlığı, ω -bünövrələrin ölçülərindən və xüsusiyyətindən asılı olan əmsal; $A \cdot \omega$ -hasili ekvivalent lay əmsalı adlanır; b -bünövrənin ölçüsüdür; a_0 - nisbi sıxlaşma əmsalıdır, yəni $a_0 = \frac{a}{1 + \varepsilon_0}$.

Onda

$$S = h_s \cdot \frac{a \cdot p}{1 + \varepsilon_0} = h_s \cdot a_0 \cdot P \quad (2.126)$$

olar. Bu düstur vasitəsi ilə müxtəlif xüsusiyyətli qruntlarda yerli təzyiqin təsirindən çökmə hesablanıla bilər. Ekvivalent layın qalınlığını asanlıqla hesablamaq üçün sərt özüllər üçün $A \cdot \omega$ hasili N.A.Tsitoviç tərəfindən hesablanmış və cədvəl 2.7 tərtib edilmişdir.

Cədvəl 2.7

Sərt özüllər üçün $A \cdot \omega$ -nın qiyməti

$\eta = \frac{l}{b}$	Çaqlı və çınqıl	Qumlar		Plastik gilçələr		Yüksək plastik ağır gil
	Bərk gillər və gilçələr	Qumcalar		Plastik gillər		
	Yana genişlənmə əmsalının (μ) müvafiq qiymətlərində					
	0,1	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40
1	0,89	0,94	0,99	1,08	1,24	1,58
1,5	1,09	1,15	1,21	1,32	1,52	1,94
2	1,23	1,30	1,37	1,49	1,72	2,20
3	1,46	1,54	1,62	1,76	2,01	2,59
4	1,63	1,72	1,81	1,97	2,26	2,90
5	1,74	1,84	1,94	2,11	2,42	3,10
≥10	2,15	2,26	2,38	2,60	2,98	3,82

Yaxın qazılmış bünövrələrin yüklənməsinin çökməyə təsiri. Bəzən tikilmiş obyektlərin bünövrələrinə ötürülən yük yaxın tikilmiş obyektlərin təsirindən artır. Bu o zaman baş verir ki, tikinti obyektlərinin qrunut bünövrələri biri-birinə yaxın qazılır. Ona görə də, tikinti obyektlərinin qrunut bünövrələrində yaranan gərginliyin təyini zamanı qonşu bünövrələrin yaratdığı əlavə təsir nəzərə alınmalıdır. Yüklənmiş qonşu bünövrələrin və yaxud meydançaların yaratdığı əlavə gərginliklər künc nöqtəsi metodu ilə hesablanıla bilər. Bu halda hesablama aparılan tikinti obyektinin qrunut bünövrəsinin i -ci təbəqəsində $\sigma_{zp,i}$ gərginliyi aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$\sigma_{zp,i} = \sigma_{zp,f} + \sum_{j=1}^n 0,25(\alpha_I - \alpha_{II} + \alpha_{III} - \alpha_{IV}) \cdot P_{on,j}, \quad (2.127)$$

burada $\sigma_{zp,f}$ -hesablama aparılan qrunut bünövrəsinin z dərinliyində qonşu bünövrələrin təsiri olmadığı halda şaquli gərginlik; n -qonşu bünövrələrin sayı; $\alpha_I, \alpha_{II}, \alpha_{III}, \alpha_{IV}$ – müvafiq çədvəllərdən künc nöqtəsi metoduna uyğun tərtib edilmiş sxem üzrə tapılan əmsallar (əmsalların işarəsi sxem əsasında müəyyən olunur); $P_{on,j}$ – hesablama aparılan qrunut bünövrəsinə qonşu bünövrədən ötürülən əlavə təzyiq.

Qonşu yüklənmiş bünövrələrin təsirindən yaranan gərginliyin də nəzərə alınması zamanı hesablama aparılan tikintinin qrunut bünövrəsinin sıxılan qatının qalınlığı (H_s) artır. Bünövrələr arası məsafənin hansı minimal qiymətində əlavə təsirin yaranmadığı hələ də müəyyən edilməyindən, həmin məsafənin əlavə yüklənmə nəzərə alınmaqla hesablanmış sıxlaşma təbəqəsinin qalınlığına (H_s) bərabər götürülməsi təklif edilir. Həmin məsafədən çox uzaqlıqda (hər tərəfə) yer səthində hamarlama aparıldıqda və yaxud yüklənmə olduqda, onda $\sigma_{zp,f}$ -in qiymətinə əlavə yüklənmə sıxlaşma qatının bütün dərinliyində əlavə edilməlidir.

Xətti deformasiya edən lay metodu. Sıxılmayan qrunut təbəqəsi üzərində yerləşən elastik qatda bütün yerli gərginliklərin təsiri ilə yaranan deformasiyanın təyini K.Y.Yeqorov tərəfindən öz həllini tapmışdır. Bunun üçün aşağıdakı sadələşdirmə qəbul edilmişdir:

- tədqiq edilən qatda qrunut xətti deformasiya edəndir;

-qrunt təbəqəsində deformasiya gərginliyin bütün toplananlarının təsirindən yaranır;

-müntəzəm paylanmış yerli yükün təsirindən bünövrənin çökməsi qrunut təbəqəsi səthinin orta çökməsinə bərabərdir;

-bünövrə sərt deyildir;

-qrunt təbəqəsində gərginliyin paylanması eynicinsli yarımfəza məsələsinə uyğundur, altı yatan layın sərtliyi K_s düzəliş əmsalı ilə nəzərə alınır.

Bu şərtlər daxilində qrunut bünövrənin çökməsinin hesablanması üçün aşağıdakı düstur alınmışdır:

$$S = \frac{k \cdot b \cdot (1 - \mu^2) \cdot p \cdot k_s}{E_0}, \quad (2.128)$$

burada k – İN və Q 2.02.01-83 (İnşaat Norma və Qaydaları) ilə təyin olunan özülün əsasının formasından və eynicinsli təbəqənin H qalınlığının özül əsasının eninə (b) nisbətindən asılı olan əmsal; μ -qruntun yana genişlənmə (Puasson) əmsalı; P -bünövrənin yerləşmə dərinliyində qrunutun öz ağırlığından yaranan təzyiq çıxılmamaq şərti ilə özül dabanında orta təzyiq; E_0 -qruntun ümumi deformasiya modulu; k_s -altı yatan sərt layın iştirakını nəzərə alan əmsal; k_s -nin qiyməti $\frac{2H}{b} = \zeta'$ (H -sıxlaşma təbəqəsinin qalınlığıdır) nisbətindən asılıdır və cədvəl 2.8 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 2.8

K_s -nin qiymətləri

ζ'	0-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-5	>5
K_s	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1

Qrunutların təbəqəli yatımı üçün İN və Q 2.02.01-83-də çökmənin aşağıdakı düsturla təyini təklif edilir (şəkil 2.44, b).

$$S = \frac{b \cdot p \cdot k_s}{k_m} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_{0i}}, \quad (2.129)$$

burada k_m -empirik əmsal olub, İN və Q 2.02.01-83-də cədvəl 3, əlavə 2-yə görə qəbul edilir; k_{i-1} - İN və Q 2.02.01-83-də cədvəl 4, əlavə 2-yə görə qəbul edilən əmsal; E_{0i} -qruntun i -ci təbəqəsinin ümumi deformasiya modulu.

Deformasiyası hesablanan qrunut bünövrədə sıxlaşma qatının qalınlığı (H) aşağıdakı empirik düstur ilə müəyyən edilir:

$$H=(H_0+\psi\cdot b)\cdot k_p, \quad (2.130)$$

burada b-özül dabanının eni, m; k_p -əmsal olub, özül dabanına düşən orta təzyiq $P=100$ kPa olduqda $k_p=0,8$, $P=500$ kPa olduqda isə $k_p=1,2$ qəbul olunur, aralıq qiymətlər üçün interpolyasiya yolu ilə hesablanılır; H_0 və ψ qrunutun növündən asılı olaraq aşağıdakı kimi qəbul olunur: qum üçün $H_0=6$ m, $\psi=0,10$; gilli-tozlu qrunut üçün $H_0=9$ m, $\psi=0,15$.

Bu metod özül dabanının eni 10 m-dən böyük olduqda istifadə edilir.

Dayaz qazılmış bünövrələrdə çökmənin son qiymətinin hesablanması. Qurğu təsirindən qrunut bünövrədə yaranan deformasiya qrunut massivinin aktiv sıxlaşma qatının qalınlığından, bünövrənin ölçü və xüsusiyyətindən və aktiv qat altındakı qrunut təbəqəsinin möhkəmliyindən asılı olaraq hesablanılır. Dayaz bünövrələrdə qrunutun eynicins, izotrop, onda yaranan deformasiyanın gərginliyə mütənasib olması şərti qəbul edilərək çökmənin son qiyməti hesablanıla bilər. Bunun üçün özülün sərtliyindən, alt səthinin ölçülərindən və formasından asılı olaraq birölçülü və yaxud çoxölçülü sıxılma halına müvafiq hesablama düsturları seçilir. Hesablama həmin düsturlar əsasında aparılır.

Birölçülü sıxılma halı üçün (əvvəl verilmiş şərtlər qəbul edilməklə) eynicinsli təbəqədə çökmənin son qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$S = h_0 \cdot \frac{a}{1 + \varepsilon_0} \cdot P, \quad (2.131)$$

burada S- çökmənin son qiyməti; h_0 -sıxlaşma qatının qalınlığı; a- sıxlaşma əmsalı; ε_0 - qrunutun ilkin məsaməlilik əmsalı; P-təsir edən təzyiq.

Bu düstur yüklənmə sahəsi sıxlaşma qatının qalınlığından 2 və daha çox dəfə böyük olduqda, yana genişlənmə nəzərə alınmadıqda, normal gərginlik bütöv sıxlaşma qatı boyu sabit qaldıqda tətbiq edilir.

Əgər sıxlaşma qatı çox təbəqəli olarsa, o zaman laylanma şəraitindən asılı olaraq çökmənin son qiyməti ayrı- ayrı laylar üzrə hesablanılaraq cəmlənir, yəni

$$S = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{h_{oi} \cdot a_i}{1 + \varepsilon_{oi}} = \sum_{i=1}^n h_{oi} a_{oi} \cdot P, \quad (2.132)$$

burada n -layların sayı; h_{oi} -i-ci təbəqənin qalınlığı; a_{oi} -i-ci təbəqənin nisbi sıxlaşma əmsalı.

Tikinti obyektinin bünövrəsində baş verən deformasiya təbii şəraitdə məhdud yana genişlənmə ilə müşayiət olunur. Laboratoriyada qrunun xassə göstəricilərinin odometrdə təyini zamanı isə yana genişlənmə məhdudlaşdırılır. Bununla əlaqədar olaraq ümumi deformasiya modulunun hesablanması zamanı yana genişlənmə qrunun növündən asılı olaraq nəzərə alınır və hesablamada ümumi deformasiya modulundan istifadə edilir.

Eynicinsli qrunlardan təşkil olunmuş və böyük qalınlığa malik layda çökmənin son qiymətinin hesablanması üçün Şleyxerin aşağıdakı düsturundan istifadə oluna bilər.

$$S = \frac{P \cdot \omega \cdot b}{E_0} \cdot (1 - \mu^2), \quad (2.133)$$

burada P - özülün qrun bünövrənin üzərində yaratdığı təzyiq; b - özülün eni və ya diametri, ω -özülün formasından, xüsusiyyətindən (sərt və ya elastiki olmasından) asılı olaraq hesablanmış əmsal olub, cədvəl 2.9 üzrə təyin edilir; μ -yana genişlənmə əmsalı (Puasson əmsalı); E_0 -deformasiya moduludur.

Cədvəl 2.9

ω əmsalının qiyməti

Özülün alt hissəsinin forması	Özülün ölçüləri nisbəti, $\frac{l}{b}$	Sıxılmayan təbəqənin (qayavari qrunun) yerləşmə dərinliyi				
		1 b	2 b	5 b	10 b	> 10b
Dairəvi		0,58	0,70	0,78	0,81	0,85
Düzbucaqlı	1	0,62	0,77	0,87	0,91	0,95
	2	0,70	0,96	1,16	1,23	1,30
	3	0,73	1,04	1,31	1,42	1,53
	10	0,77	1,15	1,62	1,90	2,25
Zolaqşəkilli		0,79	1,20	1,77	2,19	3,69

Mühəndisi-geoloji şərait, tikinti obyektinin özülünün ölçüləri, forması, xüsusiyyəti, gərginliyin mühitdə paylanma qanunu nəzərə alınmaq şərti ilə çökmənin son qiymətinin hesablanması üçün xətti deformasiya edən lay metodundan, ekvivalent lay metodundan istifadə etmək olar.

Dərin bünövrələrdə çökmənin son qiymətinin hesablanması.

Dərin qrunut bünövrələrin layihələndirilməsi zamanı qrunutun yüklənmə qabiliyyəti kimi onun sürüşməyə görə həddi müqaviməti götürülür. Bu onunla əlaqədardır ki, dərin bünövrələrdə qrunut üzərinə ötürülən təzyiqin təsirindən qrunutun sürüşərək yük altından çıxma fazasının baş verməyəcəyi qəbul edilir. Ancaq bu halda həmin yükün təsirindən qrunut bünövrədə yaranan deformasiya qeyri-xətti qanuna tabe olur. Bu zaman çökmənin son qiymətinin hesablanması gərginliklə deformasiya arasında olan düz xətti qanunun pozulduğu nəzərə alınmaqla aparılmalıdır. Əks halda, V.Q.Berezantsevin məlumatlarına görə çökmənin son qiyməti həqiqi qiymətindən 70 %-dək az alın bilər. Bu məsələnin qeyri-xətti deformasiya edən mühit nəzəriyyəsi əsasında dəqiq həlli hələlik yoxdur. Ancaq çökmə deformasiyasının bu halda hesablanması aşağıdakı təqribi metodlardan istifadə etməklə aparılır:

-təsir edən yüklə çökmə deformasiyası arasındakı asılılığın əyrixətli hissəsi qırıq xətlərlə əvəz edilməklə;

-plastik zonaların çökməyə təsiri təqribi olaraq nəzərə alınmaqla.

Birinci halın qumdaşılardan ibarət qurğu əsaslarında tətbiqi əlverişlidir. Bu zaman $S=f(\sigma)$ əyrisi (σ_1 ; σ_2) intervalında düz xətlə əvəz olunaraq, qırıq xətlərin hər iki hissəsi üçün müxtəlif E_0 -la aşağıdakı düsturdan istifadə edilərək çökmənin son qiyməti hesablanır:

$$S = \frac{\omega \cdot (\sigma_{b_1} - \gamma \cdot h) \cdot \sqrt{F \cdot (1 - \mu_{0_1}^2)}}{E_{0_1}} + \frac{\omega \cdot (\sigma_{b_2} - \gamma \cdot h) \cdot \sqrt{F \cdot (1 - \mu_{0_2}^2)}}{E_{0_2}}, \quad (2.134)$$

burada E_{0_1} , E_{0_2} və μ_{0_1} , μ_{0_2} – müvafiq olaraq stabilometr cihazında qrunutun sınağı zamanı ümumi deformasiya modulunun və Puasson əmsalının sıxlaşma və sürüşmə fazalarına uyğun qiymətləri; F -özül dabanın sahəsi; ω -əmsal (cədvəl 2.9).

Təbii bünövrələrdə çökmə buraxıla bilən qiymətdən çox olmamalıdır. Çoxlu laylardan ibarət qrunut bünövrələrdə laylar üfüqi yatımlı olduqda və onların dərinlik boyu sıxılma qabiliyyəti artmırsa, onda layihələndirilən qurğu və obyektlərin təsirindən çökmənin qiyməti orta qiymət kimi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$S = \frac{S_1 \cdot F_1 + S_2 \cdot F_2 + \dots + S_n \cdot F_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n}, \quad (2.135)$$

burada $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ – 1-dən n -dək özüllərin sahələri.

Çökmənin orta həddi (buraxıla bilən) qiyməti kərpic divarlı, iri bloklu, armatursuz tikilmiş binalarda $h/l > 2,5$ (h -binanın hündürlüyü, l -divarın uzunluğu) olduqda 8 sm; $h/l < 2,5$ olduqda 10 sm, dəmir-beton zolaqlı və armaturlanmış həmin tipli binada $\frac{h}{l}$ nisbətindən asılı olmayaraq 15 sm, iri panelli, iri bloklu karkassız binalarda 8 sm, karkaslılarda 10 sm və s. qəbul edilir (İNvəQ 2.02.01-83).

2.9. HİDRODİNAMİKİ GƏRGİNLİK NƏZƏRİYYƏSİ VƏ ZAMANA GÖRƏ ÇÖKMƏNİN DƏYİŞMƏSİ

Yük altında qruntda yaranan deformasiyanın stabilləşməsinə sərf olunan müddət və deformasiyanın zamana görə dəyişməsi müxtəlif qruntlar üçün müxtəlif olur. Çökmənin zamana görə dəyişməsinin təyini hidrodinamik gərginlik nəzəriyyəsinə əsaslanır.

Qrunnt məsələlərində hərəkət edən suyun göstərdiyi təsir hesabına yaranan gərginlik **hidrodinamik gərginlik** adlanır.

Təsir edən xarici yükün qiyməti artdıqca məsələlərdə olan su üzərinə düşən təzyiq (neytral təzyiq) də artır. Bu da məsələlərdən suyun sıxışdırılmasına, nəmliyin azalmasına səbəb olur. Zəif sukeçirən qruntlarda məsələlərdə suyun hərəkəti basqının (təzyiqlər fərqi) böyük qiymətlərində baş verir. Qrunntun sukeçiriciliyindən asılı olaraq onun müxtəlif nöqtələrində təzyiqlər fərqi müxtəlif zaman müddətində bərabərləşir. Xarici təzyiqin bir hissəsi məsələləri dolduran suyun, digər hissəsi isə qrunnt skeletinin üzərinə ötürülür. Sukeçiriciliyi yaxşı olan qruntlarda xarici təzyiqin təsirindən məsələlərdə suyun üzərində yaranan basqıya mütənasib olaraq süzülmə baş verir, bu zaman məsələlərdə olan suyun sərfinin dəyişməsi laminar süzülmə düsturu ilə ifadə oluna bilər. Suyun qrunnt məsələlərindən sıxışdırılaraq çıxarılması məsələlərin azalması, qrunntun sıxlaşması ilə müşayiət olunur. Beləliklə, qrunnt kütləsi üçün onun nəmliyinin dəyişməsi məsələlilik əmsalının dəyişməsinə mütənasib olaraq baş verir. Bu sıxlaşma qanunu ilə ifadə olunur. Yəni sıxlaşdırıcı təzyiqin kiçik qiymətlərində *məsələlilik əmsalının*

dəyişməsi təzyiqin dəyişməsinə mütənəsibdir və aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = a \cdot (P_2 - P_1) = a \cdot \Delta P, \quad (2.136)$$

burada $P_2 - P_1 = \Delta P$ - təzyiqin dəyişməsi, MPa (kq/sm²); $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \Delta \varepsilon$ - məsaməlilik əmsalının dəyişməsi; a -sıxlaşma əmsalı, MPa⁻¹, (kq/sm²)⁻¹.

Xarici təzyiqin təsirindən qrunun sıxlaşması prosesinin tədqiqi zamanı fərz edilir ki, qrun səthinə müntəzəm paylanmış yükün təsirindən onda yana genişlənmə baş vermir. Xarici təzyiqin təsiri altında qruntda yana genişlənmə o zaman baş verməz ki, o möhkəm divarlı qab içərisinə yerləşdirilsin və ya qrun səthinə sonsuz ölçülü müntəzəm paylanmış yük təsir etsin. Ancaq praktikada qrun üzərində tikilən obyektlər müəyyən ölçüyə malik olur və qruntda yana genişlənmə baş verir.

Bununla əlaqədar olaraq müəyyən qədər sadələşdirilmiş, yuxarıda verilən başlanğıc şərt daxilində sıxlaşma prosesini tədqiq edək. Bu məqsədlə fərz edək ki, sıxılmaya məruz qalan h qalınlığına malik olan gilli qrun sıxılmayan qayavari qrun üzərində yerləşmişdir və üstdən isə yaxşı sukeçiriciliyə malik təbəqə ilə örtülmüşdür (şəkil 2.45). Xarici yükün təsirindən qrun skeletində yaranan gərginlik onu xətti deformasiyaya uğradır. Onun üzərinə təsir edən təzyiq məsamələri doldurmuş suya ötürülür və suyun məsamələrdə hərəkəti Darsi qanunu üzrə baş verir.

Yuxarıda göstəriləyi kimi qrun səthinə təsir edən təzyiqin (P) bir hissəsi onun skeleti üzərinə, digər hissəsi isə məsamələri dolduran suların üzərinə (P_w) ötürülür. Həmin təzyiqlərin cəmi xarici təzyiqə bərabər olur, yəni $P = P_z + P_w$.

Zaman keçdikcə qrun skeletinin üzərinə düşən təzyiq artmağa (məsamələri dolduran su sıxışdırılıb çıxarıldıqca və sıxlaşma baş verdikcə), buna müvafiq olaraq P_w -nin qiyməti azalmağa başlayır. İstənilən zaman müddəti üçün qrun kütləsinin elementar təbəqəsində süzülən suyun sərfinin artması qrunun nəmliyinin azalmasına bərabər olacaqdır və həmin asılılığın diferensial şəkildə ifadəsi aşağıdakı kimi olar:

$$\frac{\partial q}{\partial z} = - \frac{\partial n}{\partial t}, \quad (2.137)$$

burada q-qruntun vahid en kəsiyindən keçən suyun sərfi (süzülmə sürəti); n-məsaməlilik; t-zaman; z-qrunut səthindən tədqiq edilən nöqtənin dərinliyi.

Təsvir edilmiş sxemə (şəkil 2.45) əsasən qrunut təbəqəsinin sıxılması zamanı məsamələrdəki su sıxışdırıldığından yuxarıya doğru, qrunut hissəcikləri isə aşağıya doğru hərəkət edəcəkdir. Qrunut hissəciklərinin hərəkətini nəzərə almamaq məqsədi ilə onun h qalınlığı əvəzinə nisbi qalınlığını (h_0 -məsamələr iştirak etmədiyi halda qalınlığını) götürək. Bu qalınlıq sıxlaşma zamanı dəyişməyəcəkdir, yəni

$$h_0 = \frac{h}{1 + \varepsilon_0} \quad (2.138)$$

olacaqdır. Burada ε_0 -qrunutun sıxlaşmadan əvvəl məsaməlilik əmsalıdır.

Xətti süzülmə qanununa əsasən qrunutun dz elementində süzülmə sürəti

$$q = -k \cdot \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2.139)$$

olduğundan;

$$\frac{\partial q}{\partial z} = -k \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} \quad (2.140)$$

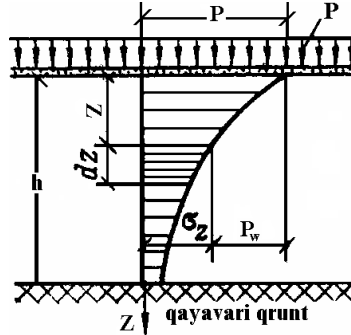
olacaqdır. Burada k-süzülmə əmsalı, H isə basqıdır.

Məsamələrdəki su üzərinə təsir edən təzyiqin yaratdığı basqı həmin təzyiqin suyun xüsusi çəkisinə ($\gamma_{su} = \rho_{su} \cdot g$; ρ_{su} -suyun sıxlığı; g-sərbəstdüşmə təcili) olan nisbətinə bərabərdir, yəni $H = \frac{P_z}{\gamma_{su}}$.

Həmçinin $P_w = P - P_z$ olduğundan, $H = \frac{P - P_z}{\gamma_{su}}$ olacaqdır.

Onda bu ifadə z-ə nəzərən ikiqat diferensiallandıqdan sonra

$$\frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = -\frac{1}{\gamma_{su}} \cdot \frac{\partial^2 P_z}{\partial z^2} \quad (2.141)$$



Şəkil 2.45. Müntəzəm paylanmış yükün təsirindən qrunut təbəqəsində çökmənin zamana görə dəyişməsinin hesablanması sxemi.

olduğundan, (2.140) tənliyində nəzərə alınarsa, o zaman olar.

$$\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{k}{\gamma_{su}} \cdot \frac{\partial^2 P_z}{\partial z^2} \quad (2.142)$$

(2.137) tənliyinin sağ tərəfində məsaməliliyi məsaməlilik əmsalı ilə əvəz edərək, məxrəcdə ($n = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon}$) məsaməlilik əmsalının dəyişməsinə vahidə nəzərən kiçik olduğundan nəzərə almasaq və diferensiallasaq

$$\frac{\partial n}{\partial z} = \frac{1}{1 + \varepsilon_{or}} \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \quad (2.143)$$

tənliyini alırıq.

Qruntun məsaməlilik əmsalının təsir edən yükədən asılılığının (sıxlaşma qanununun) zamana görə diferensialı

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = -a \cdot \frac{\partial P_z}{\partial t} \quad (2.144)$$

olduğundan, (2.143) tənliyində (2.144) tənliyini nəzərə alaraq, (2.142) tənliyi ilə birlikdə (2.137) tənliyində müvafiq əvəzetmə aparmaqla,

$$\frac{k}{\gamma_{su}} \cdot \frac{\partial^2 P_z}{\partial z^2} = \frac{a}{1 + \varepsilon_{or}} \cdot \frac{\partial P_z}{\partial t} \quad (2.145)$$

və ya

$$\frac{k \cdot (1 + \varepsilon_{or})}{a \cdot \gamma_{su}} \cdot \frac{\partial^2 P_z}{\partial z^2} = \frac{\partial P_z}{\partial t} \quad (2.146)$$

tənliyini almaq olar. $c_v = \frac{k \cdot (1 + \varepsilon_{or})}{a \cdot \gamma_{su}}$ qrunun **konsolidasiya əmsalı**

adlandırılır. C_v konsolidasiya əmsalının hesablanması zamanı γ_{su} əvəzinə suyun sıxlığından (ρ_{su}) istifadə edilir.

(2.146) tənliyini yekun olaraq aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$c_v \cdot \frac{\partial^2 P_z}{\partial z^2} = \frac{\partial P_z}{\partial t} \quad (2.147)$$

(2.147) tənliyi eynicinsli iki tərtibli xətti diferensial tənlik olduğundan, sərhəd şərtləri daxilində Furiye sırasını tətbiq etməklə, istənilən zaman intervalı üçün aşağıdakı həllini almaq olar:

$$P_z = P \cdot \left[1 - \frac{4}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi z}{2h_0} \cdot e^{-N} - \frac{4}{3\pi} \cdot \sin \frac{3\pi z}{2h_0} \cdot e^{-9N} - \dots \right. \\ \left. - \frac{4}{(2m+1)\pi} \cdot \sin \frac{(2m+1)\pi z}{2h_0} \cdot e^{-(2m+1)^2 N} \right], \quad (2.148)$$

burada P_z – z dərinliyində qrunut skeletinə təsir edən təzyiq; e - natural loqarifmin əsası; m - natural ədəd;

$$N = \frac{\pi^2 \cdot c \cdot t}{4h_0^2}. \quad (2.149)$$

Praktiki hesablamalar zamanı sıxlaşma baş verən qatın altında yerləşən, sıxlaşmayan təbəqənin (sıxılmayan, sukeçirməyən, qayavari ana süxur) üzərinə təsir edən təzyiqin təyini lazım gəlir. Həmin təzyiqin təyini üçün (2.148) düsturunda $z=h_0$ əvəzləməsi etməklə və praktiki hesablamalar üçün lazım olan dəqiqliklə həmin düsturda sıranın birinci həddini saxlamaqla aşağıdakı düsturdan istifadə etmək olar:

$$P_h = P \cdot \left[1 - \frac{4}{\pi} \cdot e^{-N} \right]. \quad (2.150)$$

Bu düstur sukeçirməyən ana süxura zamandan asılı olaraq təsir edən təzyiqin təyini üçün istifadə edilə bilər.

Yuxarıda verilmiş düsturlarla hesablamaların sadələşdirilməsi üçün e^{-x} -nin x -dən asılı olaraq qiymətini təyin etməyə imkan verən cədvəl tərtib edilmişdir.

Qrunutun sıxlaşma səviyyəsi. Xarici yükün təsirindən qrunutun dz qatında yaranan gərginliyin zamana görə dəyişməsi məlum olarsa, onda həmin qatın t zaman müddətində sıxlaşması aşağıdakı kimi hesablanıla bilər:

$$dS = a_0 \cdot P_z \cdot dz. \quad (2.151)$$

Qrunut səthinə müntəzəm paylanmış yükün təsirindən yaranan və dərinlik üzrə qrunut skeletinə müntəzəm təsir edən gərginliyin, h_0 qalınlığa malik olan, üstdən süzülmə baş verə bilən qrunutda (sıfır – «0» halı üçün) t zaman anında yaratdığı çökmə aşağıdakı kimi təyin edilə bilər (şəkil 2.46, a).

$$\begin{aligned} S_t &= a_0 \cdot \int_0^{h_0} P_z \cdot dz = \\ &= a_0 \cdot P \cdot \int_0^{h_0} \left(1 - \frac{4}{\pi} \sin \frac{\pi \cdot z}{2h_0} \cdot e^{-N} - \frac{4}{3\pi} \sin \frac{3\pi \cdot z}{2h_0} \cdot e^{-9N} - \dots \right) \cdot dz = \\ &= a_0 \cdot P \cdot \left(z + \frac{8h_0}{\pi^2} e^{-N} \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2h_0} + \frac{8h_0}{9\pi^2} \cdot e^{-9N} \cdot \cos \frac{3\pi \cdot z}{2h_0} + \dots \right) \Big|_0^{h_0} = \\ &= a_0 \cdot P \cdot h_0 \cdot \left(1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N} - \frac{8}{9\pi^2} e^{-9N} - \dots \right), \end{aligned} \quad (2.152)$$

burada $S=a_0 \cdot P \cdot h_0$ - qrunta təsir edən P_z gərginliyinin təsirindən çökmənin son həddi, S_t - t zaman müddətində həmin gərginliyin yaratdığı çökmədir.

(2.152) düsturundan istifadənin sadələşdirilməsi məqsədi ilə gərginliyin dərinlik boyu müxtəlif şəkildə paylanması halı üçün N -nin qiyməti zamandan asılı olaraq, hesablanmış və cədvəl tərtib edilmişdir (cədvəl 2.10).

Praktiki hesablamaların sadələşdirilməsi üçün (2.152) düsturunu

$$S_t = h_0 \cdot a_0 \cdot P \cdot \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \right] \quad (2.153)$$

kimi yazmaq olar.

Qrunun konsolidasiyası, sıxlaşdırıcı təzyiq epürləri. Qrun məsələlərindən suyun sıxışdırılıb çıxarılması ilə müşayiət edilən sıxlaşması prosesi konsolidasiya prosesi adlandırılır.

Xarici yükün təsirindən qrunun sıxlaşması həddini müəyyən etmək üçün **sıxlaşma səviyyəsi (çökmənin konsolidasiya səviyyəsi)** anlayışından istifadə edilir. Sıxlaşma səviyyəsi dedikdə, t zaman anında stabilləşməmiş çökmənin (S_t) stabilləşmiş çökməyə (S) nisbəti nəzərdə tutulur, yəni $Q = \frac{S_t}{S}$. (2.152) və ya (2.153) düsturlarında

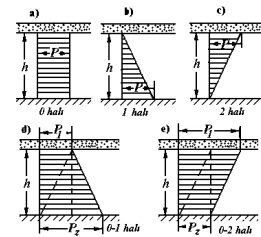
$$Q_0 = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \quad (2.154)$$

çökmənin konsolidasiya səviyyəsini ifadə edir. Q_0 -n indeksində «sıfır» işarəsi sıxlaşma səviyyəsinin «sıfır» halı üçün olduğunu göstərir.

Q və N -nin qiymətləri funksional əlaqəli olduğundan, sıxlaşdırıcı gərginliyin müxtəlif epürləri üçün («sıfır», «bir» və «2» halları üçün) cədvəl 2.10 tərtib edilmişdir.

Sıxlaşdırıcı gərginliyin baxılan məsələlərə müvafiq epürləri («0», «1», «2» halı) şəkil 2.46-da təsvir edilmişdir. Gərginliyin dərinlik üzrə paylanması sıfır (0) halında müntəzəm, 1 halında təpəsi yuxarıya, 2 halında isə aşağıya doğru yönəlmiş düzbucaqlı üçbucaq şəkillidir.

Gərginliyin dərinlik boyu mürəkkəb şəkildə paylanması həmin 3



halın müxtəlif kombinasiyası kimi araşdırıla bilər. 1 halı qrunun öz ağırlığından yaranan gərginliyin dərinlik üzrə paylanmasına uyğundur (şəkil 2.46, b). Bu hal üçün sıxlaşma səviyyəsi aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$Q_1 = 1 - \frac{32}{\pi^3} \left(e^{-N} - \frac{1}{27} e^{-9N} + \frac{1}{125} e^{-25N} \mp \right). \quad (2.155)$$

Cədvəl 2.10

***Zamana görə qrunun çökməsinin hesablanması üçün
və N-nin qiymətləri***

Q=S ₁ /S	N-nin qiyməti			Q=S ₂ /S	N-nin qiyməti		
	0 halı üçün	1 halı üçün	2 halı üçün		0 halı üçün	1 halı üçün	2 halı üçün
0,05	0,005	0,06	0,002	0,55	0,59	0,84	0,32
0,10	0,02	0,12	0,005	0,60	0,71	0,95	0,42
0,15	0,04	0,18	0,01	0,65	0,84	1,10	0,54
0,20	0,08	0,25	0,02	0,70	1,00	1,24	0,69
0,25	0,12	0,31	0,04	0,75	1,18	1,42	0,88
0,30	0,17	0,39	0,06	0,80	1,40	1,64	1,08
0,35	0,24	0,47	0,09	0,85	1,69	1,93	1,36
0,40	0,31	0,55	0,13	0,90	2,09	2,35	1,77
0,45	0,39	0,63	0,18	0,95	2,80	3,17	2,54
0,50	0,49	0,73	0,24	1,00	∞	∞	∞

Praktiki hesablamalar zamanı sıranın birinci həddi ilə kifayətlənmək olar, yəni

$$Q_1 \approx 1 - \frac{32}{\pi^3} e^{-N}. \quad (2.156)$$

Praktikada 2 halından daha çox istifadə edilir (şəkil 2.46, c). Bu hal üçün sıxlaşma səviyyəsini təyin etmək üçün (digər 2 hal üçün də) cədvəl 2.10-dan istifadə etmək olar.

Əgər sıxlaşdırıcı gərginlik dərinlik boyu trapesioidal qanun üzrə paylanarsa, o zaman Q və N-nin qiymətləri cədvəldən 0 və 1 halları üçün təyin edilmiş qiymətlərindən interpolasiya ilə təyin edilə bilər. Sıxlaşdırıcı gərginliyin $z=0$ və $z=h_0$ -a uyğun qiymətlərinin nisbətini ϑ ilə işarə edərək, N-nin qiymətini cədvəldən aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$\begin{aligned} &0-1 \text{ halı üçün} \\ &N_{0-1} = N_0 + (N_1 - N_0) \cdot \vartheta; \end{aligned} \quad (2.157)$$

$$\begin{aligned} &0-2 \text{ halı üçün} \\ &N_{0-2} = N_2 + (N_0 - N_2) \cdot \vartheta; \end{aligned} \quad (2.158)$$

$$0-1 \text{ halı üçün}$$

$$J = \frac{\lg \frac{\pi(1+g)}{2(\pi-2) \cdot g+4}}{\lg \frac{\pi}{4}} ; \quad (2.159)$$

0-2 halı üçün

$$J' = 1 - \frac{\lg \frac{\pi \cdot (1+g)}{2(\pi-2) \cdot g+4}}{\lg \frac{2(\pi-2)}{\pi}} . \quad (2.160)$$

Hesablamanın asanlaşdırılması məqsədi ilə J və J' (interpolyasiya əmsallarının) qiymətlərinin təyini üçün cədvəl 2.11 tərtib edilmişdir.

Cədvəl 2.11

İnterpolyasiya əmsallarının (J və J'-ın) qiymətləri

0-1 halı üçün				0-2 halı üçün					
V	J	V	J	V	J'	V	J'	V	J'
0,0	1,00	0,7	0,19	1,00	1,00	4,5	0,42	12,0	0,20
0,1	0,84	0,8	0,12	1,5	0,83	5,0	0,39	15,0	0,17
0,2	0,69	0,9	0,06	2,0	0,71	6,0	0,34	20,0	0,13
0,3	0,56	1,0	0,00	2,5	0,62	7,0	0,30	--	--
0,4	0,46	--	--	3,0	0,55	8,0	0,27	--	--
0,5	0,36	--	--	3,5	0,50	9,0	0,25	--	--
0,6	0,27	--	--	4,0	0,45	10,0	0,23	--	--

Gərginliyin dərinlik üzrə paylanmasına görə J, J' və N-nin qiymətlərini hesablamaq və yaxud müvafiq cədvəllərdən təyin etmək olar. Onun əsasında hər bir hal üçün qrunun istənilən sıxlaşma səviyyəsinə uyğun çökməni hesablamaq olar. N-n hesablanmış və yaxud cədvəllərdən təyin edilmiş qiymətinə görə çökmənin istənilən həddinə uyğun gələn zaman müddətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar.

$$t = \frac{4h_0^2}{\pi^2 \cdot c} \cdot N . \quad (2.161)$$

Həmçinin çökmənin müxtəlif zaman anlarına uyğun qiymətlərini hesablamaqla zamana görə çökmə qrafikini qurmaq olar (şəkil 2.47).



Şəkil 2.47. Qrun təbəqəsinin səthinin çökməsinin (hesabi qiymətinin) zamana görə dəyişməsi.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev S.K. Qruntlar mexanikası. Bakı: «Təhsil» NPM, 2007. 420 s.
2. Mirzəcanzadə A.X., Əhmədov Z.M., Qurbanov R.S. Neft layının fizikası. «Maarif» nəşriyyatı, Bakı, 1983, 331 s.
3. Mirzəcanzadə A.X., Qurbanov R.S., Əhmədov Z.M. Hidravlika. «Maarif» nəşriyyatı, Bakı, 1990, 280 s.
4. Suleymanov N.A. Materiallar müqaviməti. Bakı: «Maarif» nəşriyyatı, 1971. 376 s.
5. Бобков Н.В. Лабораторные испытания главнейших физико-механических свойств грунтов и способы вычисления соответствующих констант. Изд. ЦНИГРИ, 1934.
6. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: «Стройиздат» Ленингр. отделение. 1988. 415 с.
7. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. М.: «Химия», 1976. 432 с.
8. Злочевская Р.И., Королев В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд.-во МГУ, 1988. 177 с.
9. Иванов Н.Н. Грунты оснований рыбинского и углического узлов. «ВолДЦИСТрой», №1, 1936
10. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов: Учебн. для гидротехн. спец. вузов.-2-е изд., перераб. и доп. М.: «Высшая школа», 1991. 447 с.
11. Каменский Г.Н., Климентов П.П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1953. 355 с.
12. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н. Общая гидрогеология.- Л.: Изд-во «Недра», 1988. 359 с
13. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л: «Недра», 1984, 511 с.
14. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. Изд-во лит. По строительству. М.: 1971, 341с.
15. Панюков П.Н. Инженерная геология. Издания второе, переработанное и дополненное. М.: «Недра», 1978. 291 с.
16. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). М.: Стройиздат, 1986. 415 с.

17. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть вторая, М.: Государственное изд-во Геол. Литер., 1952. 370 с.
18. Приклонский В.А. Грунтоведение. Часть первая, изд-ние 3-е переработанное и дополненное. М.: ГНТИЛ по геологии и охране недр, 1955. 430 с.
19. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология. (пер. изд.: ГДР, 1978) Перевод с нем.- М: «Недра», 1983, 528 с.
20. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978, 348 с.
21. Справочник инженерной геологии. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. Чуринова М.В.- М: «Недра», 1981, 325 с.
22. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. Киев: «Наукова думка», 1975. 351 с.
23. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы/ Под ред. Е.М. Сергеева. М.: «Недра», 1985. 288 с.
24. Терцаги К. Теория механики грунтов. М.: Госстройиздат, 1961. 507 с.
25. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение. Переработ. и доп.-М: Изд-во МГУ, 2005, 1024 с.
26. Флорин В.А. Расчеты оснований гидротехнических сооружений. Стройиздат, 1948.
27. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988. 464 с.
28. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: «Высшая школа», 1983. 288 с.
29. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.: Изд-во «Недра», 1966. 303 с.

FƏSİL 3.

GEODİNAMİKİ PROSES VƏ HADİSƏLƏR, ONLARIN MÜHƏNDİSİ-GEOLÖJİ ŞƏRAİTƏ TƏSİRİ

Yer daxilində və xaricində müəyyən proseslər daim baş verir və həmin proseslərin təsiri yer qabığının dəyişikliyinə səbəb olur. Bu proseslər geodinamiki proseslər adlanır. Geodinamiki proseslər yerin dərin qatlarında yaranan qüvvələrin təsiri altında baş verdikdə endogen, yer səthində atmosfer amillərinin, suyun, küləyin, ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında baş verdikdə isə ekzogen adlanır. Proses dedikdə hər hansı dəyişikliyi yaradan hərəkət, inkişaf, yerdəyişmə başa düşülür. Proseslərin inkişafı, genişlənməsi keyfiyyət dəyişikliyi yaradır ki, bu da hadisə adlanır. Ümumiyyətlə, proseslər daimi əlaqəli şəkildə baş verir. Təbii proseslərlə bərabər, insanların təsərrüfat fəaliyyətləri ilə əlaqədar olaraq da yer qabığında müvafiq dəyişikliklər baş verir. İnsanların bu fəaliyyəti ekzogen və endogen proseslərin «həyacanlandırılmasına, bəzən isə intensivləşməsinə səbəb olur. İnsanların təsərrüfat fəaliyyətinin təbii-geoloji mühitə təsiri zamanı baş verən proseslər və hadisələr antropogen proseslər və hadisələr adlanır. Antropogen proses və hadisələrə misal olaraq faydalı qazıntı yataqlarının istismarı zamanı geoloji mühitin təbii tarazlığının pozulmasını, aşınmanın, sürüşmənin və uçqunun intensivləşməsini, bataqlaşmanın baş verməsini, və s. göstərmək olar. Bundan başqa, su-elektrik stansiyasının, ümumilikdə böyük həcmli su anbarlarının doldurulması zamanı seysmikliyin intensivləşməsini və s. misal göstərmək olar. Ona görə də, geodinamiki proses və hadisələr **endogen, ekzogen, antropogen proses və hadisələr** kimi qruplaşdırılır.

Geodinamiki proseslər fasiləsiz (misal olaraq aşınma, eroziya, suffoziya və s.) və yaxud müvəqqəti (misal olaraq şaxtanın, zəlzələnin, vulkanın və s. təsiri) xarakterli olmaqla, parçalanma, denudasiya, aşınma, aşınmış materialların başqa yerlərə daşınması, sedimentasiya və s. proseslərin müşayiəti ilə yer səthinin daim formasının dəyişilməsinə səbəb olurlar. Geodinamiki proseslərdən bəziləri ancaq dağıdıcı təsirlər yaratsalar da, ağırlıq qüvvəsi, su, külək və s. ekzogen amillər həm də parçalanmış qrunt hissəciklərinin başqa yerlərə nəql

olunmasına və sedimentasiya zonasında toplanmasına öz təsirlərini göstərirlər.

Geodinamiki proseslərin öyrənilməsi əsasən aşağıdakı məsələlərin həlli üçün lazımdır:

- yer səthində həmin proseslərin intensivliyinin və yayılmasının öyrənilməsi;

- həmin proseslərin baş vermə səbəbinin aşkar edilməsi;

- fəal geodinamiki proseslərin gələcək inkişafının və yaxud yenisinin meydana gəlməsi mümkünlüyünün qiymətləndirilməsi məqsədi ilə hesabat xarakteristikalarının təyini;

- prosesin mənfi təzahürlərinin aradan qaldırılması və yaxud qarşısının alınması məqsədi ilə mübarizə tədbirlərinin işlənilib hazırlanması.

3.1. EKZOGEN-GEODİNAMİKİ PROSES VƏ HADİSƏLƏR

Bunlara misal olaraq **aşınmanı, sürüşməni, karstlaşmanı, suffoziyanı, küləyin təsiri ilə yaranan prosesləri (korraziya və deflyasiya), seli, uçqunu,** dənizlərin, göllərin yaratdığı təsirləri-**abraziyanı,** buzlaqların təsiri ilə baş verən prosesləri və hadisələri, yerüstü su axınlarının təsiri ilə yaranan prosesləri və hadisələri və s. göstərmək olar.

3.1.1. AŞINMA

Aşınma dedikdə qrunut təbəqəsinin istənilən fiziki (temperaturun, saxtanın, günəşin insolyasiyasının və digər amillərin təsiri), kimyəvi və bioloji amillərin (müxtəlif orqanizmlərin və onların fəaliyyətinin) təsiri altında təbii yatım şəraitində parçalanması, pozulması, tərkibinin və vəziyyətinin dəyişikliyə uğraması nəzərdə tutulur. Aşınma prosesinin təsiri ilə yer səthinin aşınma qabığı formalaşır. Aşınma əsasən 3 şəkildə **fiziki, kimyəvi və üzvi** (və ya **bioloji**) baş verir.

Fiziki aşınma dedikdə süxurların atmosfer amillərinin (temperatur, radiasiya və s.) təsiri altında baş verən fiziki proseslər (sıxılma-genişlənmə, qəlpələnmə, yuyulma, parçalanma və xırdalanma) nəticəsində dəyişikliyə uğraması başa düşülür. Bunlara misal olaraq temperaturun sutkalıq və mövsümi kəskin

dəyişikliyin və şaxtanın mexaniki təsirinin yaratdığı aşınmanı göstərmək olar. Temperaturun sutkalıq tez-tez dəyişməsi nəticəsində müxtəlif minerallardan təşkil olunmuş qrunut qatının müxtəlif hissələrində qeyri-bərabər genişlənmə və sıxılma baş verir. Bununla əlaqədar olaraq qrunutların müxtəlif hissələrində yaranan gərginliyin qiyməti və istiqaməti də müxtəlif olur. Qrunutu təşkil edən hissəciklər arasında çatlar yaranır ki, sonradan bu çatlar da böyüyərək həmin qrunut təbəqələrində təbəqəli, bloklu parçalanmanın, qopmanın, xırdalanmanın meydana gəlməsinə səbəb olur. Şaxtanın təsiri ilə qrunut boşluqlarında, məsələlərində və çatlarında toplanan suların donması ilə həcmnin 9-11 % artması nəticəsində yaranan pazvari təsir də həmin boşluqların genişlənməsinə, qrunutun aşınmasına səbəb olur. Bundan başqa, suların təsirindən həll olan və nəql olunan müxtəlif duzların qrunutun boşluqlarında və çatlarında toplanması, sonradan isə kristallaşması nəticəsində həmin duzların yaratdığı pazvari təzyiq də fiziki aşınmaya səbəb olur. Bununla bərabər insolyasiya ilə əlaqədar olaraq da süxurlarda aşınma baş verir.

Qrunutların fiziki aşınması kəskin quru kontinental iqlimə malik olan dağlıq ərazilərdə daha sürətlə baş verir. Fiziki aşınmaya daha çox intruziv maqmatik süxurlar məruz qalırlar. Nəticədə qrunut massivi bloklara, təbəqələrə, rəflərə, ayrı-ayrı plitələrə, xırda-xırda qəlpələrə, çinqil və xırlaradək parçalanır. Sonra isə müxtəlif təsirlərlə dispersləşirlər.

***Kimyəvi aşınma** dedikdə oksidləşmə, həllolma, hidratlaşma, hidroliz, kation mübadiləsi proseslərinin təsiri ilə gedən, qrunutun tərkibinin və dispersliyinin dəyişməsi ilə nəticələnən hadisə nəzərdə tutulur.*

Bu aşınma qrunutu təşkil edən mineralların həllolması, su udması hesabına həcmnin artması, suyun tərkibində iştirak edən karbonat turşusunun təsiri ilə kimyəvi dəyişikliyin gətməsi, suyun tərkibində həll olmuş oksigenin mineral tərkibindəki Fe^{2+} ionu ilə reaksiyaya girməsi nəticəsində oksidləşməsi, silikatların suyun təsirindən parçalanması, kömürün və başqa maddələrin yanması zamanı atmosfərə atılan CO_2 və SO_2 qazlarının əmələ gətirdəyi turşuların qrunutları parçalaması və s. şəklində baş verir. Kimyəvi aşınma nəm və isti iqlim şəraitində xüsusi ilə intensiv gədir.

***Bioloji** və ya üzvi aşınma dedikdə üzvi aləmin təsiri altında qrunutların aşınması nəzərdə tutulur. Bitki köklərinin mexaniki*

təsiri, onların parçalanmasından yaranan və onlardan xaric olunan CO₂ və humus turşularının, mikroorqanizmlərin və s. üzvi aləmin təsiri ilə qruntların aşınması nəzərdə tutulur. Beləliklə, bioloji aşınma mexaniki və kimyəvi təsirlə baş verir.

Aşınma prosesinin təsiri ilə yer səthinin üst hissəsində aşınma qatı formalaşır. Aşınma qatının qalınlığı müasir tektonik proseslərdən, ərazinin geoloji quruluşundan, litoloji tərkibindən, ərazini təşkil edən qrunntəbəqələrinin yatım şəraitindən və dəyişikliyə uğrama səviyyəsindən, ərazinin tarixi geoloji-dövr ərzində inkişaf mərhələsindən asılı olaraq müxtəlif ola bilər.

Subtropik və tropik iqlim şəraitində istiliyin və nəmliyin, üzvi turşu və karbon qazının (tropik bitki örtüyünün çürüyərək parçalanması hesabına) çoxluğu ilə əlaqədar olaraq kimyəvi proseslərin intensivləşməsi laterit tipli aşınma qabığının əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Yaşına görə onlar müasir və qədim aşınma qabığı kimi fərqləndirilir. Qədim aşınma qabığı tarixi-geoloji dövr ərzində az və ya çox dərəcədə dəyişikliyə uğradığından, qalıq şəklində təsadüf edir. Müasir aşınma qabığı isə təzə toplanmış çöküntülərlə örtülmüş şəkildə və ya yer səthində təzahür edir.

Aşınma qabığının **sahəvi və xətti tipləri** fərqləndirilir. *Sahəvi aşınma qabığı* nisbətən sabit qalınlıqla, şaquli kəsiliş üzrə zonal quruluşla, qabıq altının relyefinin yer səthinin relyefini təkrarlaması ilə səciyyələnir. *Xətti aşınma qabığı* iri tektonik qırılmalar, onların kəsişmələri və dik yatımlı layların təması üzrə təzahür edir və xətti aşınma qabığının inkişafına qırılmalar üzrə neotektonik yerdəyişmələr çox təsir edirlər. Bu yerdəyişmələr qruntların brekçiyalara parçalanmasına, xırdalanmasına səbəb olur. Xətti aşınma qabığının qalınlığı 50-70 m və daha çox olmaqla, sahəvi aşınma qatının qalınlığından 3-5 dəfə çox olur.

Aşınma qabığının şaquli profili üzrə qruntların xassə göstəriciləri səthə doğru pisləşir.

Müasir aşınma qatı aşındığı yerdə qalaraq ana süxurun səthini örtərsə, əmələ gələn həmin təbəqə elüvial qat, qrunnt isə elüvial qrunnt adlanır. Elüvial təbəqədən ana süxurlara keçid tədrici xarakter daşıyır.

Aşınma materialları sular vasitəsi ilə aşındığı yerdən daşınaraq yamacın dabanında toplanaraq delüvial çöküntüləri əmələ gətirir. Bu çöküntülər iriliklərinə görə fərqli, çeşidlənməmiş

olurlar. Delüvial çöküntülər gilcə, çınqıl, qum və s. çöküntülərdən ibarət ola bilirlər.

Qədim aşınma zonalarında aşınma qatının qalınlığı 300-400 m, cavan aşınma zonalarında isə 1-2 m və ya 10 m-lərlə ölçülür. Şimali Uralda qədim aşınma qatının qalınlığı 300-400 m hüdudunda, Mingəçevir su anbarı ərazisində isə 5-10 m-lə ölçülür. Mingəçevir su anbarı ərazisində aşınmaya məruz qalmış gil qruntlarının aşınma təbəqəsi N.V. Kolomenski tərəfindən 4 zonaya ayrılmışdır:

Aşağıdan yuxarıya doğru *I zona monolit zona* adlandırılmışdır. Bu zonada qrunnt təbəqəsi zəif parçalanmışdır və xarici görünüşünə görə ana süxurlardan bir o qədər fərqlənmir, elə təsəvvür yaranır ki, dəyişikliyə uğramamışdır. Sıxılmaya və kəsilməyə qarşı müqavimət göstəriciləri ana süxurlara nisbətən zəifdir. Zərbə zamanı onlar gözlə görünməyən ayrılma müstəviləri üzrə kövrək parçalanırlar.

II zona qayma daşlı zona adlanır. Bu zonada böyük ölçülü qırıntı materialları, qruntu hissələrə ayıran aşınma çatları və ya tektonik çatların genişlənməsi müşahidə olunur. Qruntların sıxılmaya, kəsilməyə qarşı müqaviməti çox zəif, sukeçiricilik müxtəlif intervallarda (100 m/sut-dək) dəyişir. Aşınma mineralları ya iştirak etmir, ya da çatların səthində çox az şəkildə rast gəlir, qrunnun kimyəvi tərkibi ana süxurlarla eynidir.

III zona dənəvər və ya xırda qırıntılı zona adlanır. Bu zonada qruntlar ana süxurla heç bir oxşarlığa malik deyildirlər. Bu zona qrunnun xırda qırıntılarından təşkil olunmuşdur. Möhkəmlik göstəriciləri II zonaya nisbətən daha zəifdir. Qrunta əl ilə toxunduqda ovulur. Sukeçirmə qabiliyyəti cüzi olur.

IV zona narın xırdalanma zonası adlanır. Bu təbəqədə aşınma qatı çox narın dənəli olub, su süzülmə əmsalı sıfıra yaxın, kəsilməyə və sıxılmaya qarşı müqaviməti əvvəlki təbəqəyə nisbətən daha zəifdir. Bəzən bu təbəqədə suyun təsirindən şişmə müşahidə olunur. Bu təbəqədə sukeçiricilik $1 \cdot 10^{-3}$ m/sut hüdudunda olur.

Aşınmanın baş vermə müddətindən və intensivliyindən asılı olaraq qruntlar müxtəlif səviyyədə parçalanmaya məruz qalır, dəyişikliyə uğrayırlar. Belə ki ilkin mərhələdə qruntlar böyük ölçülü hissələrə parçalanırlarsa, sonra həmin hissələr xırdalanaraq daha dispers vəziyyətdə narınlaşırlar. Bu zaman aşınmanın hər 3 növünün təsiri müşayiət oluna bilər. Misal olaraq massiv

maqmatik süxur olan çöl şpatının aşınması ilə kaolin əmələ gəlir. Gil tərkibli ana süxur massivi yüksək səviyyədə aşınmaya məruz qaldıqda <0,001 mm ölçülü hissəciklərlə zənginləşərək təkrarən gil qruntu əmələ gələ bilər.

Aşınmanın mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi. Geoloji mühitdə hər hansı tikinti obyektlərinin layihələndirilməsi və inşası zamanı aşınma hadisəsi, aşınma təbəqəsinin qalınlığı, onun baş vermə sürəti xüsusi ilə nəzərə alınmalıdır. Belə ki litoloji profil üzrə qruntların fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri, sukeçiriciliyi aşınmanın təsirindən kəskin dəyişir ki, bu da aşınma qatı üzərində tikilmiş qurğuların dağılmasına, onların çətin istismarına səbəb olur. Bu hal körpü dayaqlarında, tunellərdə, faydalı qazıntı yataqlarının istismarında, mülki tikintilərdə xüsusi ilə təhlükəlidir. Nəzərə almaq lazımdır ki, qırışıqların gərgin hissələrində (misal olaraq sıxılmış nüvəsində) tektonik qüvvələrin təsiri ilə qruntlar daha çox deformasiyaya uğradığından (xırdalanmış, əzilmiş, qəlpələnmiş, parçalanmış vəziyyətdə olduğundan) həmin hissələrdə aktiv aşınma qatı daha böyük dərinliyədək nüfuz edir. Həmin aşınma zonasının qalınlığı bir neçə on metrə qədər ölçülür və bu zaman qırışıqların nüvəsində də qrunnun aşınması müşahidə olunur ki, bu da «aşınma cibləri» adlanırlar. Bu şəraitin müşahidə olunduğu ərazilərdə yeraltı keçidlərin, tunellərin qazılması zamanı aşınmış qrunn təbəqəsinə rast gəlinir ki, həmin hissələr yeraltı qazmalar vasitəsi ilə açılarkən aşınma daha sürətlə baş verir. Aşınma baş vermiş ərazilərdə hər hansı tikintinin aparılması üçün tikilən qurğulardan düşən təzyiqin azaldılması və ya qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması üzrə müvafiq tədbirlərin həyata keçirilməsi zərurəti yaranır.

İntensiv aşınma zamanı qayavari qruntların möhkəmliyi kəskin azaldığından, onların üzərində tağvari körpülərin layihələndirilməsi çətinlik yaradır.

Çay vadilərinin sahili boyu aşınma müşahidə edildikdə, körpü dayaqları sahil yamacı qasından daha da aralı və dərin layihələndirilməlidir. Aşınmış qruntlar içərisində daha az dəyanətlik aşınmış metamorfik, fillitəbənzər, slyudalı, xloritli və talklı şistlərə xasdır.

Gilli qruntların aşınması çox sürətlə baş verir və onların möhkəmlik xassələrini kəskin şəkildə pisləşdirir.

Aşınma prosesinin mühendisi-geoloji qiymətləndirilməsi zamanı aşağıdakı məsələlər həll edilməlidir:

1) aşınma qabığının qalınlığının mühitdə dəyişmə qanunauyğunluğunun təyini;

2) qruntların mineroloji-petroqrafik tərkibinə, vəziyyətinə, fiziki-mexaniki xassələrinə görə aşınma qabığının zonalara ayrılması;

3) ayrılmış hər zona üçün qruntların ümumiləşdirilmiş xarakteristikalarının müəyyən edilməsi;

4) qrunut səthinin süni olaraq açılması zamanı (müxtəlif tikintilərin aparılması və s. ilə əlaqədar) onların aşınma intensivliyinin və sürətinin təyini.

Qruntların aşınmasının qiymətləndirilməsi müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən aşağıdakı kimi aparılmışdır:

Aşınmanın qiymətləndirilməsi üçün Q.S.Zolotaryev tərəfindən aşağıdakı ifadədən istifadə olunması təklif olunmuşdur.

$$B_s = \frac{F_a - F_q}{F_a - F_e}, \quad (3.1)$$

burada B_s -aşınma səviyyəsi; F_a , F_q , F_e - müvafiq olaraq aşınmamış, qiymətləndirilən və etalon (həmin şəraitdə tam aşınmaya məruz qalmış) qruntların tərkibində tədqiq edilən təşkiledicinin (gips, dəmir və s.) orta miqdarı və ya hər hansı xassə göstəricisinin orta qiyməti.

Həmin göstəriciyə görə aşınma səviyyəsi $B_s > 0,9$ olarsa qrunut daha çox aşınmış, $B = 0,7-0,9$ olduqda aşınmış, $B_s = 0,3-0,7$ olduqda orta səviyyəli aşınmış, $B < 0,3$ olarsa aşınmaya məruz qalmamış adlanır.

P. N. Panyukov tərəfindən aşınmanı qiymətləndirmək üçün aşınma əmsalından (K_a) istifadə edilməsi təklif edilmişdir.

$$K_a = \frac{\sigma_{s_1} - \sigma_{s_2}}{\sigma_{s_1}}, \quad (3.2)$$

burada σ_{s_1} və σ_{s_2} - müvafiq olaraq qrunutun aşınmadığı və bir il müddətində aşınmaya məruz qaldığı halda sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqaviməti.

Aşınma intensivliyini müəyyən etmək üçün L.A.Yarq qrunutun hər-hansı göstəricisinin artımının qrunutun aşınmış

təbəqəsinin artımına olan nisbətindən, yəni aşınmanın intensivlik göstəricisindən (K_a) istifadə etməyi təklif etmişdir.

$$K_a = \frac{R_{i,n} - R_{i,(n-1)}}{\frac{h_n}{2} + \frac{h_{n-1}}{2}} = \frac{2\Delta R}{\Delta h}, \quad (3.3)$$

burada $R_{i,n}$ və $R_{i,(n-1)}$ -i göstəricisinin müvafiq olaraq n -ci və $n-1$ -ci aşınma zonaları üçün orta qiyməti; h_n , h_{n-1} müvafiq olaraq n -ci və $n-1$ -ci aşınma zonalarının qalınlığı.

Vahid zaman ərzində qruntların aşınma qatının artımı, yəni aşınma prosesinin sürəti müxtəlif qruntlarda aşınma şəraitindən və növündən asılı olaraq müxtəlif olur.

Q.S. Zolotaryevə görə aşınma sürəti əmsalı (k_{as}) kimi aşınmaya məruz qalmış qrunzun həcmnin (V_a) aşınma səhəsinə (S_a) olan nisbətini götürmək olar.

$$K_{as} = \frac{V_a}{S_a}, \quad (3.4)$$

Yamaclarda qruntların aşınmaya görə möhkəmlinin il ərzində dəyişməsi S.V. Kagermazevaya görə aşağıdakı asılılıq şəklində ifadə oluna bilər:

$$q = a \cdot e^{-bt} + d, \quad (3.5)$$

burada a , b , d - empirik əmsallar; t -yamac səthinin çılpqlaşma vaxtı, aylarla ölçülür; $t=0$ olduqda yamac qruntları ilkin möhkəmliyə- $q=a+d$ malik olur. $t \rightarrow \infty$ olduqda isə qruntlar səpələnmə həddinə çatır. Yamac α bucağı altında qoparaq uçma, sürüşmə həddinə uyğun möhkəmlik- (yəni $q \rightarrow d$ uyğun şərti) şərtini ödəyir. $d = A \cdot \alpha$ - böhran möhkəmliyi; b - əmsalı aşağıdakı sistem tənliyinin həlli ilə təyin edilir.

$$\begin{cases} q_1 = a \cdot e^{-bt_1} + d \\ q_2 = a \cdot e^{-bt_2} + d \end{cases}, \quad (3.6)$$

V.M.Şvets, B.N.Melnikov, L.A.Tatarinova tərəfindən atmosfer təsirindən (temperaturun, atmosfer yağıntılarının radiasiyanın və s. təsirindən) aşınmaya qarşı davamlılıq göstəricisi (Π) kimi qrunzun tərkibinin və yaxud möhkəmlik xassəsinin azalma sürətindən istifadə edilməsi və aşağıdakı düsturla təyini təklif edilmişdir.

$$\Pi = \frac{R_i' - R_i''}{t}, \quad (3.7)$$

burada R_i' , R_i'' - t zaman müddətində aşınma təsirinə qədər və sonra gilli qruntlar üçün sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimət, qrunut qırıntılarından ibarət olan qruntlar üçün isə qırıntıların parçalanma səviyyəsi. Qırıntıların parçalanma səviyyəsi kimi ölçüsü <2 mm olan hissəciklərin kütləsinin >2 mm ölçülü hissəciklərin kütləsinə nisbəti götürülür.

Aşınmaya təsir edən amillər içərisində iqlimin təsiri xüsusi ilə böyükdür. Kəskin kontinental iqlimdə şaxtanın və temperaturun dəyişməsinin təsiri ilə maqmatik və metamorfik mənşəli qruntların yer səthinə çıxışı onların aşınması ilə müşayiət olunur. Tunel və s. yeraltı qazmalarla açıldıqda aşınmaya məruz qalmış metamorfik mənşəli qruntlarda aşınma daha tez intensivləşir. Buna görə də, həmin qruntlarda qazılmış yeraltı qazmaların perimetri boyu müxtəlif bərkitmə tədbirləri çox böyük sürətlə həyata keçirilməlidir.

Kəskin iqlim şəraitində qurğu və binalar tikilərkən onların bünövrələri tikintinin başlanılması ilə eyni vaxtda qazılmalı və ya bünövrələrin dib səthi tələb olunandan az qazılmalı, özül tökülərkən isə tələb olunan dərinliyədək qazıma davam etdirilməlidir. Bu zaman saxlanılan qrunut qatının qalınlığı müvafiq zaman müddətində həmin şəraitdə aşınma baş verə bilən təbəqənin qalınlığından böyük olmalıdır.

Aşınma prosesinə qarşı mübarizə tədbirləri-aşağıdakı istiqamətdə aparılır: 1) qrunut səthinin sukeçirməyən və istilik izole materialları (qudrun, beton, əhəngli sement, qum, gilcə) ilə örtülməsi; 2) qruntlara müxtəlif maddələrin (maye şüşə, sement, tesmolin, florlu birləşmələr) hopdurulması; 3) aşınmanı yaradan təsirlərin qarşısının alınması, yerüstü suların aşınma zonasından kənarlaşdırılması, sulara müxtəlif maddələrin daxil olmasının azaldılması.

ƏDƏBİYYAT

1. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М.: «Высшая школа», 1968. 629 с.
2. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М.: Изд-во лит. по строительству, 1971, 341 с.
3. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: Недра. 1983, 528 с.
4. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. М.: ГОНТИ, 1939. 488 с.
5. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978, 348 с.
6. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп./ Под. ред. М.В.Чуринова. М.: Недра, 1981. 325 с.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: «Недра», 1978. 287 с.
8. Ярг Л.А. Изменение физико-механических свойств пород при выветривании. М.: «Недра», 1974. 142 с.

3.1.2. KARST

Karst dedikdə, yeraltı suların təsiri altında daha asan həllolan qruntların (əhəngdaşı, gips, dolomit, xloridli süxurlar və s.) həll olaraq sular vasitəsi ilə daşınması nəticəsində boşluqların (mağaralar, kanallar, kavernalar və s. boşluqlar) yaranması nəzərdə tutulur. F.P.Savarenskiyə görə, karst yeraltı suların fəaliyyəti ilə qruntların həllolması, daşınması, boşluqların yaranması və əmələ gəlmiş boşluqların tavanının əksər hallarda uçması, nəticədə qıfabənzər relyef formalarının, göllərin və digər çökəkliklərin yaranması ilə müşayiət olunan hadisədir. Daha asan həllolan qruntlar isə xloridli, sulfatlı və karbonatlı tərkibə malik qruntlardır. Bu qruntlardan daha asan həllolanlar xloridli tərkibə malikdirlər. Karstlaşan qruntların tərkibindən asılı olaraq **xloridli, sulfatlı, sulfatlı-karbonatlı** və **karbonatlı karst** fərqləndirilir. Karstlaşma prosesi nəticəsində boşluqlar, mağaralar yaranır. Üstdə yatan qruntların ağırlığından həmin boşluqların tavanı uçaraq qıfabənzər və ya paralel yarıqlar, müxtəlif çalalar və digər çökəkliklər əmələ gəlir. 1 km² sahədə bəzən onlarla, yüzlərlə belə

qıflar, karrlar və digər çökəkliklər, çalalar müşahidə olunur ki, bununla əlaqədar olaraq **karst landşaftı** və ya **relyef forması** əmələ gəlir. Belə landşaftın aşkarlanması karstlaşma prosesindən xəbər verir.

Bəzən asan həllolan duzlar (halit, kalium duzu və s.) gilli süxurlar içərisində linzalar, qatlar şəklində iştirak etdikdə sular vasitəsi ilə həll olaraq daşınır ki, yaranmış boşluqların tavanı sonralar uçaraq, «adacıqlar» şəklində karsta oxşar qıfları əmələ gətirir. Bu zaman yer səthində əmələ gələn relyef forması **bedland** relyef (ingilis sözü olub pis torpaq deməkdir) forması adlandırılır.

1947-ci ildə Perm-də keçirilmiş karstla əlaqəli olan konfransda bu hadisənin karst kimi adlandırılmaması qəbul olunmuşdur. «Gil karstı», «lös karstı», «termokarst», «karstlar» və s. bu kimi terminlərin işlənilməməsi məqbul hesab edilmişdir.

Azərbaycanda bu Bozdağda, Mingəçevir su hövzəsinin ətrafında müşahidə olunur.

Karst boşluqlarının ölçüləri daha asan həllolan süxurların təşəkkül tapdığı ərazinin ölçülərindən, karstlaşma prosesinin inkişaf tarixindən, yerin topoqrafik vəziyyətindən, iqlimdən, ərazinin tektonikasından, asan həllolan qrunnt qatının altında yatan təbəqələrin sukeçirmə qabiliyyətindən və ya yeraltı suların drenlənmə şəraitindən və s. asılı olaraq dəyişə bilər. Karst boşluqları mağaralar, müxtəlif karst formaları şəkilində Qərbi Avropada, Rus platformasında, MDB ərazisinin müxtəlif hissələrində-Krım (Təbaşir və Neogen dövrünün karbonatlı süxurlarında), Sibir platformasında, Şərqi Sibirdə (Baykal qırıxıqlıq zonasında), Qazaxıstanda, Orta Asiyada, Altay-Sayan qırıxıqlıq vilayətində, Uzaq Şərqdə, Qafqazda, Amur ətrafı ərazilərdə, Yakutiyanın cənubunda, Karpat arxası ərazilərdə və s. müşahidə olunur. Azərbaycan ərazisində karstlaşma hadisəsi Ceyrançöl massivində, Qazax-Ağstafa rayonları ərazisində, Naxçıvanda, Füzuli rayonu hüdudlarında və s. ərazilərdə müşahidə olunur.

Karst mağaralarına misal olaraq Rusiya Federasiyasının Perm vilayətində Kunqur mağarasını göstərmək olar. Bu mağaranın labirintinin uzunluğu 46 km-ə çatır.

Karst boşluqlarının tavanı ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında uçaraq, böyük ölçülü çökəklikləri yaradır. 1937-ildə Rusiya Federasiyasının İvanov vilayətində belə boşluqların uçması ilə en

kəsiyinin diametri 100 m-dən böyük, dərinliyi isə 20 m-dək olan çökəklik yaranmışdır. 1938-ci ildə traktorun hərəkəti zamanı belə boşluqlardan biri uçaraq 50 m-dək dərinlikli və içərisi 26 m-dək su ilə dolu boşluq yaranmışdır.

Karst boşluqlarının yer səthinə yaxın yerləşməsindən asılı olaraq təhlükəsizlik səviyyəsi müxtəlif olur. Bu boşluqlar çay vadilərində onların axını istiqamətində, bəzən kanonların kənarlarında, tektonik qırılma zonalarında müşahidə olunduqda daha intensiv karstlaşma baş verir. Bəzən çaylar öz axını istiqamətində yoxa çıxaraq müəyyən məsafələrdən sonra yer səthinə çıxış təşkil edir. Buna misal olaraq Qərbi Gürcüstanda Şaora çayını göstərmək olar ki, bu çay karst boşluğuna «bataraq» 2 km-dən sonra Şaraul çayı kimi yer səthinə çıxır.

Karst prosesinin intensivliyi suların həlletmə qabiliyyəti ilə əlaqədar olduğundan, ərazinin drenlənmə şəraiti zəiflədikdə, yeraltı suların axını istiqamətində suyun tərkibi həll olmuş maddələrlə zənginləşdiyindən, sonrakı hissələrdə karstlaşma prosesi də zəifləyir. Yəni yeraltı suların axını istiqamətində onların həlletmə qabiliyyəti zəifləmiş olur. Əgər drenlənmə şəraiti yaxşıdırsa, bu zaman yeraltı sular həllolan süxurlarda hərəkət edərkən, onların hərəkət sürəti böyük olduğundan, həllolan maddələrin konsentrasiyası suyun tərkibində doyma həddindən aşağı miqdarda olur ki, bununla əlaqədar olaraq axın istiqamətində suların həlledicilik qabiliyyəti əvvəlki kimi qalır. Yəni karstlaşma prosesi geniş ərazilərdə davam edir. Müasir tektoniki proseslərin təsirindən ərazilərin hipsometrik səviyyəsində yaranan dəyişikliyə uyğun olaraq hidroqrafik şəbəkə də dəyişikliyə uğrayır. Bununla əlaqədar olaraq hidroqrafik şəbəkə həmin dəyişikliyə mütənasib olaraq yeraltı suların drenlənməsinə öz təsirini göstərir. Bunun nəticəsi olaraq karstlaşma prosesinin sürəti də dəyişir. Drenlənmə şəraiti artdıqca karstlaşma intensivləşir. Bəzən isə karst boşluqları sular vasitəsi ilə nəql olunan müxtəlif ölçülü mexaniki qarışıqlarla tutulur.

D.S.Sokolova görə karstın ümumi inkişaf qanunauyğunluqları aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Dərinlik üzrə massivin karstlaşmasının zəifləməsi; Bu isə dərinlik üzrə çatlar vasitəsi ilə sukeçiriciliyin, suların hərəkət sürətinin və həlletmə qabiliyyətinin zəifləməsi ilə əlaqədardır.

2.Çay vadiləri (təbii drenlənmə zonalarında) boyu karstlaşma prosesinin intensivləşməsi və müvafiq olaraq çayətrafı ərazilərdə karstlaşmanın suayırıcı massivlərin nüvələrinə nisbətən çoxalması;

Bunun əsas səbəbi çayətrafı ərazilərdə sukeçirciliyin yüksəlməsi, karst sularının çay vadilərinə doğru sürətinin artması, karstlaşmış massivə şirin suların daxil olması (çayda daşqınların baş verməsi, sululuğun artması zamanı) və karst suları ilə qarışaraq minerallaşma dərəcəsinin azalması hesabına həlletmə qabiliyyətinin artmasıdır.

3. Karstın iqlimlə, karbonat karstının isə, həmçinin bitki örtüyü (iqlimin məhsulu kimi) ilə sıx əlaqəli olması. Quru iqlim və bitki örtüyü zəif inkişaf etmiş zonalarından il boyu vegetasiya dövrü bitki örtüyü sıx olan, nəm subtropik və tropik iqlim zonalarına keçid, karstın, xüsusi ilə karbonat karstının inkişaf intensivliyinin artması ilə müşayiət edilir.

Qruntların həllolma qabiliyyəti əsasında A.Y.Qolov karstın aşağıdakı tipik təsnifatını vermişdir. Həmin təsnifata görə karst çətin və asan həllolan qruplara ayrılır. Çətin həllolan qrupa karbonat (əhəngdaşı, dolomit, təbaşir, karbonat sementləyicili klastik qruntlar), sulfat (gipsli qruntlar) və sulfatlı-karbonat tipləri, asan həllolan qrupa isə xloridli karst (daş duz-NaCl, kalium duzu-KCl) tipi aid edilir.

Karstlaşma prosesinin geokimyası. Karstlaşma prosesinə məruz qalan qruntları təşkil edən minerallar əsasən kristallik quruluşa malikdirlər və onların həllolması mineralın kristallik şəbəkəsindən ionların ayrılaraq suya keçməsi şəklində baş verir. Bu prosesin intensivliyi həlledici kimi yerüstü və yeraltı suların həlletmə (yaranmış məhlulun konsentrasiyasından asılı olaraq), mineralın isə həllolma qabiliyyətindən və əhatə edən mühitin termodinamiki şəraitindən asılıdır. Karstlaşmaya məruz qalan əsas qruntları təşkil edən mineralların temperaturdan asılı olaraq distillə suyunda həllolma xüsusiyyəti cədvəl 3.1-də verilmişdir.

Karbonatlı qruntların karstlaşması. Karbonatlı qruntların həllolması suyun tərkibində karbon qazının (CO_2) iştirakından və temperaturdan asılıdır. Temperaturun artması karbonatın həllolmasına pis təsir göstərir. Belə ki temperatur artdıqca həllolma əvəzinə, karbon qazlı sularda kalsit tutumu azaldığından, çökmə baş verir və əhəngdaşı tufları əmələ gəlir.

Cədvəl 3.1

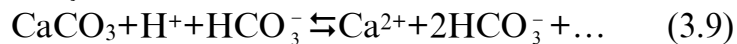
Karstlaşmaya məruz qalan süxur əmələgətirən mineralların distillə suyunda həllolması (N.A.Qvozdetskiyə görə, 1972-ci il)

Minerallar	Temperatur, °S	Həllolma, q/l
CaCO ₃	16	0,013
CaCO ₃ ·MgCO ₃	25	0,015
CaSO ₄	18	2,02
CaSO ₄	20	2,05
CaSO ₄	25	2,10
NaCl	10	357,2

Suyun tərkibində iştirak edən CO₂ su ilə birləşərək karbonat turşusu əmələ gətirir, həmçinin mühitin pH göstəricisindən asılı olaraq aşağıdakı kimi dissosiasiya edir.



Əgər təmiz su əhəngdaşını cüzi miqdarda həll edirsə, tərkibində CO₂-nin miqdarı artdıqca karbonatın həllolması da artır. Karbon qazı yer səthindən 6 m dərinliyədək zonada gedən mikrobioloji proseslərin təsiri ilə qruntun məsaməli mühit havasında 7 %-dək iştirak edə bilir və suda həll olduqda, HCO₃-n konsentrasiyası artmış olur.



Suyun tərkibində CO₂-nin iştirakı ilə əmələ gələn karbonat turşusu karbonatlı süxurlara təsir edərək onları həllolma qabiliyyəti çox olan hidrokarbonatlı süxurlara çevirir.

Həllolma prosesi getmiş sahədə su mübadiləsi intensiv olduqda, həmin həll olmuş maddələr su ilə daşınır və müvafiq boşluqlar yaranır. Su mübadiləsi baş vermədikdə və ya CO₂-nin miqdarı suyun tərkibində azaldıqda H₂CO₃ də azalır ki, nəticədə həll olmuş hidrokarbonatlar və karbonat qalıqları çökərək karbonatlı tufları əmələ gətirir.

Sulfatlı qruntların karstlaşması. Sulfatlı tərkibə malik qruntların (gips, anhidrit və s.) həll olaraq sular vasitəsi ilə daşınması nəticəsində sulfat karst tipi əmələ gəlir. Temperaturun gipsin həllolmasına təsiri ilə karstlaşma azalır. Gips (CaSO₄·2H₂O) qızdırıldıqda 42°S-də susuzlaşaraq anhidritə (CaSO₄) çevrilir. Bu temperaturdan aşağı temperaturda gips, yuxarı temperaturda isə anhidrit davamlı şəkildə mövcud olur.

Sulfatlı və xloridli qruntlar çox vaxt eyni layda birgə təsadüf edirlər və həllolma zamanı bir-birinə təsir göstərir. X.Veberə

görə həll olaraq yuyulma prosesi bu zaman nizamlı və nizamsız ola bilər. Nizamlı həll olaraq yuyulma prosesi dedikdə duz laylarının yer səthinə çıxışından başlayaraq həllolma prosesinin inkişafının layın yatımı istiqamətində davam etməsi nəzərdə tutulur. Nizamsız həll olaraq sular vasitəsi ilə daşınma dedikdə isə duz laylarının yer səthinə çıxışında deyil, layın daxilində zəifləmiş, çatlamış, strukturu pozulmuş hissələrə suların daxil olması nəticəsində həll olaraq daşınma nəzərdə tutulur.

X.Veberə görə bu üç mərhələdə baş verir və yer səthində karst formalı 3 morfoloji zona əmələ gəlir.

Birinci mərhələ duzların həllolması ilə səciyyələnir və nəticədə yeraltı (duz aynası-səthi, duz yamacı) və yerüstü (çökmə kasası, çökək) karst formaları əmələ gəlir.

İkinci mərhələ anhidritin gipsə çevrilməyə başlamasından ibarətdir. Bu mərhələdə maddənin daşınması baş vermir.

Üçüncü mərhələdə gipsin intensiv parçalanması baş verdiyindən, yaranmış boşluğun tavanı üstə yatan layların ağırlığına dözməyərək uçur və yer səthində karst qıfları əmələ gəlir.

Nəm-humid iqlim zonalarında gips və anhidrit duzlarında təsadüf edən tükvari və digər çatlara daxil olan sular orada duzları həll edərək yeraltı boşluqların (karst quyuları, mağaraları) yaranmasına səbəb olur. Təkrarən həmin çatlara və boşluqlara az minerallaşmış və şirin suların daxil olması və dərinlik boyu və yana doğru daha çox duzları həll edərək özü ilə aparması nəticəsində boşluqlar böyüyür. Nəticədə boşluqların tavanı uçaraq, yer səthində müvafiq karst çökəklikləri formalaşır.

Xlorid karstlaşması. Başqa qruntların karstlaşma prosesindən fərqləndirən xüsusiyyət xloridli duzların suyun təsirindən sürətlə həll olmasıdır. Belə ki zəif minerallaşmış və ya şirin suların xlorid duzlarının yatdığı laya daxil olması ilə həllolma prosesi baş verir. Bəzən bir neçə yüz metr dərinlikdə yatan xloridli duzlar yeraltı suların təsirindən çox sürətlə həll olaraq daşınırlar. Nəticədə duz yatağı kimi istifadə olunan layın 1 sutka ərzində həll olaraq daşınması böyük ölçülü boşluğun yaranmasına səbəb olur. Belə hadisələrə Almaniya ərazisində Maklenburq kalium xlorid yatağında (Uetssenitts yatağında 300 m dərinlikdə), Vesterqeln I/II, Aşersleben I və II yataqlarında təsadüf edilmişdir.

Qrunt massivində həllolan maddələrin sular vasitəsi ilə daşınması nəticəsində yer səthindən müəyyən dərinlikdə əmələ gələn çox böyük ölçülü boşluqlar uçarkən, yer səthində müxtəlif çökmə prosesləri baş verir. Dağıdıcı deformasiyaların və yer səthində əmələ gələn uçma sahəsinin forması karstlaşmaya məruz qalmış qruntun mexaniki xassələrindən, yeraltı boşluğun ölçülərindən, dərinliyindən, layların strukturundan, həmçinin ərazinin hidrogeoloji şəraitindən asılıdır.

Karstlaşmaya məruz qalan qruntun mineraloji tərkibindən, həllolma qabiliyyətindən, geomexaniki xassələrindən asılı olaraq yer səthində müvafiq karst formaları əmələ gəlir.

Karst relyef formaları. Karbonatlı karstda bu proses çatlar, zəifləmiş, aşınmış hissələr üzrə baş verdiyindən, **karr və yaxud şratt** (suların axını istiqamətində əmələ gələn, bir-birinə paralel yerləşən xəndəklər) əmələ gətirir. Yerləşmə vəziyyətinə, formasına, genezisinə görə əlavə adlandırmalar aparılır. Misal olaraq, karrlar, novşəkilli, qanovvari, arxvari, çatlı, laylanma müstəvisi üzrə baş verən, kavernalı, kasavari və yaxud boruvari karst. Karstlaşma dərinliyə doğru inkişaf etdiyindən əmələ gələn kavernalar böyüyərək, əlaqəli yeraltı boşluqlar sistemini formalaşdırır. Bu karst formaları içərisində hələ də mübahisəli genezisə malik olanı **vadi** formasıdır. Bu nəlbəkivari və yaxud qıfabənzər, dairəvi formalı və yaxud elleptik diametrli boşluğun əksər hallarda daxili çöküntülər ilə dolmuş olur.

Karbonat karstının digər səciyyəvi forması **polye** (Sərb mənşəli termindir) olub, o, divarları dik, dibi yastı, uzunsov karst qığıdır. Karstın bu formasının uzunsov olması onu deməyə əsas verir ki, onun əmələ gəlməsində karstlaşma ilə bərabər tektonik proseslər də təsir göstərmişdir.

Sulfat karstında karst (gips və anhidritdə) tükvari və digər çatlar üzrə baş verdiyindən karst quyusu və mağarası (həmin boşluqlara şirin və az minerallaşmış su fasiləsiz daxil olduqda trapesiyavari mağara) kimi yeraltı boşluqlar, həmin boşluqlar uçduqda isə karst qığı kimi yerüstü karst forması əmələ gəlir.

Xlorid karstında karstlaşma prosesi çox sürətlə baş verdiyindən, əmələ gəlmiş yeraltı boşluqların üstdə yatan laylar əyilərək çökmə kasasını (iri çala və yaxud çökmə vannası), həmin kasalar isə əksər hallarda bir-biri ilə qovuşaraq, yer səthində zaman və məkanca dəyişikliyə uğrayan qeyri-düzgün quruluş for-

malaşdırır. Xlorid karstında bu prosesin sərhədi duzun sərhədi ilə baş verdiyindən, çökmə kasasının sərhədi duz yatağının sərhədi ilə bir götürülür. Duz aynasının fəal inkişafı çökmənin və qurğuların deformasiyasının artmasını göstərir.

Xlorid karstı gipsin karstına nisbətən daha böyük ölçülü qıflar, boşluqlar yaradır. Karstlaşma baş verən ərazidə tektonik çatlar, qırılmalar inkişaf etdikdə həmin zəifləmiş zonalar üzrə karstlaşma baş verir. Yeraltı suların çatlar, tektonik qırılmalar üzrə təbii drenlənməsi kifayət qədər olduğundan, daha sürətlə yeraltı və yerüstü boşluqlar formalaşır. Yer səthində ardıcıl təkrarlanan uçma, çökmə prosesi qraben formalı uçma formalaşdırır. Bu çökmənin intensivliyindən, geotektoniki və hidrogeoloji şəraitdən, yeraltı boşluğu örtən qruntların möhkəmlik göstəricilərindən asılıdır.

Karstın mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi. Karstlaşma prosesi mühəndisi fəaliyyət zamanı çox böyük problemlər yaradır. Tunellərin, körpülərin, hidrotexniki qurğuların və s. digər obyektlərin layihələndirilməsində, tikintisində və istismarında, faydalı qazıntı yataqlarının istismarı zamanı qazılmış yeraltı qazmaların möhkəmliyinin təmin olunmasında daim müvafiq mühəndisi tədbirlərin aparılmasını tələb edir.

Ərazidə karst landşaft formalarının təzahürü vizual müşahidələrlə aşkar edilərsə, bu zaman karstlaşmanın tədqiqinə başlanılmalıdır. Ərazidə həllolan qruntların tədqiqi, açıq və qapalı boşluqların varlığı, yerüstü və yeraltı suların qruntlara aqressiv təsiri, karst sularının varlığı, onların rejimi, karstın aktivlik dərəcəsi geofiziki və birbaşa tədqiqat metodu ilə dəqiq öyrənilməlidir.

Karstlaşmaya məruz qalan qruntların əsas xüsusiyyətləri və karstın təzahür tipləri. Yer səthinə nəzərən açıq (karstlaşmaya məruz qalan qruntlar yer səthində yerləşir) və gizli karst (karstlaşmaya məruz qalmış qruntlar həllolmayan-sukeçirməyən və sukeçirən qruntlarla örtülür) formalaşır. Yeraltı suların yatma dərinliyinə görə karst aerasiya, su ilə daimi doyma və eyni zamanda həm aerasiya, həm də su ilə doyma zonalarında təzahür edə bilər.

Karstlaşmanın hidroloji və hidrogeoloji təzahürü çayların və bulaqların axım istiqamətində yoxa çıxması, çayda müəyyən hissələrdə su itkisi, iri karst mənbələrinin varlığı, yeraltı suların lokal uzununa depressiyası, çay məcralarına və göllərə karst

sularının boşalma ocaqları, yeraltı çaylar və göllər, submarin mənbələr şəklində ola bilər.

Karstın struktur-geomorfoloji təsnifatı N.V. Rodionova görə aşağıdakı kimidir:

1. Qədim və müasir çay vadi və qobularına aid eroziyalı karst.

2. Çaylararası suayrıcı sahələrdə müşahidə edilən ilkin çatlar və aşınmalar üzrə inkişaf edən karst.

3. Tektonik qalxmaların tektonik çatlar sistemi müşahidə edildikdə yaranan karstı.

4. Tektonik qırılma zonalarının karstı. Bu zonalarla təmasda olan qruntlar çatlı və pozulmuş strukturlu olduğundan (həllolma qırılma zonası üzrə getdiyindən), karst xətt boyu müşahidə olunur.

5. Tektonik qalxma zonasını kəsən çay vadilərində müşahidə edilən eroziyalı-tektonik karst.

6. Qədim tektonik enmələrin karstı. Bu, böyük dərinliklərdə karst boşluqları və kavernalar şəklində müşahidə edilir və yeraltı (passiv, su ilə basılmış və gömülmüş) karst adlandırılır.

7. Təmas karstı. Həllolan və həllolmayan qruntların təması boyu inkişaf edir.

8. Antropogen karst. Geniş regional miqyasda qruntların təbii yatım şəraitinin və suların rejiminin dəyişilməsi hesabına karstın müasir fəallığı artır.

Karstlaşmanı və onun inkişaf sürətini qiymətləndirmə metodları. Karstlaşmanı və onun inkişaf sürətini qiymətləndirmək üçün ərazinin hər kvadrat metr sahəsində rast gəlinən karst boşluqlarının, qıflarının, göllərinin, xəndəklərinin və s. karstla əlaqədar yaranmış dəyişikliyin miqdarı və onların ölçülərinin zamandan asılı olaraq dəyişilməsi təyin edilməlidir. Tədqiqat hər bir geoloji quruluş, tektonik struktur və ya geomorfoloji elementlər (yamaclar, terraslar, çay yatağı və s.) üzrə ayrılıqda aparılmalıdır. *Karstlaşma onun təzahürlərinin (qıf, boşluq, kaverna, xəndək və s.) ümumi sahəsinin və ya həcmnin tədqiq olunan karsta məruz qalmış qrunտun ümumi sahəsinə və ya həcminə nisbəti şəklində təyin edilməlidir.*

Karst boşluqlarının tədqiqi adətən müvafiq çətinliklər törədir. Faydalı qazıntı yataqlarının yeraltı qazmalarla istismarı dövründə subasmaya qarşı tədbir kimi suyun müxtəlif nasos və avadanlıqlarla kənarlaşdırılması zamanı, aparılan su balans

hesablamaları ilə boşluqların, çatların (sorulan karst sularının həcminə görə) və s. karst təzahürlərinin həcmi təyin etmək mümkün olsa da, bu yer səthinə yaxın karst ilə əlaqəli boşluqları, çatları, kavernaları və s. əhatə edir. Ancaq bu zaman daha dərinədə yerləşən karst təzahürləri haqqında məlumat əldə etmək olmur.

Karstlaşma çatlar, zəifləmiş hissələr üzrə baş verdiyindən, qruntların yer səthinə çıxışında, karxanalarda, yeraltı qazmaların divarlarında, quyulardan götürülmüş qrunnt nümunələrində və şliflərdə çatların ümumi uzunluğu və yaxud sahəsinin dağ qazmaları ilə açılmış qrunntun sahəsinə və yaxud həcminə nisbəti faizlə təyin edilməlidir. Bir sözlə, çatlar, boşluqlar ölçülməklə qrunntun çatlılığı, karstlaşması təyin edilməlidir.

Dağ qazmalarının qazılması zamanı quyunun yuyulması üçün istifadə edilən suyun itkisi üzərində nəzarət aparılmalı (su itkisi karst boşluqlarının, çatlılığın, qırılmanın, pozulmuş zonanın olmasını göstərir), yeraltı suların rejimi üzrə təcrübi suçəkmə və müşahidə işləri nəticələrindən istifadə etməklə, dərinlik intervalları üzrə süzülmə əmsalı, xüsusi suudma və digər vacib xarakteristikalar təyin edilməlidir.

Ərazinin karstlaşma səviyyəsi karstlaşmış əraziyə daxil olduqda və oradan uzaqlaşdıqda çayların axın sərfinin eyni zamanda ölçülməsi əsasında karstlaşma zonasında çayın sərfinin azalmasına (karstlaşma zonasında çayda axın sərfliyinin fərqi görə) görə təyin edilə bilər.

Karstlaşmanın regional metodlarla tədqiqi geofiziki-seysmik kəşfiyyat və elektrik kəşfiyyatı metodları ilə həyata keçirilir.

Karstlaşan ərazidən yeraltı sularla həll olaraq daşınan qrunntun miqdarı aşağıdakı balans tənliyi əsasında hesablanıla bilər.

$$Q = \frac{(C_H - C_0^n) \cdot g_b^n + (C_H - C_0^a) \cdot g_b^a}{F}, \quad (3.10)$$

burada Q-vahid zamanda vahid en kəsik sahəsindən həll olaraq yeraltı sular vasitəsi ilə daşınan qrunntun miqdarı, q; g_b^n - vahid zamanda həmin sahənin sərhədlərindən daxil olan yeraltı suların miqdarı, m^3 ; g_b^a -sahə hüdudlarında yer səthindən yeraltı sulara daxil olan suların miqdarı, m^3 ; C_H -sahənin hüdudlarından keçdikdən sonra yeraltı suların tərkibində karsta məruz qalmış qrunntun həllolan duzlarının orta miqdarı, q/m^3 ; C_0^n -sahə hüdudlarına daxil olarkən yeraltı suların tərkibində iştirak edən

həmin duzların miqdarının orta qiyməti, q/m^3 ; C_0^a -yer səthindən sahəyə su ilə daxil olan duzların miqdarının orta qiyməti, q/m^3 ; F -karstlaşma baş verən ərazinin sahəsi, m^2 .

Sahəyə daxil olan və çıxan axının miqdarının eyni olması şərti daxilində bu balans tənliyi əsasında sular vasitəsi ilə həll olunaraq daşınan qrunun miqdarı hesablanıla bilər.

N.V.Rodionova görə (1958), **karstlaşma prosesinin aktivlik göstəricisi (A)**-1000 il ərzində həll olaraq yeraltı sularla daşınan qrunların miqdarı, aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$A = \frac{g}{V} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

burada g -1000 il ərzində yeraltı sularla həll olaraq daşınmış qrunların həcmi; V -öyrənilən ərazidə karstlaşmaya məruz qalmış qrunların həcmidir. Karstlaşmanın aktivlik göstəricisi onun miqyasını, həmçinin karstlaşma baş verən ərazinin müxtəlif hissələrində onun inkişaf sürətini xarakterizə edir.

Yeraltı sular vasitəsi ilə karstlaşma baş vermiş qrunlarda layların, boşluqların və çatların səthinin həllolma sürəti haqqında təqribi təsəvvür üçün A.Y.Orlovskaya (1956-cı il) tərəfindən təklif olunan aşağıdakı düsturla hesablama aparmaq olar:

$$B_x = \frac{1}{\Delta} \cdot (C_H - C_0) \cdot T \cdot \sqrt{\frac{D \cdot g}{\pi \cdot x}}, \quad (3.12)$$

burada B_x -sularla daşınan, karstlaşma baş verən qrun layının qalınlığı, sm ; Δ -qrunun mütləq sıxlığı (karbonatlılarda-2,70 q/sm^3 , sulfatlılarda-2,30 q/sm^3 , xloridlilərdə-2,16 q/sm^3); $C_H - C_0$ -həllolan qrun səthindən suya daxil olan, duzla suyun doyması üçün lazım olan duzun çatışmayan miqdarı (suyun müvafiq duzla doyma defisiti-çatışmazlığı); T -qrunların həllolması və yuyulub daşınması sürətinin təyini müddəti; D -diffuziya əmsalı olub, karbonatlı və sulfatlı süxurlar üçün $5,5 \cdot 10^{-6} sm^2/san$, xloridlilər üçün $1 \cdot 10^{-5} sm^2/san$; g - yeraltı suların çöl tədqiqatları ilə təyin edilmiş həqiqi sürəti; x -yeraltı suların həllolan maddə ilə doyması həddinə görə defisiti (çatışmazlığı) təyin edilən nöqtə ilə həllolma baş verən qrun səthi arasındakı məsafədir.

Qrunların karstlaşması karst boşluqlarının həcmnin tədqiq olunan qrunun həcminə nisbətinin faizlə ifadəsi şəklində də qiymətləndirilə bilər.

$$K = \frac{g}{V} \cdot 100\%, \quad (3.13)$$

burada K -faizlə və yaxud təmin hissələri ilə ifadə olunmuş karstlaşma göstəricisi; g -tədqiq olunan qruntlarda karst boşluqlarının həcmi; V -tədqiq edilən qrunnun ümumi həcmi.

Qeyd etmək lazımdır ki, karstlaşma göstəricisi (K) ilə karstlaşmanın aktivlik göstəricisi (A) biri-birindən fərqli mənə kəsb edirlər. Belə ki karstlaşmanın aktivlik göstəricisi karstlaşma prosesinin inkişaf intensivliyini, karstlaşma səviyyəsi göstəricisi isə tədqiq olunan qruntda karst boşluğunun (tədqiqat aparılan dövr ərzində) baş vermə səviyyəsini xarakterizə edir.

Yer səthində karst boşluqlarının (qıf, çala, çuxur, xəndək və s.) təsadüf etməsi ilə əlaqədar olaraq, onlar ərazinin hər kvadrat kilometr sahəsində təsadüf edən sayına görə də karstlaşma səviyyəsi qiymətləndirilə bilər.

$$K_s = \frac{n}{F}, \quad (3.14)$$

burada K_s -ərazinin hər sahə vahidində təsadüf edən yerüstü karst formalarının sıxlığı (misal olaraq 1 km² sahədə yerüstü karst boşluqlarının sayı); n -tədqiq olunan ərazi üzrə yerüstü karst boşluqlarının sayı; F -tədqiq olunan ərazinin sahəsi, km².

Karstlı ərazilərdə qurğuların layihələndirilməsi və tikintisi.

Karstlaşma gedən ərazilərdə qruntların bütövlüyünün, monolitliyinin, dəyanətliliyinin pozulması, sululuğunun artması, fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin pisləsməsi, onların sukeçiriciliyinin artması ehtimalı çox böyükdür. Ona görə də, karstlaşma ehtimalı olan ərazilərdə müvafiq mühəndisi-geoloji kəşfiyyat-axtarış işləri çox dəqiqliklə aparılmalı və aşağıdakı məsələlərin həllini əhatə etməlidir:

- həllolan qrunn layının yatma dərinliyi, səthinin relyefi, qalınlığı və qruntların kimyəvi tərkibi, həmin qrunn layını örtən qruntların qalınlığı, tərkibi və xassələri;

- karstlaşmaya məruz qalan qruntların karstlaşma səviyyəsi, yerüstü və yeraltı boşluqların mühitdə paylanması, bir-birinə nəzərən yerləşmə vəziyyəti, qarşılıqlı əlaqəsi, ərazilərin dəyanətliliyinə onların təsiri;

- layihələndirilən qurğunun aktiv təsir zonası, karstlaşmaya məruz qalmış qrunn layı hüdudunda qurğunun təsirindən yaranan gərginliyin qiyməti, karstlaşmış qruntların və onların üstdə yatan qruntların yükdaşıma qabiliyyəti;

-karstlaşmış qruntların sukeçiriciliyi və sululuğu, hidrotexniki və yeraltı qurğuların layihələndirilməsi zamanı karst sularının səviyyəsinin yatma dərinliyi və təzyiqi;

-karstlaşmanın inkişaf intensivliyi, növü, forması və təzahür etmə tezliyi, karstlaşmanın inkişafının səbəbi və şəraiti;

-qurğunun tikintisinin aparılma prinsipi və metodu, tikintinin aparılması təcrübəsinin ümumiləşdirilməsi əsasında qurğunun dayanıqlılığının və həmin əraziyə uyğun düzgün istismarının təmin edilməsi.

Müxtəlif mühəndisi fəaliyyətin həyata keçirilməsi, xüsusi ilə kütləvi şəkildə tikintilərin (şəhər yaşayış məntəqələri, yollar və s.) aparılması məqsədi ilə ərazilərin rayonlaşdırılması zamanı karstlaşmaya daha çox məruz qalan və asan həllolan qrun (düzlar, gips, anhidrit və s.) laylarının yatma dərinliyi, qalınlığı, həmin laydan üstə yatan layların tərkibi və xassələri, yer səthində karst boşluqlarının yaranması, yeraltı boşluqların uçması hesabına yer səthinin çökməsi ehtimalı dəqiqliklə tədqiq edilməlidir.

Karstlaşma gedən ərazilərin rayonlaşdırılması məqsədi ilə İ.A.Savarenski tərəfindən (1967) rayonlaşdırma prinsipi işlənib hazırlanmış və qrunun dəyanətliliyinin qiymətləndirilməsi zamanı aşağıdakıların təyin edilməsi təklif olunmuşdur:

- hər sahə vahidinə düşən karst uçqunlarının (boşluqlarının) orta illik sayı;

- karst uçqunları ilə ərazinin orta illik zədələnməsi.

Bu göstəricilərə karst uçqunlarının ölçülərindən asılı olaraq paylanma qrafiklərinin əlavə olunması da təklif edilir. Hər bir sahə vahidinə düşən orta illik karst uçqunlarının sayı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P = \frac{n}{F \cdot t}, \quad (3.15)$$

burada P- hər sahə vahidinə düşən karst uçqunlarının orta illik sayı, $\frac{\text{hadisələrin sayı}}{\text{km}^2 \cdot \text{il}}$; n- t (il) zaman müddətində F (km²) sahəsində qeydə alınan uçqunların sayı.

Uçqunların orta təkrarlılığı (T) 1 km² sahədə 1 karst uçqununun təkrarən baş verməsi müddəti olub, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$T = \frac{1}{P} = \frac{F \cdot t}{n}. \quad (3.16)$$

Karst uçqunları ilə ərazinin orta zədələnmə səviyyəsinin orta qiyməti aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{F \cdot t} \cdot 100, \quad (3.17)$$

burada $\sum_{i=1}^n f_i$ - t (il) zaman müddətində F (m²) sahəsində karst uçqunları baş verən sahələrin cəmi, m².

Karst uçqunlarının orta illik sayının və onların təsirindən ərazilərin zədələnmə səviyyəsinin təyini üçün mühəndisi-geoloji planalmalardan istifadə etmək, müxtəlif illərdə aparılmış aeroplanalma materiallarının deşifrəlməsi, müxtəlif metodlarla mövcud olan karst boşluqlarının təyini, karst uçqunları baş verən ərazilərin müəyyən sahələrində stasionar müşahidələrin aparılması və alınmış nəticələrin xəritə və planlarda təsviri məqsədəuyğundur.

Karst uçqunlarının orta sayının, onların təsirindən ərazilərin t (il) zaman müddətində zədələnmə səviyyəsinin sulfatlı qruntların və duzların yayıldığı ərazilərin karstında təyini məqsədəuyğundur. Bu qruntlarda karstlaşma prosesi karbonatlı qruntlara nisbətən sürətlə baş verdiyindən, tədqiqi qurğuların istismarı müddəti ərzində mümkündür. Yəni həmin qruntlarda karstlaşma prosesinin sürəti qurğuların istismarı müddəti ilə ölçülə bilər. Karbonatlı qruntlarda isə karstlaşma prosesi əsasən geoloji zaman ərzində baş verir. Ona görə də, karbonatlı qruntlarda həmin göstəricilər karst uçqunlarının ərazidə yayılma sıxlığı və geoloji zaman müddətində ərazinin həmin uçqunlarla orta zədələnmə səviyyəsi şəklində təyin olunmalıdır.

Duzların və sulfatlı qruntların karstının təşəkkül tapdığı ərazilər karst uçqunlarının təkrarlılığından asılı olaraq dəyanətlik səviyyəsinə görə müxtəlif kateqoriyalara ayrılmışdır (cədvəl 3.2).

Karstlaşmış ərazilərdə kütləvi şəkildə tikintilərin aparılması üçün karstlaşmanın tikiləcək obyektlərə təsiri nəzərə alınmalıdır. Bunun üçün ərazilərin mühəndisi-geoloji rayonlaşdırılması zamanı

aşağıdakı əlamətlər nəzərə alınmalı və kompleks tədqiqatlar aparılmalı, müvafiq tikinti norma və qaydalarına əməl edilməlidir.

Cədvəl 3.2

Karstlı rayonlarda ərazilərin dəyanətlilik səviyyəsinə görə kateqoriyası (İ. A.Savarenski, 1967)

Ərazinin kateqoriyası	Ərazinin dəyanətlilik səviyyəsinin xarakteristikası	1 km ² sahədə il ərzində baş verən karst uçqunlarının orta sayı	1 km ² sahədə 1 karst uçqununun baş vermə müddəti, il
I	Çox dəyanətsiz	>1,0	1
II	Dəyanətsiz	0,1-1,0	1-10
III	Qeyri-kafi dəyanətli	0,05-0,1	10-20
IV	Dəyanətliliyi bir qədər azalmış	0,01-0,05	20-100
V	Nisbi dəyanətli	<0,01	>100
VI	Dəyanətli	Uçqunun əmələ gəlməsi istisna olunur.	

1. Cədvəl 3.2-də göstərilən VI və V kateqoriyalı ərazilərdə, yəni karst çox zəif təzahür etdiyi, karstlaşan qruntlar yer səthindən 10 m-dən çox dərinlikdə yerləşdiyi və sıx, dəyanətli qruntlarla örtüldüyü ərazilərdə karst nəzərə alınmadan, müvafiq tikinti norma və qaydaları əsasında müxtəlif bina və digər tikintilər aparıla bilər.

2. Dəyanətliliyi bir qədər azalmış (IV kateqoriyalı) və tikiləcək bina və ya qurğunun ağırlığından yaranan aktiv sıxlaşma zonasına görə qalınlığı az və ya kifayət qədər olmayan qrunntəbəqəsi ilə örtülmüş karst ərazilərində binaların mərtəbələrinin sayının azaldılması (əsasən 5 mərtəbəliyədək) və ərazinin 20 %-dək hissəsində tikintinin aparılması təklif olunur.

3. Qeyri-kafi dəyanətliyə malik (III kateqoriyalı), karstlaşma baş vermiş qruntlardan üstə yatan qruntların qalınlığı az və ya kifayət qədər olmayan ərazilərdə binaların mərtəbələrinin sayı 5-dək, tikintinin sıxlığı isə ərazinin 10 %-dək hissəsini əhatə edə bilər.

4. Yüksək karstlaşmaya malik, dəyanətsiz, yer səthində karst uçqunu və çökmələri tez-tez təzahür edən ərazilərdə (II kateqoriyalı) əsaslı bina və tikintilərin tikilməsi yol verilmir.

Karstlaşmış ərazilərdə müxtəlif obyektlərin layihələndirilməsi zamanı tikiləcək obyektin bünövrəsi altında qədim karst

boşluqlarının yer səthindən hansı dərinliyədək rast gəldikdə təhlükəli olması sual doğurur. Praktikada belə hallar tez-tez karstlaşmaya məruz qalmamış qrunqlarla örtülmüş karbonatlı, sulfatlı (gips, anhidrit) süxurlarda təsadüf edir.

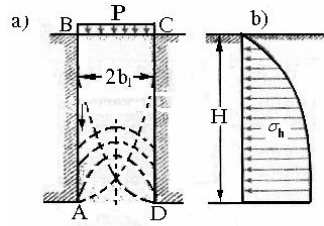
Məlum olduğu kimi karst boşluqlarının eni (b_1) artıqca və həmin boşluqlar yer səthinə yaxın yerləşdikcə, həmin boşluqların tavanının uçması təhlükəsi də artır.

Karst boşluğunu örtən və uçmaya qarşı davamlı olan təbəqənin karst boşluğundan yer səthinədək yolverilən dərinliyini təyin etmək üçün M.M.Protodyakonovun dərin qazılmış dağ qazmalarında yaranan dağ təzyiqinin hesablanması nəzəriyyəsindən istifadə etmək olar. Həmin nəzəriyyə əlaqəsiz qrunqlar üçün işlənilib hazırlansa da, digər qrunqlarda da tətbiqi üçün müvafiq əlavələr edilmişdir. Müvafiq hesablamalarda M.M.Protodyakonova görə qrunqların parçalanmaya qarşı möhkəmlik (krepost) əmsalından istifadə edilir. Həmin əmsal-şerti sürtünmə əmsalı (f_b) kimi əlaqəli qrunqlar üçün $f_b \approx \frac{\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c}{\sigma}$, massiv

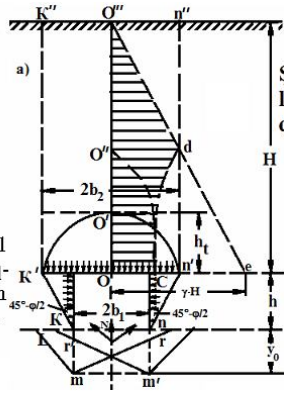
(qayavari) qrunqlar üçün isə $f_b \approx \frac{1}{100} \cdot R_{\text{six}}$ asılılığı ilə əlaqələndirilmişdir. Əlaqəsiz qrunqlarda $f_b = \operatorname{tg} \varphi$ götürülür.

burada φ -qrunqların daxili sürtünmə bucağı; c - xüsusi ilişkənlilik; σ -qrunzun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini zamanı normal gərginlik, kQ/sm^2 ; R_{six} -qrunzun sıxılmaya qarşı möhkəmlik həddi, kQ/sm^2 .

Qarşı-qarşıya yerləşmiş və əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş iki paralel qrunz divarı uçaraq qrunz kütləsi aşağı çökdüyü zaman hər iki divarın uçma prizmalarının biri-biri ilə qarşılaşma zonalarında və divarlarda yaranan sürtünmə hesabına aşağı hissələrdə təzyiq azalaraq, «**tağ effekti**» yaranır. Bu zaman yeraltı qazmalarda, boşluqlarda əmələ gələn tağ **yükü azalmış tağ** adlanır. «Tağ effekti» yaranmış hissədən aşağıya doğru dağ təzyiqi uçma tağından aşağıdakı qrunqların təsirindən yaranır (şəkil 3.1 və 3.2, a). Bu zaman boşluğun tavanında maksimal şaquli təzyiq $\sigma_g = \gamma \cdot h_{\text{tağ}}$ olacaqdır.



Şəkil 3.1. Əlaqəsiz quntlardan təşkil olunmuş şaquli paralel divarlı boşluqların uçma sxemi. a) -tağ effektinin yaranması; b) -dərinlik boyu təzyiqin paylanma epürü.



Şəkil 3.2. Dağ qazmalarında quntların təzyiqinin təyini.

Əlaqəsiz quntlarda qazılmış yeraltı dağ qazmalarının dayanıqlılığının hesablanması üçün yükü azalmış tağın aşırımı təyin edilməlidir. Yükü azalmış tağın aşırımının təyini üçün yeraltı boşluğun eninin üzərinə uçma prizmasının enini (boşluğun divarlarının uçması eni) əlavə etmək lazımdır (şəkil 3.1 və şəkil 3.2, b).

$$b_2 = b_1 + h \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (3.18)$$

burada b_2 -yükü azalmış tağın aşırımının yarısı; b_1 -yeraltı boşluğun eninin yarısı; h -yeraltı boşluğun hündürlüyü; φ -quntun daxili sürtünmə bucağı.

Həmin nəzəriyyəyə görə, yeraltı boşluğun üzərində yükü azalmış tağın hündürlüyü (əlaqəsiz quntlarda) həmin tağın aşırımının yarısının quntların Protodyakonova görə möhkəmlik əmsalına nisbətində bərabərdir:

$$h_{y.a.} = \frac{b_2}{f_b}, \quad (3.19)$$

burada $h_{y.a.}$ -yükü azalmış tağın hündürlüyüdür.

Bu zaman yer səthindən başlayaraq dərinlik boyu təzyiqin qiyməti aşağıdakı qanunauyğunluqla dəyişir:

$$\sigma_g = \frac{1}{A} \cdot \left[\gamma - (\gamma - A \cdot P) \cdot e^{-A \cdot z} \right]. \quad (3.20)$$

Yer səthində təsir edən təzyiq $P=0$ olduqda isə,

$$\sigma_g = \frac{\gamma}{A} \cdot \left(1 - e^{-A \cdot z} \right), \quad (3.21)$$

olur. Burada σ_g - şaquli təzyiq, A -əmsal olub, $A = \frac{\xi \cdot \operatorname{tg} \varphi_0}{b_2}$; γ -qruntun təbii yatımda sıxlığı; z -tədqiq olunan üfüqi kəsiyin yer səthindən dərinliyi; $z > 5b_2$ olduqda, $e^{-Az} \rightarrow 0$ qəbul oluna bilər. Onda

$$\sigma_g = \frac{\gamma}{A} \quad (3.22)$$

olur. Bu zaman şaquli təzyiq sabit olar. Əlaqəli qruntlar üçün isə şaquli təzyiq (3.23) düsturu ilə hesablanı bilər

$$\sigma_g = \frac{\gamma}{A} - \frac{C}{\operatorname{tg} \varphi}. \quad (3.23)$$

Ona görə də, karst boşluqlarının təsirindən onların üstündə yatan layların uçmaya qarşı dayanıqlılığının təmin olunması üçün, həmin boşluqların yer səthindən dərinliyinin ($H_{y.v}$) yol verilən (buraxılabilən) qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilməlidir:

$$H_{y.v.} > \eta \cdot h_{y.a}, \quad (3.24)$$

burada $H_{y.v}$ -yeraltı boşluğun yer səthindən olan dərinliyinin yol verilən həddi; η -ehtiyat əmsalı; $h_{y.a}$ - yeraltı boşluq üzərində əmələ gələn yükü azalmış tağın hündürlüyü.

Karstlaşmış ərazilərdə texniki meliorasiya tədbirləri. Karstlaşmış ərazilərdə mühəndisi-fəaliyyətin həyata keçirildiyi ərazinin məxsusiliyinə müvafiq olaraq texniki meliorasiya tədbirləri seçilir. Həmin tədbirlərin seçilməsində karstın tipi (karbonatlı, sulfatlı, duz karstı), həllolan qrunտun yatma dərinliyi, karstlaşma səviyyəsi, sululuğu (karst boşluqlarının su ilə dolma səviyyəsi) və layihələndirilən tikintinin tipi nəzərə alınır. Həmçinin karstlaşan qrunտun layihələndirilən tikintinin bünövrəsi kimi etibarlılıq səviyyəsi, karstlaşma prosesinin inkişafı ehtimalı, tikilən obyektin istismarı dövründə xoşagəlməz hadisələrin baş vermə ehtimalı nəzərə alınmalıdır. Bir sözlə, ərazi haqqında toplanılmış kompleks tədqiqat materialları əsasında karstlaşmaya qarşı texniki-iqtisadi cəhətdən əlverişli mübarizə tədbiri seçilir.

Karstlaşma ilə əlaqədar seçilən tədbirlər içərisində daha çox tətbiq edilənlərdən aşağıdakıları göstərmək olar:

- yerüstü suların axınının tənzimlənməsi üçün ərazidə müvafiq hamarlama tədbirlərinin aparılması, istehlak sularının axıdılması üçün isə kanalizasiya qurğularının tikilməsi;

- yeraltı suların kaptajı və sulu qruntlarda drenaj vasitəsi ilə qurutma tədbirinin tətbiqi;
- tikinti əsasının sahəvi hazırlanması;
- dərin özül qurğularının tətbiqi;
- qruntların süni sıxlaşdırılması və bərkidilməsi;
- süzülməyə qarşı maneə yaradıcı qurğunun (süzülməyə qarşı pərdə) tikilməsi;
- müxtəlif konstruktiv tədbirlər;

Adətən, ərazinin hamarlaşdırılması karst boşluqlarının, çatların gil məhlulu vasitəsi ilə təzyiq altında doldurulması, qıfların, qeyri-hamar relyef formalarının qrunտ qırıntıları, müxtəlif məhlullarla tıxac yaratmaqla qapanması ilə birgə aparılır. Bu zaman yerüstü su axınlarının (atmosfer yağıntıları, çaylar və s.) qarşısının alınması üçün ərazinin hədudlarında xəndəklər, arxlar çəkilməli, istehlak sularının (istifadədən sonra tullanılmış sular) ərazidən kənarlaşdırılması üçün kanalizasiya qurğuları tikilməli, əraziyə yerüstü suların daxil olmasının qarşısı alınmalıdır.

Yeraltı dağ qazmalarının tikilməsində, faydalı qazıntı yataqlarının, yeraltı qurğu və qazmaların istismarında və s. karst boşluqlarında toplanan suların (karst suları) və karstlaşma hesabına yaranmış və ya inkişaf edərək böyümüş çatlarla suların kənardan yeraltı qazmalara axması böyük problemlər yaradır. Əksər hallarda yeraltı qazma və qurğuların dağılmasına səbəb olur. Bununla əlaqədar olaraq, yerli mühəndisi-geoloji-hidrogeoloji şəraitdən asılı olaraq, üfüqi, şaquli və ya kombinasiya edilmiş drenaj tətbiq etməklə, yeraltı suların səviyyəsi tələb olunan dərinliyədək aşağı salınır, qurutma tədbirləri həyata keçirilir.

Karstlaşmanın təsirinə məruz qalmış qruntlar müxtəlif tikintilərin qrunտ bünövrəsi olduqda və ya aktiv sıxlaşma zonasında yerləşdikdə, o zaman bünövrə qruntlarının fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin süni yolla yaxşılaşdırılması (qruntların bütövlüyünün bərpası, sukeçiriciliyinin azaldılması, möhkəmliyinin, xarici təsirlərə qarşı davamlılığının artırılması və s.) üçün tələb olunan dərinliyədək sementləmə, bitum və digər maye şəklində maddələrin təzyiq altında karst boşluqlarına vurulması, müvafiq bərkitmə işlərinin aparılması, boşluqlar məhdud ölçülü olduqda, svaylar vurulmaqla dəmir-betonla (əvvəlcədən qazılmış quyulara armatur karkas qoyularaq

sementləmə) boşluqların doldurulması və s. kimi tədbirlər həyata keçirilir.

Bu zaman hazırlanmış svaylar tikilən obyektin lazımı dərinliyədək bərkidilmiş dayağı kimi onların möhkəmliyini təmin edir.

Yeraltı tikintilərin, çalaların və karxanaların tikilməsi zamanı karstlaşmaya məruz qalmış qruntların möhkəmliyinin təmini, bütövlüyünün bərpası, sukeçiriciliyinin azaldılması məqsədi ilə də sementləmə tədbirindən istifadə edilir.

Hidrotexniki tikintilərin inşası zamanı bəndlərin altından və hüdudlarından gedən su itkisi hesabına yaranan süzülmə deformasiyalarının qarşısının alınması məqsədi ilə müvafiq mübarizə tədbirləri tətbiq edilir. Həmin mübarizə tədbiri bəndin əsasından və kənarlarından gedən su itkisi zamanı süzülmə istiqamətinə perpendikulyar (əsasən bəndin oxu boyu) qazılmış 1 və ya 2 cərgəli, dərinliyi 100 m-dək olan sementlənmiş quyulardan ibarətdir. Quyularda sementləmə işləri hazırlanmış sement məhlulunun təzyiq altında quyulara vurulmasından ibarətdir ki, bunun nəticəsi kimi həmin kütlə sonradan və karst boşluqlarında, çatlarında bərkiyərək qruntların bütövlüyünü bərpa edir, süzülməyə qarşı pərdə yaradır, süzülmə yolunun uzanmasına, hidrodinamiki qradiyentin azalmasına, suffoziya, karstlaşma prosesinin qarşısının alınmasına, tikintinin etibarlılığının artmasına səbəb olur. Süzülməyə qarşı maneə yaradan bu «pərdənin» uzunluğu bəndin su itkisi baş verən hissəsinin uzunluğundan asılı olaraq bir neçə yüz metrə qədər ölçülə bilər. Süzülməyə qarşı «pərdənin» yaradılması çalaların, tikintilərin yeraltı hissələrinin ətrafında da tətbiq edilir. Bu zaman qazılmış quyulara gil məhlulu, bitum və yaxud sement məhlulu vurularaq, qruntların sıxlaşdırılması həyata keçirilir.

Karstlaşmanın təsirinə məruz qalmış qruntların təşəkkül tapdığı ərazilərdə tikintilərin inşası zamanı tətbiq edilən konstruktiv tədbirlərə tikinti özüllərinin həndəsi ölçülərinin, formasının, tipinin təyininin aktiv sıxlaşma zonasının tənzimlənməsinə müvafiq aparılması nəticəsində tikintinin yaratdığı əlavə təzyiqin azaldılmasını, həmin təzyiqin üfüqi və şaquli müstəvi üzrə bərabər paylanmasının təminini və s. misal göstərmək olar. Bundan başqa, karstlaşmanın təsirinə məruz qalmış qruntların təşəkkül tapdığı ərazilərdə tikintilərin

monolitliyinin təmini üçün dəmir-beton zolaqlardan, monolit əlaqələndiricilərdən də istifadə olunur. Lazım gəldikdə, tikiləcək obyektin layihə variantının geoloji mühitdə yerləşmə vəziyyəti dəyişdirilərək, karstlaşmanın təsirinə məruz qalmış qruntların təşəkkül tapdığı ərazidən kənarda və ya həmin təsirə məruz qalmamış karst qruntları üzərində yerləşdirilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Газизов М.С. Карст и его влияние на горные работы. М.: «Наука», 1971. 204 с.
2. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: «Мысль», 1972. 391 с.
3. Каменский Г.Н., Климентов П.П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М.: Госгеолтехиздат, 1953. 355 с.
4. Карст в карбонатных породах. М.: Изд-во МГУ, 1971. (труды Моск. о-ва испытателей природы, т. 47). 182 с.
5. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: «Недра», 1984, 511 с.
6. Ломтадзе В.Д. Методика составления инженерно-геологических карт и задачи инженерно-геологического районирования. В кн.: Вопр. Инж.-геол. картирования и районирования. Л.: Изд-во Геогр. О-ва СССР, 1968. С.4-23.
7. Ломтадзе В.Д. Методика составления инженерно-геологических карт и задачи инженерно-геологического районирования. «Зап. ЛГИ», 1971, т. 62, вып. 2, с. 89-99.
8. Лыкошин А.Г. Карст и гидротехническое строительство. М.: Стройиздат, 1968. 183 с.
9. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 1, 2. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1963; 1969. 444 с.: 529 с.
10. Максимович Г.А., Горбунова К.А. Карст Пермской области. Пермь: Перм. кн. изд-во, 1958. 183 с.
11. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. Изд-во лит. По строительству. М.: 1971, 341с.
12. Панюков П.Н. Инженерная геология. Издания второе, переработанное и дополненное. М.: «Недра», 1978. 291 с.
13. Региональное карстоведение. Изд-во АН СССР, 1961. 244 с.

14. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология. (пер. изд.: ГДР, 1978) Перевод с нем.- М: «Недра», 1983, 528 с.
15. Родионов Н.В. Карст европейской части СССР, Урала и Кавказа. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 174 с.
16. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. ГОНТИ, 1939. 488 с.
17. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978, 348 с.
18. Соколов Д.С. Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 321 с.
19. Справочник инженерной геологии. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. Чуринова М.В.- М: «Недра», 1981, 325 с.

3.1.3. PLIVUN

Praktikada su ilə doymuş dispers qruntların yerləşdiyi layda təbii-tarazlıq şərti pozulduqda həmin qruntların təzyiq çox olan hissədən az olan hissəyə doğru axmasına tez-tez rast gəlinir. Bu hadisə yeraltı dağ qazmalarının, dərin çalaların, karxana dərələrinin, qazıma quyularının və s. dispers qruntlardan təşkil olunmuş layları kəsdiyi dərinlikdə müşahidə edilir. Su ilə doymuş və üstdə yatan layların ağırlığından və əlavə kənar təzyiqdən gərginlikli vəziyyətdə olan dispers qruntlar təzyiq azalan hissəyə doğru hərəkətə başlayır. Su ilə doymuş həmin qrunut kütləsinin hərəkəti axın şəklində baş verdiyindən, sanki qrunut suda axır. Ona görə də, bu, plivun hadisəsi (qrunutun axması), həmin hadisə baş verən qruntlar isə plivun adlandırılmışdır.

Plivun hadisəsi müxtəlif qranulometrik tərkibə (əsasən incə, narin dənəli, bəzən hətta iri dənəliyədək) malik qumlarda müşahidə olunur. Plivun hadisəsi zamanı ən təhlükəli proses tərkibində tiksotrop xüsusiyyətə malik, üzvi, kolloid, lil və toz hissəcikləri, bir sözlə, dispers hissəciklər iştirak edən incə dənəli qumlarda baş verir.

A.F. Lebedevə görə, tərkibində tiksotropluq aydın şəkildə müşahidə olunan qum qruntları **əsl və yaxud fəal plivun** əmələ gətirir. L.K.Tankayeva kondensasiya-koagulyasiya struktur əlaqəyə malik olan bu qruntları plivun hadisəsinə görə aşağıdakı

kimi fərqləndirir: a) **kolloidli-qum plıvunları**; b) **kolloidli-tozlu plıvunlar**; c) **plıvun gillər**.

Struktur əlaqəsi pozulmuş qruntlar hidrodinamiki təzyiqin təsiri ilə axıcı vəziyyətə gəlirlər və qruntların bu şəkildə axmasını A.F. Lebedevə görə **psevdoplıvun** («yalançı plıvun») və yaxud **passiv plıvun** adlandırmaq olar. Psevdoplıvunlar üçün xarakterik göstərici hidravliki qradiyentin və qruntların məsaməliliyinin böhran həddidir. Həmin göstəricilərin böhran həddində qrunut axıcı vəziyyətə gəlir. Psevdoplıvunlar üçün hidravliki qradiyentin böhran həddi aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$J_b = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}, \quad (3.25)$$

burada J_b - plıvunun baş verdiyi hidravliki qradiyentin böhran həddi; Δ - qrunutun mütləq sıxlığı; ε - qrunutun məsaməlilik əmsalı.

Plıvunların tərkibində iştirak edən kolloidlər üzvi və qeyri-üzvi mənşəli ola bilərlər. Üzvi mənşəlilər canlı orqanizmlərdən (bakteriyalardan), ölmüş orqanizmlərin parçalanma məhsullarından ibarətdirlər. Canlı bakterioloji orqanizmlər iştirak edən plıvunlar daha mütəhərrik olurlar.

Qumlu qruntların sıxlığının azalmasının, yəni sıyıqlaşmasının əsas səbəbi qrunut skeletinin vibrasiyası, qrunut suları səviyyəsinin rəqsi hərəkəti, hidravliki zərbələr, süzülmənin təsiri, əlavə dinamiki təsirlər, deformasiyaya uğrayan qrunutun statiki gərginliyinin dəyişməsi və s. ola bilər.

Qruntlarda tiksotrop strukturəmələgəlmə yüksək dispersliyə malik hissəciklərin miqdarı və tərkibindən, hissəciklərin forma və quruluşundan, üzvi maddələrin fəallığından, vəziyyətindən və tərkibindən, məsaməli mühit məhlulunun minerallaşmasından, mübadilə kationlarının tərkibindən və s. asılıdır. Tiksotropluq xassəsi montmorillonit gillərində daha güclüdür.

Müxtəlif mühəndisi fəaliyyət zamanı plıvunun baş verməsi müvafiq problemlər yaradır. Misal olaraq, dağ qazmalarında, yamaclarda plıvunun baş verməsi üstə yatan qruntların da dayanıqlılığının pozulmasına, sürüşmənin baş verməsinə, yeraltı qazmaların üzərində yer səthində çalaların, çökmə səthinin yaranmasına səbəb olur. Yeraltı dağ qazmalarında plıvunun baş verməsi bəzən katastrofik sürətlə olur və qazmaların az bir zaman ərzində sulu-qumlu kütlə ilə tutulması müşahidə edilir. Qurutma tədbirində istifadə edilən nasos aqreqatları su-qrunut kütləsini

yeraltı qazmadan kənarlaşdırıla bilmir və tez bir zamanda sıradan çıxır. Belə hallara tez-tez faydalı qazıntı yataqlarının (xüsusi ilə daş kömür) istismarı zamanı təsadüf olunur. Bu şəraitdə qurutma tədbirinin erliftlə aparılması zərurəti yaranır. Plivunun yeraltı qazmaya axını böyük həcmdə olur. Misal olaraq, Leningrad (indiki Sankt-Peterburq) şəhərində 1974-cü ildə metro tikintisinin 80 m dərinlikdə yerləşən plivunlarda dondurma metodu ilə aparılması zamanı donmamış sahədən sulu qumun axması nəticəsində minlərlə kub metr həcmində plivun qumu yeraltı qazmanı doldurmuş və yer-səthində «çökmə kasası» əmələ gətirmişdir.

Praktikada, şaquli-litoloji kəsilişdə plivun iştirak edən ərazilərdə quyuların qazılması zamanı, plivunun yerləşdiyi lay hüddudunda qazıma dəzgahının baltasının pərçimlənməsi ilə əlaqədar olaraq, qazıma prosesinin tez-tez dayandırılması zərurəti yaranır. Bununla əlaqədar olaraq, plivuna təsadüf edilən ərazilərdə qazıma prosesi tələb olunan sürətlə, dayanmadan aparılır.

Plivunlar çox vaxt az sıxlığa malik olurlar və yük altında əvvəlcə sıxlaşır, sonra isə sürüşərək təzyiq altından çıxırlar. Yəni plivunlar təkcə axma xüsusiyyətli deyil, həm də yüklənmə qabiliyyətinə görə dəyanətsiz qruntlardır. Ona görə də, qruntların mühəndisi-geoloji təsnifatı üzrə onları xüsusi vəziyyətə, xüsusiyyətə və tərkibə malik olan qruntlar qrupuna aid etmək olar.

Plivunlar istər IV dövr, istərsə də ana süxurlar arasında geniş təşəkkül tapmışdır.

Onlara çay vadilərində məcraüstü terraslarda, göl, buzlaq-göl, göl bataqlıq, flüvioqlasial, moren (formasiyadaxili linzalar şəklində və qeyri-düzgün yatım formalarında) çöküntülərində təsadüf edilir. Geomorfoloji olaraq IV dövr çöküntülərinin plivunları daha çox çay vadiləri, allüvial və dəniz sahili düzənliklərlə, ana süxurların plivunları isə platformaların çökmə örtüyü ilə əlaqədar olurlar.

Plivunların səciyyəvi əlamətləri. Təbii şəraitdə dağ qazmaları, quyular vasitəsi ilə plivunlardan təşkil olunmuş layın açılışı zamanı həqiqi plivunların daha çox rast gəlinən rəngləri parlaq-boz, parlaq və yaxud tünd çalarlı, yaşılmıtlı-boz və yaxud göyümtül-boz olurlar. Rəng çalarlarının formalaşmasında üzvi

qarışıqların və digər təşkiledicilərin rolu böyükdür. Açıq havada onların rəngi tez və qeyri-bərabər şəkildə dəyişərək, daha parlaq, sarımtıl, bəzi hissələrində oxralı (sarı-qırmızı rəngli) olurlar. Plıvunların tərkibində iştirak edən dəmirin və digər mineral birləşmələrinin havada oksidləşməsi nəticəsində onlar öz rəngini dəyişirlər. Misal olaraq üzvi maddələr, dəmirin 2 valentli birləşmələri (pirit, siderit və s.) adi halda sarı, qara, yaşıl rəngdə olurlar. Ancaq oksidləşərkən 2 valentli dəmir (FeO) 3 valentli dəmirə çevrilir və qırmızı, boz, tünd qırmızı, sarı, sarı-qırmızı rəng alır. Onlara misal olaraq hematiti (Fe_2O_3), hidrohematiti ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), hötiti ($\text{FeO} \cdot \text{OH}$), hidrohötiti ($\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) və s. göstərmək olar. Təbii halda plıvunun səthi tutqun, iyi üfunətli olub, nəm süxur kimi görünür. Nəmlik tutumu çox, suvermə qabiliyyəti az olduğundan tərkibində su adi şəraitdə axmır. Silkələnmə, dinamiki zərbə zamanı plıvunun səthi su damlaları və təbəqəsi ilə örtülərək parıltılı görünüş alınır. Yəni xarici təsirdən plıvunun tərkibində iştirak edən su onun daxilindən səthinə doğru hərəkət edir.

Plıvunun qazılması, işlənməsi çətinliklə həyata keçirilir. Belə ki hər hansı kəsici alətin plıvuna daxil edilməsi, müəyyən qalınlıqlı qrunut kütləsinin ondan qopardılması çətinliklə başa gəlir. Ona görə də, həmin qrunutların işlənməsi onun nazik hissələrlə kəsilməsi və əsas kütlədən ayrılması ilə aparılır.

Əksər plıvunların səciyyəvi xüsusiyyətləri onların tiksotropluğu meyilliliyidir. Yəni mexaniki təsirdən yaranan silkələnmə və vibrasiya ilə əlaqədar olaraq plıvunda sıyıqlaşma (sıxlığının azalması) baş verir, tez bir zamanda özlü maye halına keçir, xarici təsir kəsildikdən sonra isə o, öz əvvəlki vəziyyətinə qaydır.

Plıvun quruduqda əlaqəli qrunta çevrilir, kifayət qədər möhkəm, ilkin vəziyyətə nisbətən açıq rəngli olur. Əl ilə çətin ovxalanır, qırılır və bozumontul toz izi buraxır.

Plıvunların tərkibi və fiziki-mexaniki xassələri. Əsl plıvunların qranulometrik tərkibində incə dənəli (0,1-0,05 mm) və yaxud xırda dənəli (0,25-0,1 mm) hissəciklər və ya onlar birlikdə çoxluq təşkil edir.

Bundan başqa toz hissəciklərinin (0,05-0,002 mm) çoxluq təşkil etməsi, az və ya çox dərəcədə gilli (< 0,002 mm) hissəciklərin (xüsusi ilə incədispers) iştirakı səciyyəvidir.

Bəzi tədqiqatçılar tərəfindən IV dövr çöküntülərində və ana süxurlarda aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 3.3-də və cədvəl 3.4-də verilmişdir. Həmin cədvəllərə əsasən əsl plivunun qranulometrik tərkibi haqqında əyani təsəvvür yaratmaq olar.

Cədvəl 3.3

**Dördüncü dövr çöküntüləri plivunlarının qranulometrik tərkibi
(M.İ. Yevdokimov-Rokotovskiyə görə, 1941)**

Rayon	Hissəciklərin tərkibi, %							Qızdırma zamanı itki, %
	> 0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,10 mm	0,10-0,05 mm	0,05-0,01 mm	0,01-0,002 mm	< 0,002 mm	
Dnepropetrovsk	-	-	17	37	25	8	13	1,47
Qorki (Samara), tikinti meydançası	-	-	73	18	4	3	2	3,40
Qorki (Samara), tikinti meydançası	-	-	18	17	48	9		2,28
Leninqrad (Sankt-Peterburq), tikinti meydançası	izi	izi	10	41	27	14	6	2,20
Leninqrad (Sankt-Peterburq), tikinti meydançası	-	5	4	59	14	2	2	4,14
Tomsk, Vmayka çayı sahili	-	-	4	46	27	10	6	6,4
Unda çayı, tikinti meydançası	-	-	14	51	12	10	6	8,2
Oka çayı, tikinti meydançası	-	izi	19	26	48	3	2	0,9

Cədvəl 3.4

**Ana süxurlarda plivunların qranulometrik tərkibi
(İ.M.Qorkovaya, V.F.Çepikə və K.N.Ryabiçevaya görə, 1957)**

Rayon	Süxurun yaşı	Hissəciklərin tərkibi, %						
		> 0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,10 mm	0,10-0,05 mm	0,05-0,01 mm	0,01-0,002 mm	< 0,002 mm
Moskva	İ ₃ vs	10	19			5	1	8
	İ ₃ vs	3	8		78	2	1	6
	İ ₃ vs	2	4		81	4	2	7
	İ ₃ vi	1	1		89	3	2	31
	İ ₃ vi	1	1		86	3	3	4
KMA (Mixaylovka)	K ₁ ap	-	1		79	8	2	11
	K ₁ ne	-	1		85	6	2	6
	İ ₂ bt	-	30		68	1	İzi	1
	İ ₂ bt	-	8		88	1	İzi	3
	İ ₂ bt	-	izi		95	1	1	2
	İ ₂ bt	-	3		82	8	2	6
	İ ₂ bt	-	1		91	4	1	4
	İ ₂ bt	-	izi		94	5	İzi	1
	İ ₂ bt	-	izi		98	1	1	1
	İ ₂ bt	-	3		92	2	1	3

A.F. Lebedev tərəfindən aparılmış tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, əsl plıvunların tərkibində kolloid hissəciklərin iştirak etməsi onların səciyyəvi xüsusiyyət kəsb etməsinə səbəb olur. Belə ki əsl plıvunları suda çalxaladıqda onların kolloid hissəcikləri suda bir neçə ay çökmədən asılı vəziyyətdə qalırlar. Tərkibində iştirak edən gil hissəcikləri plıvunların hidrofiliyini artırır, toxunan gərginliyin təsiri altında axma xüsusiyyəti yaradırlar.

Plıvunların qranulometrik tərkibinin təyini zamanı üzvi maddələrin və kolloid hissəciklərin iştirakı nəzərə alınmadan aparılan analizlərin nəticəsi dəqiq olmur. Analiz zamanı dispers hissəciklər, xüsusi ilə kolloidlər koagulyasiya etdiyindən, həmin hissəciklərin miqdarı düzgün təyin edilmir ki, bununla əlaqədar olaraq digər hissəciklərin də miqdarı dəqiq təyin olunmur.

Plıvunların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin təyini üçün təbii strukturda nümunənin götürülməsi çətin olduğundan, bəzi tədqiqatçılar tərəfindən alınmış nəticələrin etibarlılıq səviyyəsi haqqında fikir söyləmək çətinidir.

İ.M. Qorkova, V.F. Çepik və K.N. Ryabiçeva (1957) tərəfindən Moskva və KMA (Mixaylovka) rayonlarında aparılmış tədqiqatlara görə, plıvunlarda bərk fazanın (mütləq sıxlıq) sıxlığı $2,62-2,74 \text{ q/sm}^3$, qruntun təbii yatımda sıxlığı $1,69-1,95 \text{ q/sm}^3$, məsaməlilik $36-58\%$, məsaməlilik əmsalı $0,67-1,39$, maksimal molekulyar nəmlik $3-12\%$, süzülmə əmsalı $0-2,58 \text{ m/sutka}$ arasında dəyişir. Plıvunlar $32-100 \text{ m}$ intervalınadək dərinliklərdən götürülməklə, yura və təbaşir dövrünə aid olmuşlar.

Plıvunlar üzərində tikilmiş qurğuların istismarı haqqında məlumatlara, çoxlu tədqiqat nəticələrinə əsasən onlarda ümumi deformasiya modulu 100 kQ/sm^2 -dək ola bilər. Buna baxmayaraq, plıvunlar üzərində hər hansı tikintinin inşası yarana biləcəyi təhlükə nəzərə alınaraq aparılmalıdır.

V.D. Lomtadzeyə görə plıvunların tədqiq olunan müxtəlif rayonlarda suverməsi $30-70\%$, təbii yatım bucağı $3-8^\circ$ -dək, qurudulmuş vəziyyətdə isə $25-30^\circ$, bəzən daha çox olur.

Plıvunun tədqiqi ilə bir çox tədqiqatçılar məşğul olmuşlar və onların bir qismi plıvunun yaranmasını yalnız hidrodinamiki təsirlə (K. Tersagi və b.), digərləri isə (A.F. Lebedev və b.) hidrodinamiki təsir ilə bərabər qruntun tərkibi və digər xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirmişlər.

K. Tersagi (1933) plıvunu əsasən hidrodinamiki təsirlə əlaqələndirmişdir və hansısa bir xüsusi quma aid olmadığını qeyd etmişdir.

A.F. Lebedev (1935) plıvunun təkcə hidrodinamiki təzyiqlə deyil, həm də tərkiblə əlaqəli olduğunu göstərmişdir.

N.N. Maslov (1959;1968;1971) aparılmış tədqiqatlar əsasında belə qənaətə gəlmişdir ki, qumların sıyıqlaşması və axması təkcə onların tərkibinin məxsusiliyi ilə deyil, həm də xüsusiyyətlərinin və vəziyyətinin səciyyəviliyi ilə əlaqədardır. O, göstərmişdir ki, plıvunluq, hissəcikləri arasında rabitə olmayan və ya çox zəif əlaqəyə malik, daxili sürtünmə qüvvəsi isə təsir etmə imkanında olmayan qumlara aiddir.

Əsl plıvunlar səciyyəvi tərkibə (hidrofil və cuzi təsir altında axma qabiliyyətli) və axmaya meyli olduğundan, onlar təbii-tarazlıq şərti pozulduqda hərəkətə gəlirlər. Həmin təbii-tarazlıq şərti isə su ilə doymuş qruntlarda öz ağırlığından yaranan ağırlıq qüvvəsinin və hidrodinamiki qüvvənin təsiri altında formalaşır. Su ilə doymuş qruntlarda qrunnun ağırlığı Arximed qüvvəsinin təsiri ilə yüngülləşir.

Qrunn səthinə düşən təzyiqin bir hissəsi onun skeletinə, digər hissəsi isə məsamələrdə yerləşən suya ötürülür. Qrunn skeletinə ötürülən təzyiq effektiv gərginliyi, məsamələrdə yerləşən su üzərinə düşən təzyiq isə neytral təzyiqi yaradır və məsamələrdə toplanmış suyun sıxışdırılıb çıxardılmasına sərf olunur. Yeraltı suların təsiri altında olan qruntların, yəni su ilə doyma zonasının qruntlarının istənilən nöqtəsində yaranan gərginlik, atmosfer təzyiqi (P_a) və həmin nöqtədən su səthinə qədər olan su təbəqəsinin yaratdığı təzyiqlərin cəmindən ibarət olan hidrostatiki təzyiqin ($P_h = P_a + \rho_{su} \cdot g \cdot h$, burada ρ_{su} -suyun sıxlığı, g -sərbəstdüşmə təcili), suyun hərəkəti ilə əlaqədar yaranan hidrodinamiki təzyiqin (D) və qrunn öz ağırlığından yaranan təzyiqin təsiri ilə əmələ gəlir. Su ilə doymuş qrunnun çəkisi Arximed qüvvəsi qədər yüngülləşdiyindən, hissəciklər arasında qarşılıqlı təsir qüvvəsi zəifləyir. Təbii-tarazlıq şəraitində laydan qrunn (plıvunun) hərəkətinə mane olan qüvvələrin və təsir edən digər qüvvələrin əvəzləyicisi sıfıra bərabər olur. Beləliklə də, təbii şəraitdə plıvuna hidrodinamiki ($D_h = \dot{V} \cdot n \cdot \rho_{su} \cdot g$), hidrostatiki ($P_h = P_a + \rho_{su} \cdot g \cdot h$), qrunn ağırlığından yaranan yüngülləşmiş çəkisi ($P_{ağ} = \gamma' \cdot z$, burada $\gamma' = \gamma_w \cdot g$ -qrunn

yüngülləşmiş xüsusi çəkisi, γ_w -qruntun yüngülləşmiş xüsusi çəkisiyə müvafiq sıxlığı, z-qrunt səthindən tədqiq edilən nöqtədə dərinlik), qrunut kütləsini əhatə edən mühitin yaratdığı müqavimət qüvvəsi təsir edir. Plıvun yerləşdiyi laya quyu və yaxud şurf, çala və s. dağ qazması qazılarkən həmin istiqamətdə mühitin göstərdiyi müqavimət qüvvəsi götürüldüyündən, təbii-tarazlıq şərti pozulur və plıvun təzyiq az olan istiqamətə doğru hərəkətə gələrək axır. Əgər layda hidrodinamiki, hidrostatiki və qrunutun öz ağırlığından yaranan təzyiq qüvvələrinin əvəzləyicisi sıfıra bərabər və ya qrunut hissəcikləri arasında qarışıqlı təsir qüvvəsindən az olsa idi, o zaman plıvuna dağ qazmalarının (quyu, şurf, çala və s.) qazılması (layın açılması) zamanı qrunutun sıyıqlaşması və axması baş verməzdi. Plıvuna təsir edən qüvvələrdən suyun yüngülləşdirici və hidrodinamiki təsiri qrunutun tarazlıq vəziyyətinin pozulmasına yönəlir. Həmin qüvvələrdən hansının üstün olması isə geoloji quruluşdan, qrunutların yatım şəraitindən və layın açılma şəraitindən asılıdır. Plıvun hidrofil olduğundan və fiziki əlaqəli sular vasitəsi ilə hissəciklər arasında qarşılıqlı təsir zəiflədiyindən, həmçinin yuxarıda göstərilən qüvvələrin birgə təsiri altında qrunut gərgin vəziyyətdə olur. Ona görə də, plıvundan ibarət laya quyu qazılarkən, quyu dibində xırdalanmış hissəciklər bəzən 10-15 m-dək hündürlüyədək tıxac yaradır. Bu isə qazıma prosesini çətinləşdirir.

V.V. Radina (1972; 1973) tərəfindən aparılmış tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, əsl plıvunlarda yaşayan bəzi mikroorqanizmlər onların mineral tərkibinə, dispersliyinə, quruluşuna və gərginlikli vəziyyətinə təsir göstərir. Belə ki su ilə doymuş dispers qruntda yaşayan mikroorqanizmlərin həyat fəaliyyəti nəticəsində yaranan qaz qabarcıqları şəklində məhsullar qrunutun maye fazasında izafi təzyiq yaradır və həmin təzyiq energetik amil kimi plıvunun mütəhərrikliyinə səbəb olur. Plıvun daxilində yaranan izafi təzyiq təsir edən qüvvələrin əvəzləyici təzyiqinə bərabər olduqda, qrunutun sıyıqlaşması baş verir.

Plıvunların təşəkkül tapdığı ərazilərdə tikintilərin aparılması. Plıvunların təşəkkül tapdığı ərazilərdə müxtəlif obyektlərin layihələndirilməsi və tikintisi zamanı plıvunların səciyyəvi xüsusiyyətləri hərtərəfli şəkildə öyrənilməklə, tikintinin etibarlılıq səviyyəsinin artırılması istiqamətində müvafiq tədbirlər həyata keçirilməlidir. Bundan ötrü ərazinin mühəndisi-geoloji şəraiti dəqiq öyrənilməli

və ərazidə tikintinin aparılmasının mümkünlüyü mühəndisi-geoloji cəhətdən əsaslandırılmalıdır. Aşağıdakı məsələlər öyrənilməlidir:

-Plıvunun yer səthindən yerləşmə dərinliyi, tərkibi, fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri, plıvun layının qalınlığı, yatım şəraiti (lay, linza, qalın təbəqə, qeyri-düzgün yatım forması və s.), üfüqi və şaquli istiqamətdə plıvunun təzahürü, plıvunu əhatə edən qruntların tərkibi, xüsusiyyətləri, layların qalınlığı, yatım şəraiti, geoloji-litoloji kəsilişdə onların təsviri;

-Plıvunun təşəkkül tapdığı ərazinin geomorfoloji şəraiti (yamaclarda, yarıqlarda, yuyulmuş dərələrdə plıvunun təzahürləri-axma, yük altından sürüşüb çıxma və s.);

-Plıvunlu ərazinin hidrogeoloji şəraiti (yeraltı suların səviyyəsi, kimyəvi tərkibi, drenlənmə qabiliyyəti, sulu layın sukeçiricilik xüsusiyyəti, yeraltı suların ehtiyatı və resursu və s.);

-Ərazidə əvvəl tikilmiş obyektlərin tikinti şəraiti, yerləşmə vəziyyəti, istismar şəraiti, tikinti zamanı tikintinin uzunömürlülü-yünün təmini üçün görülmə tədbirlər, istismar zamanı yaranan problemlər, onların həlli yolları və s.

Plıvun üzərində hər hansı tikintinin inşası üçün layihələndirmə tədbirləri zəif qrunut bünövrələri üzərində tikintilərin layihələndirilməsi şərtlərinə uyğun aparılmalıdır. Həmin şərtlərə ciddi əməl olunmaqla, plıvun üzərinə tikintidən ötürülən yükə qrunut bünövrəsində yaranan çökmə tikintidə təhlükəli, qeyri-bərabər deformasiya yaratmayacağı hədd daxilində, tikintinin isə asan istismar edilən olması şərti ödənilməlidir. Bunun üçün adətən, dayaz qazılmış bünövrələrdə normativ gərginliyin qiymətinin məhdudlaşdırılması (azaldılması) üçün tikintinin özülünün ölçüləri, tipi, konstruksiyası müəyyənəşdirilərək, plıvunun təbii yatım şəraitinin qorunmasına xidmət edən tədbirlər yerinə yetirilir. Həmçinin tikintinin möhkəmliyini artıran konstruktiv tədbirlər (armaturlu zolaqlar, çökmə tikişləri və s.) həyata keçirilir.

Plıvunlar yer səthindən az dərinlikdə yerləşdikdə və layının qalınlığı az olduqda, tikintinin özülü plıvundan altda yatan möhkəm, dəyanətli qrunut üzərində və yaxud çınqıl, çaqıl döşəkçələri üzərində yerləşdirilir.

Tikintilərin özül çalalarının qazılması zamanı plıvunun hərəkətə gəlməməsi, ərazidə tikilmiş obyektlərin dayanıqlılığının təmin edilməsi məqsədi ilə, çalalar qazılmazdan əvvəl yeraltı

suların səviyyəsi aşağı salınmalı, özül çəlasının əhatəsi boyu şpunt istinad divarı yaradılmalıdır.

Plıvunlar üzərində, geoloji şəraitdən və tikintinin məxsusiliyindən asılı olaraq, dərin özüllərin yaradılması zamanı svaylardan (40 m-dək dərinliyində), dərin quyulardan və s. istifadə olunur.

Plıvunlarda tikintilərin inşası zamanı yeraltı qazmalar səciyyəvi üsullarla qazılır və həmin üsulları aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

- Yeraltı qazmaların xüsusi mühafizə bərkitmələrinin, qabaqlayıcı qazma dibinin köməyi ilə qazılması; bu şəkildə qazıma işləri zamanı yeraltı suların səviyyəsi yeraltı qazmanın əhatəsi boyu aşağı salınır.

- Yeraltı qazmaların qazılmasının dondurma əməliyyatından sonra aparılması;

- Yüksək təzyiqə malik plıvunlarda qazıma işlərinin qazıma sipərləri (daxilində yüksək təzyiq olan, qrunnun qazmaya doğru hərəkətinin qarşısını alan avadanlıq) vasitəsi ilə aparılması. Bu zaman qazıma kamerasında yaradılmış sıxılmış hava plıvunun qazmanın dibinə doğru hərəkətinin qarşısını alır və qrunnun, qazmanın divarlarının bərkitilməsi; hidroizolyasiyanın aparılması üçün şərait yaranır.

3.1.4. SUFFOZIYA HADİSƏSİ

Qrunn qırıntılarından təşkil olunmuş qrunnların məsamələri ilə suların hərəkəti zamanı onların tərkibində iştirak edən xırda dənəli hissəciklərin müəyyən şəraitdə su axını ilə daşınması, yerdəyişməsi prosesi suffoziya adlanır. Suffoziya prosesi əsasən hissəcikləri arasında rabitə olmayan qrunn qırıntılarından (qum, çınqıl, çaqıldan və s. təşkil olunmuş) təşkil olunmuş qrunnlarda və ya karst çatlarını, boşluqlarını və ya tektonik qırılmaları dolduran çöküntülərdə baş verir. Suffoziya qrunnun məsaməli mühitində suyun süzülməsinin dağıdıcı fəaliyyətidir və mexaniki təsir ilə əlaqədardır. Suffoziyanın inkişafı qrunnların müxtəlifcinslilik əmsalı və yeraltı suların hidrodinamiki qradiyenti ilə əlaqədardır.

Bəzən mexaniki və kimyəvi suffoziya anlayışından istifadə edilir və kimyəvi suffoziya kimi qrunzun həll olmuş hissəsinin sular vasitəsi ilə daşınması nəzərdə tutulur.

Həmçinin əlaqəsiz qruntları sementləmiş maddələrin su ilə həll olaraq daşınması ilə birlikdə, xırda hissəciklərin də daşınması baş verdiyi zaman bu prosesi kimyəvi-mexaniki suffoziya adlandırırlar.

Kimyəvi suffoziya qrunzun təşkiledicilərinin suda həll olaraq daşınması olduğundan, əksər tədqiqatçılara görə, **korroziya prosesi** olub, suffoziya ilə əlaqəsi yoxdur və qeyri-düzgün ifadə kimi qanunauyğun deyil [8].

Ona görə də, suffoziyaya süzülmənin əlaqəsiz qruntlara və qayavari, yarımqayavari qruntların çatlarını, boşluqlarını dolduran çöküntülərə göstərdiyi dağıdıcı təsirin bir növü kimi baxmaq olar. Misal olaraq, yamacların dabanında əlaqəsiz qruntların yer səthinə çıxışı yeraltı suların drenlənmə zonası olduqda və həmin qruntlarda suffoziya baş verdikdə, xırda dənəli hissəciklərin sular vasitəsi ilə daşınması boşluqların yaranmasına səbəb olur. Bu da qrunzun sıxlığının azalmasına, məsaməliliyinin artmasına, üstə yatan layların ağırlığından sıxlaşmanın yaranmasına səbəb olur. Üstə yatan laylar çökdüyündən onlarda çatlar, müxtəlif hissələrində zəifləmələr yaranır. Yamacların dayanıqlılığı pozulduğundan, sürüşmə baş verir. Əgər suffoziya tikintilərin, xüsusi ilə hidrotexniki tikintilərin əsasında baş verirsə, bu çox böyük təhlükə yaradır. Belə ki suffoziyanın təsiri ilə xırda hissəciklərin su ilə daşınması nəticəsində qrunzun ilkin strukturu pozulur, nəticədə qeyri-bərabər çökmə yaranır ki, bu da dəyanətliliyin pozulmasına, deformasiyanın və dağılmanın baş verməsinə səbəb olur.

Suffoziyanın təsirindən qruntların, çatları və karst boşluqlarını dolduran çöküntülərin sukeçiriciliyi yüksəlir. Bununla əlaqədar olaraq, bəndlərin əsaslarından və kənarlarından su itkisi artır.

Praktikada tez-tez suffoziya yeraltı sulara qazılmış quyuların dağılmasına, tez bir zamanda sıradan çıxmasına səbəb olur. Su quyularında, xüsusi ilə təzyiqli su quyularında suffoziyanın baş verməsi ilə əlaqədar olaraq, kollektor lay qarşısında quyu dibinə xırda hissəciklər toplanaraq quyunun dolması, süzgəcin tutulması, quyunun qoruyucu borusunun sıradan çıxması (əyilməsi, yerini

dəyişməsi, batması və s.), quyu ağzı zonada qıfların, yer səthində çökmə səthlərinin, kasalarının yaranması, bəzən böyük bir massivin sürüşməsi müşahidə olunur.

Suffoziya torpaqların meliorasiyası zamanı tikilən şaquli və üfüqi-örtülü drenajın işini də çətinləşdirir. Belə ki suffoziya nəticəsində drenə doğru istiqamətlənmiş axının təsiri ilə nəql edilən xırda dənəli hissəciklər süzgəcdə toplanaraq kolmatasiya baş verir. Nəticədə süzgəcin sukeçiriciliyi azalır və drenajın işi pisləşir. Eyni ilə həmin proses əks süzgəclərdə də baş verir.

Suffoziyanın baş verməsinə səbəb axınının böyük sürətli olması və ya hidrodinamiki təzyiqdir. Əgər hidrodinamiki təzyiq böyük olarsa, o zaman müvafiq şərait yarandıqda qrun्त kütləsinin plivun şəklində axınına səbəb ola bilər. Hidrodinamiki təzyiq kiçik olduqda isə, yaranmış şəraitə uyğun daha kiçik hissəciklərin qrun्त daxilindən daşınması baş verir.

Yeraltı suların süzülmə axınının təsiri ilə suffoziyanın yaranması şəraitini aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

- Qranulometrik tərkibə görə müxtəlifcinsli qrunتلarda iri dənəli qrunتلar arasından daha xırda ölçülü hissəciklərin yerdəyişməsi;

- Yeraltı suların yüksək süzülmə sürəti yaradan müəyyən axın qradientində və hidrodinamiki təzyiqin müəyyən qiymətində suffoziyanın inkişafı;

- Qrunتلarın yer səthinə çıxışında, çalalarla, oyuqlarla, karxana və yeraltı qazmalarla və s. qrunتلarın açılmasında, yüksək sukeçiriciliyə malik layların təmasında, qrunتلarda kavernaların, iri boşluqların və s. olduğu hissələrdə xırda ölçülü hissəciklərin su ilə daşınmasına və udulmasına şərait olduqda.

Bu şəraitlərin iştirakı qrun्त daxilində tarazlığın pozulmasına, suffoziyanın baş verməsinə zəmin yaradır.

Beləliklə, geoloji şəraitdən asılı olaraq suffoziya müəyyən təbəqələrdə və ya qranulometrik tərkibə görə müxtəlifcinsli layda, tərkiblərinə görə bir-birindən fərqlənən iki layın təmasında, karst boşluqlarını və çatları dolduran müxtəlifcinsli çöküntülərdə, qrunتلarın süzgəc doldurucuları ilə təmasında, drenajlarda və süni örtük qatında baş verə bilər.

N.M.Boçkovun (1936), A.N.Patraşevin (1938; 1945), V.S.İstominanın tədqiqatlarına görə, suffoziya daha çox

granulometrik tərkibə görə müxtəlifcinslilik əmsalından ($K_{q.c}$) və hidravliki qradiyentdən asılıdır, yəni

$$K_{q.c} = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 20 \text{ və } I > 5, \quad (3.26)$$

burada d_{60} -hissəciklərin nəzarətedici (yoxlayıcı) diametri olub, granulometrik tərkibdə həmin diametrdən kiçik diametrli hissəciklərin miqdarı 60 % təşkil edir; d_{10} - hissəciklərin effektiv və yaxud fəaliyyət göstərən diametri olub, granulometrik tərkibdə həmin diametrli hissəciklərdən kiçik ölçülü hissəciklərin miqdarı 10% təşkil edir.

Suffoziya yüksək süzülmə sürəti və yüksək hidrodinamiki təzyiq ilə əlaqədar olduğundan, müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən gah süzülmə sürəti, gah da hidrodinamiki qradiyent əsas götürülərək, müvafiq qiymətləndirmələr aparılmışdır. Buna misal olaraq, suffoziyanın yaranmasına axın sürətinin təsirinə dair D.D.Castin (1936) və N.N.Maslov tərəfindən aparılmış hesablamaların nəticələri əsasında tərtib edilmiş cədvəl 3.5-i göstərmək olar ki, həmin nəticələrdən praktikada tez-tez istifadə olunur.

Cədvəl 3.5

Suffoziya yaradan yeraltı axının yuma (böhran) sürəti.

Qrunt hissəciklərinin hesabi ölçüsü, mm	Yuma sürəti, sm/san		Qrunt hissəciklərinin hesabi ölçüsü, mm	Yuma sürəti, sm/san	
	N.N.Maslova görə	D.D.Castinə görə		N.N.Maslova görə	D.D.Castinə görə
5	-	22,05	0,1	3,0	3,05
3	-	17,3	0,08	-	2,79
1,0	10,0	9,85	0,05	2,0	2,19
0,8	-	8,83	0,03	-	1,74
0,5	7,0	6,97	0,01	0,50	0,98
0,3	-	5,13	0,005	0,12	-
			0,001	0,02	-

Qruntlarda suffoziyanı yaradan başlanğıc axın sürətinin təyini üçün Zixardın aşağıdakı düsturundan praktikada daha çox istifadə edilir:

$$g_y = \frac{\sqrt{K_s}}{15}, \quad (3.27)$$

burada g_y -suffoziya yaradan başlanğıc axın sürəti, m/san; K_s - qruntlarda süzölmə əmsalı, m/san.

A.Q.Likoşinə görə, qruntlarda suffoziya **təmas** və **laydaxili** ola bilər.

Təmas suffoziyası müxtəlif qranulometrik tərkibə malik olan iki layın təmasında baş verir və kiçik ölçülü hissəciklər bir laydan sularla daşınaraq, həmin layla təmasda olan və daha kobud dənəli hissəciklərdən təşkil olunmuş layda akkumulyasiya edir. Bu zaman məsaməli mühitdə su axınının təsiri nəql olunan qrunut hissəcikləri səthində yarana bilən adgeziya-ilişmə qüvvəsindən üstün olur. Beləliklə, iki müxtəlif qranulometrik tərkibə malik qrunut layının təması boyu fərqli qranulometrik tərkibli və xassəli təbəqə formalaşır. Belə bir şəraitin formalaşmasında müxtəlif dispersliyə malik olan qrunut təbəqəsində fərqli sürətə malik axınların yaranması əsas rol oynayır. Belə ki su axını kəsilməz olduğundan, daha çox dispers olan mühitdə axın sürəti böyük, iri dənəli hissəciklərdən ibarət olan qruntlarda (məsamələrin ölçüsü böyüdüyündən) isə kiçik olur.

İncə dənəli qruntlarda böyük sürətlə hərəkət edən su axını özü ilə dispers qrunut hissəciklərini nəql etdirərək, iri dənəli hissəciklərdən təşkil olunmuş qrunut layında axın sürəti azaldığından orada çökdürür. Suyun axın sürəti isə iki layın təması boyu dəyişir. Yəni kiçik ölçülü məsamələrlə hərəkət edən axın böyük ölçülü məsamələrə daxil olduqda onun sürəti azalır.

Təmasda olan iki fərqli qranulometrik tərkibə malik qrunut layında təmas suffoziyası üçün axın sürətinin böhran həddi S.V.İzbaşa görə (1933) aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$g_b = g_0 + f \left(\frac{d^2}{D^2} \right), \quad (3.28)$$

burada g_b -axın sürətinin böhran həddi, sm/san; g_0 -qrunut hissəciklərinin çəkisindən böyük olan axın sürəti, sm/san; d və D -təmasda olan layların qranulometrik tərkibində hissəciklərin orta diametridir.

Axın sürətinin böhran həddi elə bir həddir ki, axının həmin sürətindən böyük sürətlərdə təmas suffoziyası baş verir.

L.İ. Kozlova (1934) təmas suffoziyası yaradan axın sürətinin böhran həddinin təyini ilə əlaqədar apardığı təcrübə tədqiqatları əsasında müəyyən etmişdir ki, yuyulma baş verən laydan

hissəciklərin daşınma sürəti, hər iki layın hissəciklərinin nəzarətedici diametrinin nisbətindən asılıdır. S.V.İzbaş tərəfindən təklif edilmiş düstur aşağıdakı kim dəqiqləşdirilmişdir.

$$g_b = 0,26d_{60}^2 \cdot \left[1 + 1000 \left(\frac{d_{60}^2}{D_{60}^2} \right) \right], \quad (3.29)$$

burada d_{60} və D_{60} - müvafiq olaraq hər iki layda hissəciklərin nəzarətedici diametridir (mm).

Laydaxili suffoziya eyni layın daxilində daha kiçik ölçülü hissəciklərin sular vasitəsi ilə məsamələrlə daşınması şəklində baş verir. Bu zaman su ilə daşınan hissəciklər layın bir hissəsindən digər hissəsinə doğru və ya həmin laydan kənara daşına bilər. Laydaxili suffoziyanın baş verməsinə məsamələrlə hərəkət edən suyun axın sürətinin və layda qrunun struktur-tekstur məxsusiliyinin təsiri böyükdür. Misal olaraq eyni lay daxilində təsadüf edən lokal çatlar, boşluqlar, kavernalar, iri ölçülü məsamələr, kanalcıqlar və s. laydaxili suffoziyanı artırır.

K.Tersagi (1933) yuxarı qalxan süzülmə axınının qumların dəyanətliyi təsirini öyrənərək göstərmişdir ki, süzülmə axınının təsirindən qrunların dağılması hidrodinamiki qradiyentin aşağıdakı düsturla təyin olunan qiymətindən asılıdır.

$$J_d = (\Delta - 1) \cdot (1 - n) = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}, \quad (3.30)$$

burada J_d – hidrodinamiki qradiyentin qumun dağılmasına uyğun həddi; Δ - qumun mütləq sıxlığı, q/sm³; n -qumun məsaməliliyi, %; ε - məsaməlilik əmsalıdır.

Qranulometrik tərkibinə görə müxtəlifcinsli qrunlarda süzülmə axınının təsiri ilə dağılma, Y.A.Zamarinə (1931; 1954) görə hidrodinamiki qradiyentin aşağıdakı düsturla təyin edilən qiymətlərində baş verir.

$$J_d = (\Delta - 1) \cdot (1 - n) + 0,5n. \quad (3.31)$$

V.S.İstomina (1952; 1957) suffoziyanın inkişaf şəraitinin tədqiqi əsasında müəyyən etmişdir ki, qranulometrik tərkibə görə qrunların müxtəlifcinsliliyi artdıqca, suffoziya hidrodinamiki qradiyentin daha kiçik qiymətində baş verir. Həmin asılılığı o, qrafiki şəkildə təsvir etmişdir. Suffoziyanın inkişafının proqnozlaşdırılmasında həmin qrafikdən tez-tez istifadə olunur (şəkil 3.3).

Suffoziyanın təyini. Qruntların suffoziyaya meyilli olmasının çöl şəraitində təyini üçün V.N.Slavyanov tərəfindən cihaz təklif edilmişdir (şəkil 3.4).

Həmin cihaz vasitəsi ilə qruntda suffoziya və ya plivun yaradan hidravliki qradiyentin böhran həddini təyin etmək mümkündür. Bunun üçün qrunnt nazikdivarlı halqa ilə birlikdə cihazın gövdəsinə yerləşdirilərək, tələb olunan qayda üzrə quraşdırılır. Supaylayıcı kameraya (10) qrunntun islanması üçün su verilir. Nümunə kapilyar islanma ilə tam islandıqdan sonra (təzyiq yaratmadan), təcrübi kamerada (7) suffoziya yarananadək suyun təzyiqi artırılır. Suyun təzyiqi monometr vasitəsi ilə ölçülür.

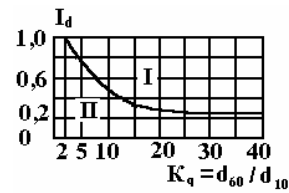
Suyun təzyiqi artırıldıqca, şəffaf plastmas boruda (3) suffoziyanın və ya plivunun baş verməsi təyin edilir.

Qruntdan vahid zamanda süzülən suyun miqdarına görə süzülmə əmsalını hesablamaq, həmin filtratın kimyəvi tərkibini və su ilə süzülmüş asılı hissəciklərin qranulometrik tərkibinə görə isə suffoziyaya meyilliliyini təyin etmək olar.

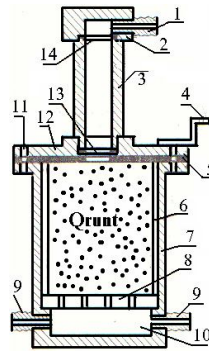
Müxtəlif qumlu-gilli qruntların tədqiqi zamanı aşağıdakı təcrübə nəticələri ilə rastlaşmaq olar:

- Supaylayıcı kamerada (10) yaradılmış təzyiqdə qruntdan su süzülür və nümunə öz formasını saxlayır; bu halda qrunnt həmin təzyiqdə dəyanətli sukeçirməyəndir.

- Şəffaf boruda (3) təmiz su toplanır, nümunə öz formasını saxlayır; bu halda qrunnt sukeçirəndir və həmin təzyiqdə dəyanətlidir. Bu halda vahid zamanda süzülmüş suyun miqdarına görə süzülmə əmsalı hesablanıla bilər.



Şəkil 3.3. Suffoziyanın baş vermə imkanının qiymətləndirilməsi üçün qrafik (V.S.İstominaya görə). I-süzülmə axınının dağıdıcı qradiyenti oblastı; II-süzülmə axınının təhlükəsiz qradiyenti oblastı.



Şəkil 3.4. Suffoziyanı öyrənmək üçün cihaz (V.N.Slavyanov sistemi). 1 və 9 - borucuq (ştutser); 2 - şəffaf borunun qapağı; 3 - şəffaf plastmas boru; 4 - monometri bərkitmək üçün dayaq (tutucu); 5, 13 və 14 - rezin araqatlar; 6 - kəsici halqa; 7 - cihazın gövdəsi (kamerası); 8 - tor-tor lövhə; 10 - supaylayıcı; 11 - deşik (6 ədəd); 12 - qapaq.

- Şəffaf boruda (3) bulanıq su toplanır-qrunut suffoziyaya meyillidir. Bu zaman suffoziyanın başlanğıc təzyiqi qeydə alınır. Nümunədən keçmiş su (filtrat) toplanılaraq, qruntdan daşınmış hissəciklərin miqdarı və qranulometrik tərkibi təyin edilir.

- Şəffaf boruda təzyiq altından sürüşərək çıxmış qrunut toplanır (bu hal qazıma zamanı quyularda yaranan plıvun tıxaclarına bənzəyir). Bu hal təzyiqin böhran həddində qrunutun plıvun təhlükəli olması deməkdir.

Bəzi qruntlarda hidrodinamiki təzyiqin kiçik qiymətlərində süzülmə, təzyiq müəyyən qədər artırıldıqda suffoziya, daha çox artırıldıqda isə qrunut əlaqələliyini itirir və plıvun baş verir.

Tikintilərin layihələndirilməsi zamanı suffoziyanın nəzərə alınması. Drenaj qurğulu hidrotexniki tikintilərin əsaslarında suffoziyanın baş verməməsi üçün yerli basqı qradiyentinin böhran həddi təyin edilir. Basqının yerli hesabi böhran həddinin ($J_{b.h.}$) təyini laboratoriya və ya çöl şəraitində qruntların suffoziyaya qarşı dəyanətliliyinin tədqiqi nəticələrindən istifadə etməklə, müvafiq hesablama metodları ilə aparıla bilər.

Drenajlı hidrotexniki tikintilərin əsaslarında basqının böhran həddinin orta hesabi qiyməti ($J_{o.b.h.}$) müvafiq tikinti norma və qaydalarında (İNvəQ 2.02.02-85) öz əksini tapmış cədvəl 3.6 əsasında müəyyən edilir.

Cədvəl 3.6

Qrunutun növündən asılı olaraq basqı qradiyentinin orta hesabi buraxılabilən qiyməti

Qrunut	Basqı qradiyentinin orta hesabi qiyməti, $J_{o.b.h.}$
Qum:	
Xırda dənəli	0,32
Orta dənəli	0,42
İri dənəli	0,48
Qumca	0,60
Gilca	0,80
Gil	1,35

Suffoziyaya uğramayan qum qruntlarında yerli hesabi böhran həddinin ($J_{b.h.}$) drenaja su axını daxil olduğu hissədə 1,0, drenajdan aralı 0,3 qəbul edilməsi mümkündür. Yer səthinə çıxışda və drenaj qurğusu olduqda tozlu-gilli qruntlar üçün $J_{b.h.}=1,5$, deformasiyaya uğramış boşalma zonasında isə $J_{b.h.}=2,0$ qəbul edilməsi yol veriləndir.

Tikintilərin qeyri-qayavari qrunut bünövrələrinin süzülmə təsirinə qarşı ümumi davamlılığının təmini üçün aşağıdakı meyardan istifadə edilir:

$$J_t \leq \frac{1}{\gamma_e} \cdot J_{o.b.h.}, \quad (3.32)$$

burada J_t -tikintinin qrunut bünövrəsinin müvafiq dəyanətliliyi hesablanmış hissəsində yerli basqı qradientidir; γ_e -tikintinin məsulluq səviyyəsinə uyğun təyin edilən etibarlılıq əmsəlidir.

Müxtəlif süzülmə xüsusiyyətinə və struktura malik qrunutların təmasına təsadüf edilən tikinti əsaslarında (qeyri-qayavari qrunutlarda) süzülməyə qarşı dəyanətliliyin təmini üçün aşağıdakı meyardan istifadə edilir:

$$J_t \leq \frac{J_{b.h.}}{\gamma_e}. \quad (3.33)$$

Almaniyada istifadə edilən WAPRO 4.04 standartına görə laydaxili suffoziyaya qarşı qrunutun dəyanətliliyi aşağıdakı şərtlər daxilində ödənilə bilər:

$$d_{\min.b.} \geq 1,5 \cdot 0,6 d_p; \quad d_{\min.b.} \geq 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,455 \sqrt{K_q} \cdot \varepsilon \cdot d_{17}; \quad (3.34)$$

və yaxud suffoziyaya qarşı dəyanətliliyin həndəsi ehtiyat əmsəli

$$\eta_{s,D} = \frac{d_{\min.fakt}}{0,6 d_p} = 1,5, \quad (3.35)$$

burada $d_{\min.dop}$ -suffoziyaya uğramayan hissəciklərin minimal diametri, m; d_p -məsamələrlə əmələ gələn süzülmə kanalının diametri, m; K_q -qranulometrik tərkibə görə müxtəlifcinslilik əmsəli, yəni $K_q = \frac{d_{60}}{d_{10}}$; d_{17} -hissəciklərin elə diametridir ki, ölçüsü

həmin diametrdən kiçik olan hissəciklərin qrunutun tərkibində miqdarı 17 % təşkil edir, m; ε -məsaməlilik əmsəlidir.

Həmin standartla görə, suffozianın baş verməməsi üçün aşağıdakı hidravliki meyar da nəzərə alınmalıdır.

$$\eta_{s,h} = \frac{I_{s.b.}}{I_{s.fakt}} \geq 2, \quad (3.36)$$

burada $I_{s.b.}$ -suffoziyaya görə böhran hidravliki qradient; $I_{s, fakt}$ -suffoziyaya görə faktiki hidravliki qradientdir.

PLIVUN VƏ SUFFOZIYAYA AİD ƏDƏBİYYAT

1. Абелев Ю.М. Плывуны, как основания сооружений и методы их использования на месте постройки. М.: Стройиздат, 1947. 128 с.
2. Бочков Н.М. Механическая суффозия. М.: ГОНТИ, 1936. 45 с.
3. Горькова И.М., Чепик В.Ф., Рябичева К.Н. О природе плывунности песчано-коллоидных пород. М.: Изд-во АН СССР, 1957. с. 62-152. (Труды Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, т. 15).
4. Гоуска В. Горные работы в плывунах. М.: Углетехиздат, 1958. 103 с.
5. Евдокимов-Рокотовский М.И. Строительство на плывунах. М.-Л.: Стройиздат, 1941. 132 с.
6. Истомина В.С. Фильтрационная устойчивость грунтов. М.: Госстройиздат, 1957. 295 с.
7. Лебедев А.Ф. О природе истинных плывунов. «Москва-ВолДЦИСТрой», 1935, № 3, с. 29-34.
8. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра», 1977. 479 с.
9. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: «Недра», 1984. 511 с.
10. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М.: «Высшая школа», 1968. 629 с.
11. Маслов Н.Н. Условия устойчивости водонасыщенных песков. М.: Госэнергоиздат, 1959. 327 с.
12. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М.: Изд-во лит. по строительству, 1971, 341 с.
13. Открытия в СССР. М.: ЦНИИПИ, 1972. 39 с.
14. Радина В.В. Роль микроорганизмов и формировании свойств грунтов и их напряженного состояния. «Гидротехн. стр-во», 1973, № 9. с.22-24.
15. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: «Недра», 1983, 528 с.
16. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. М.: ГОНТИ, 1939. 488 с.

17. Слободкин Д.С. Свойства пльвунов и выбор способа проходки стволов шахт. М.: Углетехиздат, 1955. 123 с.
18. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп./ Под. ред. М.В.Чуринова. М.: «Недра», 1981. 325 с.
19. Строительные Нормы и Правила. Основания Гидротехнических Сооружений. СНиП 2.02.02-85

3.1.5. SÜRÜŞMƏ

Ümumi məlumat. Müxtəlif mailyə malik olan yamaclarda qruntların dayanıqlılığının pozulması ilə əlaqədar olaraq yamacın bir hissəsi qoparaq qrunnt kütləsi kimi müxtəlif şəkildə hərəkət edir. Yamacda yerdəyişməyə məruz qalmış qrunnt kütləsinin hərəkət xüsusiyyətindən, trayektoriyasından, yerdəyişmə baş verən səthin formasından, yamacı təşkil edən qrunnt təbəqələrinin litoloji xüsusiyyətlərindən və s. asılı olaraq müxtəlif tədqiqatçıların bu prosesə yanaşması fərqlidir. Bəzi tədqiqatçılara görə, yamacı təşkil edən qruntların altıda yatan qruntlar üzrə səthdən ayrılmadan, yamac boyu yerdəyişməsi sürüşmə adlandırılmalıdır. Ona görə də, **uçqun, sürüşmə, daş uçqunu və səpəlməsi** ayrılıqda fərqləndirilməlidir.

Uçqun dedikdə, yamacdan qoparaq ayrılan qrunnt kütləsinin havada və yamacda (yamac üzrə diyirlənərək və yaxud səth üzrə mürəkkəb hərəkət edərək) hərəkət etməklə yerdəyişməsi nəzərdə tutulur. Massivdən ayrılan qayavari və yarımqayavari süxurlardan təşkil olunan qrunntun qəlpələnmiş, xırdalanmış hissəciklərinin kütləvi və ayrı-ayrılıqda yerdəyişməsi **daş uçqunu** və **səpəlməsi** şəklində müşahidə olunur. Səpəlmə ilkin qruntların daha çox aşınmaya, parçalanmaya uğraması ilə əlaqədar olur və bir-birindən təcrid olunmuş qruntların yamac boyu səpilməsi, hərəkəti şəklində baş verir.

Sürüşmə. Sürüşmə ekzogen-geodinamiki proses olub, ağırlıq, hidrodinamiki təzyiq, seysmik və s. qüvvələrin təsiri altında yamacın ilkin bütövlüyü pozularaq, qrunnt kütləsinin yamac boyu yerdəyişməsi şəklində təzahür edir. Yəni yamacı təşkil edən qrunnt kütləsinə təsir edən sürüşdürücü (ağırlıq qüvvəsinin sürüşmə istiqamətində yönələn toplananı, hidrodinamiki təzyiq qüvvəsi, seysmik təsir qüvvəsi və s.) və sürüşməyə qarşı müqavimət

(qruntda daxili sürtünmə və ilişmə hesabına yaranan qüvvələr, bəzi maneələr) qüvvələri arasında mövcud olan təbii-tarazlıq şərti pozulduqda bu hadisə baş verir. Bu zaman yamacı təşkil edən qrunnt kütləsinin bir hissəsi qoparaq şaquli və üfüqi istiqamətdə (sürüşərək və müəyyən qədər fırlanaraq) yerdəyişməyə məruz qalır.

Sürüşmə yamacın bütövlüyünü pozmaqla bərabər, onun geoloji quruluşunu, xarici görünüşünü, relyef şəraitini, sürüşmüş qrunnt kütləsinin strukturunu, daxili quruluşunu dəyişir, səciyyəvi sürüşmə relyef forması əmələ gətirir. Yamacı təşkil edən qrunnt kütləsi sürüşmə zamanı bir və ya bir neçə sürüşmə səthi üzrə yerdəyişməyə məruz qalaraq, müvafiq ölçülü **sürüşmə sahəsi** əmələ gətirir. Yamacın dikliyindən, hündürlüyündən, qrunnt şəraitindən, geoloji quruluşundan və s. asılı olaraq, bəzən yamacın qaşından dabanına doğru bir neçə hissədə qrunnt kütləsinin sürüşməsi baş verir ki, nəticədə **çoxmərtəbəli sürüşmə sahəsi** formalaşır. Əsasən bu sürüşmə sahələrinin hüdudları bir-biri ilə təmas yaradır və ya bir-birinin üzərinə düşür, bəzən isə təcrid olunmuş şəkildə təzahür edirlər. Bu sürüşmə sahələri birləşərək bəzən bir neçə kilometrədək təkrarlanırlar və **sürüşmə rayonunu** yaradırlar.

Ümumiyyətlə, sürüşmə sahələri prosesin inkişaf səviyyəsindən, dinamikasından və s. amillərin təsirindən asılı olaraq, ölçülərinə, yerdəyişmənin xarakterinə, morfoloji xüsusiyyətlərinə, sürüşmənin strukturuna görə bir-birindən fərqlənirlər.

Ümumiyyətlə, təbii-tarazlıq şərti pozulmuş yamacda sürüşmə baş verir və yerini dəyişmiş qrunnt kütləsində sürüşmə təhlükəsi ya müvəqqəti olaraq, ya da daimi aradan götürülmüş olur. Sürüşmüş qrunnt kütləsinə təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisinin sıfıra bərabər olması və ya sürüşdürücü qüvvələrin üstünlük təşkil etməsi, həmin qrunnt kütləsində sürüşmə təhlükəsinin hələ də qalması ehtimalını göstərir. Baxmayaraq ki, sürüşmüş kütlədə yerdəyişmə qeydə alınmır, ancaq istənilən zaman anında yaranan əlavə sürüşdürücü təsir yerdəyişməyə səbəb ola bilər, yəni sürüşmüş qrunnt kütləsində sürüşmə təhlükəsi müvəqqəti olaraq aradan qaldırılmışdır. Sürüşdürücü qüvvənin sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvəsindən (daxili sürtünmə və ilişmə qüvvəsindən) kifayət qədər kiçik olması sürüşmüş kütlədə sürüşmə təhlükəsinin qalmadığını göstərir.

Ona görə də, sürüşmə ehtimalı olan ərazilərdə tikintilərin layihələndirilməsi, tikintisi və istismarı zamanı sürüşmə prosesinin proqnozlaşdırılması, sürüşmə yamacının dayanıqlılığının hesablanması vacibdir.

Sürüşmənin təbii geoloji şəraitə və mühəndisi tikililərə təsiri.

Sürüşmənin baş verməsi ərazilərin bütövlüyünü, xarici görünüşünü, geoloji quruluşunu və s. dəyişməklə bərabər, digər ekzogen-geodinamiki proseslərin də intensivləşməsi üçün şərait yaradır. Sürüşmə baş vermiş ərazilərdə qurğuların, tikintilərin, yaşayış massivlərinin, kanalların, yolların, rabitə sistemlərinin, bir sözlə mühəndisi qurğu və tikililərin dayanıqlılığı pozulur, nəticədə onların sıradan çıxması üçün şərait yaranmış olur.

Yaşayış massivlərində, hidrotexniki bəndlərin yerləşdiyi ərazilərdə sürüşmələrin baş verməsi bəzən böyük miqyaslı dəyişiklik yaradır, fəlakətlə nəticələnir.

Sürüşmə hadisəsinə dair çoxlu misallar göstərmək olar. Misal olaraq, 9 oktyabr 1963-cü ildə İtaliyanın Pyav vadisində Vayont tağvari bəndinə (265,5 m) yaxın (1960-cı ildə tikintisi başa çatmışdır) sürüşmə ilə əlaqəli fəlakət baş vermişdir. Bəndin yuxarı byefində kanonabənzər vadinin sol yamacında 240 mln m³-dən çox qrunt kütəsi 15-30 san müddətində sürüşmüş, su anbarında 2 km-dək məsafədə, su səthindən 175 m hündürlükdə sürüşmüş kütlə toplanmışdır. Sürüşmə 15-30 m/san sürətlə baş vermiş və həmin təsirdən yaranan seysmik təkan Vena və Brüsseldə qeydə alınmışdır. Qrunt kütləsinin sürüşməsi zamanı yaranan hava dalğası daş uçqununa və su hövzəsində su səviyyəsindən 260 m hündürlüyə çatan dalğanın (sağ sahildə) yaranmasına səbəb olmuşdur. Nəticədə bəndin üzərində yaranan su dalğasının hündürlüyü 100 m-dək çatmış, sürüşmənin baş verdiyi andan 7 dəqiqə müddətində bənddən bir neçə kilometr aşağı bir neçə şəhərin suyun təsiri ilə dağılması, 3 minədək adamın ölməsi qeydə alınmışdır. Burada su hövzəsi ərazisinin mühəndisi-geoloji şəraitinin əlverişli olmaması və su hövzəsinin tikintisi ilə əlaqədar yamacın dayanıqlılığının pozulması sürüşməyə səbəb olmuşdur.

Tacikstanın Zərəfşan və Fandərya çaylarının birləşdiyi yerdə, 24 aprel 1964-cü ildə vadinin sol yamacında baş verən sürüşmə zamanı 20 mln m³-dək qrunt kütləsi vadini eninə 630 m məsafədə kəsdiyindən, 435 min m² sahədə ellips formalı və 150 m hündürlüklü bənd əmələ gəlmişdir. Sürüşmə prosesi elüvial-

delüvial mənşəli qumlu-gilli qruntlarda, yamacın islanması və avtomobil yolunun çəkilişi ilə əlaqədar olaraq 14-20 m hündürlüyündə kəsilməsi, həmçinin Səmərqənd yaxınlığında 4 bal gücündə zəlzələnin yaratdığı təkan ilə əlaqədar baş vermişdir.

Sürüşmə hadisəsinə yer kürəsinin hər yerində təsadüf etmək mümkündür və yaratdığı təhlükələr də böyükdür. Sürüşmə hadisəsi təkcə təbii yamaclarda deyil, həm də insanların geoloji mühitdə həyata keçirdiyi mühəndisi fəaliyyətlə əlaqədar olaraq yaradılmış müxtəlif dikliyə malik relyef kəsmələrində (müxtəlif yamaclıqlı qazmalarda), yeraltı qazmalarda, karxana dərələrində və s. baş verir. Belə ki təbii relyef formalarının kəsilməsi qrunտ layının bütövlüyünü pozaraq dayanıqlılığını azaltdığından, qruntların su ilə doyması, hər hansı zərbə, seysmik təsir, titrəyiş və s. sürüşmənin baş verməsinə şərait yaradır.

Misal olaraq, 2008-ci ilin iyun ayında, Bakı-Quba-Rusiya Federasiyasının sərhədini birləşdirən avtomobil yolunun Dəvəçi rayonundan keçən hissəsinin PK122+680-PK122+910, 2009-cu ilin fevral ayında isə PK122+960-PK123+080 piketləri arasında avtomobil yolunun yamacı kəsib keçdiyi hissədə sürüşmə baş vermiş, nəticədə yolun təzə çəkilmiş hissəsinin müvafiq uzunluqları sıradan çıxmışdır. Sürüşmə prosesinin intensivləşməsi texnogen amillərin təsiri ilə əlaqədar olmuşdur. Belə ki avtomobil yolunun yeni trassasının çəkilişi zamanı yamacın kəsilməsi və onun dayanıqlılığının təmini məqsədi ilə yerinə yetirilmiş tədbirlərin isə düzgün seçilməməsi, yamacın islanması nəticəsində qruntların fiziki-mexaniki xassələrinin pisləşməsi, bütövlüyü pozulmuş yamacda mailliyin yolverilən həddən böyük olması sürüşmənin baş verməsinə səbəb olmuşdur.

Eyni ilə Muğanlı-İsmayilli avtomobil yolunun yeni çəkilmiş trassasında 11.02.2010-cu il tarixində sürüşmə baş vermiş, nəticədə avtomobil yolunun sürüşmə təsirinə məruz qalan hissəsi tamamilə yararsız hala düşmüşdür. Sürüşən ərazi aktiv sürüşmə zonasında yerləşdiyindən, onun intensivləşməsi yolun yenidən çəkilişi zamanı genişləndirmə işlərinin yerinə yetirilməsi, sürüşməyə qarşı lazımi mübarizə tədbirlərinin aparılmaması, atmosfer (qar) yağıntılarının təsiri ilə qruntların doyma həddinədək islanması ilə əlaqədar olmuşdur.

Uzunmüddətli atmosfer yağıntılarının düşməsi zamanı, 2010-cu ildə Azərbaycanın Lerik, Yardımlı, Lənkəran, Masallı, Şamaxı,

İsmayilli, Quba, Qusar, Göy-göl, Tovuz və bir sıra digər rayonlarının ərazisində sürüşmə hadisələri intensivləşmişdir. 23 aprel 2010-cu il tarixində Quba rayonunun Giləzi kəndində baş verən sürüşmə zamanı 10 ha-dan çox ərazi sürüşmə təsirinə məruz qalmış, təsir zonasındakı tikililər, evlər sıradan çıxmış, Quba-Qonaxkənd yolu bağlanmışdır. 24 aprel 2010-cu il tarixində Tovuz rayonunun Qəribli kəndində baş verən sürüşmə zamanı 1 ev sürüşmənin təsirinə məruz qalarkən 5 nəfər həlak olmuşdur. Sürüşmə hadisəsinin son vaxtlar intensivləşməsinə səbəb meşə zolaqlarının sürətlə qırılması, aşınma prosesinin müxtəlif amillərin (xüsusi ilə texnogen təsirlə əlaqəli) təsirindən sürətlənməsi və atmosfer yağıntılarının müəyyən müddət ərzində, kəsilməz olaraq düşməsidir.

Azərbaycan Respublikası ərazisində sürüşmə hadisəsi Abşeron yarımadasında, Şamaxı-Muğanlı-İsmayilli avtomobil yolu boyu, Lənkəran-Astara zonasında, Dəvəçi, Quba-Qusar rayonları ərazisində, ümumiyyətlə Böyük və Kiçik Qafqazın ətəklərində və yamaclarında tez-tez təzahür edir.

Sürüşmə hadisəsinə keçmiş SSRİ-nin bütün respublikalarında, xüsusi ilə Şimali Qafqazın ətəklərində və yamaclarında, Qara dənizin Qafqaz və Krım sahillərində, Odessa ərazisində, Gürcüstanda, Rus platformasında Kama və Vyatka çaylarının sağ sahillərində, Volqa çayının vadi yamaclarında, Dneprin sağ sahilində (Kiyev ərazisində), Orta Asiyada və Sibir çaylarının vadiləri boyu, Baykal gölü sahilində və s. rast gəlmək olar. Sürüşmələr Orta Asiyada və Sibir çaylarının vadiləri boyu daha böyük sahələri əhatə etmişdir.

Sürüşmə sahələrinin morfoloji xüsusiyyətləri. Sürüşmə zamanı təbii-tarazlıq vəziyyəti pozulmuş qrunt kütləsi yamac boyu müxtəlif şəkildə yerdəyişməyə məruz qalaraq sürüşmə sahəsini yaradır ki, hər bir sürüşmə sahəsi də planda ölçülərinə, formasına və tipinə görə fərqlənir. Qrunt kütləsi **blok və bloklar şəklində (struktur sürüşmə), özlü maye (plastik sürüşmə)** və yaxud **keçid tipli** olmaqla müəyyən bir səth üzrə sürüşür (şəkil 3.5).

Sürüşmə massivinin ölçüləri müxtəlif olmaqla, kiçik həcmdən, onlarla və yüzlərlə kub metrə qədər həcmədək ola bilər. Ona görə də, sürüşmənin təsir sahəsini səciyyələndirmək və qiymətləndirmək üçün aşağıdakı bölgüdən istifadə etmək olar: **kiçik**-bir kub metrədək həcmə çatan qəlpələr, qopmalar; **xırda**-10 m³-dən 100-200 m³-dək; **orta**-100 m³-dən 1000 m³-dək; **böyük**-min və on minlərlə kub metrə 100-200 min kub metrədək; **nəhəng** (çox böyük)-yüz minlərlə və daha çox kub metr.

Sürüşmənin hərəkət mexanizmindən asılı olaraq onun növü (massiv və ya blok şəkilli, plastik və keçid vəziyyətli) müəyyən olunur.

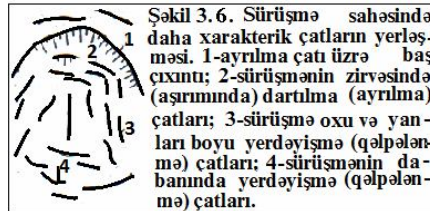
Qrunt kütləsinin sükunətdə olan əsas hissədən ayrılaraq üzəri ilə hərəkət etdiyi səth **sürüşmə səthi** adlanır. Sürüşmə prosesi bir və ya eyni zamanda bir neçə səth üzrə baş verə bilər ki, bununla əlaqədar olaraq sürüşmənin quruluşu (strukturu) formalaşır. Sürüşmə səthi bəzən dağılma səthi də adlandırılır. Sürüşmə səthlərinin sayı artdıqca, sürüşmənin daxili quruluşu da mürəkkəbləşir.

Sürüşmə yamacını təşkil edən qruntların eynicinsliliyindən, təsir edən amillərdən asılı olaraq sürüşmə səthi müxtəlif şəkildə olur. Sürüşmə, eynicinsli qruntlardan təşkil olunmuş sürüşmə yamaclarında əsasən **çökük, səlis çökük, dairəvi-silindrik formaya oxşar**, müxtəlifcinsli qruntlardan təşkil olunmuş sürüşmə yamaclarında isə şaquli və üfüqi istiqamətdə yamacın zəifləmiş hissələrinin birləşməsindən əmələ gələn səth üzrə baş verir. Müxtəlifcinsli qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda sürüşmə səthi ana süxurlarla intensiv aşınma qatının (elüvial zona) sərhədi, bəzi qruntların (gil, argillit, gilli qumdaşı, mergel, gəc, daş kömür) səthi və ara qatı, çatların və çatlar sisteminin səthi, tektonik parçalanma zonaları, donmuş səthlərlə əlaqədar olur. Əksər hallarda **müstəvi, pilləvi-müstəvi, dalğalı** və yaxud **daha mürəkkəb, qeyri-düzgün formalı, qarışıq çat, laylanma, şistlik** və s. ayrılma səthləri üzrə olur. Sürüşmə səthinin yamacın bünövrəsində yer səthinə çıxan hissəsi **sürüşmənin dabanı**, yuxarı hissəsi isə **qaşı**



adlanır (şəkil 3.5). Sürüşmə təsirinə yer səthindən müəyyən dərinliyədək qrunut təbəqəsi (torpaq qatı, delüvial və delüvial-elüvial çöküntülər və ya dərinlikdə yerləşən qrunut qatı) məruz qalır. Sürüşmə müstəvisinin yer səthindən yerləşmə dərinliyinə görə F.P.Savarenski sürüşmələri aşağıdakı kimi fərqləndirmişdir. Sürüşmə müstəvisinin yer səthindən dərinliyi: < 1 m olduqda-**səthi**; < 5 m olduqda-**dayaz**; < 20 m olduqda-**dərin**; > 20 m olduqda isə **çox dərin**.

Təbii-tarazlıq şərti pozulmuş yamacda gərginlikli vəziyyət yarandığından, yamacın zəifləmiş hissələrində müxtəlif ölçülü, istiqamətli və formalı çatlar əmələ gəlir (şəkil 3.6). Bu çatlar yamacın qaşında olduqda ayrılma çatı əmələ gələrək qövsvari (konsentrik) və yaxud yamacın uzantısı boyu dik yönəlir və qrunut kütləsinin yerdəyişməsi də həmin çatlar üzrə baş verir. Nəticədə

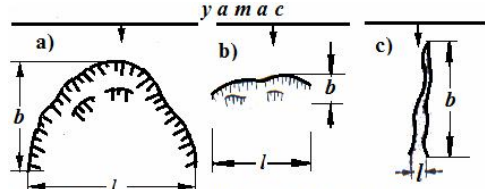


yuxarı hissələrdə sürüşmə baş vermiş çat müstəvisi relyefdə bir neçə metr hündürlüyə malik qövsvari çıxıntı əmələ gətirir. Sürüşmələrin çoxluq təşkil etdiyi sahələr üçün **sürüşmə sirki** xarakterik olur ki, bu da yamacın qaşında qovuşan amfiteatr şəklində olan, sürüşmənin yaratdığı, pilləvari quruluşa malik çuxur relyef formasıdır (şəkil 3.7). Çatlar yamac boyu uzandıqda pillələr formalaşır. Bəzən yamacda biri-birinə az və ya çox dərəcədə paralel yerləşmiş **pillələr** əmələ gəlir. Bu zaman sürüşmə sirki hüdudunda və frontal sürüşmələrdə baş relyef çıxıntısı ilə bərabər, daxili relyef çıxıntıları da əmələ gəlir. Sürüşmələrin kənarları boyu ayrılma çatları yaranaraq sürüşmənin yan sərhədini əmələ gətirir. Həmin çatlar bütöv və yaxud arabir çıxıntılar yaradır. Sürüşən kütlənin müxtəlif hissələrinin hərəkət sürəti müxtəlif olduğundan, onların təmas hissələrində də müvafiq istiqamətli çatlar əmələ gəlir. Yamacın dabanına doğru sürüşən qrunut kütləsinin hərəkətinə qarşı maneə yarandığından, yuxarıdan hərəkət edən qrunut kütləsi ilə əvvəl yerdəyişməyə məruz qalmış qrunut kütləsi arasında da çatlar əmələ gəlir və bu çatlar əsasən sürüşmə istiqamətini kəsən xətlər üzrə yönəlir.

Əmələgəlmə şəritindən asılı olaraq, planda sürüşmələr müxtəlif şəkildə görünürlər. Sürüşmənin əmələ gətirdiyi təzahür formaları arasında **sirkəbənzər**, **frontal**, **buzlaq buzuna oxşar**, **keçid**,

qarışıq və s. formalara və quruluşlara rast gəlmək olar. Sirkəbənzər sürüşmələrdə sürüşmənin eni və uzunluğu təqribən bir-birinə bərabər olur (şəkil 3.7).

Bu sürüşmədə baş və daxili çıxıntılar (pillələr) yarımdairə şəklində sürüşmə çuxurunu əhatə edirlər. Frontal sürüşmələrdə baş və daxili çıxıntılar (pillələr) yamac boyu dartılmış formada olurlar və bu sürüşmələrin yamac boyu uzunluğu enindən dəfələrlə böyük olur. Buzlaq buzuna bənzər sürüşmələr də yamac boyu dartılmış (uzanmış) formalı (uzunluğu enindən çox böyük) olurlar.



Şəkil 3.7. Planda sürüşmənin görünüşü. a-sirkəbənzər; b-frontal; c-axın-sürüşmə-buzlaq buzuna bənzər.

Sürüşmə sahələri səciyyəvi morfoloji əlamətlərə malikdirlər. Belə ki sürüşmə sahələrində relyef hamar olmayıb, dalğavari, çıxıntılı, torpaq örtüyü dağılmış, qruntlar çatlı, bitki örtüyü pozulmuş, xüsusi ilə ağaclar bir tərəfə əyilmiş («kefli meşə» formasında), bəzi ağaclar (misal olaraq tozağacı) isə daha çox əyilərək qılınçvari olurlar. Sürüşmə relyefdə daha çox əks olunur, həmin ərazilərdə inşa edilmiş tikililərdə deformasiyalar baş verir, yeraltı suların axım istiqamətində və sürətində dəyişiklik yaranır. Ona görə də, sürüşmə sahələrində yeraltı suların toplanma və drenlənmə zonaları dəyişir.

Sürüşmənin relyefdə, bitki örtüyündə və digər təzahür formaları onun yaşından, inkişaf mərhələsindən və sürüşmə prosesinin aktivliyindən asılıdır.

Sürüşmənin yaranma səbəbi. Sürüşmə prosesi sürüşdürücü və sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin təsiri altında baş verir. Sürüşdürücü qüvvələrə qrunnun öz ağırlığından və kənar yüklərin təsirindən yaranan qüvvələrin sürüşmə istiqamətində toplananları, hidrodinamiki təzyiq qüvvəsi, seysmik təsir, titrəyiş və s. təsirlərin yaratdığı qüvvələr aiddir. Sürüşməyə qarşı müqavimət isə əsasən qrunnu təşkil edən hissəciklərin struktur əlaqəsi hesabına yaranan ilişmə və daxili sürtünmə qüvvəsindən, sürüşmə yamacında oduncaqlı bitkilərin iştirakı zamanı onların kök sisteminin təsiri ilə yaranan və sürüşməyə qarşı istiqamətlənən müqavimət qüvvəsindən və s. ibarət olur. Təbii-tarazlıq şərtinin pozulması sürüşmə prosesinin yaranmasına səbəb olur. Təbii-tarazlıq şərti

pozulmuş, ancaq sürüşmə prosesi zəif gedən yamaclarda bu prosesi intensivləşdirən amillər təsir etdikdə, yamacda sürüşmə hadisəsi sürətlənir.

Sürüşməyə təsir edən amillər (yəni onun baş vermə səbəbi) çoxdur.

Sistem nəzəriyyəsində dəyişmənin səbəbi adətən amil adlandırılır. Amillər sabit və ya dəyişən, təbii və ya süni, daxili və ya xarici ola bilərlər.

Təbii amillərin təsirindən atmosfer yağıntılarının (yağış, qar, dolu və s.), geodinamiki proseslərin (seysmik, tektonik, su hövzələrinin, sel, daşqın, subasma, eroziya və s. təsir) təsirini, süni amillərin təsiri kimi insanların təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yamaclarda təbii-tarazlıq şərtini pozan təsirləri (yamacın kəsilməsi, isladılması, əlavə yüklənməsi, dikliyinin artırılması, qruntların strukturunun pozulması və s) göstərmək olar.

Sürüşmənin yaranmasına və inkişafına təsir edən amilləri N.N.Maslov, K.Keyl və başqaları sürüşdürücü və hərəkətə qarşı müqavimət qüvvələrinin qiymətinə təsir edən amillər kimi təsnifləndirmişlər. Y.P.Yemelyanova isə təsir edən amilləri aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir:

1) Verilmiş anda dayanıqlılıq əmsalının qiymətini müəyyən edən şərait;

2) Zamana görə dayanıqlılıq əmsalının qiymətini dəyişən proseslər (dövri və qeyri-dövri-sporadik); Bunlara dayanıqlılıq əmsalının bərpa olunma üzrə rəqsini yaradan və dayanıqlılıq əmsalının dönməz şəkildə birdəfəlik, daimi və yaxud təkrarlanan dəyişməsinə yaradan proseslər aiddirlər.

Sürüşmənin baş verməsi üçün təbii- tarazlıq şərtini pozan amil təsir etməlidir. Həmin amillərdən, yəni sürüşmənin yaranma səbəblərindən aşağıdakıları qeyd etmək olar:

-insanların müxtəlif təsərrüfat fəaliyyəti (nəqliyyat yollarının çəkilişi, su hövzələrinin yaradılması, hidrotexniki tikintilərin aparılması, kənd təsərrüfatı işlərinin yerinə yetirilməsi və s.) ilə əlaqədar olaraq yamacların kəsilməsi, aşağı hissələrinin (sürüşmə dabanının) yuyulması və ya yamaca böyük mailliyin verilməsi nəticəsində onun dikliyinin artması;

-yamacı təşkil edən qruntların islənilməsi, karstlaşması, şişməsi, seyrəkləşməsi, batması, aşınması, axıcılığın yaranması və s. ilə əlaqədar olaraq möhkəmliyinin zəifləməsi;

-yamacı təşkil edən qrunut layında hidrostatiki və hidrodinamiki qüvvələrin təsiri ilə suffoziyanın, plıvuna keçid vəziyyətinin yaranması, süzülmə deformasiyasının inkişafı;

-təbii və süni yaradılmış yamacların formalaşma zonalarında qrunutların gərginlikli vəziyyətinin dəyişməsi;

-təbii və süni yaradılmış yamaclarda, həmçinin onun qaşında xarici yüklənmə, seysmik və mikroseysmik təsir, titrəyiş, zərbə və s. təsirlərin olması;

-yamacın möhkəmliyini təmin edən təbii və süni amillərin (ağacların qırılması, bərkidici konstruksiyaların dağıdılması və s.) sıradan çıxması.

Bu səbəblərdən hər biri sürüşmənin baş verməsində ayrılıqda iştirak edə bilər. Ancaq əksər hallarda təsir edən amillərin bir neçəsi eyni zamanda təsir edir və sürüşmənin intensivliyini artırır. Ümumiyyətlə, geodinamiki proseslər bir-biri ilə əlaqəli şəkildə baş verir. Belə ki aşınmanın getməsi selin əmələ gəlməsi üçün, selin yaranması yarıqan əmələgəlmənin, sürüşmənin yaranması, zəlzələnin baş verməsi isə sürüşmənin təzahürü və s. üçün şərait yaradır.

Praktikada süni yamacların dikliyinin artırılması, yamacların kəsilərək bütövlüyünün pozulması, qrunutların həddindən çox nəmlənməsi ilə fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin pisləşməsi, digər geodinamiki proseslərin təsiri ilə sürüşmənin yaranmasına daha çox təsadüf edilir.

Təbii şəraitdə yamacların dayanıqlılığı, yamacın yatım bucağı onu təşkil edən qrunutların təbii yatım bucağından kiçik olduqda təmin edilir. Bu zaman təbii-tarazlıq şərti ödənilmiş olur. Yəni yamaca təsir edən sürüşdürücü qüvvələrin cəmi müqavimət qüvvələrinin cəmindən kiçik və ya ona bərabər olur. Yumşaq-əlaqəsiz qrunutlarda təbii yatım bucağı qrunut hissəcikləri arasında yaranan daxili sürtünmə bucağı hesabına, əlaqəli qrunutlarda isə hissəciklər arasında mövcud olan struktur rabitə və daxili sürtünmə bucağı hesabına yaranır. Hər hansı təsirlərlə əlaqədar olaraq yamacın yatım bucağı artırsa (başqa təsirlər əvvəlki kimi qalmaq şərti ilə), bu zaman təbii-tarazlıq şərti pozulmuş olur. Misal olaraq, əgər yamacı təşkil edən qrunutların təbii yatım bucağı 16° təşkil edərsə, o zaman yamacın yatım bucağı 16° -dən çox olduğu halda sürüşmə və ya uçqun baş verə bilər. Yamacın yatım

bucağı təbii yatım bucağından nə qədər az olarsa, onun dayanıqlılığı bir o qədər artmış olar.

Yamacı təşkil edən qruntların nəmlənməsi (xüsusi ilə tam doyma həddinədək) zamanı da onların xassə göstəriciləri pisləşdiyindən sürüşmə baş verir. Bu, gilli qruntlardan təşkil olunmuş və ya gilli qruntlar da iştirak edən yamaclarda daha çox özünü göstərir. Qruntların nəmlənməsi onların həm ağırlaşmasına, həm möhkəmlik göstəricilərinin pisləşməsinə səbəb olur. Belə ki nəmlənmə zamanı qrunnt məsələləri su ilə dolur, hissəciklər arasında rabitə zəifləyir, nəticədə yamacda ona təsir edən qüvvələr arasında yaranmış təbii-tarazlıq şərti pozulur və sürüşmə baş verir. Bu vəziyyət leysan yağışlarının uzunmüddətli düşməsi, qar və buzlaqların əriməsi, su hövzələrinin təsiri, yeraltı suların səviyyəsinin qalxması, əkin sahələrinin qeyri-düzgün suvarılması və s. zamanı yaranır.

Yamacı təşkil edən qruntların su ilə islanması zamanı gillərdə şişmə, lős və lősvari qruntlarda isə batma prosesi baş verir ki, bu da yamacın sürüşməsi üçün əlverişli şərait yaratmış olur. Gilli qruntlarda, xüsusi ilə montmorillonit tərkibli gillər iştirak edən qruntlarda sərbəst şişmə və şişmə təzyiqi yüksək olur. Ona görə də, bu qruntların təşəkkül tapdığı dik yamaclarda sürüşmə hadisəsi tez-tez təzahür edir. Buna misal olaraq, Muğanlı-İsmayilli avtomobil yolunun Ağsuçaydan 21600 m məsafədə olan hissəsində, 24,5-25,0 m dərinlikdə təşəkkül tapan bozuntul-yaşıl rəngli gillərin iştirakı ərazidə sürüşmə hadisəsinin tez-tez təzahür etməsinə və avtomobil yolunun sıradan çıxmasına səbəb olur. Belə ki həmin gillərdə sərbəst şişmə 55-60% (təbii nəmlik 16% olduqda), şişmə təzyiqi 4-5 kQ/sm² hüdudunda dəyişir. Şişmə zamanı ilişmə qüvvəsi kəskin azalaraq, nəzərə alınmayacaq dərəcədə az olur. Bu isə atmosfer yağıntılarının (yağış, qar və s.) normadan artıq düşməsi və yamacı təşkil edən qruntları fasiləsiz olaraq islatması zamanı onların xassə göstəricilərinin kəskin şəkildə pisləşməsinə, təsir edən qüvvələr arasında yaranmış təbii-tarazlıq şərtinin yamacda pozulmasına və sürüşmənin baş verməsinə səbəb olur. Qruntların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin pisləşməsi nəticəsində sürüşmənin baş verməsi yamacı təşkil edən qruntların su ilə islanma səviyyəsi ilə əlaqədar olsa da, bəzən qısamüddətli düşən atmosfer yağıntıları qruntları su ilə doyma həddinədək

islatmasa da, yamacın zəifləmiş hissələrinin və ya sürüşmə müstəvisinin islanması nəticəsində də təzahür edir.

Sürüşmə yamaclarında qruntların (xüsusi ilə gilli qruntların) su ilə islanması-quruması prosesi periodik olaraq təkrarlandıqca onların həcmnin artması-azalması müvafiq şəkildə təkrarlandığından, qrunnt massivinin bütövlüyü pozulur, yeni-yeni çatlar əmələ gəlir, aşınma prosesi sürətlənir, yamacı təşkil edən qruntların möhkəmlik göstəriciləri pisləşir. Sürüşmənin intensivləşməsi üçün əlverişli şərait yaranır.

Daimi donuşluq ərazilərində qruntlarda olan suların donması və əriməsi prosesləri də anoloji təsir yaradır. Ona görə də, daimi donuşluq ərazilərində qruntların parçalanmasında, xırdalanmasında, bir sözlə, aşınmaya məruz qalmasında donma-ərimə prosesinin təsiri böyükdür. Bu şəkildə aşınmaya məruz qalaraq möhkəmlik göstəriciləri zəifləmiş həmin qruntlarda donmanın ərimə ilə əvəz olunması yamaclarda sürüşmə prosesinin intensivləşməsi ilə müşayiət olunur.

Ümumiyyətlə, istənilən şəkildə aşınma prosesi qruntların möhkəmlik göstəricilərini pisləşdirdiyindən, o, yamaclarda sürüşmə prosesinin intensivləşməsi üçün şərait yaradır. Ona görə də, aşınmaya məruz qalaraq, təşəkkül tapdığı ərazidə (yattığı layda) toplanan qrunnt (elüvial təbəqə) təbəqəsi daha çox sürüşməyə məruz qalır.

Yarımqayavari və gilli qruntlar gərginlikli vəziyyətdə öz möhkəmliklərini və məruz qaldıqları deformasiyanı zamandan asılı olaraq dəyişirlər və bununla əlaqədar olaraq müxtəlif proseslərin inkişafı üçün şərait yaradırlar. Ona görə də, sürüşmənin baş vermə səbəbinin tədqiqi zamanı həmin qruntların reoloji xüsusiyyətləri də nəzərə alınmalıdır. Bu qruntlarda dağıdıcı olmayan gərginliyə müvafiq xarici təsir dəyişmədiyi halda, plastik deformasiyanın zamandan asılı olaraq fasiləsiz şəkildə asta artımı müşahidə olunur. Yükün uzunmüddətli təsiri zamanı qrunntun dağılması və onda yaranan deformasiyanın sabit saxlanması üçün tələb olunan gərginliyin, ani təsir ilə qruntda müvafiq vəziyyətin yaranması üçün lazım gələn gərginliyə nisbətən azalması müşahidə olunur.

Yeni uzunmüddətli təsir zamanı qruntların möhkəmlik xassələri pisləşir, onlarda «yorulma» baş verir. Təcrübələrlə müəyyən olunmuşdur ki, yarımqayavari və gilli qruntların

möhkəmliyinin azalması ani kəsmə zamanı 70 %-dək, standart kəsmə (yavaş-yavaş kəsmə) zamanı isə 10-50 %-dək olur.

Sürüşmənin yaranmasında hidrostatiki və hidrodinamiki qüvvələrin təsiri də çox olur. Belə ki yamacı təşkil edən qruntlar aerasiya zonasında su ilə islandıqda məsamələri su ilə doyduğundan təbii yatımda sıxlığı artırsa, su ilə doyma zonasında isə (ümumiyyətlə yeraltı və yerüstü suların səviyyəsindən aşağıda yerləşdikdə) qrunnt kütləsinə təsir edən ağırlıq qüvvəsi sıxışdırılıb çıxarılan mayenin xüsusi çəkisi qədər azalır. Yəni suya batırılmış qrunnt kütləsinə Arximed qüvvəsi təsir etdiyindən onun xüsusi çəkisi yüngülləşir. Misal olaraq mütləq sıxlığı $\Delta=2,73 \text{ t/m}^3$, məsaməliliyi $n=0,40$ olan qrunnt su səviyyəsindən aşağıda yerləşdikdə onun xüsusi çəkisi

$$\gamma' = \gamma_w' \cdot g = (\Delta - \rho_{su}) \cdot (1 - n) \cdot g = (2,73 - 1,0) \cdot (1 - 0,40) \cdot 10 \approx 10,4 \frac{\text{t} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{san}^2} \approx 10,4 \frac{\text{tQ}}{\text{m}^3}$$

olur (burada g -sərbəst düşmə təcili olub, $g=9,81 \approx 10 \text{ m/san}^2$). Ona görə də, su hövzələrində su səviyyəsinin tez-tez tərəddüd etməsi sahil yamaclarında qruntların su ilə islanmasına, yüngülləşməsinə, hidrodinamiki qüvvənin təsir etməsi ilə təbii- tarazlıq şərtinin pozulmasına, yamacın sürüşməsinə səbəb olur. Oxşar hadisə çay məcralarında yaradılmış su hövzələrinin sahil yamacında daşqın dövründə baş verir. Bu, çayda su axınının yarada biləcəyi təhlükənin qarşısının alınması məqsədi ilə doldurulmuş su hövzəsinin sürətlə boşaldılması zamanı daha çox müşahidə edilir. Su hövzəsi sahili yamacının bu şəkildə sürüşməsində hövzədə su səviyyəsinin qalxması ilə əlaqədar (yeraltı suların səviyyəsi də yamacda qalxır) qruntların su ilə islanaraq fiziki-mexaniki xassələrinin pisləşməsi, su altında qalan hissəsinin sıxışdırılıb çıxardığı mayenin xüsusi çəkisinə bərabər qüvvə ilə (Arximed qüvvəsi) yuxarı itələndiyindən onların yüngülləşməsi və hövzədə su səviyyəsinin sürətlə düşməsi zamanı isə hidrodinamiki qüvvənin təsirinin artması əsas rol oynayır. Hidrodinamiki təzyiq (D) süzülmə axını istiqamətində yönəlir. Onun qiyməti suyun xüsusi çəkisi ($\gamma_{su}=\rho_{su} \cdot g$) ilə hidrodinamiki qradiyentin ($J=\frac{\Delta H}{\Delta L}$; ΔH –

axının tədqiq edilən en kəsiklərində səviyyələr fərqi, ΔL – su axınının tədqiq edilən en kəsikləri arasında məsafə və ya süzülmə yolunun uzunluğu) hasilinə bərabərdir, yəni $D=J \cdot \gamma_{su}$.

Drenləmə şəraitindən asılı olaraq yeraltı suların səviyyəsi formalaşdığına görə, onların resursunda və drenləmə şəraitində baş verən dəyişikliklə əlaqədar hidrodinamiki qradiyent də dəyişir. Bu da hidrodinamiki təzyiqin dəyişməsinə səbəb olur. Onun maksimal qiyməti yamacı təşkil edən qruntlarda suffoziyanın baş verməsinə görə buraxıla bilən qiymətindən çox olarsa, yamacda suffoziya və yaxud axma baş verir ki, bu da sürüşmənin yaranmasına səbəb olur. Suffoziya yamacın müəyyən dərinliyində gil təbəqəsi üzərində yatan qumlarda baş verərsə, bu zaman yaranan boşluqlar uçar, üstə yatan laylar su ilə islanaraq xüsusiyyəti dəyişikliyə uğramış və səthi sürüşkənləşmiş gil təbəqəsi üzərində sürüşməyə məruz qalır. Belə ki yeraltı sular gil təbəqəsi üzərində yerləşən yumşaq-əlaqəsiz qruntlarda (qum, çınqıl, xır, çaqıl və s.) digər qruntlara nisbətən böyük sürətlə hərəkət edir. Hidravliki qradiyentin böyük qiymətlərində hidrodinamiki təzyiq də böyük olduğundan, yumşaq əlaqəsiz qruntların tərkibindən kiçik ölçülü hissəciklərin daşınması asanlaşır. Yeraltı suların drenlənməsi yamac boyu yer səthinə çıxmaqla baş verdikdə, suffoziya prosesi sürətlənir və buna müvafiq sürüşmə prosesi də sürətlənmiş olur.

Sürüşmənin intensivləşməsində yamacı təşkil edən qruntlarda müxtəlif amillərin təsirindən yaranmış çatlılığın inkişafı da böyük rol oynayır. Çatlılıq artdıqca qrunnun möhkəmlik xüsusiyyətlərinin zəifləməsi ilə bərabər, yeraltı suların çatlarla hərəkət sürəti də artır. Bu da sular vasitəsi ilə kiçik ölçülü qrunn hissəciklərinin daşınmasına, suyun yonucu və dağıdıcı təsirlərinin artmasına, qruntların su ilə islanması səbəbindən xassələrinin pisləşməsinə və nəticədə yamaca təsir edən qüvvələr arasında yaranmış təbii-tarazlıq şərtinin pozulmasına, sürüşmənin baş verməsinə səbəb olur.

Praktikada tez-tez yamacın normadan artıq yüklənməsi səbəbindən sürüşmənin baş verməsinə təsadüf olunur. Bu halda sürüşmənin təzahürü daha çox yamacın yerüstü və yeraltı suların təsiri ilə müxtəlif şəkildə su ilə islanması zamanı müşahidə edilir. Çünki xarici yükün təsiri altında gərginlikli vəziyyətdə olan yamacı təşkil edən qruntların quru halda malik olduqları möhkəmlik xüsusiyyəti su ilə islanarkən pisləşir. Nəticədə yamaca təsir edən qüvvələr arasında yaranmış təbii-tarazlıq şərti pozulur və yamacda sürüşmə baş verir. Yamacın islanması isə bitkilərin

normadan artıq suvarılması, su və kanalizasiya xətlərindən su itkisinin olması, normadan artıq atmosfer yağıntılarının düşməsi, yeraltı suların səviyyəsinin qalxması zamanı baş verir. Buna misal olaraq Bakı şəhərində Əhmədli yaşayış massivində, «Park sürüşmə sahəsi»ndə (1 nömrəli Mərkəzi klinik xəstəxananın ərazisi), «Bayıl sürüşmə sahəsi»ndə müxtəlif illərdə baş verən sürüşmələri göstərmək olar. Belə ki həmin sürüşmə sahələrində su və kanalizasiya xətlərindən baş verən su itkiləri və yaşıllıqların normadan çox suvarılması ilə əlaqədar olaraq qruntların islanması xarici yükün (bina və tikililərin) təsiri altında gərginlikli vəziyyətdə olan yamacın sürüşməsini intensivləşdirmişdir. Yamacı təşkil edən qruntların su ilə islanarkən xassələri pisləşdiyindən, böyük həcmdə qrunnt kütləsi hərəkətə gəlmiş, bina və tikililərdə, yollarda, su-qaz və kanalizasiya xətlərində, sənaye obyektlərində və s. müxtəlif dərəcədə deformasiyalar yaratmışdır. «Bayıl sürüşmə sahəsi»ndə 2000-ci ilin mart ayının 7-də baş verən sürüşmə zamanı (ilk fəal sürüşmə 1938-ci ildə qeydə alınmışdır) 20 ha sahə həmin təsirə məruz qalmış, 25 ha sahədə isə prosesin inkişafı üçün şərait yaranmışdır.

Sürüşmənin baş verməsində seysmik təsirin, tikintilərin aparılması zamanı yaranan titrəyişin, zərbə, silkələnmə və s. təsirlərin də rolu böyükdür. Təbii və süni yamaclarda, xüsusi ilə onların qasında bina və qurğuların tikilməsi, müxtəlif yüklərin yerləşdirilməsi, yolların çəkilməsi, müxtəlif aqreqatların (ekskavatorların, qaldırıcı kranların, avtomobil və dəmir yolu nəqliyyatının) yerləşdirilməsi, qazıma-partlayış işlərinin aparılması qruntların xassələrini pisləşdirdiyindən, əlavə gərginlik yaratdığından yamacların dayanıqlılığın azalmasına, sürüşmənin yaranmasına səbəb olur. Sürüşmənin yaranmasında zəlzələlərin təsiri xüsusi ilə böyükdür.

Yamacların gərginlikli vəziyyətinin dəyişməsi də sürüşmənin formalaşması üçün əlverişli şərait yaradır. Təbii şəraitdə gərginlikli vəziyyətdə olan (misal olaraq üstə yatan layların ağırlığından) qrunntun gərginlikli vəziyyəti dəyişdikdə (misal olaraq üstə yatan laylar götürüldükdə, su ilə islanma zamanı qrunntun şişməsi, batması və s.) onun səthində çatlama baş verir. Bu da qrunnt massivinin bütövlüyünün pozulmasına, aşınmanın və nəticədə sürüşmənin intensivləşməsinə şərait yaradır. Çünki qrunnt üzərindən xarici yük götürüldükdə, elastiki qüvvələrin təsirindən

onda həcm artımı (həcmın bərpası) baş verir. Bu isə onun səthində müxtəlif istiqamətli çatların yaranmasına səbəb olur. Bərk (qayavari) və yarımberk (yarımqayavari) qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda yüksüzləşmə ilə əlaqədar olaraq gizli və qapalı çatlar inkişaf edərək açıq çatlara çevrilir, yeni-yeni çatlar əmələ gəlir. Az və ya çox dərəcədə yamacın səthinə paralel yönəliirlər. Beləliklə, yaranmış həmin çatlar zəifləmiş zonaları və ya sürüşmə müstəvilərini əmələ gətirirlər. Yüksüzləşmiş qrunut səthi laylanma və ya şiştililik səthinə paralel olarsa, yüksüzləşmə çatları laylanma və şiştililik səthinə paralel yönəliirlər.

Yüksüzləşmiş qrunut səthi laylanma və şiştililik səthlərini kəsədikdə isə yaranan çatlar da həmin səthləri kəsirlər. Ona görə də, yüksüzləşmə çatları hər zaman yamacın dayanıqlılığına təhlükə yaradan istiqamətlərdə yönəliirlər və sürüşmələr əksər hallarda həmin çatlar üzrə baş verirlər.

Sürüşmənin əmələgəlmə şəraiti müxtəlif amillərin təsiri altında formalaşan və bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədə olan şəraitlər toplusundan ibarətdir və sürüşmə ehtimalı olan ərazilərdə həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətin etibarlılığının təmini üçün sürüşmənin əmələ gəlmə şəraiti, təsir edən amillər hərtərəfli tədqiq edilməlidir.

Sürüşmənin əmələgəlmə şəraiti. Sürüşmənin əmələ gəlmə şəraiti dedikdə, təbii və süni amillərin təsiri altında formalaşan və qruntların təbii yatımda malik olduğu tarazlıq şərtinin, layların bütövlüyünün pozulmasına səbəb olan bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəli şəraitlər toplusu (mühit) nəzərdə tutulur. Daha çox təsadüf edən, sürüşməni əmələ gətirən şəraitlərdən aşağıdakıları göstərmək olar:

- 1) ərazinin iqliminin səciyyəviliyi;
- 2) ərazinin relyefi;
- 3) hidrogeoloji şəraiti;
- 4) sahil yamacı sürüşmələri üçün su hövzələrinin və çayların hidroloji rejimi;
- 5) yamacların geoloji quruluşu;
- 6) sürüşməni müşayiət edən ekzogen-geodinamiki proses və hadisələr;
- 7) müasir və erkən tektonik hərəkətlər və seysmik hadisələr;
- 8) qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərində səciyyəvilik;
- 9) texnogen şərait (insanların təsərrüfat fəaliyyətinin yaratdığı şərait).

Bu şəraitlərdən hər biri üçün sürüşmənin əmələ gəlməsi səciyyəvi əlamətlərlə fərqlənirlər. Əksər hallarda sürüşmələrin əmələ gəlməsi yağışların yağması, qarların, donuşluğun əriməsi dövrünə təsadüf edir. Ərazinin iqliminin təsiri ilə sürüşmə üçün əlverişli şəraitin formalaşması yağıntıların uzunmüddətli yağması, qrunut təbəqəsini böyük dərinliyədək islatması zamanı baş verir. Yağışların intesiv yağması, ərazinin geoloji quruluşunda massiv süxurların üstünlük təşkil etməsi yerüstü axının üstünlük təşkil etməsinə, infiltrasiyanın cüzi olmasına gətirib çıxarır.

Ərazinin geoloji quruluşunda gilli qrunutların iştirakı, layların maili yatıma malik olması, relyefin mailliyinin çox olması, qrunut sularının yer səthinə yaxın yerləşməsi, ərazinin müxtəlif relyef elementləri ilə (yarğan, dərə, tirə və s.) daha çox mürəkkəbləşməsi, yamacların kəsilməsi və s. sürüşmənin formalaşması üçün əlverişli mühitdir.

Sürüşmə prosesinin mexanizmi. Sürüşmə, yamac boyu qrunut kütləsinin bir-biri ilə əlaqəli və təcrid olunmuş şəkildə yerdəyişməsi və yaxud özlü şəkildə axmasından ibarət olub, sürüşən qrunut kütləsinin yerdəyişməsinin xarakteri, növü, üsulu prosesin mexanizmini müəyyən edir. Sürüşmə mexanizminin əsas xüsusiyyəti sürüşmənin zəifləmiş zona boyu və yaxud səth üzrə baş verməsidir.

Sürüşmələr sürüşmə mexanizminə görə **blok və bloklar (struktur sürüşmə), özlü maye axını (struktur-plastik sürüşmələr)** şəklində baş verirlər. Qarışıq (keçid) şəkilli sürüşmə prosesi struktur-plastik xarakterə malik olub, yamacdan blok şəklində ayrılan qrunut kütləsinin yerdəyişmə zamanı parçalanması, xırdalanması və sonrakı hərəkət trayektoriyasında özlü maye şəklində təzahür etməsindən ibarətdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, plastik sürüşmələr, müxtəlifcinsli sürüşmə kütləsinin qarışıq axını şəklində baş verdiyindən və hərəkət edən kütlə daxilində qrunut hissəciklərinin hərəkət istiqaməti qarışıq olduğundan, zəifləmiş zonaların və sürüşmə səthinin təyini çətinlik törədir.

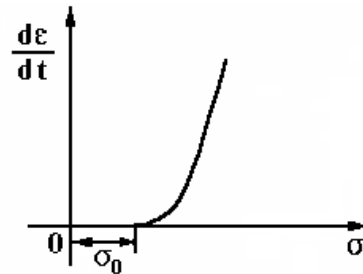
Struktur sürüşmələr isə daxili müqaviməti sürüşdürücü qüvvələrdən az olan qrunut kütləsinin blok və ya bloklar şəklində yamacı təşkil edən qrunut kütləsindən qoparaq, zəifləmiş zonalar və sürüşmə səthi üzrə yerdəyişməsi şəklində baş verir.

Yamacda plastik sürüşmənin inkişafı zamanı qruntların fasiləsiz, dönməyən deformasiyası özlü-plastik cismin deformasiyası qanununa- Binqam-Şvedov qanununa (Binqam-Şvedov modeli) tabe olur:

$$\sigma - \sigma_0 = \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (3.37)$$

Deformasiya sürəti ($\frac{d\varepsilon}{dt}$), qrunnt kütləsində sürüşmə yaradan

gərginliklə (σ_0 -kəsilməyə görə gərginlik həddi, σ - qruntda yaranan gərginlik, $\sigma > \sigma_0$) düz mütənəsbidir (şəkil 3.8). Bu ifadədə η -mütənəsbilik əmsalı olub, özlülüüyü ifadə edir. Bəzi qruntlar, xüsusi ilə gilli qruntlar su ilə doyduqda və onun daxilində yaranan gərginlik qrunntun kəsilməyə görə gərginlik həddindən böyük olduqda yamac boyu axır, yəni plastik sürüşməyə məruz qalır. Gilli qruntlarda kəsilməyə qarşı müqavimət həddi, yəni gərginlik həddi qrunntun struktur möhkəmliyindən asılıdır. Qruntda struktur əlaqənin pozulması, gərginlik həddinin də azalmasına səbəb olur. Gilli qruntlar su ilə islandıqda, onların daxilində gedən fiziki-kimyəvi proseslərin təsiri altında struktur möhkəmlik zəiflədiyindən, kəsilməyə qarşı qrunntun müqaviməti də zəifləyir.



Şəkil 3.8. Plastik sürüşmə zamanı deformasiya sürəti ilə gərginlik arasında asılılıq.

Gilli qruntlarda struktur əlaqə pozulduqda plastik deformasiya inkişaf etməyə başlayır. Dik yamaclarda gilli qruntlarda plastik deformasiyanın inkişafı sürüşmənin inkişafına səbəb olur.

Sürüşmənin dinamikası. Sürüşmə prosesinin inkişafı, yəni prosesin zamana görə inkişafı müəyyən qanunauyğunluğa tabedir. Sürüşmə prosesi ilk növbədə ərazinin geoloji inkişaf tarixi ilə əlaqədar olduğundan, həmin qanunauyğunluqların araşdırılması üçün müasir sürüşmələr qədimlərinə fərqləndirilməlidirlər. Belə ki müasir sürüşmələr İ.V.Popova görə eroziya bazisinin və abraziya səviyyəsinin müasir vəziyyəti ilə qanunauyğun əlaqəlidir və onlardan hər biri qruntların tarazlıq vəziyyətindən asılı olaraq yamacda müvafiq dəyişiklik yaratmaq imkanına malikdirlər.

Müasir sürüşmələrin inkişaf xüsusiyyətlərinin analizi onu deməyə əsas verir ki, bu sürüşmələr istənilən sürətli (asta-asta, sürətlə, ani-qəflətən, sönən və ya inkişaf edən sürətlə və s.) və fəlakətli ola bilərlər. Ancaq hər bir sürüşmə prosesinin analizi onun tarixini, inkişafını, hansı faza, mərhələ və etaplardan təşkil olunmasını aşkar etməyə imkan verir. Sürüşmə hadisəsinin baş verməsi üçün yamacı təşkil edən qruntlarda yaranan gərginlikli vəziyyət böhran həddinədək artmalıdır, yəni qrunnt daxilində yaranan sürüşdürücü gərginliyin təsiri ilə yerli sürüşmə sahəcikləri inkişaf edərək sürüşmə səthinə, qopma və ya kəsilmə müstəvilərinə çevrilməli və ya axma həddinədək gərginlik artmalıdır.

Əgər təbii-tarazlıq vəziyyətində olan yamac sürüşmənin baş verməsi üçün əlverişli şəraitə malikdirsə, o zaman yamacı təşkil edən qruntlarda möhkəmlik xüsusiyyətlərinin pisləşməsi, daxili gərginliyin artması, təsir edən qüvvələr arasında yaranmış təbii-tarazlığın pozulması istiqamətində dəyişikliyin baş verməsi müşahidə ediləcəkdir. Buna misal olaraq süni yaradılmış və yaxud təbii su hövzələri sahillərində təbii-tarazlıq vəziyyətində olan yamacları göstərmək olar. Belə ki su hövzələrinin sahil yamaclarına göstərdiyi müxtəlif təsirlər (abraziya, akkumulyasiya, islatma və s.), yamacın su səthindən yuxarıda qalan qruntlarının daha çox aşınmaya, parçalanmaya məruz qalması («İoffe effektinə» görə su səthindən yuxarıda qalan qruntlarda məsamələrlə hərəkət edən kapilyar su qrunnt hissəcikləri arasında rabitəni zəiflədərək, çatların yaranmasına səbəb olur), yamacda təsirdən əvvəl mövcud olmuş təbii-tarazlıq şərtinin tədricən pozulmasına, yamacın sürüşməsinə səbəb olur.

F.P.Savarenski (1937), K.Tertsagi (1950), İ.V.Popov (1951), Q.M.Şaxunyants (1944-1961), Y.P.Yemelyanova (1970), V.D.Lomtadze və bir çox digər tədqiqatçılara görə hər bir sürüşmənin inkişaf dinamikasında aşağıdakı 3 etap fərqləndirilə bilər: 1) sürüşmənin hazırlıq etapu-yamacı təşkil edən qruntların dayanıqlılığı tədricən azalır; 2) sürüşmənin faktiki olaraq əmələ gəlmə etapu-yamacı təşkil edən qruntların dayanıqlılığı tez və kəskin şəkildə itir; 3) mövcudluq etapu-sürüşmənin stabilləşməsi, qruntların dayanıqlılığının bərpası baş verir.

Hər bir etapın davam etmə müddəti mövcud şəraitdən asılıdır. Əgər yamaca ətraf mühitdən sürüşdürücü təsir güclü olarsa, yəni yamacın sürətlə yüklənməsi, qruntların su ilə doyma həddinədək

islanması, bütövlüyünün pozulması, dikliyinin artması, aşınmasının sürətlənməsi, çatlılığın artması, seysmik və titrəyiş yaradıcı təsirlərin intensivləşməsi və s. baş verərsə, o zaman sürüşmənin hazırlıq etapu çox az müddətdə başa çatır. Əgər bu etap uzanarsa, o zaman hadisənin inkişafı iqlimin sutkalıq, mövsümi, illik dəyişkənliyindən, hidrogeoloji şəraitindən və əhatə edən mühitin təsirlərindən asılı olaraq qeyri-bərabər (sürətlənən, sönən, yenidən sürətlənən) şəkildə baş verə bilər. Bu etapda sürüşmə hadisəsinin vizual müşahidə edilməsi tez-tez bəzi əlamətlərə (sürüşmə zamanı qabarıq relyef formasının, təpəciklərin, çatların əmələ gəlməsinə, mövcud çatların açılmasına və böyüməsinə və s.) görə mümkün olur. Əksər hallarda isə müvafiq cihaz və avadanlıqlarla aparılan stasionar müşahidələr əsasında sürüşmənin bu etapu tədqiq edilir.

Sürüşmənin əmələgəlmə etapu da müxtəlif davam etmə müddətinə malikdir və sürüşən qrunt kütləsinin və ya onun ayrı-ayrı hissələrinin hərəkəti qeyri-bərabər sürətlə baş verə bilər.

İ.V.Popova (1946) görə sürüşmələri **hərəkətdə olan, dayandırılmış və dayanmış** kimi fərqləndirmək olar. Yəni sürüşmə zamanı qrunt kütləsi gah hərəkət edir, yeni-yeni çatlar yaranır. Bu etapda sürüşmənin müxtəlif mərhələləri formalaşır. Sürüşən kütlənin ümumi hərəkətində hər yeni hərəkət (sürüşmə baş verdikdən və dayandıqdan sonrakı hərəkəti) bir mərhələni əmələ gətirir. Təbii və süni amillərin təsiri altında ümumi yerdəyişməyə məruz qalan qrunt kütləsinin hərəkətində yaranan fasilələrə görə mərhələlər fərqləndirilir. Mərhələlərarası müddət ərzində (fasilələrdə) də sürüşən qrunt kütləsinin hərəkəti davam edir. Ancaq bu hərəkət çox kiçik sürət ilə baş verdiyindən vizual müşahidə edilmir, yalnız cihaz və avadanlıqlar vasitəsi ilə tədqiq edilir. Fasilə baş verən müddətdə xarici amillərin təsiri aşınma, denudasiya proseslərinin getməsinə şərait yaradaraq, növbəti mərhələnin (sürüşən kütlənin yenidən hərəkətə gəlməsi) yaranmasına səbəb olur. Q.M. Şaxunyants (1944-1961) sürüşmə prosesinin belə inkişafını tsiklik təkrarlanan adlandırmışdır.

Fəaliyyətdə olan sürüşmələrdə qrunt kütləsinin hər dəfə sürüşməsi zamanı sürüşən kütlə dayandıqda yeni tarazlıq vəziyyəti yaranmış olur. Bu zaman sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin cəminin sürüşdürücü qüvvələrin cəminə nisbəti, yəni ehtiyat (dayanıqlılıq) əmsalı birdən çox olduqda sürüşmə dayanır,

kiçik olduqda sürüşmə davam edir, birə bərabər olduqda isə müvazinət vəziyyəti alınır və sürüşmə yavaş sürətlə davam edir. Hər dəfə yaranmış tarazlıq vəziyyətindən (dayanıqlılıq əmsalı $\eta > 1$ olduqda) çıxarılanadək sürüşmüş kütlədə yerdəyişmə müşahidə edilmir.

Sürüşmənin sonuncu-mövcudluq etapi sürüşmüş qrunut kütləsində dayanıqlılıq əmsalının birdən böyük qiymət almasına uyğun gələn vəziyyət yarandıqda başlanır. Bu sürüşən qrunut kütləsi üçün dayanıqlılıq əmsalı birdən böyük olduqda yaranır. Bu andan başlayaraq sürüşmə qurtarır və qrunut kütləsinin dayanıqlılığı bərpa edilmiş olur. Dayanıqlılığın bərpası **tədrici, səlis** və yaxud **sıçrayışlı** olur, bəzən isə sürüşmə prosesi başa çatnadək ayrı-ayrı lokal qrunut kütləsinin hərəkəti müşahidə edilir. Sürüşmə prosesinin bu etapi ilə sürüşmə prosesi qurtarır. Sürüşmənin yenidən yaranması üçün tarazlıq vəziyyətinin pozulması istiqamətində təsirlər meydana çıxmalıdır.

Sürüşmənin təsnifləndirilməsi. Sürüşmə zamanı yamacı təşkil edən qrunut təbəqələrinin bütövlüyü və qrunutların strukturu pozulur, sürüşən qrunut kütləsinin daxili quruluşu, yamacın relyefi və s. dəyişikliyə uğrayır. Baş vermiş dəyişiklik əsasında istər yamacda, istərsə də sürüşən qrunut kütləsində yeni quruluş (struktur) formalaşır.

Sürüşmələr ölçüsünə, quruluşuna, əmələgəlmə şəraitinə və səbəbinə, baş vermə mexanizminə, inkişaf dinamikasına və s. xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqləndiyindən, sürüşmə prosesinin mürəkkəbliyindən asılı olaraq tədqiqatçılar tərəfindən çoxlu təsnifləndirmələr aparılmışdır. Həmin təsnifatlar əksər hallarda sürüşmənin hansısa xüsusiyyətini əsas götürərək tərtib edilmişdir, sürüşmə prosesinin mürəkkəbliyini birtərəfli şəkildə əks etdirir. Bəzi təsnifatlar isə sürüşmələrin daha çox səciyyəvi olan əlamətlərini nəzərə almaqla daha dəqiqdirlər. Praktikada daha çox istifadə edilən həmin təsnifatlardan aşağıdakıları göstərmək olar.

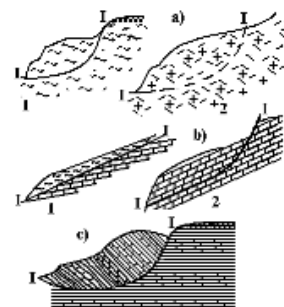
Yamacın geoloji quruluşundan və təsir edən amillərdən asılı olaraq sürüşmə müstəvilərinin forması və yerləşmə vəziyyəti müxtəlif olur.

Sürüşmə yamacını təşkil edən qruntların litoloji-stratiqrafik quruluşu, sürüşmə müstəvisinin forması və yerləşmə vəziyyətini nəzərə alaraq F.P.Savarenski sürüşmələri **asekvent, konsekvant və insekvent** kimi fərqləndirməyi təklif etmişdir (şəkil 3.9).

Asekvent (latın sözündən götürülmüşdür və mövcud halda heç bir səthi təkrarlamamaq mənasını verir) eynicinsli, laylı olmayan qruntlarda (gillərdə, gilcələrdə, qumcalarda və s.) baş verir və sürüşmə müstəvisi çökük səth olub, dairəvi-silindrik formaya yaxın olur (şəkil 3.9, a). Sürüşmə müstəvisinin belə olması qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Bu sürüşmələrdə yamacın qasında yaranan ayrılma çatları massivi bir və ya bir neçə hissəyə parçalayır ki, bununla əlaqədar olaraq yerdəyişmə blok və bloklar şəklində, çökük sürüşmə səthi üzrə baş verir. Ona görə də, həmin sürüşmüş blokların daxili quruluşu bəzən bir o qədər də dəyişikliyə uğramır. Əksər hallarda sürüşmə səthinin dabanı yamacın dabanı ilə üst-üstə düşür. Əgər altıda zəif qruntlar yatarsa, o zaman sürüşmə səthinin aşağı qurtaracağı yamacın dabanından dərinədə yerləşir.

Sürüşmə səthinin yuxarı hissəsini ayrılma çatlarına görə, aşağı qurtaracağını (dabanını) isə qruntların yerdəyişməsinə, qabarmasına görə təyin etmək olar. Sürüşmə sahəsində isə müstəvinin yerləşmə vəziyyəti qazılmış quyular vasitəsi ilə qrunտ layının təbii yatım şəraitinin pozulma səthinə və nəmliyin artma zonasına, sürüşmə şırımlarına və səthinə, aktiv sürüşmə zonasında quraşdırılmış (sürüşən və sükunətdə qalan qrunտ kütləsində) dərinlik reperlərinin planda vəziyyətinin və yüksəkliyinin dəyişməsinə görə təyin edilə bilər.

Konsekvant sürüşmə (mövcud səthə uyğun) müxtəlifcinsli və çatlı qruntlarda əmələ gəlir (şəkil 3.9, b). Bu halda, sürüşmə yamacın quruluşu ilə əlaqəli olub, bütövlüyün pozulduğu səth üzrə baş verir. Sürüşmə blok və bloklar şəklində, qruntların yüksək nəmlənmə həddində isə maili sürüşmə səthi və yaxud fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin zəifləmiş olduğu zonalar üzrə özlü mayelərin axını kimi baş verir. Qruntların monoklinal maili laylanma səthi, zəif



Şəkil 3.9. Sürüşmənin strukturunun xarakterik tiplərinin sxemi. a-asekvant: 1-eynəcinsli gilli qruntlarda; 2-çatlı bərk qruntlarda; b-konsekvant: 1-ana süxurlar üzərində yerləşən delüvial qruntlarda; 2-monoklinal maili yatmış laylı qruntlarda; c-insekvant.

(gil, argillit, kömür və s.) qruntların maili layları və araqaqları, ana süxurların səthi və aşınma qatının alt sərhədi, çatların səthi, donmuş qruntların səthi və s. sürüşmə müstəvisi ola bilər. Konsekvent sürüşmələrdə sürüşmə səthi müstəvi, dalğavari, maili-pilləli formalı olur. Həmin sürüşmə səthi biləvasitə vizual və stasionar müşahidələrlə, kəşfiyyat-axtarış işlərindən alınmış geoloji məlumatların interperetasiyası əsasında asanlıqla təyin oluna bilər. Bu sürüşmələrə daha çox təsadüf olunur.

İnsekvent sürüşmə (layların uzantısına köndələn yerləşən) müxtəlifcinsli laylı, yamaca doğru yönəlmiş horizontal və maili yatıma malik qruntlarda müşahidə edilir (şəkil 3.9, c). Bu sürüşmə zamanı sürüşmə müxtəlif litoloji tərkibə malik qrunut təbəqəsinin kəsilmə səthi üzrə baş verir. Sürüşmənin qasında sürüşmə səthi dik olub, çat və çatların səthi boyu istiqamətlənir, sürüşmənin dabanında isə düzlənərək bir və ya bir neçə layı kəsir.

İ.V.Popov sürüşmələri onların yaşına və inkişaf dinamikasının ümumi qanunauyğunluqlarına görə təsnifləndirmişdir (cədvəl 3.7).

Cədvəl 3.7

Sürüşmə hadisəsinin yaşına və inkişaf fazasına görə bölgü sxemi (İ.V.Popova görə)

Sürüşmələrin yaşı	Sürüşmənin növü	Süxur kütləsinin tarazlıq vəziyyəti
Eroziya bazisinin və abraziya səviyyəsinin müasir vəziyyətinə uyğun gələn müasir sürüşmələr	Hərəkətdə olan Yavaşımış Dayanmış Qurtarmış	Tarazlıq vəziyyətinin bərpası prosesi davam edir. Sürüşdürücü qüvvələr müvəqqəti olaraq dəyanətlilik amilləri ilə tarazlaşmışdır. Tarazlığı pozan qüvvələr müvəqqəti olaraq kənarlaşdırılmışdır. Tarazlığı pozan qüvvələr aradan qaldırılmışdır.
Eroziya bazisinin və abraziya səviyyəsinin müasir vəziyyətinə uyğun gəlməyən qədim sürüşmələr	Açıq Basdırılmış	Sürüşmüş qrunut kütləsi yer səthinə çıxır. Sürüşmüş qrunut kütləsi sürüşmədən sonrakı dövrə aid çöküntülərlə örtülmüşdür.

A. P. Pavlov (1903) sürüşmələri **delyapsiv** (və yaxud **üstdən sürüşən**) və **detruziv** (və yaxud **itələyici**) sürüşmələr kimi fərqləndirmişdir. O, *delyapsiv* sürüşmələrə qrunut kütləsinin hərəkəti yamacın dabanından başlayan və asılı vəziyyətdə qalaraq tarazlığını itirmiş üstə yatan layların sürüşməsi ilə müşayiət olunanları aid etmişdir. *Detruziv* sürüşmələrdə isə qrunut kütləsinin

hərəkəti yamacın yuxarı hissəsindən başlayır və sonra aşağı hissəsində yerləşən qrunnt kütləsinə itələyici təsir edərək sürüşmə baş verir.

N.N.Maslova görə yamacın dayanıqlılığının pozulması nəticəsində yaranan sürüşmə onun sürətindən və xarakterindən, yamacı təşkil edən qrunntların litoloji tərkibindən, təsir edən amillərdən asılı olaraq aşağıdakı kimi təsniflənə bilər: **uçqun; kəsilmə və fırlanma ilə uçma; batma zamanı qopma; səlis sürüşmə; yerdəyişmə ilə sürüşmə; sürünməklə sürüşmə; axma; plastik deformasiya; yamacın əsrlər boyu işlənilməsi.**

Uçqun əsasən, yüksək dikliyə malik olan, massiv, qayavari, yarımqayavari qrunntlardan təşkil olunmuş yamaclarda baş verir. O, yamacın müxtəlif təsirlərlə aşınmaya məruz qalması, qrunntlarda mövcud olan çatların böyüməsi nəticəsində onların xırdalanması və parçalanması ilə əlaqədar olaraq, bəzən cüzi titrəyişin, səsin, seysmik və ya hər hansı təsirin yaranması ilə təzahür edir. Nəticədə massivi təşkil edən qrunntların əlaqəsiz hissəciklərinin (daş parçası, qaya parçası, qaymadaş və s.) kütləvi şəkildə, gözlənilmədən, sürətli yerdəyişməsi müşahidə olunur. Yamacdan qopmuş qrunnt kütləsi havada ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edir. Uçqun zamanı bəzən böyük ölçülü qrunnt kütlələri yamacdan qoparaq müəyyən an hərəkət etdikdən sonra yamacın dabanlarına doğru diyirlənir.

Kəsilmə və fırlanma ilə uçma eynicinsli gilli qrunnt təbəqəsindən təşkil olunmuş yamacların müxtəlif qüvvələrin təsiri altında bütövlüyü pozularaq, dairəvi silindrik səth üzrə müəyyən ox ətrafında fırlanmaqla yerdəyişməsidir. Yamacı təşkil edən qrunntlar yerüstü və yeraltı suların təsiri altında islanarkən onların fiziki-mexaniki xassələri pisləşir. Müxtəlif amillərin təsiri altında aşınmaya məruz qalmış həmin təbəqə üstə yatan qrunntların ağırlığından və digər təsirlərdən əyrı səth üzrə yerdəyişməyə məruz qalır ki, həmin sürüşmə səthini də müəyyən təqribiliyə yol verməklə dairə qövsü kimi qəbul etmək olar. Bu zaman yamacın uçan hissəsi yuxarı tərəfdən müəyyən qədər əksinə fırlanmış olur. Beləliklə, uçan kütlə həm fırlanmaya, həm də dairəvi silindrik səth üzrə yerdəyişməyə məruz qalmış olur.

Batma zamanı qopma böyük hündürlüyə malik olan dik yamaclarda altda yatan qrunnt təbəqələri zəif möhkəmliyə və böyük məsaməliliyə malik olduqda baş verir. Belə ki suyun təsiri ilə

daha asan həllolan qruntlar, löslər, «plivunlar», müxtəlif qumlar yeraltı suların təsirinə məruz qaldıqda, yəni onların həllolması, islanarkən məsaməliliklərinin kəskin dəyişikliyə uğraması, hidrodinamiki qüvvələrin təsiri altında qumların və «plivun»ların yük altından çıxması baş verdikdə və s. səbəblərdən yamacların oturması müşahidə olunur.

Səlis sürüşmə prosesi laylanma müstəvisi üzrə üstə yatan layların hərəkəti şəklində baş verir. Həmin layların hərəkətə gəlməsinə səbəb müxtəlifcinsli və yaxud qeyri-uyğun yatıma malik olan laylar arasında gil araqaatının, gilli, xloritli, talklı və slyudalı şistlərin iştirak etməsi və su ilə islanarkən sürüşkənliyinin artması, yamacın mailliyinin buraxıla bilən həddən böyük olmasıdır. Massiv qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda sürüşmənin bu şəkildə baş verməsi isə aşınma, tektonik qırılma ilə əlaqədar olur.

Yerdəyişmə ilə sürüşmə, qrunut sularının süzülmə təzyiqinin və yana təziqin təsiri altında, çökmə süxurlar, xüsusi ilə horizontal yatıma malik gillər üzərində torpaq - qrunut qatının yerini dəyişdikdən sonra sürüşməsidir. Həmin qüvvələrin təsiri altında sürüşmə ayrılma çatı üzrə baş verir.

Sürünməklə sürüşmə dedikdə, yer səthində aşınaraq toplanmış çöküntü təbəqələrindən ibarət olan qatın (elüvial təbəqənin) ana süxurların səthi üzrə yerdəyişməsi nəzərdə tutulur. Bu, əsasən atmosfer yağıntılarının çox düşməsi, torpaq qatının su ilə tam doyması zamanı daha çox müşahidə edilir.

Axma dedikdə, hidrodinamiki qüvvələrin təsiri altında yüksək dərəcədə islanaraq strukturunu itirmiş torpaq kütləsinin, müxtəlif qumların, «plivun»un lokal şəkildə müəyyən ərazilərdə təzyiq altından çıxaraq hərəkətə gəlməsi nəzərdə tutulur və palçıq axını şəklində müşahidə olunur. Bu zaman müəyyən geoloji quruluşa malik sürüşmə müstəvisini müəyyən etmək olmur.

Plastik deformasiya zamandan asılı olaraq çox asta sürətlə baş verən proses olub, əlaqəsiz qruntlardan başqa, bütün qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda baş verir. Qruntların yüksək islanma həddində, hidrodinamiki təzyiqin təsiri altında yamacın mailliyinin az olması səbəbindən uzunmüddətli plastik yerdəyişmə şəklində təzahür edir.

Yamacın əsrlər boyu işlənilməsi dedikdə, müxtəlif fiziki proseslərin təsiri altında onu təşkil edən qruntların aşınması, dəyişikliyə uğraması ilə yerdəyişməsi nəzərdə tutulur. Bu, az

mailliyə malik yamaclarda (3-5⁰) gedən çox zəif sürətli yerdəyişməni ifadə edir.

K.İ.Boqdanoviç (1911) sürüşmələri birinci dərəcəli, yəni sürüşməyə məruz qalmamış qruntlarda baş verənlərə və ikinci dərəcəli, yəni sürüşməyə məruz qalmış qruntlarda əmələ gələnlərə ayırmışdır.

N.V.Rodionov (1939) sürüşmələri onların yaranma səbəbindən asılı olaraq aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir: a) *konsistent sürüşmə*-yamacın dayanıqlılığının pozulması gilli qruntların su ilə islanarkən konsistensiyasının dəyişməsi ilə (misal olaraq, yarımberk haldan plastik hala keçməsi) əlaqədar olur; b) *suffoziya sürüşməsi*-yamacın dayanıqlılığının pozulması onun dabanında qrunut sularının yer səthinə çıxması zamanı suffoziyanın baş verməsi ilə əlaqədar olur; c) *struktur sürüşmə*-yamacda qruntların dayanıqlılığı maili laylanma müstəviləri, tektonik pozulmalar və çatlar sistemi üzrə pozulur. Bunlardan başqa o, *konsistent-struktur*, *suffoziya-struktur* və s. sürüşmə tiplərini fərləndirmişdir.

D.Varnes sürüşmələri yerdəyişmə mexanizminə görə aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir: 1) **səlis sürüşmə**: a) **fırlanma** (fırlanma sürüşməsi); b) **müstəvi** (blok yerdəyişməsi, yumşaq çöküntülərin və yumşaldılmış kütlənin səlis sürüşməsi); c) **yük altından çıxma sürüşməsi**; 2) **axma**; a) **quru**, b) **yaş**; 3) **qarışıq hərəkət**.

Y.P.Yemelyanova yamacın dağılma səbəbinə görə sürüşmələri **həqiqi və psevdosürüşmələr** (yalançı, həqiqi olmayan sürüşmələr), əmələ gəlməsinin geoloji şəraitinə görə isə horizontal yatıma yaxın yatımlı layların sürüşməsi (bir yaruslu-döşənmiş, asılı qalmış və iki yaruslu), zəifləmiş maili müstəvilər üzrə sürüşmələr və yamacların örtük qatının sürüşmələri kimi təsnifləndirmişdir. Həqiqi sürüşmə kimi yamacdakı gərginlik qruntların möhkəmliyinə uyğun olmadıqda yaranan sürüşmələr, psevdosürüşmə kimi isə müxtəlif proseslərin (o cümlədən suffoziya) təsiri altında altda yatan laylarda yaranmış boşluqların uçması ilə əlaqədar olaraq onların sıxlaşması zamanı üst təbəqənin oturması, çökməsi nəzərdə tutulur.

Y.P.Yemelyanova planda formasına görə sürüşməni aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir:

1) *Kənarları girintili-çıxıntılı olan sadə formalı (müxtəlifliyi-labirint);*

2) *Səlis haşiyəli sadə formalı;* a) yamacın dabanına çatmayan (ellipsvari, armudvari, damcışəkilli); b) yamacın dabanına çatan (frontal, sirkəbənzər, normal və yaxud aşağıya doğru genişlənən, boğazı daralmış sirkəşəkilli, buzlaq buzuna bənzər).

3) *Mürəkkəb formalı*-bir neçə sadə formanın birgə təsadüf etməsi (misal olaraq, qaşıqvari-yuxarıya doğru sirkəbənzər, aşağıya doğru isə buzlaq buzuna bənzər).

Sürüşmələrin inkişafında yeraltı suların rolunu nəzərə alaraq isə Y.P. Yemelyanova aşağıdakı təsnifatı vermişdir.

1) sürüşmə səthi və yaxud yerdəyişmə zonası qravitasiya suları iştirak edən layda yerləşən və yamacın tarazlıq vəziyyətinə yeraltı suların təsiri böyük olan halda baş verən sürüşmələr;

2) sürüşmə səthi tərkibində yalnız hidrostatik təsir göstərməyən əlaqəli sular iştirak edən, sukeçirməyən təbəqə üzərində yerləşən, üst təbəqələrdə iştirak edərək yeraltı suların yamacın tarazlıq vəziyyətinə təsiri zəif olan halda baş verən sürüşmələr.

A. Kollen sürüşmələri yamaca təsir etmə dərinliyinə görə aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir;

1) yerdəyişmə səthi nəmlik və temperaturun mövsümi dəyişmə zonasında yerləşən sürüşmələr;

2) yerdəyişmə səthi nəmlik və temperaturun yer səthində mövsümi dəyişmə zonasından dərinə yerləşən dərin sürüşmələr;

Buna analoji olaraq aşağıdakı sürüşmələr təsnifləndirilə bilər:

1) yerdəyişmə səthi aşınma zonasının altından keçən və bütövlükdə aşınma zonasında yerləşənlər;

2) yerdəyişmə səthi bitkinin kök sisteminin yerləşdiyi qatdan və ya ondan dərinə keçənlər;

3) insanların fəaliyyətinin təsirinə məruz qalanlar və qalmayanlar.

A.P.Nifantov (1935) qrunut kütləsinin hərəkətinin morfoloji əlamətlərinə, yerdəyişmə xarakterinə və tipinə görə sürüşmələri təsnifləndirmişdir. Həmin təsnifatda hərəkət tipinə görə süxurların bütövlüyünü pozmaqla və pozmamlaqla baş verən sürüşmələr fərqləndirilmişdir. Eyni zamanda hərəkətin xarakterinə, səbəbinə, morfoloji əlamətlərinə, sükunətdə qalan və hərəkət edən qrunutların xarakterinə görə sürüşmələri təsnifləndirmişdir.

Q.S.Zolotaryev (1956) sürüşmənin miqyasına və strukturuna görə aşağıdakı kimi təsnifləndirmə aparmışdır:

- 1) *yuğrulmuş qayavari süxur massivləri (çox iri)*;
- 2) *bloklar-sürüşmələr*-əksərən yarımqayavari və gilli blokların və lay dəstəsinin yerdəyişməsi;
- 3) *axınlar-sürüşmələr*-hərəkət edən süxurların xırdalanması zamanı əmələ gələnlər;
- 4) *axın*-2-5 m-dək dərinlikdə qrunut təbəqəsinin atmosfer yağıntıları və ya qrunut suları ilə islanması nəticəsində sürüşməsi;
- 5) *sürüşmə-axma* – atmosfer yağıntılarının qrunutu islatması (yeraltı suların təsiri olmadan) hesabına dərin olmayan (2-3 m-dək) kiçik təbəqənin sürüşməsi;
- 6) *qopma*-böyük olmayan sahədə və dərinlikdə baş verən və yamacda xırda pilləvarilik yaradan yerdəyişmə.

Bundan başqa Q.S.Zolotaryev (1964) genetik olaraq aşağıdakı sürüşmə tiplərini fərqləndirməyi təklif etmişdir: **1) detruziv** və yaxud I dərəcəli sıxışdırılaraq yük altından çıxarılma; **2) konsekvant** və yaxud sürüşmə; **3) delyapsiv** (sürüşmə-axın və axma); **4) axma**; **5) qəflətən sıyıqlaşma**; **6) suffoziyalı** və **yük altından çıxaraq axma**; **7) metamorfik və püskürmə süxurlarının aşınma qatı**; **8) mürəkkəb və keçid tipləri**.

Q.L.Fisenko (1965) karxana dərələrinin yan divarlarında və tullanılmış süxur topasında baş verən deformasiyaları tədqiq edərək yaranan yerdəyişmələri aşağıdakı kimi təsnifləndirməyi təklif etmişdir:

- 1) *səpilmə*-yamacın dabanına doğru ayrı-ayrı süxur parçalarının və daşların diyirlənməsi;
- 2) *uçqun*-dik sürüşmə səthi üzrə süxurların tez yerdəyişməsi;
- 3) *sürüşmə*-yastı sürüşmə səthi üzrə süxurların asta yerdəyişməsi; bunlara aiddir: izotrop massivlərin və örtük təbəqəsinin sürüşmələri; süzülmə, təmas və yandan yatan laylı süxurlarda dərinlik sürüşməsi; sürüşmə-üstəgəlmə, yük altından çıxma; qrunut tökmələrində isə dabanüstü, dabanaltı-təmas, dabanaltı-yük altından çıxma;
- 4) *axma*-su ilə islanmış strukturu pozulmuş yumşaq qrunutların axması;

5) *oturma (batma)*-bütöv sürüşmə səthi əmələ gəlmədən karxana dərələrinin yan tərəflərində yumşaq süxur massivinin şaquli batması.

Müxtəlif qravitasiya hadisələrinin öyrənilməsi zamanı V.D.Lomtadze aşağıdakı təsnifatdan istifadəni təklif etmişdir. Bu təsnifatda qruntların hərəkət xüsusiyyətləri (növu, üsulu, məxsusiliyi), yəni hadisələrin baş vermə mexanizmi əsas yer tutur. Həmin təsnifatda müvafiq qravitasiya hadisəsinə qarşı həyata keçirilən mühəndisi tədbirin istiqaməti də öz əksini tapmışdır.

Sürüşmə prosesinin tədqiqi zamanı prosesin aktivliyi diqqət mərkəzində olur.

Bunun üçün sürüşmə ərazisində müvafiq stasionar müşahidələr aparılır. Həmin müşahidələrə əsasən sürüşmə prosesinin inkişaf etməsinə, genişlənməsinə, sönməsinə, yavaşmasına, tamamlanmasına və s. dair müvafiq təsəvvür yaranır. Bundan ötrü sürüşmənin hərəkət sürəti tədqiq edilir.

K.Şarp və E.Ekkel sürüşmənin hərəkət sürətinə görə aşağıdakı təsnifatı təklif etmişdir (cədvəl 3.8).

Cədvəl 3.8

**Yerdəyişmə sürətinə görə sürüşmələrin təsnifatı
(K.Şarp və E.Ekkelə görə)**

Sürüşmənin yerdəyişmə sürəti	Hərəkətin xarakteri
> 3m/san	hədsiz dərəcədə tez
3 m/san-3 m/dəq	çox tez
0,3 m/dəq-1,5 m/sutka	tez
1,5 m/sutka-1,5 m/ay	orta
1,5 m/ay-1,5 m/il	asta
1,5 m/il-0,06 m/il	çox asta
<0,06 m/il	hədsiz dərəcədə asta

**3.1.5.1. SÜRÜŞMƏ YAMACININ DAYANIQLILIĞININ
MÜHƏNDİSİ–GEOLOJİ BAXIMDAN
QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ**

Təbii yamacların, süni yaradılmış dik relyef formalarının sürüşməyə görə dayanıqlılığının mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi üçün zaman və məkan etibarilə təbii-tarazlıq vəziyyəti, ona təsir edən amillər (təsir edən amillərin tərkib və qiymətində, istiqamətində baş verən dəyişikliklər də nəzərə

alınmaqla) tədqiq edilməlidir. Hər bir yamacda sürüşmə hadisəsi mövcud şəraitə uyğun baş verir və sürüşmə sahələrini formalaşdıraraq, ərazi qruntlarının strukturunun, relyefinin, ərazidə tikilmiş qurğu və tikililərin bütövlüyünün və s. pozulmasına, dağılmasına səbəb olur.

Ona görə də, sürüşməyə görə yamacın dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi kompleks şəkildə (kəmiyyət və keyfiyyət qiymətləndirməsi ilə), sürüşmə ərazisinin hərtərəfli tədqiqi əsasında yerinə yetirilməlidir.

Sürüşmənin tədqiqi. Sürüşmənin tədqiqi məqsədi ilə aparılan tədqiqat işlərinin sxematik ardıcılığı və tərkib hissələri aşağıdakılardan ibarətdir.

I. Sürüşmə baş vermiş yamacın tədqiqi. Bunun üçün sürüşmə sahəsindən kənar və həmin sahə daxilində sürüşmə baş verənədək mövcud olmuş şərait təsvir edilir. Bu məqsədlə aşağıdakılar tədqiq edilməlidir:

1) yamacın yerləşmə yeri, xarici görünüşü, genezisi (dəniz, göl, çay, dərə, su hövzəsi və s. genezisli olması, süni yamac, tökmə qrunտ qatının yamacı), uzunluğu (iki vadi arasında), nisbi hündürlüyü;

2) planda və profildə forması, xarakterik yerlərində və ortasında dikliyi;

3) yamacın və onun bünövrəsinin geoloji quruluşu, yamaca nəzərən qruntların yatım şəraiti, onların vəziyyəti (nəmliyi, konsistensiyası, çatlılığı, aşınması və s.);

4) hidrogeoloji şərait;

5) morfologiyası və mikroyelyefi, onların geoloji quruluşla əlaqəsi, yamacda eroziya şəbəkəsi;

6) bitkilər və tikinti;

7) yamacın qəşində relyefin (yayla, terras, yastı yamac, yamacın qəşindən suayırıcınadək məsafə, əks yamac) xüsusiyyəti;

8) yamacın dabanının və sualtı hissəsinin xüsusiyyəti (yamacda yuyulma və texnogen kəsilmələrin sayı, dabanında yuyulma intensivliyi);

9) yamaca bitişik terras qalıqlarının xüsusiyyəti və sayı;

10) yamacın yaşı və onun formalaşma etaplari.

II. Sürüşmə kütləsi üzrə aşağıdakı tədqiqatlar aparılmalıdır:

1) yamacda bazisin (əsasən) yerləşmə vəziyyəti;

2) planda, eninə və uzununa profildə ölçü və forması;

3) bazis üzərində aralanmanın qaşının aşırımının artımı, aralanma divarının, sürüşmənin yanlarının və dilinin (qabarma valı) xüsusiyyəti və hündürlüyü, yerdəyişmənin amplitudu;

4) sürüşmənin səth relyefi;

5) sürüşmənin suyuğıcı sahəsi, sürüşmə üzrə yerüstü axın şəraiti, sürüşmə kütləsinin su ilə qidalanma mənbəyi;

6) sürüşmə üzərində bitki örtüyü, onun sürüşmədən kənar sahələrin bitki örtüyündən fərqi;

7) sürüşmə sahəsində qurğular və onların deformasiyası;

8) sürüşmənin qalınlığı, sürüşmə səthinin forma və vəziyyəti, sürüşən qrunt kütləsinin tərkibi, yatım şəraiti və vəziyyəti haqqında məlumatlar, yerdəyişmə mexanizminə aid göstərişlər;

9) sürüşmə deformasiyasının yenilənməsi, sürüşmənin yaş göstərişi.

III. Qonşu sürüşmələr üzrə aparılan tədqiqatlar aşağıdakılardan ibarətdir:

1) onlara qədər məsafə, onların qısa səciyyəsi (əgər onlar da həmin yamacda yerləşərsə);

2) sürüşmələrarası burunların (çıxıntıların) sayı, ölçüləri, morfologiyası.

IV. Sürüşməyə hazırlıq, onun əmələgəlməsi və baş verməsi haqqında məlumat: Burada aşağıdakılar müəyyənləşdirilməlidir:

1) sürüşmə baş verənədək yamacın relyefi və şəraiti, sürüşməni qabaqlayan və onunla birgə baş verən yerdəyişmənin xüsusiyyəti, vaxtı və sürəti;

2) sürüşmə sahəsinin genişlənməsi və ikinci dərəcəli sürüşmənin baş verməsi;

3) təkrar hərəkətlər;

4) müasir dövr üçün sürüşmənin fəallığı və deformasiya rejimi;

5) qurğularda yaranan deformasiyalar, dağılmalar və dəymiş ziyan;

6) yerdəyişmə momenti üçün hesabat sxemlərinin və göstəricilərinin yoxlanılması və yaxud hesablanması (tərsinə hesablama ilə).

V. Sürüşməyə qarşı yerinə yetirilmiş tədbirlər üzrə tədqiqatlar: Bu tədqiqatlarda qurğuların yaşı, ölçüsü, yerləşmə vəziyyəti, müasir dövrdə vəziyyəti, effektivliyi, onların tərkibi, ölçüləri müəyyən edilməlidir.

VI. Nəticələr: Nəticələrdə aşağıdakı məsələlər əks edilməlidir:

- 1) sürüşmənin tipi, müxtəlif amillərin onun baş verməsində nisbi rolu, baş vermə səbəbi;
- 2) digər proseslərlə qarşılıqlı əlaqəsi;
- 3) sürüşmənin inkişaf mərhələsi və gələcək inkişafının proqnozu.

Yuxarıda qeyd edilən məsələlərin həll edilməsi, sürüşmə prosesinin proqnozlaşdırılması üçün müvafiq metodlardan, termin və anlayışlardan istifadə edilir. Onlar haqqında qısa şəkildə aşağıdakıları qeyd etmək olar.

Yamacın dayanıqlılıq əmsalı - *sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin fəal sürüşdürücü qüvvələrə nisbətindən ibarət olub, müxtəlif hallarda müvafiq riyazi ifadələrlə hesablanır:*

1) Müstəvi sürüşmə səthinə malik olan sürüşmələrdə bu əmsal təsir edən müvafiq qüvvələrin sürüşmə müstəvisi üzərində proyeksiyalarının cəminin nisbətidir;

2) Dairəvi silindrik sürüşmə səthinə malik sürüşmələrdə bu əmsal fırlanma oxuna nəzərən müvafiq qüvvə momentləri cəminin nisbətidir;

3) İstənilən formalı sürüşmə səthli sürüşmə yamaclarının dağınıqlılıq əmsalı isə bu səth üzrə qruntların sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin cəbri cəminin həmin səth üzrə sürüşdürücü qüvvələrin cəbri cəminə nisbətinə bərabərdir.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (3.38)$$

burada- $\sum_{i=1}^n Q_i$ - sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin cəbri cəmi;

$\sum_{i=1}^n T_i$ - sürüşdürücü qüvvələrin cəbri cəmi.

Hər bir yamac, onun tarazlıq vəziyyətinin mümkün ola bilən pozulmasına görə aşağıda göstərilən müvafiq dayanıqlılıq əmsalları ilə səciyyələnir:

1) yamacın tam hündürlüyünə müvafiq onun ümumi tarazlığı (I dərəcəli sürüşmənin baş verməsi mümkünlüyü);

2) yamacın hündürlüyü üzrə onun müxtəlif hissələrinin lokal tarazlığı;

3) yamacın örtük çöküntülərinin tarazlığı;

4) yamaca söykənmiş və əvvəllər sürüşmüş qrunut kütləsinin tarazlığı (əvvəl baş vermiş sürüşmənin təkrarlanma mümkünlüyü);

5) əvvəl sürüşmüş qrunut kütləsinin müxtəlif hissələrinin tarazlığı (II dərəcəli sürüşmənin əmələgəlmə mümkünlüyü).

Yamacların dayanıqlılıq əmsalı zamana görə fasiləsiz olaraq dəyişir. Ona görə də, yamac zamanın hər bir anına və hər bir şəraitə uyğun dayanıqlılıq əmsalına malik olur. Sürüşmə yerdəyişməsi o zaman başlanır ki, dayanıqlılıq əmsalı zamana görə azalaraq birə bərabər olsun.

Sürüşmənin yaranmasında hər bir amilin qiymətləndirilməsi metodları. Y.P. Yemelyanovaya görə bu metodlar aşağıdakı kimi qruplaşdırıla bilər:

I. *Analitik*-dayanıqlılıq əmsalının qiymətinə (mütləq qiymətinə və mütləq qiymət məlum olmadıqda isə onun qiymətinin dəyişməsinə faizlə təsiri) amillərin təsirinin təyini.

II. *Sintetik* və yaxud statistik-sürüşmə prosesləri və təsir edən amillər arasında əlaqələrin varlığının və sıxlığının müəyyən edilməsi. Bu, təsir edən amillərin və sürüşmənin zamana görə və mühitdə yerinin dəyişməsinin müqayisəsi (xəritəyə alınması), təyin edilmiş əlaqə üçün korrelyasiya əmsalının və statistik əlaqənin digər göstəricilərinin hesablanması ilə yerinə yetirilir.

Sürüşmənin zamana görə inkişaf xarakteristikaları:

Sürüşmə tsikli-I dərəcəli yalnız bir sürüşməni əmələ gətirən prosesin əvvəlindən axırınadək yaranan hadisələrin tam kompleksinin baş verməsi müddətidir.

Sürüşmənin mərhələsi-sürüşmə tsiklinin bir hissəsi olub, həmin müddət ərzində sürüşmənin inkişaf prosesi keyfiyyətə eynicinslidir. Hər bir mərhələ daxilində kəmiyyət dəyişikliyinə artması keyfiyyət dəyişikliyinə, yəni növbəti mərhələyə keçidə hazırlıqdır.

Sürüşmənin fazası-sürüşmənin mərhələsinin bir hissəsi olub, həmin müddət ərzində həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət xarakteristikaları az və yaxud çox dərəcədə daimi olur.

Sürüşmə tsiklinin müxtəlif tip sürüşmələrdə mərhələlərə və fazalara daha dəqiq şəkildə ayrılması müxtəlif olub, sürüşmə tsiklinin birdəfəlik və yaxud çox dərəcədə təkrarlanan olmasından asılıdır.

Eynicinsli, təqribən horizontal yatımlı qrunutlardan təşkil olunmuş və yuyulmaya məruz qalan yayla və terras yamaclarında

təkrarlanan tam sürüşmə tsiklinin orta davametmə müddəti Y.P.Yemelyanovaya görə, aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$T = \frac{a \cdot H}{q} \text{ və yaxud } T = \frac{a}{g}, \quad (3.39)$$

burada T - sürüşmə tsiklinin orta davametmə müddəti, il; H - yaylanın hündürlüyü, m; a - yayla və ya terrasda yeni sürüşmənin təsir sahəsinin orta eni, m; q -sahil yamacının eroziya və yaxud abraziyasının orta sürəti, 1 il ərzində yamacın 1 paqon m-də m³-lə; g -yamac qaşının orta geri çəkilmə sürəti, m/il (bir neçə sürüşmə tsikli dövründə).

Sürüşmə prosesi də dövrilik xüsusiyyətinə malik olduğundan, Y.P. Yemelyanova 2 növ dövrilik fərqləndirmişdir.

1) *Eyni yerdə prosesin təkrarlanması*-bu, sürüşmə tsiklinin, onun mərhələ və fazasının davametmə müddəti ilə təyin olunur;

2) *Məxsusi dövrilik və ritmiklik*-eyni rayonun və yaxud geniş regionun müxtəlif yerlərində sürüşmə yerdəyişmələrinin baş verməsinin nisbi tezliyinin zamana görə paylanmasıdır. Sürüşmə yerdəyişməsinin baş verməsinin nisbi tezliyi yamacların dayanıqlılığı üçün az və ya çox dərəcədə əlverişli olan dövrlərin varlığı ilə müəyyən olunur. Dövrələr sutkalıq, aylıq və müxtəlif davametmə müddətli (sutkanın hissəsi, ay fazası, günəş aktivliyi və s.) ola bilərlər.

Sürüşmə prosesinin tədqiqində yekun məsələlərdən biri də sürüşmə prosesinin proqnozlaşdırılmasıdır. Təbii və süni yaradılmış yamaclarda sürüşmə hadisəsinin proqnozlaşdırılması ayrılıqda hər hansı bir mühəndisi fəaliyyətin geoloji mühitdə həyata keçirilməsi zamanı da zərurətə çevrilir. Misal olaraq, təbii yamaclarda qurğu və tikililərin yerləşdirilməsi, yamacların qazıma və yarımqazıma ilə (kanal və digər tikintilərin aparılması ilə əlaqədar) kəsilməsi, onların su hövzələrinin təsiri ilə subasmaya, işlənməyə məruz qalması ilə əlaqədar olaraq sürüşmənin proqnozlaşdırılması müxtəlif məsələlərin əlverişli həll variantının müəyyənəndirilməsinə imkan verir. Belə ki istər təbii amillər, istərsə də insanların təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqəli amillər nəzərə alınaraq sürüşmə hadisəsi düzgün proqnozlaşdırılırsa, o zaman sürüşmənin baş verməməsi üçün hər hansı qabaqlayıcı tədbirlər görmək, heç olmazsa ondan qorunmaq olar.

Sürüşmə hadisəsinin proqnozlaşdırılması mühəndisi-geoloji tədqiqatların mərhələsindən asılı olaraq keyfiyyət və kəmiyyət

xarakterli ola bilərlər. Keyfiyyət qiymətləndirilməsi yamacda mövcud sürüşmənin təsvirinə, onun tədqiqinə, yamacın mühəndisi-geoloji şəraitinin analizinə əsaslanır. Yamacın dayanıqlılığının kəmiyyət qiymətləndirilməsi dayanıqlılıq əmsalının hesablanmasına əsaslanır.

Y.P.Yemelyanova zaman baxımından sürüşməyə dair proqnozları aşağıdakı kimi təsnifləndirmişdir:

1) *uzunmüddətli* - sürüşmə prosesini onlarla və ya yüzlərlə il müddətinə (əsaslı qurğuların mövcud olma və istismar müddəti ilə ölçülən vaxt üçün) proqnozlaşdırır;

2) *qabaqlayıcı* - bir neçə il (sürüşməyə qarşı tədbirin həyata keçirilməsinə imkan verən, qurğuların layihələndirilməsi və tikilməsi dövrü ilə ölçülən müddət) üçün verilən;

3) *qısamüddətli* - bir neçə ay və yaxud gün (katastrofik yerdəyişmənin baş verməsi zamanı insanların və ya lazımı, qiymətli maddi varlıqların köçürülməsinə imkan verən müddətə) üçün verilən;

4) *təcili xəbərdarlıq* - bir neçə saat və yaxud dəqiqə (qəza və insan ölümünün qarşısını almağa imkan verən vaxta) üçün verilən;

5) *şərti (nisbi)* - nə zamansa baş verməyə belə, gələcəkdə gözlənilən hadisə ilə zamana görə əlaqəli olan proqnozlar.

Həll edilən məsələlərin tipinə görə sürüşmənin proqnozlaşdırılması metodları. Y.P.Yemelyanova sürüşməni proqnozlaşdırma metodlarını aşağıdakı kimi sistemləşdirmişdir:

A. Əvvəllər sürüşmə baş vermiş qruntlarda yeni sürüşmələrin yaranmasının proqnozu.

I. Konkret yerdə sürüşmənin baş verməsinin proqnozlaşdırılması zamanı istifadə edilən metodlar. Bunlara aşağıdakıları aid etmək olar.

1) ən təhlükəli sürüşmə müstəvisinin təyini ilə, gözlənilən şərait üçün yamacın dayanıqlılıq əmsalının hesablanması metodu;

2) yamacın gözlənilən profilinin onu təşkil edən qruntların həddi-tarazlıq vəziyyətinə uyğun profili ilə müqayisə metodu;

3) yamacdakı gərginliyin onu təşkil edən qruntların möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətləri ilə müqayisəsi; gərginliyin təyini hesablanma yolu (analitik metodlar və kənar elementlər metodu), laboratoriyada modelləşdirmə (optik və tenzoşəbəkə metodları) və çöl ölçmələri ilə yerinə yetirilir.

4) Yamacın dağılma şəraitinin laboratoriyada fiziki modelləşdirilməsi (sentrifuqada sınaq, ekvivalent materiallar metodu);

5) Kəmiyyətə müqayisə metodu (Y.P.Yemelyanovaya görə): Bu metod müvafiq göstəricilərin həddi nisbətinə aid çoxlu faktiki məlumatlar əsasında qrafiki həll üsulundan ibarətdir. Yamacların dayanıqlılığını və gözlənilən şəraitlərdə müvazinət əyrisindən yamac nöqtəsinin məsafəsinə görə nisbi dayanıqlılığını müəyyən edən göstəricilərin həddi nisbətləri müəyyən edilməlidir. Bu zaman aşağıdakı göstəricilərdən istifadə edilir:- eynicinsli və təqribən horizontal yatımlı qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda baş verən sürüşmələr üçün yamacın hündürlüyü və mailliyi (əgər zəif, sıxışdırıla bilən, lay yamacın hündürlüyü üzrə ortasında yerləşərsə, bu göstəricilər həmin layın dabanından hesablanır); yamacı örtən qatın sürüşməsi zamanı-yamacın dikliyi (dərəcə ilə) və örtük qatının qalınlığı (metrlə).

6) Tarixi-geoloji metod-yamacın yaranma, formalaşma tarixinin bərpası əsasında müəyyən edilən və həmin tarixi dövrdə uyğun olan şəraitlə gözlənilən şəraitin müqayisəsinə əsaslanır.

II. Mümkün sürüşmənin mexanizmi və ölçüsünün proqnozu:

7)əvvəl baş vermiş sürüşmələrin mexanizmi ilə ölçüləri və əmələgəlmə şəraitləri arasında empirik asılılıqlardan istifadə edilməsi.

Sürüşmənin baş vermə proqnozu metodlarından istifadə zamanı (yuxarıda verilən 1; 2 və 4 nömrəli metodlar) bilavasitə sürüşmənin ölçüləri və mexanizmi də təyin olunur.

III. Əsas sürüşmənin vaxtının proqnozu. Yeni sürüşmələrin yer səthində hələ təzahür etmədiyi, yəni sürüşmələrə gizli hazırlıq mərhələsində tətbiq edilən metodlardan istifadə edilir. Qabaqlayıcı və uzunmüddətli proqnozlar verilir.

8)amillərin-proseslərin nəzərə alınması metodları (yuxarıda göstərilən 1-5 bəndlərindəki metodlardan istifadə olunur).

Sürüşmə sahəsində yerdəyişmənin baş verməsi müddətləri arasındakı minimal ($t_{\min}$) və maksimal ($t_{\max}$) vaxt Y.P.Yemelyanovaya görə aşağıdakı düsturlarla təyin oluna bilər:

$$t_{\min} = \frac{K_0 - A_{\max} - 1}{\Delta K}; \quad t_{\max} = \frac{K_0 - 1}{\Delta K}, \quad (3.40)$$

burada K_0 -hesabat dövrünün başlanğıcında yamacın dəyanıqlılıq əmsalının illik minimal orta qiyməti; ΔK -təsiredici amillərin (yuyulma, aşınma və s.) təsirindən yamacın dəyanıqlılıq əmsalının

il ərzində dönməz dəyişikliyin orta proqnoz surəti; $A_{\max}$ -müvafiq amillərin (atmosfer yağıntıları, zəlzələ və s.) əlverişsiz birgə iştirakı zamanı yamacın dayanıqlılıq əmsalının dönmə şəklində, mümkün olan maksimal azalmasıdır.

Maksimal və minimal baş vermə vaxtları arasındakı intervalda sürüşmənin daha çox ehtimala malik baş vermə vaxtının təyini üçün çoxillik təbii ritmlərin (11 illik, 35 illik və s.) nəzərə alınması metodundan istifadə etmək olar.

Sürüşmə baş vermiş sahələrdə təkrar olaraq birinci dərəcəli sürüşmənin baş vermə mümkünlüyünün proqnozu üçün aşağıdakı əlavə metodlardan (9 və 10 nömrəli bəndlərdəki) istifadə etmək olar.

9) sürüşmə tsiklinin davam etmə müddətinin qalan hissəsinin proqnozu metodu (horizontal yatımlı laylarda sürüşmələr üçün, Y.P.Yemelyanovaya görə)

$$t = \frac{a \cdot H - Q}{q}, \quad (3.41)$$

burada t -birinci dərəcəli yeni sürüşmənin baş verməsinədək vaxt, il; H -yamacın hündürlüyü, m; a -yaylanın yeni sürüşmənin təsirinə məruz qaldığı sahəsinin orta eni, m; Q -birinci dərəcəli sürüşməyədək baş vermiş əsas yerdəyişmədən sonra yuyulmuş qrunun m^3 -lə həcmi (yuyulmuş qrunun həcmi müşahidə aparmaqla və yaxud proqnozlaşdırmayadək və qabaqlayıcı sürüşmənin əsas yerdəyişməsindən sonra yamacın profilinin müqayisəsi ilə); q -eroziya və yaxud abraziyanın proqnozlaşdırılmış orta sürəti, il ərzində 1 poqon metrədə m^3 -lə.

10) sürüşmə prosesinin bir mərhələdən digər mərhələyə keçmə vaxtı görkəmin (simanın) tanınması nəzəriyyəsiindən istifadə metodu (A.A.Bondarenko və K.A.Qulakyana görə) ilə təyin edilə bilər.

Sürüşmənin hazırlıq mərhələsində, onun sərhədləri yer səthində təzahür etdiyi zaman tətbiq edilən metodlar (qabaqlayıcı, qısamüddətli və təcili xəbərdarlıq proqnozlarının dəqiqləşdirilməsi):

11) yaxın vaxtlar üçün meteoroloji, hidroloji, hidrogeoloji və seysmik proqnozlardan istifadə etməklə, amillərin, həmçinin qısa dövrlü təbii ritmlərin (mövsümi, aylıq, sutkalıq) təsirini nəzərə alan (8 nömrəli metod) dəqiqləşdirilmiş metod;

12) ilkin (müjdəçi) sürüşmə yerdəyişmələrinin müşahidə metodları (deformasiya artımının tədqiqi; A.Y.Budin,

Y.İ.Turintsev, M.Saito və Q.Yama görə sürüşkənliyin verilmiş sürəti üçün davamətmə müddəti ilə sürəti arasında qurulmuş empirik asılılıqlardan istifadə etməklə, artan sürüşkənliyin yaranma və inkişaf fazalarının tədqiqi; elektrikkeçiriciliyin və digər geofiziki parametrlərin dəyişməsinə, işıq hadisələrinə və s. görə qruntun parçalanma əlamətləri üzərində müşahidələrin aparılması və s.);

IV. Yenidən yaranan sürüşmənin əsas yerdəyişməsinin amplitudunun və sürətinin proqnozu:

13) tarazlaşmamış qüvvələrin təsiri altında inversiyalı hərəkət modelinə əsaslanan analitik metod (Y.P.Yemelyanovaya görə);

Bu metodda sürüşmə yerdəyişməsinin tam amplitudu iki hissədən ibarət yerdəyişmə kimi təyin edilir: - həddi-tarazlıq vəziyyəti yarananadək yerdəyişmə (D_1) və inersiya ilə davam edən yerdəyişmə.

Sürüşmə dairəvi-silindrik səth üzrə olduqda, həddi-tarazlıq vəziyyəti yarananadək baş verən yerdəyişmənin (D_1) horizontal müstəvi üzərində proyeksiyası (d_1) və həmin yerdəyişmənin sonuna yaxın maksimal sürəti (g_{max}) aşağıdakı düsturlarla hesablanıla bilərlər:

$$d_1 = (C_h - C_q) \cdot R \cdot \frac{L}{W}; \quad g_{max} = \frac{(C_h - C_q) \cdot L}{W} \cdot \sqrt{g \cdot R}, \quad (3.42)$$

burada C_h -sürüşmə baş verən anda qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin ən böyük qiyməti; C_q -sürüşmə səthi üzrə sürüşməyə qarşı qruntun qalıq (qərarlaşmış) müqaviməti; R -sürüşmə səthinin ayrilik radiusu; L -yerdəyişmə istiqamətində sürüşmə səthinin uzunluğu; W -sürüşən qruntun kütləsi; g -ağırlıq qüvvəsinin təcili (sərbəstdüşmə təcili);

14) oxşar geoloji şəraitlərdə əvəllər baş vermiş eyni tipli sürüşmələrin müşahidə edilmiş yerdəyişmə amplitudlarına və sürətlərinə görə analoji mülahizə yürütmək metodu.

B. Əvvəl baş vermiş sürüşmənin fəallaşması və yaxud hərəkətinin davam etməsi proqnozu.

V. Sürüşmənin bütövlükdə təkrarən yerdəyişməsi mümkünlüyünün proqnozu.

15) məlum sürüşmə müstəvisinə görə dayanıqlılıq əmsalının hesablanması metodları;

16) torpaq kütləsinin balansının nəzərə alınması metodu (fırlanma və yük altından sıxışdırılıb çıxarılma ilə sürüşmə halı üçün Y.P.Yemelyanovaya görə).

Sürüşmənin yuxarı hissəsi (ağırlıq mərkəzindən yuxarıda yerləşən hissəsi) üçün balans tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$X_y = \Pi_y - P_y - h \cdot a \cdot S. \quad (3.43)$$

Sürüşmənin aşağı hissəsi üçün isə aşağıdakı kimi olar:

$$X_a = \Pi_a - P_a + h \cdot a \cdot S, \quad (3.44)$$

burada X-balans hesablanan T-zaman müddətində sürüşmənin müvafiq hissəsində qrunut kütləsinin artımı (işarə müsbət olduqda) və ya azalması (işarə mənfi olduqda); Π -uçqun, səpilmə, ayrılma müstəvilərindən qopma, süni olaraq qrunutun tökülməsi, sürüşmə dilində çöküntülərin toplanması hesabına yeni qrunut kütləsinin sürüşmənin tədqiq olunan hissəsinə daxil olması; P-sürüşmə dilinin yuyulması, yarganların, dərələrin, süni kəsilmələrin olması və s. səbəbindən qrunut kütləsinin tədqiq olunan hissədən çıxarılması; h-sürüşmənin aşağı və yuxarı hissələrini ayıran kəsinin orta qalınlığı; a-həmin kəsində sürüşmənin eni; S- həmin kəsində T zaman müddətində sürüşmə yerdəyişməsinin orta qiyməti; balans tənliyinə daxil olan elementlərin indeksindəki y və a-müvafiq olaraq həmin elementin sürüşmənin yuxarı və aşağı hissəsinə aid olmasını göstərir.

Balans tənliyinə əsasən yamacın dayanıqlılığı T zaman müddətində $X_y - X_a > 0$ olduqda azalacaq, $X_y - X_a < 0$ olduqda isə həmin dövr ərzində artacaqdır.

VI. Sürüşmənin daimi hərəkəti və yaxud təkrar tərpənişi zamanı onun yerdəyişmə sürətinin və amplitudunun proqnozu: Bu proqnozların verilməsi zamanı bir-birinə əks olan iki qrup metoddan istifadə edilir. Bunlar sürüşmənin stasionar proses olması və yerdəyişmənin qiymətinin öz-özünə tənzimlənməsi təsəvvürünə əsaslanan metodlardır.

Sürüşmənin stasionar proses olması (daimi hərəkət və yaxud yerdəyişmənin sonsuz təkrarı) təsəvvürünə əsaslanan metodlarda aşağıdakı modellərdən istifadə edilir:

17) yamac boyu qrunutların qərarlaşmış özlü-plastik axını modeli (N.B.Tyabinə, N.N.Maslova, A.S.Stroqanova və s. görə). Üfüqi müstəvi ilə β bucağı təşkil edən yastı yamac üzrə yatan, daimi qalınlığa (h) malik sonsuz uzun lay üçün bu modelin tətbiqi

zamanı, qrunun özlü-plastik axınının maksimal sürəti (g_{max}) aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$g_{max} = \frac{\gamma}{2\eta} \cdot (h - h_0)^2 \cdot \sin\beta, \quad (3.45)$$

burada γ -qruntun təbii yatımda sıxlığı; η -özlülük əmsalı; h_0 -eyni sürətlə (g_{max} -a bərabər) hərəkət edən layın yuxarı hissəsinin qalınlığı olub, aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$h_0 = \frac{\tau_0}{\gamma \cdot \sin\beta} \text{ və yaxud } h_0 = \frac{C}{\gamma \cdot (\sin\beta - \cos\beta \cdot \tan\varphi)}, \quad (3.46)$$

burada τ_0 -həddi kəsici qüvvə (sürüşməyə qarşı müqavimətin həddi qiyməti); C -ilişmə qüvvəsi; φ -daxili sürütünmə bucağı.

18)sürüşmə kütləsinin yerdəyişməsinin yamacın su ilə islanması (atmosfer yağıntıları, yeraltı suların səviyyəsinin qalxması nəticəsində və s.) ilə əlaqə modeli.

Sürüşmə yerdəyişməsinin qiymətinin (baş verən yerdəyişmə və yerdəyişmə zamanı gərginliyin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq) öz-özünə tənzimlənməsi təsəvvürünə əsaslanan metodlarda aşağıdakı modellərdən istifadə edilir:

19) yerdəyişmə prosesində yamacın yenidən qurulmasının təsiri ilə sönən, qərarlaşmamış özlü-plastik axım modeli (sürüşmə dilində qrunun yuyularaq başqa yerlərə daşınması olmadıqda E.M.Dobrova görə);

20)sürüşmə kütləsinin yerdəyişməsi ilə balansı arasında dinamiki-tarazlıq modeli (çökük sürüşmə səthi zamanı Y.P.Yemelyanovaya görə); sürüşmənin çoxlu təkrarı zamanı sürüşmə kütləsi daim həddi-tarazlıq şəraitində olarsa, o zaman $X_y = X_a$ olar. T zaman müddətində yerdəyişmə (S) aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$S = \frac{\Pi_y - P_y - \Pi_a + P_a}{2h \cdot a}. \quad (3.47)$$

Düsturdakı şərti işarələr (3.43) düsturundakı kimidir.

Əgər sürüşmə zamanı qrunun daxil olursa və əsas çıxar elementi sürüşmə dilinin yuyulmasından ibarətdirsə, o zaman 1 il müddətində yerdəyişmə (S) aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$S = \frac{q}{2h}, \quad (3.48)$$

burada q-il ərzində su hövzəsi sahilinin 1 paqon m-də baş verən yuyulma, m^3 ; h-sürüşmənin ağırlıq mərkəzindən keçən en kəsiyində orta qalınlığı, m.

C.Yenisinin baş verməsi ilə əvvəl baş vermiş sürüşmənin fəallaşması arasında fərq qoymadan, sürüşmə ehtimalının regional proqnozu.

VII. Sürüşmə yeri göstərilmədən, müəyyən edilmiş sahədə, müəyyən edilmiş zaman müddətində sürüşmə yerdəyişmələrinin ehtimal olunan sayının (tezliyinin) proqnozu: Bu proqnoz aşağıdakı metodlar əsasında verilir.

21) yerdəyişmələrin zamana görə təsadüfi paylanması modelinə əsaslanan metodlar: Burada ərazidə əvvəllər baş vermiş sürüşmə yerdəyişmələrinə dair məlumatlar əsasında qurulmuş onların zamana görə paylanma ayrısı gələcək üçün sürüşmə yerdəyişmələrinin baş verməsi üzrə təminat və ehtimal ayrısı kimi götürülür;

22) sürüşmənin inkişafında ritmlərin (müxtəlif davamətmə müddətinə malik təbii ritmlərlə sürüşmənin əlaqəliliyi) varlığı modelinə əsaslanan metodlar;

23) hər bir regionda donma dərinliyi, atmosfer yağıntılarının miqdarı və yaxud yeraltı suların səviyyəsi (sərfi) ilə sürüşmə yerdəyişmələrinin sayı arasında əlaqənin aşkar edilməsinə əsaslanan metodlar;

VIII. Proqnozlaşdırılan sürüşmə məkan və zamanla əlaqələndirilmədən tədqiq edilən rayonda onun baş vermə ehtimalının proqnozu: Bu aşağıdakı metodla verilə bilər:

24) müxtəlif variantlarda müxtəlif müəlliflər tərəfindən təklif olunan regional ehtimallı fəza proqnozu metodları (V.K.Kuçaya, Q.L.Krakovskiyə, V.V.Küntselə, Q.P.Postoyevə və başqalarına görə).

3.1.5.1.1. YAMAQLARIN SÜRÜŞMƏYƏ QARŞI DAYANIQLILIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Sürüşməyə qarşı yamaqların və süni yaradılmış müxtəlif maillikli relyef formalarının dayanıqlılığının hesablanması hər bir konkret şəraitə uyğun təklif edilmiş hesablama metodları əsasında aparılır. Bu metodlar isə yamacı təşkil edən qruntların növü,

litoloji tərkibi, ehtimal olunan və ya məlum sürüşmə səthinin forması, yamaca təsir edən amillər və s. nəzərə alınmaqla işlənib hazırlanmışdır. Praktikada daha tez-tez təsadüf edilən sürüşmələrdən və həmin sürüşmə yamaclarının dayanıqlılığının qiymətləndirilməsində istifadə edilən metodlardan aşağıdakıları nəzərə almaq məqsədəuyğundur.

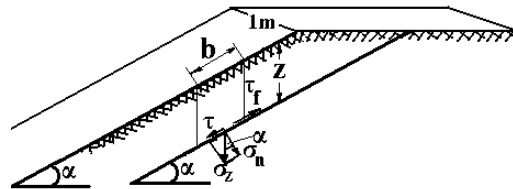
Yarımsonsuz yamacların dayanıqlılığı. Yamac mailik istiqamətində kifayət qədər uzunluğa malik olarsa, belə yamaclar yarımsonsuz yamaclar adlandırılır. Yəni yamacın qaşından başlayaraq mailik istiqamətində uzunluğu böyük olur. Bu yamaclarda uzunluğu dərinliyinə nisbətən çox böyük olan sürüşmələr baş verir və bu sürüşmələr yarımsonsuz yamac (yamacın qaşında uzunluğu məhdudlandığından yarımsonsuz adlanır) sürüşmələri kimi qəbul edilir. Bu sürüşmələr böyük uzunluqlu, laylanma səthi yamac səthinə paralel olan və ya eynicinsli qrunut layında baş verir.

Bu yamacların sürüşməyə qarşı dayanıqlılığının təyini məqsədi ilə fərz edək ki, sürüşmə səthi yamac səthinə paralel olmaqla, yamac səthindən z dərinliyindən keçir və yamacın sürüşməsi qrunutun öz ağırlığından baş verə bilər (şəkil 3.10). Yamacın dayanıqlılığının təyini məqsədi ilə b uzunluqlu hissəsində qrunutun ağırlığından yaranan gərginlikli vəziyyəti araşdıraq. Yamacın b uzunluqda hissəsinin sürüşmə səthində ağırlıq qüvvəsinin yaratdığı gərginlik (σ_z) aşağıdakı kimi hesablanıla bilər:

$$\sigma_z = \frac{\gamma_w \cdot b \cdot z \cdot \cos \alpha}{b} = \gamma \cdot z \cdot \cos \alpha, \quad (3.49)$$

burada γ_w - qrunutun təbii yatımda sıxlığı, tq/m³; α - sürüşmə səthinin və yamacın yatım bucağı, dərəcə;

Müvafiq hesablamaların sadələşdirilməsi üçün sürüşən qrunut kütləsinin şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1 m enində zolağı götürülür. Ağırlıq qüvvəsi qrunut kütləsinin b uzunluğunda, $z \cdot \cos \alpha$ qalınlığında və 1 m enində paralelepipedinin həcmi üçün hesablanır.



Şəkil 3.10. Yarımsonsuz yamacın dayanıqlılığının tədqiqi sxemi

Sürüşmə səthində $\bar{\sigma}_z$ gərginliyini səthə normal ($\bar{\sigma}_n$) və səth üzrə sürüşdürücü ($\bar{\tau}$) toplananlarına ayırsaq, onda həmin gərginlikləri (toplananları) aşağıdakı düsturla hesablaya bilərik.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \sigma_z \cdot \cos \alpha = \gamma \cdot z \cdot \cos^2 \alpha \\ \tau &= \sigma_z \cdot \sin \alpha = \gamma \cdot z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\}. \quad (3.50)$$

σ_z gərginliyinin τ toplananı sürüşdürücü gərginlik olub, qrunut kütləsini sürüşdürməyə çalışır. Sürüşməyə qarşı müqavimət isə qrunutun ilişkənliyi və daxili sürtünməsi hesabına yaranır və sürüşdürücü gərginliyin əksinə yönəlir. Sürüşməyə qarşı müqaviməti ifadə edən gərginlik (τ_f) isə əlaqəli qrunutlarda aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər:

$$\tau_f = c + \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi = c + \gamma_w \cdot z \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.51)$$

Onda sürüşməyə qarşı yamacın dayanıqlılıq əmsalı aşağıdakı kimi hesablanacaqdır:

$$\eta = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c + \gamma_w \cdot z \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma_w \cdot z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}. \quad (3.52)$$

Bu halda yamacın dayanıqlılığının təmini üçün dayanıqlılıq əmsalının $\eta \geq 1,5$ olması qəbul edilmişdir. $\eta = 1$ olduğu halda böhran dərinlik, yəni $z = H_c$ aşağıdakı kimi hesablanıla bilər.

$$\begin{aligned} \gamma_w \cdot z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - \gamma_w \cdot z \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi &= c, \\ z \cdot \gamma_w \cdot \cos^2 \alpha \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi) &= c, \\ Z = H_c &= \frac{c}{\gamma_w \cdot \cos^2 \alpha \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi)}. \end{aligned} \quad (3.53)$$

İlişkənliyi olmayan (misal olaraq əlaqəsiz) qrunutlarda ($c=0$; $\varphi \neq 0$) yamacın dayanıqlılıq əmsalı aşağıdakı düsturla təyin olunacaqdır:

$$\eta = \frac{\gamma_w \cdot z \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma_w \cdot z \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.54)$$

yəni $\eta = 1$ olduqda, həddi müvazinət halı üçün $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi$ və ya $\alpha = \varphi$ olur.

Məhdud uzunluqlu yamacların dayanıqlılığı. Qası ilə dabanı arasında uzunluğu məhdud olan yamac məhdud uzunluqlu yamac adlanır. Bu yamacların dayanıqlılığını iki sadə məsələnin həlli şəklində araşdıraq:

1. Yalnız sürtünməyə malik qrunutlardan təşkil olunmuş yamacların dayanıqlılığı ($c=0$; $\varphi \neq 0$).

2. İdeal ilişən qruntlardan təşkil olunmuş yamacın dayanıqlılığı ($c \neq 0$; $\varphi = 0$).

1. Yalnız sürtünməyə malik qruntlardan təşkil olunmuş yamacların dayanıqlılığı. Bu məsələnin həll edilməsi məqsədi ilə yamac üzərində ixtiyari M nöqtəsində müəyyən ağırlığa malik, kiçik ölçülü qrunut kütləsi götürərək, onun tarazlıqda qalması şərtini araşdıraraq (şəkil 3.11).

Fərz edək ki, həmin qrunut kütləsinə yalnız onun öz ağırlığından yaranan $\vec{Q}$ ağırlıq qüvvəsi təsir edir. Həmin ağırlıq qüvvəsini AB səthinə paralel olmaqla, yerdəyişmə istiqamətində yönələn ($\vec{T}$) və normal ($\vec{N}$) toplananlarına ayıraraq. Ağırlıq qüvvəsinin $\vec{T}$ toplananı (sürüşdürücü qüvvə) yamac üzrə qrunut kütləsinə sürüşdürməyə, $\vec{N}$ toplananı isə AB səthinə doğru sıxmağa çalışacaqdır. Sürüşdürücü qüvvənin əksinə yönələn və qrunutun hissəcikləri arasında əmələ gələn daxili sürtünmə qüvvəsi ($\vec{T}'$) isə ağırlıq qüvvəsinin normal toplananına düz mütanasibdir, yəni $T' = f \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ olur.

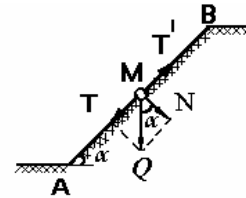
M nöqtəsində götürülmüş qrunut kütləsinin sürüşmə səthi üzrə təbii-tarazlıq şəraiti qrunut kütləsinə təsir edən qüvvələrin AB müstəvisi üzrə proyeksiyaları cəminin sıfıra bərabər olması zamanı yarandığından və $T = Q \cdot \sin \alpha$; $N = Q \cdot \cos \alpha$ olduğundan,

$$T - T' = 0 \text{ və ya } Q \cdot \sin \alpha - f \cdot Q \cdot \cos \alpha = 0 \quad (3.55)$$

olur. Onda $f = \operatorname{tg} \varphi$ olduğu nəzərə alınmaqla, sadə riyazi çevirmə aparsaq, yumşaq-əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş, məhdud uzunluqlu yamacların həddi-tarazlıq şəraiti zamanı $\alpha = \varphi$ olur. Yəni həddi yatım bucağı qrunutun daxili sürtünmə bucağına bərabərdir. Bu bucaq təbii yatım bucağı adlanır. Həddi yatım bucağı dedikdə, yamacın elə bir yatım bucağı nəzərdə tutulur ki, onun cuzi artırılması təbii-tarazlıq şərtinin pozulmasına səbəb olur.

Qumların təbii yatım bucağı onların nəmlənmə səviyyəsi artdıqca azalır. Quru halda hər bir qrunut üçün müvafiq qiymətə malikdir.

Yumşaq-əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş yamacların dayanıqlılığının təmin olunması üçün yamacın yatım bucağı



Şəkil 3.11. Yumşaq əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş yamaca qüvvələrin təsiri sxemi.

sıxlığı olub, $\gamma_y = \frac{\Delta - \rho_{su}}{1 + \varepsilon}$ düsturu ilə hesablanır. Yeraltı suların səviyyəsindən aşağı qrunun sıxlığı yüngülləşmiş kimi, yuxarıda isə təbii yatımda sıxlıq kimi qəbul edilir və tQ/m^3 ilə ölçülür. Qrunun yüngülləşmiş sıxlığı birdən kiçik qiymət alarsa, hesablama da birə bərabər götürülür.

Yuxarıda verilmiş, təbii-tarazlıq şərtini ifadə edən (3.60) düsturunda yamacın dayanıqlılığının təmin edilməsi üçün dayanıqlılıq əmsalı (η) da nəzərə alınır, yəni

$$\rho_{su} \cdot n \cdot \operatorname{tg} \alpha + \gamma_y \cdot \sin \alpha = \frac{1}{\eta} \cdot \gamma_y \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.61)$$

Yamacın dayanıqlılığının qiymətləndirilməsində etibarlılıq əmsalı (γ_e) da nəzərə alınır və $\gamma_e = 1,1 \div 1,2$ -yə bərabər götürülür. Onda yamacın dayanıqlılıq əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanabilir:

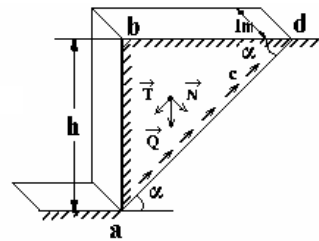
$$\eta = \frac{\gamma_y \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\gamma_e \cdot (\rho_{su} \cdot n \cdot \operatorname{tg} \varphi + \gamma_y \cdot \sin \alpha)}. \quad (3.62)$$

$\eta > 1$ olduqda, yamac dayanıqlı hesab edilir.

İndi isə ideal ilişənliyə malik, yəni hissəcikləri arasında sürtünmə nəzərə alınmayacaq dərəcədə az olan ($\varphi = 0$), müxtəlif rabitə hesabına ilişənliyə malik ($c \neq 0$) qrunlardan təşkil olunmuş yamacların dayanıqlılığını araşdıraraq.

2. İdeal ilişən qrunlardan təşkil olunmuş məhdud uzunluqlu yamacların dayanıqlılığı.

Fərz edək ki, şaquli ab yamacı yumşaq-əlaqəli qrunlardan təşkil olunmuşdur, onların hissəcikləri arasında yalnız ilişənlik (c) mövcuddur və yamacın dayanıqlılığının təmin olunması şərti ilə maksimal hündürlüyünün təyini tələb olunur. Həmçinin fərz edilir ki, yamacın hündürlüyü həmin hündürlükdən böyük olduqda horizontal müstəvi ilə α bucağı əmələ gətirən **ad** müstəvi səthi üzrə sürüşmə baş verəcəkdir (3.13).



Şəkil 3.13. İdeal ilişənlikli dik yamaca qüvvələrin təsiri sxemi.

Yamaca qrunun öz ağırlığından yaranan $\bar{Q}$ ağırlıq qüvvəsi və **ad** səthi üzrə sürüşmə hərəkətinin əksinə yönəlmiş $\bar{C}$ ilişənlik

qüvvəsi təsir edəcəkdir. Yamacın təbii-tarazlıq şərti qrunta təsir edən qüvvələrin **ad** müstəvisi üzrə proyeksiyalarının cəbri cəmi sıfıra bərabər olduqda təmin edilir. Ona görə də, təbii-tarazlıq şərtinin təyini üçün şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1 m qalınlıqlı **abd** sürüşmə prizmasında qrunta təsir edən qüvvələrin tarazlıq şərtini araşdıraraq.

abd prizması üzrə ağırlıq qüvvəsi ($bd=h \cdot ctg\alpha$ olduğundan)

$$Q = \frac{1}{2} h \cdot bd \cdot \gamma_w \cdot 1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2 \cdot ctg\alpha \quad (3.63)$$

olar. Qrunnun ilişənlik qüvvəsi yer səthində sıfır, qrunut daxilində isə $\bar{C}$ -yə bərabər olacaqdır. Ona görə də, ad sürüşmə səthi üzrə onun qiyməti orta qiymət kimi götürülməlidir. Həmçinin $ad = \frac{h}{\sin\alpha}$ olduğundan, C-nin qiyməti (3.64) düsturu ilə hesablanıla bilər:

$$\bar{C} = \frac{C}{2} \cdot \frac{h}{\sin\alpha} \cdot 1 = \frac{C}{2} \cdot \frac{h}{\sin\alpha}, \quad (3.64)$$

burada γ_w - qrunnun təbii yatımda sıxlığı, tq/m^3 ; C-qrunnun ilişənlik qüvvəsi (kQ/sm^2 ; tQ/m^2 ; kPa).

Beləliklə, sürüşmə prizmasının həddi müvazinət halı aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\bar{T} - \bar{C} = 0; \quad (3.65)$$

$T=Q \cdot \sin\alpha$ olduğundan:

$$\frac{\gamma_w \cdot h^2}{2} \cdot ctg\alpha \cdot \sin\alpha - \frac{c}{2} \cdot \frac{h}{\sin\alpha} = 0; \quad (3.66)$$

$$\frac{\gamma_w \cdot h^2}{2} \cdot \cos\alpha - \frac{c}{2} \cdot \frac{h}{\sin\alpha} = 0 \quad (3.67)$$

olar. Sadə riyazi çevirmələr aparmaqla,

$$\gamma_w \cdot h \cdot \cos\alpha - \frac{c}{\sin\alpha} = 0$$

$$\gamma_w \cdot h \cdot \sin 2\alpha = 2c$$

$$C = \frac{\gamma_w \cdot h}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad (3.68)$$

olar. (3.68) düsturunda yamacın altında sıx qrunut təbəqəsi sonsuz dərinlikdə yerləşdikdə, dik yamacın hündürlüyünə ($h_{g\infty}$) uyğun gələn ilişənlik $\sin 2\alpha = 1$ olduqda, yəni $\alpha = 45^\circ$ olduqda maksimum olur. Onda

$$C = \frac{\gamma_w \cdot h_{g\infty}}{2}; \quad (3.69)$$

$$h_{g\infty} = \frac{2C}{\gamma_w} \quad (3.70)$$

olar. Bu isə dik (horizontal müstəvi ilə $\alpha = 90^\circ$ bucaq əmələ gətirən) yamacların dayanıqlılığı təmin edilmiş maksimal hündürlüyünün hesablanma düsturudur və özül çalalarının şaquli yamaclarının dərinliyinin təyininə geniş şəkildə istifadə edilir. Hesablama zamanı etibarlılıq əmsalından (γ_e) istifadə olunur və $\gamma_e = 1,1 \div 1,2$ arasında dəyişir. Onda hesablama düsturu

$$h_g = \frac{2C}{\gamma_w \cdot \gamma_e} \quad (3.71)$$

olur.

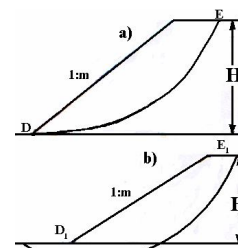
Əvvəllər müvafiq hesablamalar zamanı $C = \frac{\gamma_w \cdot h}{4}$; $h = \frac{4C}{\gamma_w}$, dairəvi-silindrik

sürüşmə səthi üzrə sürüşmənin baş verməsi halında isə $h = \frac{4C}{\gamma_w} \cdot 0,958$, ehtiyat əmsalı isə

$\eta = 1,2 \div 2,0$ qəbul edilirdi.

Sürüşmə yamacının dayanıqlılığının qiymətləndirilməsinin dairəvi-silindrik sürüşmə səthi metodu. Sürüşmə asekvent tipli olduqda, yəni yamacı təşkil edən qruntlar eynicinsli (misal olaraq yalnız gilli) qruntdan ibarət olduqda, əksər hallarda sürüşmə çökük, dairəvi-silindrik sürüşmə səthinə yaxın bir səth üzrə baş verir. Sürüşən qrunut kütləsi sürüşmə zamanı həm də fırlanma mərkəzinə nəzərən müəyyən bucaq qədər arxa tərəfə döndür. Ona görə də, bu sürüşmə səthi dairəvi-silindrik səth kimi qəbul olunaraq həmin səth üzrə sürüşən qrunut kütlələrinin fırlanma mərkəzlərinə görə dayanıqlılığının təmin olunması şərti araşdırılır. Bundan ötrü sürüşən qrunut kütlələrinin fırlanma mərkəzi müəyyən olunur.

Bu metodun tətbiqi zamanı əsas məsələ **daha təhlükəli və ya böhran sürüşmə mərkəzinin və səthinin** təyininəndən ibarətdir. Sürüşmə zamanı dairəvi-silindrik sürüşmə səthi yamacın dabanından və ya onun əsasında keçə bilər (şəkil 3.14). Yamacın dikliyi artdıqda və ya yamacın bünövrə qruntlarının kəsilməyə qarşı müqavimət göstəricilərinin qiyməti onun özünü təşkil edən qruntların



Şəkil 3.14. Dairəvi-silindrik sürüşmə səthinin yamacda vəziyyəti: a-sürüşmə səthi yamacın dabanından keçdikdə; b-sürüşmə səthi yamacın əsasında keçdikdə.

kəsilməyə qarşı müqavimət göstəricilərinin qiymətindən böyük olarsa, o zaman sürüşmə səthi yamacın dabanından keçəcəkdir (şəkil 3.14, a). Yamacın əsasını təşkil edən qruntlar kəsilməyə qarşı zəif müqavimətə malik olduqda isə sürüşmə səthi onun əsasında keçəcəkdir (şəkil 3.14, b).

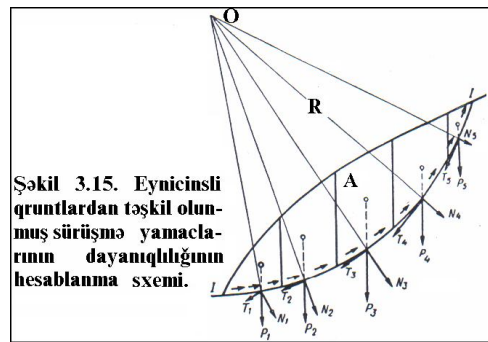
Yamacın dayanıqlılıq səviyyəsi ən təhlükəli fırlanma mərkəzinə nəzərən dayanıqlılıq əmsalı (η) ilə qiymətləndirilir. Bu əmsal isə həmin mərkəzə nəzərən sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin momentləri cəminin sürüşdürücü qüvvələrin momentləri cəminə nisbəti kimi ümumi şəkildə aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin oluna bilər,

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n F_{i,müq.} \cdot R}{\sum_{i=1}^n F_{i,sür.} \cdot R}, \quad (3.72)$$

burada $F_{i,müq.}$ sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvəsi; $F_{i,sür.}$ sürüşdürücü qüvvə.

Dairəvi-silindrik sürüşmə səthinə malik yamacın dayanıqlılıq əmsalının qiymətləndirilməsi üzrə çoxlu metodlar mövcuddur. Onların hər biri ən təhlükəli və ya böhran sürüşmə səthinin təyininə, yamacın dayanıqlılıq əmsalının qiymətləndirilməsi metoduna görə bir-birindən fərqlənirlər.

Ümumiyyətlə, bəzi ədəbiyyatlarda İsveç metodu kimi adlandırılan və praktikada daha çox istifadə edilən dairəvi-silindrik sürüşmə səthi metodunun mahiyyəti aşağıdakı kimidir. Şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1 m qalınlığında götürülmüş sürüşmə prizması eni 2-3m-dən çox olmayan və yaxud $0,1R$ -ə (R -fırlanma radiusudur) bərabər olan bloklara bölünərək, onlara təsir edən qüvvələrin fırlanma mərkəzlərinə nəzərən momentlərinin cəbri cəminin sıfıra bərabər olması şərti yoxlanılır (şəkil 3.15).



$$\sum_{i=1}^n M_{0,i} = 0. \quad (3.73)$$

Məsələnin tam bir həllinin tapılması üçün aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir.

1. Hər bir bloka təsir edən qüvvələr müvazinətdə olmalıdır.

2. Blokların hər birinin ağırlığı, ağırlıq mərkəzindən keçən düz xəttin ağırlıq qüvvəsi istiqamətində uzantısının sürüşmə səthi ilə kəsişmə nöqtəsinə təsir edir.

3. Sürüşdürücü və sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin eyni müstəvidəki hər hansı bir nöqtəyə nəzərən momentlərinin cəbri cəmi sıfıra bərabər olmalıdır.

4. Bloklar arasındakı reaksiya qüvvələrinin toplananlarının vektorial cəmi sıfıra bərabər olmalıdır. Yəni qonşu blokların bir-birinə göstərdikləri təzyiqlərin qiymətə bərabər, istiqamətə əks tərəfə yönəlməsi qəbul olunur.

Beləliklə, hər bir bloka təsir edən aşağıdakı qüvvələr təyin edilməlidir:

1. Blokun çəkisinə bərabər olan və onun ağırlıq mərkəzinə tətbiq olunmuş ağırlıq qüvvəsi (Q). Bu qüvvə onun uzantısı ilə sürüşmə səthinin kəsişmə nöqtəsinə tətbiq edilmiş kimi qəbul olunur.

2. Sürüşmə müstəvisi üzrə sürüşməyə qarşı qrunun müqavimət qüvvələri. Bu qüvvələr daxili sürtünmə və ilişmə qüvvəsindən ibarətdir. Yamacı təşkil edən qrunlar əlaqəli qrunlar olduğundan, onun dayanıqlılığı ilişkənlilik və daxili sürtünmə qüvvəsi hesabına təmin edilir. Daxili sürtünmə qüvvəsi ($F_{s.q.}$) ağırlıq qüvvəsinin normal toplananına (N) perpendikulyar olub, $F_{s.q.} = f \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$ -yə bərabərdir. İlişmə qüvvəsi isə $c \cdot l$ -ə bərabərdir. Burada c -qrunun hesabi ilişkənliliyi, $\operatorname{tq}/\operatorname{m}^2$; N - ağırlıq qüvvəsinin normal toplananı olub, $N = Q \cdot \cos \alpha$, tq ; α - blokun sürüşmə səthi ilə horizontal müstəvi arasında qalan bucaq, dərəcə; φ -qrunun hesabi daxili sürtünmə bucağı, dərəcə; l -blokun sürüşmə səthinin uzunluğu, m (hesablama sürüşmə səthinin $1\operatorname{m}$ eni üçün aparıldığından, onun sahəsi uzunluğuna bərabər qiymət alır, yəni $S = l \cdot 1 = l$);

3. Ağırlıq qüvvəsinin sürüşdürücü toplananı – $T = Q \cdot \sin \alpha$ - ya bərabərdir.

İdeal ilişkənliliyə malik olan qrunlarda dayanıqlılıq əmsalı aşağıdakı riyazi ifadə ilə

$$\eta = \frac{c \cdot l \cdot R}{\sum_{i=1}^n T_i \cdot R}, \quad (3.74)$$

təyin edilir. Burada $l = \frac{2\pi \cdot R}{360^\circ} \cdot \theta = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot \theta$ - mərkəzi bucaq θ -ya bərabər olan dairə qövsünün uzunluğu; R -sürüşmə səthinin (dairə qövsünün) O fırlanma mərkəzinə nəzərən radiusu, m; θ -dairə qövsünün mərkəzi bucağı, dərəcə.

Hər bir sürüşmə səthi üçün həm ilişkənliyə, həm də daxili sürtünməyə malik qruntlardan təşkil olunmuş yamacın dayanıqlılıq əmsalı isə aşağıdakı riyazi ifadə ilə hesablanıla bilər:

$$\eta = \frac{(\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i) \cdot R}{\sum_{i=1}^n T_i \cdot R} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i}. \quad (3.75)$$

Əgər blokların bəzisi sürüşmə səthini müəyyən edən fırlanma mərkəzindən horizontal müstəviyə endirilmiş perpendikulyardan sağda (şəkil müstəvisinə nəzərən), yəni passiv zonada yerləşərsə, o zaman sağda yerləşən blokların yaratdığı təsir qüvvəsi sürüşmənin əksinə yönələcəkdir. Bununla əlaqədar olaraq, yamacın dayanıqlılıq əmsalı (3.75) tənliyindən aşağıdakı kimi fərqlənəcəkdir.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i + \sum_{i=m}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^{m-1} Q_i \cdot \sin \alpha_i}, \quad (3.76)$$

burada $\sum_{i=m}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i$ -passiv zonada yerləşən bloklarda ağırlıq qüvvəsinin sürüşmə səthləri üzrə toplananlarının cəmi; m -passiv zonaya düşən ilk blokun nömrəsi; n - blokların sayı.

Dairəvi-silindrik səth üzrə sürüşmə yamaclarının dayanıqlılıq əmsalının hesablanması zamanı əsas məsələlərdən biri daha təhlükəli sürüşmə səthinin fırlanma mərkəzinin təyin olunmasından ibarətdir.

Daha təhlükəli sürüşmə səthinin təyini aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir (V. Fellenius, 1933).

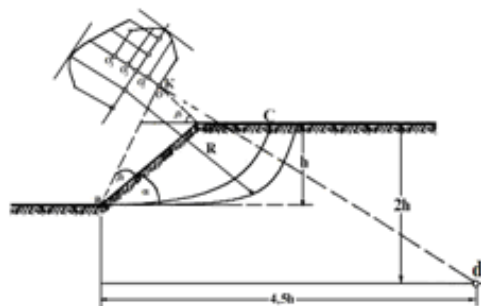
Sürüşmənin dabanında yamacın səthi ilə β_1 , qaşında isə horizontal müstəvi ilə β_2 bucağı əmələ gətirən 2 şüa çəkilərək, onların kəsişmə nöqtəsi (K) təyin edilir (şəkil 3.16). Həmin bucaqlar yamacın mailliyindən və yamacı təşkil edən qruntların yalnız ilişkənliliyə malik olması halı üçün təyin olunmuşdur və cədvəl 3.9-da verilmişdir.

Cədvəl 3.9

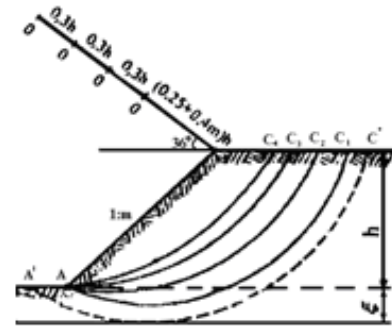
Yamacın yatım bucağı, α , dərəcə	$tg\alpha$	β_1 , dərəcə	β_2 , dərəcə
60°	1,73:1	29	40
45°	1:1	28	37
$33^\circ 41'$	1:1,5	26	35
$26^\circ 34'$	1:2	25	35
$18^\circ 25'$	1:3	25	35
$14^\circ 03'$	1:4	25	35
$11^\circ 19'$	1:5	25	37

Yamacın üst horizontal səthindən aşağıya doğru onun hündürlüyünün 2 misli qədər, yəni $2h$ dərinlikdə və yamacın dabanından başlayaraq şəkil müstəvisinə nəzərən sol tərəfə doğru, üfüqi istiqamətdə $4,5 h$ məsafəsində bir nöqtə (d) qeyd olunur. Həmin d nöqtəsi ilə K nöqtəsi birləşdirilməklə bir dK düz xətti çəkilir.

Praktikada β_1 və β_2 bucaqlarından istifadə etmədən, sürüşmə qaşında üfüqlə 36° bucaq əmələ gətirən bir şüa çəkməklə də dK düz xəttini qurmaq olur (şəkil 3.17). Bu zaman təqribi xəta az olur. Sürüşmənin qaşından başlamaqla, $0,25h \div 0,4h$ məsafəsində I nöqtə qeyd olunur.



Şəkil 3.16. Xüsusi ilişkənliliyə görə dairəvisilindrik sürüşmə səthinin təyini sxemi.



Şəkil 3.17. Dairəvi-silindrik sürüşmə səthinin təyini.

Hər iki halda O nöqtəsindən aralarında məsafə $0,3h$ olmaqla (miqyas əsasında) bir neçə nöqtə qeyd edilir. Həmin nöqtələr

fırlanma mərkəzi kimi qəbul edilərək, yamacın dabanından keçməklə dairəvi-silindrik səthlər (sürüşmə səthləri) çəkilir. Alınmış sürüşmə səthlərinə görə ilişkənlilik hesablanır. Həmin səthlərə görə ilişkənliliyin maksimum qiyməti təyin olunur. İlişkənliliyin hesabı aşağıdakı düsturlara əsasən həyata keçirilir.

$$\sum_{i=1}^n f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i \cdot R + c \cdot l \cdot R - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i \cdot R = 0, \quad (3.77)$$

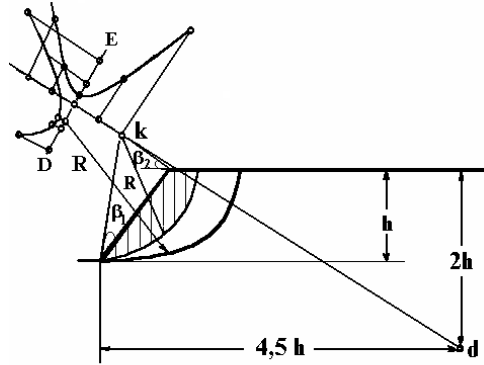
$$c = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i \cdot R - \sum_{i=1}^n f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i \cdot R}{L \cdot R} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i - \sum_{i=1}^n f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i}{L}. \quad (3.78)$$

İlişkənliliyin müvafiq fırlanma mərkəzlərinə görə təyin edilmiş qiymətləri həmin mərkəzlərdən qaldırılmış perpendikulyarlar üzərində seçilmiş miqyas əsasında qeyd olunur. Yəni ilişkənliliyin epürü qurulur. Həmin nöqtələr səlis əyri ilə birləşdirilərək, ilişkənliliyin maksimal qiymətinə uyğun nöqtə dk düz xəttinə paralel olmaqla əyriyə çəkilmiş toxunan vasitəsi ilə təyin olunur. Həmin nöqtədən dK düz xəttinə perpendikulyar endirilərək, dK düz xəttindən hər iki tərəfə, aralarında 0,3h məsafə olmaqla, perpendikulyar üzərində nöqtələr qeyd edilir. Bu nöqtələr də sürüşmə səthləri üçün fırlanma mərkəzləri kimi qəbul olunaraq, yamacın dabanından keçməklə sürüşmə səthləri çəkilir. Əvvəlki qayda ilə **daha təhlükəli sürüşmə səthinin fırlanma mərkəzi** təyin olunur. Qruntun ilişkənliliyinin bu şəkildə təyin edilmiş maksimal qiymətinə uyğun sürüşmə səthi **ən təhlükəli sürüşmə səthi** olacaqdır. Həmin sürüşmə səthinə görə yamacın dayanıqlılıq əmsalı hesablanır. Dayanıqlılıq (ehtiyat) əmsalının təyin edilmiş qiyməti $\eta < 1,5$ olarsa yamac dayanıqsız, $\eta \geq 1,5$ olduqda isə yamac dayanıqlı hesab olunur.

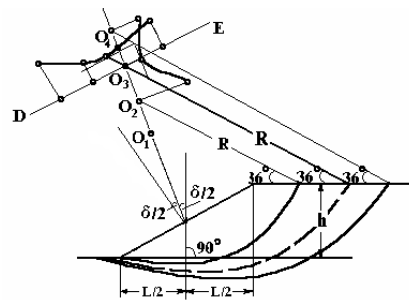
dK düz xətti üzrə qeyd edilmiş fırlanma mərkəzləri əsasında qurulmuş sürüşmə səthlərinə görə ilişkənliliyin hesablanması əvəzinə, yamacın dayanıqlılıq əmsalının hesablanması yolu ilə də daha təhlükəli sürüşmə səthi təyin edilə bilər. Bu halda, qurulmuş hər bir sürüşmə səthinə görə dayanıqlılıq əmsalının hesablanmış qiymətləri əsasında dK düz xətti üzərində onun analoji qaydada (C-nin epürünün qurulmasına uyğun qayda ilə) epürü qurulur (şəkil 3.18). dK düz xəttinə paralel olmaqla, epürün səlis əyrisinə toxunan çəkməklə dayanıqlılıq əmsalının minimal qiymətinə uyğun gələn nöqtə tapılır. Həmin nöqtədən dK düz xəttinə

perpendikulyar olan DE düz xətti çəkilir və dK düz xəttindən hər iki tərəfə, ara məsafələri $0,3h$ olan nöqtələr qeyd edilir və bu nöqtələr də fırlanma mərkəzləri kimi qəbul olunaraq, əvvəlki qayda ilə ən təhlükəli sürüşmə səthi təyin edilir. Həmin səthə görə isə yekun olaraq yamacın dayanıqlılıq əmsalı hesablanır.

Sürüşmə səthinin yamacın əsasından keçmə ehtimalı yüksək olduqda, **böhran sürüşmə səthi** aşağıdakı qayda üzrə qurulur. Böhran sürüşmə səthinin fırlanma mərkəzi yamacın ortasından qaldırılmış şaquli (horizontal müstəviyə perpendikulyar) xətt ilə yamacın normalı arasında yerləşir (şəkil 3.19). Həmin mərkəzin təyin edilməsi əvvəlcə yamacın ortasından qaldırılmış şaquli və normal xətlər arasında qalan bucağın tənböləni (δ) üzərində axtarılır. Tənbölən üzərində yamacdan h məsafəsində bir nöqtə qeyd edilir. Həmin nöqtədən sonra aralarında məsafə $0,3h$ olmaqla tənbölən üzərində bir neçə nöqtə qeyd edilir. Həmin nöqtələr böhran sürüşmə səthlərinin fırlanma mərkəzi kimi qəbul olunaraq, həmin nöqtələrdən keçən və yamacın üst hissəsi ilə 36° -li bucaq əmələ gətirən düz xətlərin səthlə kəsişmə nöqtələrindən keçməklə sürüşmə səthləri çəkilir. Həmin sürüşmə səthlərinə görə yamacın dayanıqlılıq əmsalları hesablanır və tənbölən üzərindəki nöqtələrdən perpendikulyar xətlər qaldırılaraq, miqyas əsasında dayanıqlılıq əmsallarına uyğun nöqtələr qeyd edilir. Həmin nöqtələr səlis əyri ilə birləşdirilərək, tənbölənə paralel olmaqla əyriyə toxunan çəkilir. Toxunanın əyriyə toxunma nöqtəsindən tənbölənə endirilmiş perpendikulyarın tənbölənlə kəsişmə nöqtəsi tənbölən üzrə yamacın böhran sürüşmə səthinin fırlanma mərkəzi olacaqdır. Həmin nöqtədə dayanıqlılıq əmsalı ən kiçikdir.



Şəkil 3.18. Daha təhlükəli dairəvi-silindrik sürüşmə səthinin təyin edilməsi.



Şəkil 3.19. Yamacın əsasından keçən böhran sürüşmə səthinin təyini.

Həmin nöqtədən tən bölməyə perpendikulyar düz xətt keçirərək, tən bölmədən hər iki tərəfə 0,3h ara məsafəli nöqtələr qeyd edilir. Həmin nöqtələr böhran sürüşmə səthlərinin fırlanma mərkəzləri kimi qəbul edilir. Üfəqlə 360°-li dərəcəli bucaq əmələ gətirməklə həmin nöqtələrdən keçən düz xətlər çəkilərək onların yamacın üst hissəsi ilə kəsişmə nöqtələri təyin edilir. Fırlanma mərkəzlərindən həmin nöqtələrə də məsafələr fırlanma radiusları kimi qəbul edilərək sürüşmə səthləri çəkilir və dayanıqlılıq əmsalları bu səth üzrə də təkrarən hesablanır. Əvvəlki qayda ilə ən kiçik dayanıqlılıq əmsalına uyğun fırlanma mərkəzi təyin edilərək, böhran sürüşmə səthi çəkilir və yamacın yekun dayanıqlılıq əmsalı hesablanır. $\eta \geq 1,5$ olduqda yamac dayanıqlı, $\eta < 1,5$ olduqda isə dayanıqsız hesab olunur. Bu metodla yamacın dayanıqlılıq əmsalının hesablanması zamanı ehtiyat əmsalı yüksək olur. Ona görə də, nisbətən təqribi metod hesab olunur.

Az qalınlıqlı, xassə göstəriciləri bir-birindən az fərqlənən təbəqəli qruntlardan təşkil olunmuş yamacların dayanıqlılığı da bu metod ilə qiymətləndirilə bilər. O zaman yamacı təşkil edən qrunut təbəqələrinin xassə göstəriciləri əsasında aşağıdakı düsturlarla orta hesabi ilişənlik (C_h) və daxili sürtünmə əmsalı ($tg\varphi_h$) hesablanır.

$$C_h = \frac{C_1 h_1 + C_2 h_2 + C_3 h_3 + \dots + C_n h_n}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}; \quad (3.79)$$

$$tg\varphi_h = \frac{h_1 tg\varphi_1 + h_2 tg\varphi_2 + h_3 tg\varphi_3 + \dots + h_n tg\varphi_n}{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}. \quad (3.80)$$

Sürüşmə yamacının dayanıqlılığının təqribi qiymətləndirmə metodu. Sürüşmə yamacının dayanıqlılığının dairəvi-silindrik metodla təyini çox əziyyətli və vaxt tələb edən bir iş olduğundan, bu məsələnin həlli metodlarından daha asanı müəyyən tədqiqatçılar tərəfindən işlənilmişdir. Bunlardan biri də, prof. M.N. Qoldşteyn tərəfindən işlənilib hazırlanmışdır. Bu metod sadə olduğundan, asan istifadə olunandır. Həmin metoda görə yamacın dayanıqlılıq əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\eta = f \cdot A + \frac{c}{\gamma \cdot h} \cdot B, \quad (3.81)$$

burada C -qrunutun hesabi ilişənliyi, tq/m^2 ; h -yamacın hündürlüyü, m ; A və B əmsallar olub, sürüşmə prizmasının həndəsi ölçülərindən və yamacın mailliyindən asılı olaraq qiyməti cədvəl 3.9 üzrə təyin edilir. Prof. M.N. Qoldşteyn hesablamaları

sadələşdirmək üçün, praktiki məlumatlar əsasında müvafiq cədvəl 3.9-u tərtib etmişdir.

Cədvəl 3.9

Avə B əmsallarının qiymətləri

yamacın meyilliyi, 1:m	Sürüşmə səthi yamacın dabanından keçir		Sürüşmə səthi yamacın əsasında keçir və sürüşmə səthinə üfüqi toxunan aşağıdakı dərinlikdədir							
			$\zeta = \frac{1}{4} h$		$\zeta = \frac{1}{2} h$		$\zeta = h$		$\zeta = 1 \frac{1}{2} h$	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1:1,00	2,64	5,79	2,56	6,10	3,17	5,92	4,32	5,80	5,78	5,75
1:1,25	2,64	6,05	2,66	6,32	3,24	6,02	4,43	5,86	5,86	5,80
1:1,50	2,64	6,50	2,80	6,53	3,32	6,13	4,54	5,93	5,94	5,85
1:1,75	2,87	6,58	2,93	6,72	3,41	6,26	4,66	6,00	6,02	5,90
1: 2,0	3,23	6,70	3,10	6,87	3,53	6,40	4,78	6,08	6,10	5,95
1:2,25	3,19	7,27	3,26	7,23	3,66	6,56	4,90	6,16	6,18	5,98
1:2,50	3,53	7,30	3,46	7,62	3,82	6,74	5,08	6,26	6,26	6,02
1:2,75	3,59	8,02	3,68	8,00	4,02	6,95	5,17	6,36	6,34	6,05
1:3	3,59	8,81	3,93	8,40	4,24	7,20	5,31	6,47	6,44	6,09

Verilmiş dayanıqlılıq əmsalı əsasında yamacın hündürlüyü aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$h = \frac{C \cdot B}{\gamma \cdot (\eta \cdot f \cdot A)} \quad (3.82)$$

Sürüşmə yamaclarının dayanıqlılığının qiymətləndirilməsinin bərabər dayanıqlı yamac metodu. Bu metod prof. N.N. Maslov tərəfindən təklif olunmuşdur və təqribi metodlardan biri olub, F_p metodu kimi də adlandırılır. Bərabər dayanıqlı yamac dedikdə, istənilən üfüqi kəsikdə qruntlarının dayanıqlılığı eyni olan yamac nəzərdə tutulur, yəni yamacın dayanıqlılığının ehtiyat əmsalı (η) vahidə bərabər olur.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \psi_p}{\operatorname{tg} \alpha} = 1, \quad (3.83)$$

burada α -müvafiq qrunut təbəqəsi hüdudunda yamacın yatım bucağı, dərəcə; ψ_p -normal P yükünün təsiri altında qrunut təbəqəsinin sürüşməyə qarşı müqavimət bucağı, dərəcə.

Hər bir qrunut təbəqəsinə təsir edən həddi-böhran yükü altında onda yaranan həddi-kəsici gərginliyin normal gərginliyə nisbəti həmin qrunutun kəsilməyə qarşı müqavimət əmsalını ifadə edir. Bu müqavimət əmsallarına müvafiq təyin olunmuş yamac səthi dayanıqlılığı bərabər təmin olunmuş səth olacaqdır. Bu səthin təyini üçün əvvəlcə yamacın sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalı (F_p)

təyin olunmalıdır. Qruntun sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalı (F_p) və bucağı (ψ_p) aşağıdakı riyazi asılılıqla əlaqədardır.

$$\operatorname{tg}\psi_p = F_p; \quad \psi_p = \operatorname{arctg} F_p, \quad (3.84)$$

burada F_p normal P yükünün təsiri altında qruntların sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalıdır. Əgər yamac səthinə yük təsir etmirsə, o zaman sürüşdürücü qüvvə yamacı təşkil edən qrunntəbəqələrinin öz ağırlığından yaranır. Bu metoda görə yana təzyiq əmsalı $\xi=1$ və dayanıqlılığı təmin edən yamac bucağı sürüşməyə qarşı müqavimət bucağına bərabər qəbul olunur. Sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalı qrunntun sürüşməyə qarşı müqavimətinin ona uyğun gələn normal yükə nisbəti ilə təyin olunur.

$$F_p = \frac{\tau}{P} = \frac{P \cdot \operatorname{tg}\varphi + C}{P} = \operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{P}, \quad (3.85)$$

burada τ - sürüşdürücü (toxunan) gərginlik, tQ/m^2 ; $\operatorname{tg}\varphi$ - qrunntun daxili sürtünmə əmsalı ($f=\operatorname{tg}\varphi$).

Yuxarıdakı riyazi ifadələrin müqayisəsindən

$$\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{P}, \quad (3.86)$$

bərabərliyini yazmaq olar. (3.86) bərabərliyi onu deməyə əsas verir ki, qrunta təsir edən normal yük artdıqca sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalı (F_p) və bucağı (ψ) azalır.

Sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalının hesabi qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{1}{\eta} \left(\operatorname{tg}\varphi + \frac{c}{p} \right). \quad (3.87)$$

burada normal yük (P) qrunntun ağırlığından yarandığından,

$$P = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot z_i \quad (3.88)$$

olacaqdır. Bu metodla yamacın dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi üçün real laylanma şəraiti nəzər alınmaqla, yamac 2-3 m-dən böyük olmayan laylara bölünür və sürüşməyə qarşı müqavimət bucağı hesablanır.

Sürüşməyə qarşı müqavimət bucağının hesabi qiymətinin düsturuna əsasən demək olar ki, yamacın yuxarı hissəsində normal yük azaldığından, aşağı hissəsinə nisbətən, böyük mailikdə daha dayanıqlı ola bilər. Aşağı hissədə isə yuxarı hissəsinə nisbətən daha yatıq olmalıdır. Bu metoda görə hər bir layın istənilən nöqtəsində

yamac bucağı sürüşməyə qarşı müqavimət bucağına bərabər olur, yəni $\alpha_z = \psi_{pz}$.

Əgər yamacın qaşının səthi boyu müntəzəm paylanmış P_0 yükü təsir edərsə, onda sürüşməyə qarşı müqavimət bucağının hesabi qiyməti aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər.

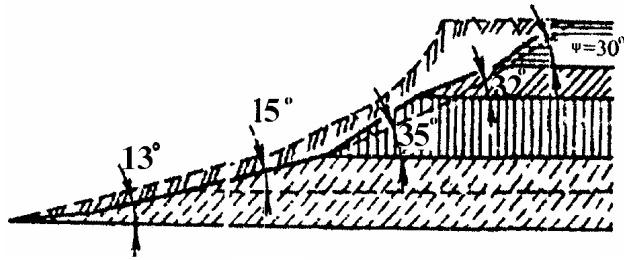
$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1}{\eta} \left(\operatorname{tg} \varphi + \frac{C}{\gamma \cdot z + p_0} \right), \quad (3.89)$$

burada η -ehtiyat əmsalı; $f = \operatorname{tg} \varphi$ - qrunnun hesabi daxili sürtünmə əmsalı; γ -hər bir layda qrunnun təbii şəraitdə hesabi sıxlığı, t/m^3 ; C -ilişkənlik, P_0 - xarici yük, tq ; z - layın qalınlığıdır.

Hər bir layın dayanıqlılığının bərabər təmin olunmasına görə bu metod bərabər dayanıqlı yamac metodu adlanır.

Bərabər dayanıqlı yamac profilinin qurulması üçün geoloji profil üzrə bölünmüş hər bir lay üçün sürüşməyə qarşı müqavimət bucaqları hesablanır və bu əməliyyat yamacın qaşından dabanına doğru aparılır. Yamacın sürüşməyə qarşı dayanıqlı profilinin qurulması isə onun dabanından qaşına doğru həyata keçirilir (şəkil 3.20).

Hər bir lay üçün təyin edilmiş (üstə yatan layların ağırlığı nəzərə alınmaqla) sürüşməyə qarşı dayanıqlı yamac bucağına görə, hər bir layın tavanlarını kəsəndək üfqlə müvafiq bucaq əmələ gətirən



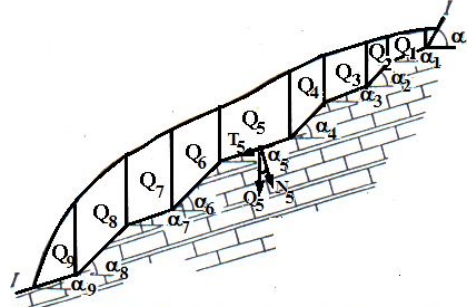
Şəkil 3.20. Bərabər dayanıqlı yamacın qurulması

düz xətt parçaları çəkilir. Bu parça hər bir lay üçün ardıcıl qurularaq sürüşməyə qarşı bərabər dayanıqlı yamacın profili çizilir.

Sürüşmə müstəvisi məlum olduqda yamacın dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi metodu. Bəzi hallarda yamacın sürüşmə səthi əvvəlcədən müəyyən olunur. Məsələn, bu hal delüvial mənşəli üst qat müxtəlif mailliyə malik massiv qayavari qruntlar üzərində yerləşdiyi zaman təsadüf olunur. Bu halda üst təbəqənin sürüşməsi əsasən aşınmaya məruz qalmamış ana süxur üzərində baş verir. Ona görə də, həmin yamacın dayanıqlılığının hesablanması üçün sürüşmə müstəvisi kimi ana süxurun səthi götürülür. Yamacın

təbii-tarazlıq şərti həmin səth üzrə təsir edən qüvvələrin tarazlıq şərtinə görə təyin olunur (şəkil 3.21).

Qeyd olunan şərt daxilində yamacın dayanıqlılığının hesablanması üçün ana süxurların səthinin mailliyinə uyğun olaraq yamac geoloji kəsiliş üzrə müvafiq hissələrə bölünür. Yamacın qaşından-dabanına doğru nömrələnir və hər bir hissədə sürüşmə səthi düz və mailliyi eyni olur. Hər bir hissəyə qrunun öz ağırlığından yaranan ağırlıq qüvvəsi (Q_i) və əvvəlki hissənin tarazlaşmamış sürüşmə təzyiqi (E_i) təsir edir. Q.M.Şaxunyantsa görə, bu hal üçün hər bir hissə daxilində yamacın dayanıqlılığı hesablanıla bilər və hərəkət edən hissənin özündən sonrakı hissəyə göstərdiyi təzyiq (sürüşmə təzyiqi) təyin edilə bilər.



Şəkil 3.21. Müxtəlif mallikli sürüşmə səthi üzrə sürüşən qrun kütləsinə qüvvələrin təsiri sxemi.

Bu metodda müvafiq hesablamalar şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1m enində sürüşmə zolağı üçün aparılır. Sürüşmə hissələrinin həcmi (V_i) onların geoloji kəsilişi əsasında təyin edilmiş sahəsinə (S_i) bərabər, yəni $V_i = S_i \cdot l = S_i$ olduğundan, hər bir hissənin ağırlığı $Q_i = \gamma_{wi} \cdot V_i = \gamma_{wi} \cdot S_i$ olacaqdır. Yamacın dayanıqlılığının hesablanması üçün hər bir hissə daxilində sürüşmə səthinin yatım bucağı (α_i), sürüşmə kütləsinin təbii şəraitdə hesabi sıxlığı (γ_{wi}), hesabi daxili sürtünmə bucağı (φ_i) və yaxud əmsalı ($f_i = \tan \varphi_i$), hesabi ilişkənliliyi (C_i) təyin olunmalıdır. Hər bir hissədə qrunun öz ağırlığından yaranan ağırlıq qüvvəsi (Q_i) təyin edilərək, o, sürüşmə müstəvisi üzrə (T_i) və səthə normal (N_i) toplananlarına ayrılır.

$$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i; T_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i; f_i = \tan \varphi_i, \tau_i = f_i \cdot N_i. \quad (3.90)$$

Sürüşən hissənin özündən sonrakı hissəyə göstərdiyi təsir qüvvəsini təyin etmək üçün yamacın qaşından (I hissədən) başlayaraq hər bir hissədə sürüşmə kütləsinə təsir edən qüvvələrin sürüşmə müstəvisi üzrə proyeksiyaları cəmlənir. Bu zaman sürüşmə istiqamətində əvvəlki hissənin sonrakı hissəyə göstərdiyi sürüşdürücü təsir qüvvəsi naməlum qüvvə ($\bar{E}$) kimi təsir edən qüvvələrin sürüşmə səthi üzrə proyeksiyaları cəminə daxil edilərək

hesablanır. Bu qüvvə əvvəlki hissənin sonrakı hissəyə göstərdiyi təsir qüvvəsidir. Bu qüvvənin növbəti hissənin sürüşmə müstəvisi üzrə proyeksiyası təyin edilir. Sonrakı hissənin tarazlıq şərtinin araşdırılması zamanı həmin təsir qüvvəsinin hesablanmış proyeksiyası əks işarə ilə təsir edən qüvvələrin hesablama aparılan hissədə sürüşmə müstəvisi üzrə proyeksiyaları cəminə daxil edilir. Beləliklə, bu əməliyyat axırıncı hissədə də davam etdirilir və sonuncu hissədə sürüşmə qüvvəsi təyin edilir.

Müvafiq hesablamalar 1 nömrəli hissədən başlayaraq həyata keçirilir. Beləliklə, 1 nömrəli hissədən əvvəl hissə olmadığından, $E_{i-1} = 0$ olur və şəkil 3.21-ə əsasən tarazlıq şərti aşağıdakı kimi olur.

$$E_1 + f \cdot N_1 + C \cdot l_1 - T_1 = 0. \quad (3.91)$$

Bu tənlikdə müvafiq əvəzləmələr aparılırsa, o zaman

$$E_1 = Q_1 \cdot \sin \alpha_1 - f \cdot Q_1 \cdot \cos \alpha_1 - c_1 \cdot l_1, \quad (3.92)$$

olar. 2 nömrəli hissənin 3 nömrəli hissəyə göstərdiyi sürüşdürücü təsir qüvvəsi aşağıdakı kimi hesablanır

$$E_2 = Q_2 \cdot \sin \alpha_2 - f \cdot Q_2 \cdot \cos \alpha_2 - c_2 l_2 + E_1. \quad (3.93)$$

Hesablama axırıncı hissədə də eyni qayda ilə davam etdirilir. Beləliklə, istənilən hissədə sürüşdürücü qüvvə ümumi şəkildə aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$E_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i - f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i - c_i \cdot l_i + E_{i-1} \quad (3.94)$$

Əgər sürüşmə səthi müstəvidən ibarət olarsa, o zaman sürüşdürücü qüvvənin hesabı sadələşir və ehtiyat əmsalı (η) da nəzərə alınmaqla, aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər.

$$E_i = \eta \cdot \sin \alpha \cdot \sum_{i=1}^n Q_i - \cos \alpha \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot Q_i - \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i. \quad (3.95)$$

Sürüşmə yamacı eynicinsli qruntlardan təşkil olunduqda isə hesablama daha da sadələşir, yəni

$$E = \eta \cdot Q \cdot \sin \alpha - f \cdot Q \cdot \cos \alpha - c \cdot L \quad (3.96)$$

olur.

Sürüşmə yamacının dayanıqlılığının təmin olunması üçün müvafiq mübarizə tədbirləri həyata keçirilir. Bu tədbirlərin həyata keçirilməsi əgər istinad divarlarının, müxtəlif qurğuların tikilməsindən ibarətdirsə, o zaman mövcud hal üçün həmin qurğuların yerləşdirmə yeri aparılmış hesablamalar əsasında, sürüşmə təzyiqinin minimal olduğu hissələrə uyğun seçilir. Bunun üçün yamacın bölünmüş hissələri üzrə qrunnun istinad divarına

göstərdiyi təsir qüvvəsinin epürü qurulur və həmin qüvvənin minimal qiymətinə uyğun əlverişli hissələr müəyyən edilir.

Maili sürüşmə səthinə malik yamacların dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi metodu. Bu metod konsekvənt strukturlu sürüşmələrdə tətbiq edilir. Bu sürüşmələr üçün düz, pilləli-düz və yaxud maili dalğavari sürüşmə səthi səciyyəvidir.

Konsekvənt tipli sürüşmə yamaclarında təbii-tarazlıq şəraitinin öyrənilməsi üçün əvvəlcə düz, maili sürüşmə səthinə malik olan yamaclarda təbii-tarazlıq vəziyyətini nəzərdən keçirək (şəkil 3.22).

Fərz edək ki, AB müstəvisi üzrə sürüşmənin tarazlıq şəraitinin təyini lazımdır.

Tarazlıq şəraiti yamaca təsir edən qüvvələrin AB müstəvisi üzrə proyeksiyaları cəmi sıfıra bərabər olduqda yaranır. Yamacı təşkil edən qruntlar ilişkənliliyə (c) və daxili sürtünməyə malikdir. Ona görə də, ağırlıq qüvvəsinin (Q) AB müstəvisi üzrə sürüşdürücü toplananı olan $T=Q \cdot \sin \alpha$ sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələrinin (ilişmə və daxili sürtünmə) həmin müstəvi üzrə proyeksiyalarının cəbri cəminə bərabər olduqda tarazlıq şərti təmin olunacaqdır, yəni tarazlıq zamanı

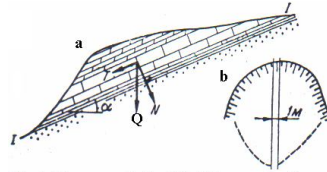
$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot L \quad (3.97)$$

olacaqdır. Bu ifadədə daxili sürtünmə qüvvəsi (F) ağırlıq qüvvəsinin (Q) AB müstəvisinə normal toplananı ilə düz mütənasib olub, $F = f \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, ilişkənlilik qüvvəsi (C) isə qrunnun hesabi ilişkənliliyinin (c) AB sürüşmə səthinin sahəsinə ($\omega = L \cdot 1$) hasilinə bərabərdir, yəni $C = c \cdot L$.

Ağırlıq qüvvəsinin AB müstəvisinə normal toplananı $N = Q \cdot \cos \alpha$, $Q = \gamma_w \cdot V$ (γ_w -qrunnun təbii yatımda sıxlığı, tq/m³; $V = S \cdot 1$ m³- şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1 m enində sürüşən qrunn kütləsinin həcmi) olduğu nəzərə alınarsa, onda yamacın dayanıqlılıq əmsalını aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\eta = \frac{\gamma_w \cdot S \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot L}{\gamma_w \cdot S \cdot \sin \alpha} \quad (3.98)$$

Hesablama şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə 1 m enində, sürüşmə səthi üzərində yerləşən qrunn kütləsi üçün aparılır.



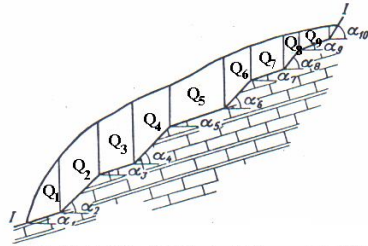
Şəkil 3.22. Maili düz sürüşmə səthi üzrə yamacın dayanıqlılığının hesablanma sxeminə nümunə: a-geoloji kəsiliş; b-sürüşmə sahəsinin planı.

burada α -sürüşmə səthinin yatım bucağı; ω -sürüşmə səthinin sahəsi; S-sürüşən qrunut kütləsinin şaquli kəsiliş üzrə (profildə) sahəsidir.

Ehtiyat əmsalı $\eta > 1$ olduqda yamac dayanıqlı olur.

Əgər sürüşmə səthi müxtəlif mailikli, yəni pilləli-müstəvi formalı olarsa, o zaman yamacın dayanıqlılığının hesablanması mürəkkəbləşir. Sürüşmə səthinin bu forması adətən sürüşmə yerdəyişməsinin bir hissəsi laylanma səthi, digər hissəsi isə çatlar üzrə baş verdikdə yaranır. Qayavari və bəzi yarım qayavari qruntlarda yerdəyişmə prosesi çatlar üzrə baş verir.

Müxtəlif yatıma malik sürüşmə səthli yamacların dayanıqlılığının hesablanması geoloji kəsilişdə sürüşmə kütləsi bloklara bölünərək həyata keçirilir (şəkil 3.23). Sürüşmə yamacının bloklara ayrılması sürüşmə səthlərinə görə aparılır. Belə ki hər bir blok daxilində sürüşmə səthi eyni yatıma malik olmalıdır. Hər bir blokda sürüşdürücü və sürüşməyə qarşı müqavimət qüvvələri hesablanaraq, yamacın ehtiyat əmsalı anoloji şəkildə aşağıdakı düsturla hesablanır.



Şəkil 3.23. Müxtəlif mailikli (pilləli-müstəvi) sürüşmə səthi üzrə yamacın dayanıqlılığının hesablanma sxeminə nümunə.

$$F = f \cdot (Q_1 \cdot \cos \alpha_1 + Q_2 \cdot \cos \alpha_2 + Q_3 \cdot \cos \alpha_3 + \dots + Q_i \cdot \cos \alpha_i),$$

$$T = Q_1 \cdot \sin \alpha_1 + Q_2 \cdot \sin \alpha_2 + Q_3 \cdot \sin \alpha_3 + \dots + Q_i \cdot \sin \alpha_i,$$

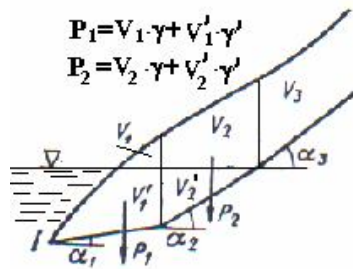
$$T' = \sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i$$

$$\eta = \frac{T'}{T} = \frac{\sum_{i=1}^n f \cdot Q_i \cdot \cos \alpha_i + \sum_{i=1}^n C_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \sin \alpha_i}, \quad (3.99)$$

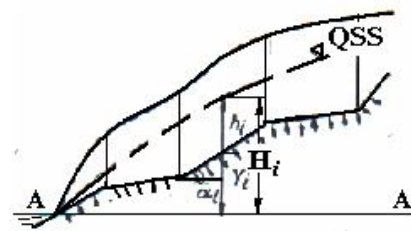
burada F-qrunutun daxili sürtünmə hesabına yaranan sürüşməyə qarşı müqaviməti, tq; T'-qrunutun sürüşməyə qarşı ümumi müqaviməti, tq; T-yekun sürüşdürücü qüvvə, tq; α_i -i-ci sürüşmə səthinin yatım bucağı, dərəcə; C_i -i-ci blokda qrunutun hesabi xüsusi ilışkənliliyi, tq/m²; Q_i -i-ci blokun ağırlıq qüvvəsi olub, $Q_i = \gamma_w \cdot V_i$ -yə bərabərdir (tq); γ_w -i-ci blokda qrunutun təbii yatımda sıxlığı, tq/m³;

V_i -i-ci blokun həcmi olub, $V_i=S_i \cdot l$ -ə bərabərdir və m^3 -lə ölçülür, S_i -i-ci blokun geoloji kəsilişdə sahəsi (sürüşmə səthindən yer səthinədək), m^2 ; l -geoloji kəsilişə perpendikulyar istiqamətdə sürüşən qrunտ kütləsinin eni, m ; f -qrunտun hər bir sürüşmə blokunda hesabi sürtünmə əmsalı ($f=\operatorname{tg}\varphi$).

Sürüşmə yamacının dabanı su hövzəsinin təsirinə məruz qalarsa (şəkil 3.24 və şəkil 3.25), dayanıqlılığın hesablanması zamanı həmin təsirə məruz qalan bloklarda hidrostatik təsir nəzərə alınmalıdır.



Şəkil 3.24. Aşağı hissəsi su ilə basılmış yamacın ağırlığının təyini sxemi.



Şəkil 3.25. Sürüşməyə təsir edən hidrodinamiki qüvvənin qiymətinin hesablanma sxemi (Q.L.Fisenkoya görə).

Mayeyə batırılmış cismə onun mayedən sıxışdırıb çıxardığı mayenin çəkisinə bərabər olan və ağırlıq qüvvəsinin əksinə yönəlmiş Arximed qüvvəsi təsir etdiyindən, cismin çəkisi çıxarılan mayenin çəkisi qədər yüngülləşir. Cismin mayədə (yüngülləşmiş) çəkisi (Q_y) onun sıxlığı (ρ_c), mayenin sıxlığı (ρ_m), sərbəstdüşmə təcili (g), cismin həcmi (V_c) və suya batmış hissəsinin həcmi (V_b) nəzərə alınmaqla aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q_y = \rho_c \cdot V_c \cdot g - \rho_m \cdot V_b \cdot g. \quad (3.100)$$

Ancaq geotexnikada müvafiq hesablamaların aparılması zamanı qrunտun çəkisindən ($\gamma = \rho \cdot g$) yox, onun sıxlıq göstəricilərindən istifadə olunduğuna görə, suyun qrunта göstərdiyi yüngülləşdirici təsiri nəzərə almaq üçün qrunտun yüngülləşmiş sıxlıq göstəricisindən (γ_y) istifadə edilir:

$$\gamma_y = (\Delta - \rho_{su}) \cdot (1 - n), \quad (3.101)$$

burada Δ -qrunտun mütləq sıxlığı, tq/m^3 ; ρ_{su} -suyun sıxlığı, tq/m^3 ; n -qrunտun məsaməliliyidir.

Yamaclarda yeraltı suların yaratdığı hidrodinamiki qüvvə də dayanıqlılığa təsir göstərsə və ağırlıq qüvvəsini artırarsa, o zaman həmin təsirin ağırlıq qüvvəsinin normal toplanına əks istiqamətdə yönələn qüvvə kimi nəzərə alınması mövcud ədəbiyyat mənbələrində (N.N.Maslov (1955), N.A.Tsitoviç (1963), İ.V.Fyodorov, 1962, Q.L.Fisenko (1965)) öz əksini tapmışdır. Yəni bu hal üçün hidrodinamiki qüvvənin hər bir blok hüdudunda sürüşmə səthinə perpendikulyar təsir edən və ağırlıq qüvvəsinin sürüşmə səthinə normal toplananının əksinə yönələn qüvvə kimi (şəkil 3.25) nəzərə alınması təklif edilir. Yamacın dayanıqlılıq əmsalının hesablanması zamanı hidrodinamiki qüvvənin (D_n) aşağıdakı düstur əsasında hesablanması təklif edilir.

$$D_n = \rho_{su} \cdot h_i \cdot \omega_i = \rho_{su} \cdot (H_i - Y_i) \cdot \frac{a_i}{\cos \alpha_i} . \quad (3.102)$$

Yamacın dayanıqlılıq əmsalı isə aşağıdakı düsturla hesablanabilir:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n f \cdot (N_i - D_{hi}) + \sum_{i=1}^n c \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} , \quad (3.103)$$

(3.102) və (3.103) düsturlarında uyğun olaraq ρ_{su} -suyun sıxlığı, tq/m^3 ; h_i -hesablama aparılan i -ci blokda yeraltı suların basqısı ($h_i = H_i - Y_i$), m; a_i - i -ci blokun sürüşmə səthinin üfüqi müstəvi üzrə proyeksiyası ($a_i = \omega_i \cdot \cos \alpha_i$); ω_i - i -ci blokda sürüşmə səthinin sahəsi ($\omega_i = \frac{a_i}{\cos \alpha_i}$), m^2 ; H_i - i -ci blok hüdudunda orta basqı olub, ixtiyari

AA müstəvisindən hesablanmış yeraltı su səviyyəsinin həmin blok daxilində orta qiyməti, m; Y_i - i -ci blok hüdudunda sürüşmə səthinin AA müstəvisindən ordinatının orta qiyməti, m; α_i - i -ci blok hüdudunda sürüşmə səthinə toxunanın üfüqi müstəvisi ilə əmələ gətirdiyi bucağın orta qiyməti, dərəcə; f -qruntun daxili sürtünmə əmsalı; N_i - i -ci blok hüdudunda ağırlıq qüvvəsinin sürüşmə səthinə normal toplananı, tq ; c -qruntun hesabi ilişənliyi, tq/m^2 ; l_i - i -ci blokda sürüşmə səthinin uzunluğu; T_i - i -ci blokda ağırlıq qüvvəsinin sürüşmə səthi üzrə sürüşdürücü

toplananı; $\sum_{i=1}^n$ -cəm işarəsi olub, təsir edən qüvvələrin blokların sayına uyğun qiymətlərinin cəbri cəmini göstərir; n-blokun sayıdır.

Hesablama şəkil müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə götürülmüş 1 m enində sürüşən qrunut kütləsi üçün aparılır. Sürüşən qrunut kütləsinin həcmi (V_i) geoloji kəsiliş üzrə sürüşən kütlənin blok üzrə sahəsinə (S_i) bərabər götürülür, yəni $V_i = S_i \cdot l = S_i \cdot \omega_i$. Eyni ilə sürüşmə səthi üzrə qrunutun ilişkənlik qüvvəsi hesablanılarkən qrunutun hesabi ilişkənliliyinin (c) sürüşmə səthinin sahəsinə hasilinə əvəzinə, geoloji kəsiliş üzrə sürüşmə səthinin uzunluğuna hasilindən istifadə edilir. Çünki i-ci blokda $\omega_i = l_i \cdot l = l_i$ (sürüşmə səthi düzbucaqlı kimi götürülərsə) olur.

Bu metodla dayanıqlılıq əmsalının hesablanması üçün geoloji kəsilişdə yeraltı suların depressiya əyrisinin vəziyyəti göstərilmişdir.

Yeraltı suların hidrodinamiki təzyiqinin nəzərə alınması üçün qrunutların daxili sürtünmə əmsalının azaldılması ilə yamacın dayanıqlılığının hesablanması metodu da (N.N.Maslov, 1955) təklif edilmişdir. Bunun üçün qrunutun daxili sürtünmə bucağı (φ) müvafiq qaydada azaldılır və alınmış fiktiv daxili sürtünmə bucağı (φ_f) əsasında yamacın dayanıqlılığı qiymətləndirilir. Qrunutun fiktiv daxili sürtünmə bucağı aşağıdakı bərabərlikdən təyin edilir.

$$\varphi_f = \frac{\gamma_y}{\gamma_w} \cdot \varphi, \quad (3.104)$$

burada γ_y -su altında qrunutun yüngülləşmiş sıxlığı, tq/m³; γ_w -su səviyyəsindən yuxarıda həmin qrunutun təbii şəraitdə sıxlığı, tq/m³.

Seysmik rayonlarda sürüşmə yamaclarının dayanıqlılığının hesablanması zamanı seysmik təsir də nəzərə alınmalıdır. Bu zaman seysmik təsirin istiqamətini daha çox təhlükə yarada biləcəyi istiqamətə yönəltmək lazımdır. Q.M.Şaxunyantsa (1953, 1961) görə, ağırlıq qüvvəsi (Q) ilə seysmik qüvvənin (F_s) əvəzləyicisi (F) aşağıdakı kimi hesablanmalıdır:

$$F = \sqrt{Q^2 + F_s^2}. \quad (3.105)$$

Seysmik qüvvə aşağıdakı düstur ilə təyin oluna bilər:

$$F_s = m \cdot a = K_s \cdot Q \quad (3.106)$$

burada m -seysmik dalğaların təcilinə müvafiq kütlə; a -seysmik təcilin qiyməti; K_s -seysmiklik əmsalı,

F_s -in (3.106) düsturu ilə ifadə olunmuş qiyməti (3.105) düsturunda nəzərə alınarsa,

$$F = Q \cdot \sqrt{1 + K_s^2} . \quad (3.107)$$

olar. Əvəzləyici qüvvənin ağırlıq qüvvəsi ilə əmələ gətirdiyi bucaq (δ) aşağıdakı düstur əsasında hesablanı bilər:

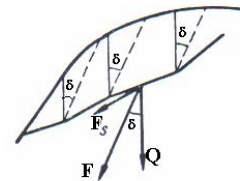
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{F_s}{Q} . \quad (3.108)$$

Seysmik rayonlarda sürüşmə yamaclarının hesablanması əvvəlki qaydada aparılır. Yalnız ağırlıq qüvvəsi əvəzinə əvəzləyici qüvvə (F) götürülür. Sürüşmə massivinin bloklara bölünməsi isə şəkil 3.26-da verilmiş qırıq-qırıq xətlərə uyğun, yəni şaquli xətlərlə deyil, şaquli müstəvi ilə δ bucağı əmələ gətirən xətlər vasitəsi ilə bölünür.

Seysmik təsirin nəzərə alınması üçün təsir edən normal qüvvə aşağıdakı əmsalə vurulur.

$$K_{os} = 1 + \frac{\alpha_{\max}}{g} , \quad (3.109)$$

burada $\alpha_{\max}$ -seysmik təcilin hesabi qiyməti, $\frac{\text{mm}}{\text{san}^2}$; g -sərbəstdüşmə təcili, $\frac{\text{mm}}{\text{san}^2}$. $\alpha_{\max}$ -ın qiyməti cədvəl 3.10-a əsasən təyin olunur.



Şəkil 3.26. Seysmik qüvvələrin sürüşməyə təsirini nəzərə almaqla yamacın dayanıqlılığının hesablanması sxemi (Q.M.Şaxunyanza görə).

Cədvəl 3.10

Seysmik təcilin və seysmik bucağın hesabi qiymətləri

Hesabi seysmiklik, balla	Hesabi təcil, $\alpha_{\max} \left(\frac{\text{mm}}{\text{san}^2} \right)$	Seysmik bucaq, δ_0
VII	101-250	2°
VIII	251-500	3°
IX	501-1000	6°
X	1001-2500	14°
XI	2501-5000	27°
XII	>5000	>27°

Seysmiklik əmsalı ərazinin hesabi seysmikliyindən asılı olaraq cədvəl 3.11–ə əsasən təyin edilir.

Hesabi seysmiklik aşağıdakı düsturla

$$j_{\text{hes}} = j_0 + m, \quad (3.110)$$

hesablanır.

Cədvəl 3.11

Seysmiklik əmsalının ərazinin seysmikliyinə müvafiq qiyməti

Hesabi seysmiklik (j_{hes}), balla	7	8	9
Seysmiklik əmsalı, K_s	1,03	1,05	1,10

burada j_0 -tədqiqat rayonunun seysmikliyi, bal; m-bünövrə qruntlarından asılı olaraq seysmikliyi nəzərə alma xarakteristikası olub, cədvəl 3.12 üzrə təyin edilir.

F_p metodu və üfüqi qüvvələr metodu ilə yamacların dayanıqlılığının hesablanması zamanı seysmik təsir qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin qiymətləndirilməsində nəzərə alınır və aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$F_{p,s} = tg(\varphi - \delta) + \frac{c}{P_s} \quad (3.111)$$

burada $F_{p,s}$ -seysmiklik nəzərə alınmaqla, qrunnun sürüşməyə qarşı müqavimət əmsalı; φ -qrunnun hesabi daxili sürtünmə bucağı, dərəcə; c -qrunnun hesabi ilişkənliyi, tq/m²; δ -seysmik bucaq (dərəcə ilə) olub, aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin olunur;

Cədvəl 3.12

Seysmiklik xarakteristikasının (m) qruntların növündən asılı olaraq qiyməti

Qrunnun növü	Seysmiklik xarakteristikası, bal
Allüvial çöküntülər, qumlu (quru) və yaxud çınqıllı qruntlar	1-2
Gilli, mergelli və ləşəbənzər qruntlar	1-3
Bataqlıq qruntları və su ilə doymuş qruntlar	3-4

$$\delta = \arctg \frac{a_{max}}{g} \quad (3.112)$$

P_s -seysmiklik nəzərə alınmaqla qrunta təsir edən normal təzyiq (tq ilə) olub, aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$P_s = K_{os} \cdot P, \quad (3.113)$$

burada P -seysmiklik nəzərə alınmadan, qrunta təsir edən normal təzyiq, tq.

Yamacların dayanıqlılığının hesablanması VİNİMİ metodu.

Bu metod Q.L.Fisenko (1965) tərəfindən Ümumittifaq Elmi-Tədqiqat Dağ Mexanikası və Markşeyder işləri İnstitutunda işlənilib hazırlanmışdır. Onun əsası çox ehtimal olunan sürüşmə səthinin müəyyən qayda ilə qurulmasından ibarətdir. Sürüşmə səthinin formasının və yerləşmə vəziyyətinin təyini zamanı hissəcikləri

arasında struktur rabitə olmayan mühitin həddi-tarazlıq nəzəriyyəsinin aşağıdakı əsas prinsipləri nəzərə alınır.

1. Yamacın dayanıqlılığının pozulması onu təşkil edən qruntların bir hissəsinin sürüşmə səthi üzrə sürüşməsi şəklində baş verir. Eynicinsli qruntlarda sürüşmə səthi dairəvi-silindrik səthə oxşar olur.

2. Eynicinsli qruntlarda elementar sürüşmə sahəcikləri aşağıda verilmiş düsturla müəyyən olunan gərginlikdən kiçik olmayan gərginlikli dərinlikdən başlayaraq yaranır.

$$\sigma_1 = 2C \cdot \operatorname{ctg} (45^\circ - \varphi/2). \quad (3.114)$$

Bu sahəciklər ən böyük baş gərginliyin istiqaməti ilə $(45^\circ - \varphi/2)$ bucaq əmələ gətirirlər.

3. Yamacın qaşından uzaqlaşdıqca baş gərginlik oxu şaquli xətlə üst-üstə düşür. Onun səthinə yaxınlaşdıqca isə yamac istiqamətində mailliyi dəyişir, yamac səthi düz və ya çökük səth olduqda üst-üstə düşür.

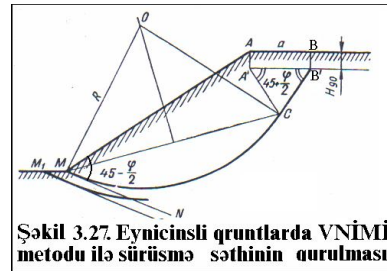
4. Baş gərginliklərin istiqaməti dəyişdikdə, sürüşmə sahəciklərinin yatımı yamacdan xeyli uzaqda şaqul ilə $(45^\circ - \varphi/2)$ bucağından, səthlə kəsişmə nöqtəsində səthlə $(45^\circ - \varphi/2)$ bucağınadək dəyişir.

5. Eynicinsli qruntlarda sürüşmə sahəcikləri aşağıdakı dərinliklərdə yaranır

$$H_{90^\circ} = \frac{\sigma_1}{\gamma} = \frac{2C}{\gamma} \cdot \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (3.115)$$

H_{90° -nın qiyməti şaquli yamacın mümkün maksimal hündürlüyünə uyğundur.

Eynicinsli qruntlarda bu metodla sürüşmə səthinin yerləşmə vəziyyətinin öyrənilməsi aşağıdakı qayda üzrə aparılır (şəkil 3.27).



1. Sürüşmə prizmasının mümkün eni (a) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$AB=a = \frac{2H \cdot \left[1 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \right] - 2H_{90^\circ}}{\operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha + \varphi}{2} \right)}, \quad (3.116)$$

burada H -yamacın hündürlüyü, m; α -yamacın yatım bucağı, dərəcə; φ -qruntların hesabi daxili sürtünmə bucağı, dərəcə.

Uçma prizmasının enini, yamacın hündürlüyü ilə uçma prizmasının eni arasında olan asılılığın qrafiki əsasında təyin etmək olar (şəkil 3.28). Bu qrafikdə absis oxu üzrə uçma prizmasının şərti eni ($a' = \frac{a}{H_{90^0}}$), ordinat oxu üzrə isə yamacın şərti

hündürlüyü ($H' = \frac{H}{H_{90^0}}$) göstərilmişdir. Həmin qrafikdən aşağıdakı

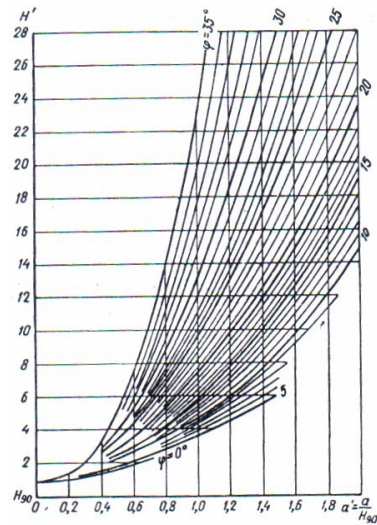
kimi istifadə edilir.

Qruntların hesabi fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinə görə yamacın dik maksimal mümkün hündürlüyü (H_{90^0}) və şərti hündürlüyü (H') təyin edilir.

1. Qruntun hesabi daxili sürtünmə bucağının qiymətinə uyğun əyri ilə yamacın şərti hündürlüyünə uyğun ordinatın kəsişmə nöqtəsi təyin edilir. Həmin nöqtədən absis oxuna endirilmiş perpendikulyarla uçma prizmasının şərti eni (a') təyin edilir. Buradan isə $a = a' \cdot H_{90^0}$ təyin edilir.

2. Yamacın qəşindən uçma prizmasının eninə ($a = AB$) bərabər parça qeyd olunur (şəkil 3.27)

3. A və B nöqtələrindən şaquli xətt üzrə H_{90} -a bərabər dərinlikdə A' və B' nöqtələri qeyd edilir. A' və B' nöqtələrindən üfüqlə ($45^0 + \frac{\varphi}{2}$) dərəcəli bucaq əmələ gətirən A'C və B'C xətləri çəkilir. Onların C kəsişmə nöqtəsindən B/C düz xəttinə qaldırılmış perpendikulyarın uzantısı ilə yamac səthi ilə ($45^0 - \frac{\varphi}{2}$) bucaq əmələ gətirən MN düz xəttinə M nöqtəsində qaldırılmış perpendikulyarın O kəsişmə nöqtəsi təyin edilir.



Şəkil 3.28. Uçma prizmasının eni ilə yamacın hündürlüyü arasında asılılığın qrafiki.

4. $OC=OM=R$ radiusu ilə O mərkəzindən MC çevrə qövsü çəkilir. BB/CM çevrə qövsü axtarılan sürüşmə səthidir və sürüşmənin həmin səth üzrə baş vermə ehtimalı böyükdür.

5. Təhlükəli sürüşmə səthi təyin olunduqdan sonra həmin səthə görə yuxarıda verilmiş qaydada yamacın dayanıqlılığı hesablanır. Bunun üçün yamac bloklara bölünür, təyin edilmiş sürüşmə səthi üzrə təsir edən qüvvələrin tarazlıq şərti dairəvi-silindrik sürüşmə səthi metoduna uyğun araşdırılır, yamacın dayanıqlılıq əmsalı hesablanır.

Əgər yamacın dabanında $\varphi < 13^\circ$ olan, zəif qruntlar yerləşərsə, o zaman sürüşmə səthi yamacın dabanından deyil, əsasından keçməklə M_1 nöqtəsində yer səthinə çıxacaqdır. Bu halda M_1 nöqtəsindən keçən sürüşmə səthi, şəkil 3.27-yə uyğun olaraq M_1 nöqtəsində üfüqi müstəvi ilə $(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ dərəcəli bucaq əmələ gətirən düz xəttə qaldırılmış perpendikulyarın CO düz xəttinin uzantısı ilə kəsişmə nöqtəsinə görə eyni qayda ilə qurulur.

3.1.5.2. SÜRÜŞMƏYƏ QARŞI MÜBARİZƏ TƏDBİRLƏRİ

Ümumilikdə yamacın dayanıqlılığının pozulmasını yaradan amillərə ağırlıq qüvvəsini, yerüstü və yeraltı suların təsirini, yamacın normadan çox yüklənməsini, bitki örtüyünün qırılmasını, yamacda bitkilərin qeyri-düzgün suvarılmasını, ətraf hissələrdə silkəlmələrin yaradılmasını, seysmik təsiri, yamacın bütövlüyünün pozulmasını, onun dabanının kəsilməsini və s. misal göstərmək olar. Yamacın dayanıqlılığı təbii şəraitdə əsasən yamacı təşkil edən qruntların daxili sürtünmə və ilişmə qüvvəsi hesabına təmin olunur. Qruntların xassələri onların fiziki vəziyyətindən, su ilə islanmasından, aşınmaya məruz qalmasından, strukturlarının pozulmasından və sair amillərin təsirindən asılı olaraq dəyişdiyindən, yamacın dayanıqlılığını təmin edən həmin qüvvələr də dəyişikliyə məruz qalır. İri dənəli hissəciklərdən təşkil olunmuş yumşaq-əlaqəsiz qruntlarda daxili sürtünmə bucağı suyun təsirindən dəyişikliyə uğramır. Hissəciklərin ölçüləri kiçildikcə isə yumşaq-əlaqəsiz qruntların su ilə islanarkən daxili sürtünmə bucağı və təbii yatım bucağı azalır. Gilli qruntlarda isə su ilə islanma zamanı hər iki göstərici-ilişkənlik və daxili sürtünmə bucağı azalır. Ona görə də, sürüşməyə qarşı mübarizə tədbirlərinin

işlənib hazırlanması zamanı, yamacın dayanıqlılıq əmsalinin təbii şəraitin dəyişməsi ilə dəyişikliyə uğrayacağı nəzərə alınmalıdır.

Praktikada sürüşməyə qarşı mübarizə tədbiri kimi daha çox istifadə edilən tədbirləri aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

1. *Yamacların yuyulmasına qarşı mübarizə;*
2. *Yamacların quruluşunun dəyişdirilməsi və yenidən yaradılması;*
3. *Sürüşən qrunut kütləsinin mexaniki saxlanılması;*
4. *Yeraltı suların drenlənməsinin tənzimlənməsi;*
5. *Yerüstü axının nizamlanması;*
6. *Bitki örtüyü ilə (meşəmeliorativ tədbirlərlə) yamacın bərkidilməsi;*
7. *Yamaca örtük təbəqəsinin çəkilməsi;*
8. *Qrunutların xassələrinin dəyişdirilməsi.*

Yamacların yuyulmasına qarşı mübarizə tədbirləri. Bunlar *passiv* və *aktiv* olmaqla 2 yerə bölünür.

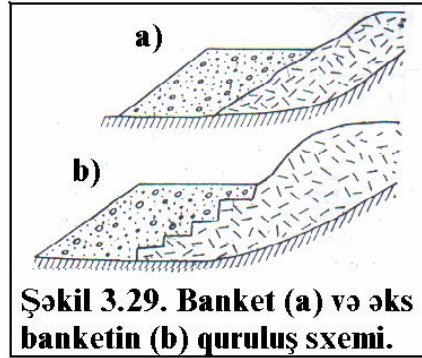
Passiv mübarizə tədbirləri su hövzəsinin və su axınının rejimini dəyişməyən müdafiə tədbirləri olub, sahilqoruyucu və dalğaqaytarıcı divarların, qurşaqların tikilməsindən, yamaclara dəmir-beton plitələrdən ibarət üzlüklərin çəkilməsindən, müxtəlif fiqurlu blokların, daşların, ağacların, şaxların, qabionların düzülməsindən, süni çimərliklərin, kollektor və qanovların, yarpaqlara düşürümü olan çəldaxıdanların yaradılmasından və s. ibarətdir.

Aktiv müdafiə tədbirləri su hövzəsinin və su axınlarının rejiminə təsir edən tədbirlərdir və bunlara aşağıdakılar aiddir: su hövzələri sahillərində uzununa dalğasöndürücülərin və eninə bun tikintilərinin, axını istiqamətləndirici dambaların və eninə yarım bəndlərin yaradılması, çay məcrələrinin düzləndirilməsi, su axınlarının kənarlaşdırılması və s.

Yamacların quruluşunun dəyişdirilməsi və yenidən yaradılması tədbirlərinə yamacların dikliyinin azaldılması (yatıqlaşdırılması), üst hissəsinin kəsilib götürülməsi, bərmənin yaradılması, terraslaşdırılması, sürüşən qrunut kütləsinin götürülməsi, banket və əks banketin tökülməsi, qrunutun başqası ilə əvəz edilməsi, yerüstü axınla bölünmüş yarpaqların (altdan leysankeçirici tikməklə) qrunutla doldurulması və s. kimi tədbirlər aiddir.

Yamacların dikliyi artdıqca, təbii-tarazlıq şərti pozulduğundan, onun dikliyi yamacın geoloji quruluşuna uyğun

şəkildə azaldılır. Bunun üçün sürüşmənin aktiv hissəsindən qrunun kəsilib götürülməsi və yaxud sürüşmənin aktiv hissəsindən qrunun götürülməsi ilə bərabər passiv hissəsində (dabanına) isə banket və yaxud əks banket yaradılır (şəkil 3.29).



Şəkil 3.29. Banket (a) və əks banketin (b) quruluş sxemi.



Şəkil 3.30. İstinad divarı.

Yamacın üst hissəsinin kəsilməsi zamanı aşınma sürəti nəzərə alınmalı, lazım gəldikdə çim örtüyü yaradılmalı və yaxud başqa tədbir yerinə yetirilməlidir.

Sürüşən qrun kütləsinin mexaniki saxlanması tədbirləri; Bunlara istinad divarlarının, banket və əks banketlərin, dirəklərin, svayların, anker bərkidicilərinin quraşdırılması, qazmalarda əks tağların, inyeksiya arakəsmələrinin və s. yaradılması aiddir.

Sürüşməyə qarşı aparılmış mübarizə tədbirləri üzrə təcrübələr onu deməyə əsas verir ki, sürüşmə kütləsinə qarşı qurulmuş qurğular, mexaniki müdafiə tədbirləri çox vaxt effektiv olur. Bu mübarizə tədbirləri başqa mübarizə tədbirləri ilə birgə (kompleks) tətbiq edildikdə daha etibarlı olur. Bu tədbirlərlə birgə istifadə edilən tədbirlərə yerüstü axının tənzimlənməsini, sulu qrunların qurudulmasını, yeraltı suların drenlənməsinin tənzimlənməsini və s. göstərmək olar.

Sürüşən qrun kütləsinin mexaniki saxlanması tədbirlərinin konstruktiv həll variantlarından olan istinad divarları öz ağırlığı hesabına sürüşən kütləni saxlayır (şəkil 3.30). Onlar əsasən dik yamacların əsaslarında digər tikintilərin yerləşdirilməsi mümkün olmadıqda və yaxud yamacın dikliyinin azaldılması (yatıqlaşdırılması) zamanı götürüləcək qrunun həcmi azaltmaq üçün tətbiq edilir. Bəzən isə şəhərlərin, istirahət yerlərinin və s. ərazisində xüsusi forma və memarlıq tərtibatı verilməsi üçün də, sürüşməyə qarşı mübarizə tədbiri kimi istifadə olunurlar. İstinad

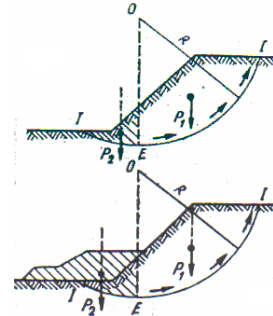
divarları axıcı vəziyyətli gilli qruntların sürüşməsi zamanı effektiv mübarizə tədbiri sayıla bilməz. Çünki həmin qruntlar yüksək nəmlənmə zamanı axaraq istinad divarlarının üstündən keçirlər.

İstinad divarları daşdan, betondan, dəmir-betondan, qabionlardan, bəzən aralarına daş doldurulmuş ağac bənddən qurulur. Onlar sürüşmə səthindən aşağıda yerləşən möhkəm qruntlar üzərinə yerləşdirilməli, sürüşməyə, yerindən tərpədməyə qarşı dayanıqlı olmalıdır.

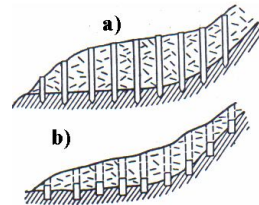
Sürüşməyə qarşı mübarizə tədbiri kimi, yerli qruntlardan (qum, çınqıl, xır, daş, qumca, gilçə və s.) hazırlanmış banketlərdən, əks banketlərdən, istinad prizmalarından və digər formalardan geniş şəkildə istifadə edilir (şəkil 3.31). Yamacın aktiv zonasında (yuxarisında) yerləşən qruntların hərəkətinin qarşısını almaq onları tarazlaşdırmaq üçün yerli qruntlar müxtəlif şəkildə, sürüşmə yamacının dabanına tökülür.

Banket və əks banketlər sürüşmə səthi üzrə yamacın dabanında effektiv təzyiqi və qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətini artırır, təzyiq altından sürüşüb çıxmanın qarşısını alır. Banketdən fərqli olaraq, əks banketlər, yamacın dabanında sürüşməyə qoymadığı qrunut kütləsini müxtəlif şəkildə kəsmiş vəziyyətdə yerləşdirilir (şəkil 3.31). Banket və əks banketlər qurulmuş sürüşmə yamacları o zaman dayanıqlı olur ki, şəkil 3.31-ə əsasən OE düz xəttindən solda (bizə nəzərən) yaradılmış müqavimət qüvvəsi OE düz xəttindən sağda yerləşən sürüşən qrunut kütləsinin yaratdığı yekun sürüşdürücü qüvvədən böyük və ya ona bərabər olsun.

Sürüşmə səthi dayazda yerləşdikdə sürüşməni stabilləşdirmək üçün sürüşmə səthindən dərinə yerləşən, möhkəm qruntlara oturdulan və planda cərgə və yaxud şahmat şəklində düzülmüş svaylardan istifadə edilir (şəkil 3.32). Svaylar ağacdən, betondan və yaxud dəmir-betondan hazırlanır. Bəzən bu svaylar yer səthinədək çatmır və bunlar şponka (şpon çivi) adlandırılır.



Şəkil 3.31. Banket (b) və əksbanketin (a) sürüşməyə qarşı işləmə sxemi. a-müvazinət həddinə yaxın vəziyyətdə olan yamac; b-banketlə dayanıqlılığı təmin edilmiş yamac.



Şəkil 3.32. Sürüşmə yamacının svay (a) və şponka (b) ilə bərkidilmə sxemi.

Yeraltı suların drenləşməsi üzrə tədbirlər. Bu tədbirlər daimi və müvəqqəti qurutma tədbirləridir.

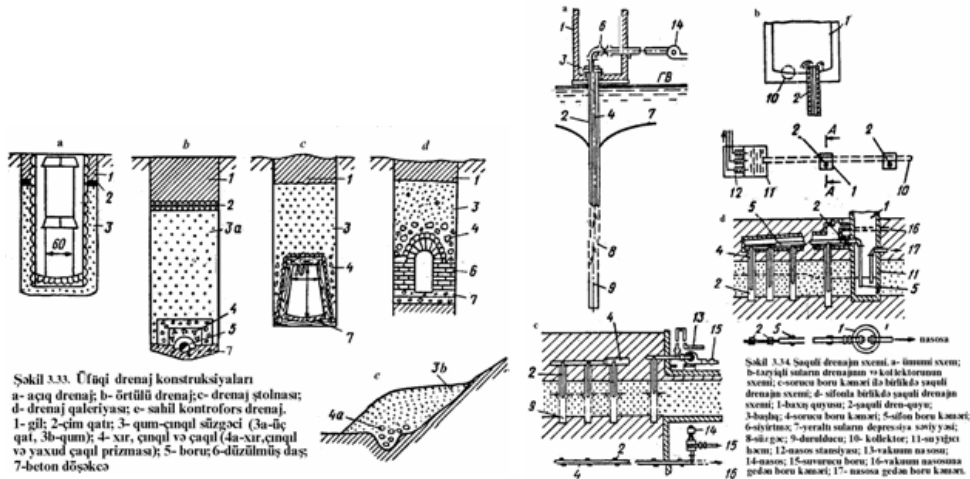
Daimi qurutma tədbirlərinə yeraltı suların daim qurudulması və yaxud səviyyəsinin aşağı salınması tədbirləri aiddir. Bunlar yamacda yeraltı sular pazlaşanadək onların tutulmasından və kənarlaşdırılmasından, yamaca çıxan yeraltı suların kaptajından, sürüşmə kütləsinin qurudulmasından, hidrodinamiki təzyiqin istiqamətinin dəyişdirilməsindən, sürüşmə kütləsində yeraltı suların səviyyəsinin azaldılmasından ibarətdir.

Bu tədbirlər üfüqi, şaquli və kombinə edilmiş drenajlar vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Müvəqqəti qurutma tədbirləri iynəsüzgəclər, elektrodrenaj və suçəkmə ilə aparılır.

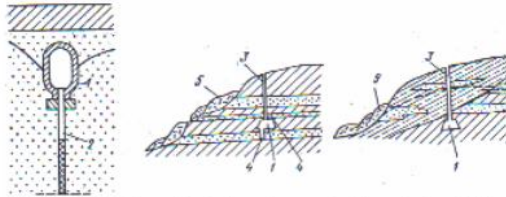
Sulu qruntların quruldulmasında istifadə edilən daimi drenajın əsas konstruksiyaları aşağıdakılardır:

1) Üfüqi drenaj (şəkil 3.33)- açıq maili drenaj, drenaj kontroforsları, borulu drenaj, yarıqlar, qalereyalar, ştolnalar, üfüqi quyular; 2) şaquli drenaj (şəkil 3.34) - quyular, vakuum-süzgəclər, çalınma süzgəclər; 3) kombinə edilmiş (şəkil 3.35) drenaj (şaquli və üfüqi drenajın birgə tətbiqi); 4) drenaj və hava dəyişmənin (şəkil 3.36) birgə tətbiqi (qruntların qurudulması).

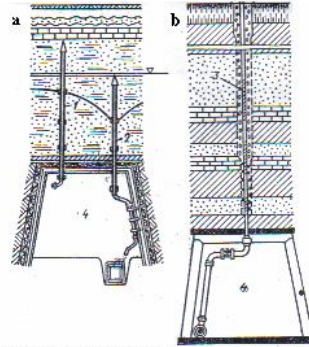


Ümumiyyətlə, sürüşmələr əsasən yeraltı suların təsiri ilə formalaşır. Ona görə də, sürüşməyə qarşı kompleks mübarizə tədbirləri içərisində sulu qruntların quruldulması üçün drenajın tətbiqi vacibdir. Sürüşmə zonasında drenajın əsas məsələsi

sürüşmə sahəsindən qrunut sularını toplayaraq kənarlaşdırmaqdan, qrunutların nəmlənməsinin qarşısını almaqdan və yaxud yaxın ərazilərdə yeraltı suların təzyiqini və səviyyəsini aşağı salmaqdan ibarətdir.



Şəkil 3.35. Kombinə edilmiş drenajın sxemi. a-ünnəmi; b, c-sürüşmə sahəsində kombinə edilmiş drenaj-a-sürüşmə sahəsi həddlərində sulu horizont olduqda; b-sulu linza və su yataqları olduqda; quyu 1-üfüqi drenaj-qalereyası, ştona; 2-şaquli drenaj-üzüyaqımlı və adi quyu; 3-şaquli drenaj-bütöv süzgeç; 4-şaquli drenaj-çalınma süzgeç; 5-sürüşmə



Şəkil 3.36. Xüsusi drenaj qurğusunun sxemi. a, b-yeraltı qazmaların fəvayında çalınma və havalı (a), bütöv süzgeç qurğularının sxemləri; 1-3-süzgeçlər; 1-havalı; 2-çalınma; 3-bütöv; 4-yeraltı qazma.

Sürüşmə zonası qrunutlarının qurudulması müxtəlif drenaj qurğuları, onların kompleksləri vasitəsi ilə həmin sahədə ayrılıqda və yaxud ona bitişik ərazilərlə birlikdə həyata keçirilir.

Yeraltı sular sürüşmə sahələrində sulu zonalar, horizontlar, təbəqəciklər, hərdənbir rast gələn su yığınları, sulu çatları və yaxud çatlar sistemini əmələ gətirirlər. Bu suların iştirakı qrunutlara həm hidrodinamiki, həm yüngülləşdirici, həm də islatma təsiri göstərir.

Yeraltı suların təsirinin azaldılması müxtəlif yollarla və üsullarla aparılır. Planda drenaj qurğularını yerləşdirilməsinə görə dağlıq hissədən sürüşmə sahəsinə yeraltı suların axınının qarşısını alan-**baş**, hər tərəfdən sürüşmə zonasına yeraltı suların daxil olmasının qarşısını alan-**mühafizə**, sürüşmənin dabanında yerləşən-**kontrofors** və yaxud **sahil** və sahə üzrə bərabər paylanmış-sistematik drenajlar kimi fərqləndirirlər. Bu drenajlar, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, üfüqi, şaquli və kombinə edilmiş ola bilirlər. Bütün drenajlar **tamam** (sulu horizontun dabanınadək çatan) və **natamam** (sulu horizontun dabanınadək çatmayan) ola bilirlər. Bu drenajlarda suyun sahədən kənarlaşdırılması öz axını ilə və yaxud nasos və digər aqreqatlarla təmin edilə bilər. Drenajların konstruksiyaları, hesabat metodları və tətbiq şəraiti haqqında ətraflı məlumatlar müvafiq ədəbiyyat mənbələrində verilmişdir.

Üfüqi drenaj açıq və örtülü olmaqla, 2,5-3,0 m-dən dərin qazılmış və müəyyən konstruksiyalı qurğudur. Açıq üfüqi drenaj

xəndək, qanov, yarıq və s. kimi tikilə bilər. Onun forması yamaclarının uçmaması üçün qrunzun xassələrindən asılı olaraq trapesiya şəkilli, düzbucaqlı və s. en kəsikli ola bilər (şəkil 3.33). Örtülü üfüqi drenaj isə alt hissəsindən süzgəc üzərinə müxtəlif texnologiya ilə düzülmüş qonçar, keramiki, beton və asbestsement borudan, ağac və yaxud daş düzülmüşündən ibarət ola bilər. Drenə suyun sərbəst daxil olmasını, uzunömürlülüyünü təmin etmək üçün drenaj boruları hər tərəfdən üçqat çınqıl, sonra iri və orta dənəli qum qatı (süzgəc) ilə əhatələnir (şəkil 3.33, b, c, d). Süzgəc materialı üzərinə çim və gil qatı elə düzülür ki, yerüstü sular drenə daxil olmasın.

Sürüşmə sahəsinin qurudulması üsulunun və sisteminin seçilməsi əsaslı mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələrinə əsaslanmalıdır.

Yerüstü axının nizamlanması tədbirləri. Bu üç şəkildə aparılır.

1. Sürüşmə sahəsində və ona bitişik ərazidə yer səthinin hamarlanması ilə;
2. Yerüstü suyu kənarlaşdırıcı sistemin yaradılması ilə;
3. Meşəmeliorativ tədbirlər ilə.

Sürüşmə sahələrində yerüstü suların (atmosfer yağıntıları, qar və buzun əriməsi) təsiri daimi olaraq istər qruntların xassələrinin, istərsə də yamacların dayanıqlılığının dəyişməsinə səbəb olur. Onların sürüşmə sahəsinə daxil olmaması və yaxud həmin əraziyə yaxın hissələrdə, sürüşmə sahəsində toplanmaması üçün müxtəlif tədbirlər görülür.

Sürüşmə sahəsində yer səthinin hamarlanması, yəni qabarıq relyef formalarının kəsilərək götürülməsi, çökük relyef formalarının və görünən çatların isə doldurulması zamanı yerüstü suların axını asanlaşır. Nəticədə sürüşmə sahəsində yerüstü suların toplanması, qruntları islatması və infiltrasiyası minimuma qədər azalır.

Yerüstü suları kənarlaşdırıcı sistemin yaradılması. Sürüşmə sahəsində dağlıq və suyu kənarlaşdırıcı xəndəklərin, qanovların, arxların və müxtəlif tipli sutullayıcıların qurulmasından ibarətdir. Sürüşmə sahəsində və ona bitişik ərazilərdə suyu kənarlaşdırıcı qurğular fərdi şəkildə (bir-biri ilə əlaqəsiz) fəaliyyət göstərən olmalıdırlar, yəni sürüşmə sahəsində baş verən deformasiyalar onların normal işini pozmamalıdır. Ona görə də, əksər hallarda yerüstü suyu kənarlaşdırıcılar sürüşmə sahəsində deyil, ona bitişik

ərazilərdə yerləşdirilməklə yağış və digər suların sürüşmə sahəsinə daxil olmasının qarşısını almalıdır. Şürüşmədən yuxarı hissələrdə (dağlıq) xəndəklərin yaradılması yağış və digər suların sürüşmənin suyuğıcı sahəsindən yığılmasına xidmət edir və trapesiya şəklində tikilir. Adətən yamac boyu yerləşdirilməklə, dibinin mailliyi buraxıla bilən həddən kiçik (təqribən 0,002) götürülür. Xəndəyin ən kəşik ölçüləri ərazinin suyuğıcı sahəsinə, su balansına düşən atmosfer yağıntılarının çoxillik məlumatlar əsasında təyin edilmiş ən az təminat ilinə uyğun maksimal miqdarına, yəni yarana bilən yerüstü axının maksimal sərfinə (m^3/san ilə) görə təyin edilir. Əgər suyuğıcı sahə böyük olarsa, bir neçə belə xəndək yaradılır. Xəndəklərin dibində və yamacında çim qatı yaratmaq, daş döşəmə, beton örtük və s. kimi tədbirlərlə bərkitmə işləri aparılır.

Sukənarlaşdırıcı xəndəklər dağlıq xəndəklər vasitəsi ilə yığılmış suyu sürüşmə sahəsindən kənarlaşdırmaq üçün tikilir. Konstruksiyalarına görə dağlıq xəndəklərdən fərqlənir.

Dağlıq və sukənarlaşdırıcı xəndəklərin trassası boyu dəyanətsiz qruntlara rast gəldikdə çərçivəli və yaxud svaylı konstruksiyalı qanovlardan istifadə edilir. Bu qanovlar ağacdan, daşdan, beton və yığma dəmir-betondan qurulur.

Yerüstü axının tənzimlənməsində meşəmeliorativ tədbirlərdən geniş şəkildə istifadə edilir.

Bitki örtüyü ilə (meşəmeliorativ tədbirlərlə) yamacın bərkidilməsi. Buraya xüsusi növ ağacların, kol bitkilərinin, otların əkilməsi, çim qatının artırılması və s. aiddir. Meşəmeliorativ tədbirlər sürüşmə sahəsində su balansına öz təsirini göstərir, yerüstü axını tənzimləyir, infiltrasiyanı azaldır, transpirasiya hesabına qruntların quruması üçün əlverişli şərait yaradır, kök sistemi hesabına yamacda qruntların rabitəsini gücləndirir, dərin qatlaradək qrunnun donmasının, yamacın sular vasitəsi ilə yuyulmasının qarşısını alır.

Xüsusi müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, davamlı və intensiv yağışlar zamanı iynəyarpaqlı meşələrdə 68 %-dək ağaclar, 30 %-dən az olmayaraq isə yarpaqlar yağış şəklində düşən suyu saxlayır. Zəif yağışlar zamanı isə 100 % yağış ağacın yarpaq və iynələri vasitəsi ilə saxlanılır (Q.M.Şaxunyants və başqaları, 1961). Ağac və kol bitkiləri qarların intensiv əriməsini və sürüşmə sahəsinə doğru axınını tənzimləyir. Bitki örtüyü buxarlanmanı intensivləşdirdiyindən ərazinin su balansına tənzimləyici təsir edir.

Q.M.Şaxunyantsa görə, bitki örtüyündən buxarlanma, çılpaqlaşmış (bitki olmayan) yer səthindən buxarlanmadan çoxdur və su səthindən buxarlanmaya yaxınlaşır (cədvəl 3.13).

Cədvəl 3.13

**Müxtəlif şəraitdə buxarlanan suyun miqdarı
(Q.M.Şaxunyantsa görə)**

Atmosfer yağıntılarının miqdarı, mm/il	Çılpaq yer səthindən		Ot örtüyündən		Su səthindən	
	mm/il	Yağıntıların miqdarından %- lə	mm/il	yağıntıların miqdarından %-lə	mm/il	yağıntıların miqdarından %-lə
500	209	42	386	77	537	107
600	221	37	437	73	528	88
700	234	33	484	69	522	75
800	246	31	538	67	516	65

Meşə zolağı yerləşən ərazilərdə qrunut sularının yatma dərinliyi də bitkilər tərəfindən tənzimlənir. P.V.Ototskiyə görə, Rusiya Federasiyasının Voronej quberniyasında qrunut sularının səviyyəsi köhnə meşədə 15 m dərinlikdə yerləşdiyi halda, qırılmış meşədə 10,68 m, meşəyə bitişik düzdə isə 5 m dərinlikdə yerləşmişdir. Ağac və kol bitkilərinin kök sistemi böyük dərinliyə (6-12 m, bəzən fıstıq ağacında 25 m-dək) qədər çatır, bitki ətrafında isə 8-12 m-dək məsafəyə yayılır. Bitkilərin kök sistemi qrunut daxilində iştirak edən təkə sərbəst suları deyil, həm də bəzi kapilyar suları da mənimsəyir.

Bitkilərin növündən asılı olaraq onların kök sistemi bəzi ədəbiyyat mənbələrinin məlumatlarına görə $6\div 60$ kq/sm²-dək sorucu qüvvəyə malikdirlər. Bitkilərin kök sistemi vasitəsi ilə udulan su, sorucu qüvvənin təsiri altında qara şamda $1,2\div 1,4$ m/saat, tozağacında 1,6 m/saat, quşarmudunda (üvəzdə) 29 m/saat, palıddada 43 m/saat sürətlə yuxarıya qalxır və sonra buxarlanma gedir. Beləliklə, 1 m² yer səthindən sutka ərzində tozağacı 80 l, qara şam 64 l, şam 58 l, fıstıq 50 l su sərf edir.

Bunlar isə bitkilərin necə böyük təsirə malik olmasını göstərir. Ona görə də, sürüşmə sahəsində bitki örtüyünün qırılması sürüşməni intensivləşdirən ən güclü təsirə malik amil kimi qəbul edilməlidir. Yerüstü axını və qrunut sularının səviyyəsini tənzimləyən, qrunutların qurumasına böyük təsir göstərən, onların

möhkəmliyini artıran, bir sözlə sürüşməyə güclü əks təsirə malik olan bir tədbir kimi meşəmeliorativ təbirdən istifadə edilə bilər.

Yamaca örtük qatının çəkilməsi tədbirləri. Bunlar yamacın eroziyadan və aşınmadan qoruyucu, infiltrasiyanı azaldıcı və yaxud istilikizoləedici tədbirlərdir. Bunlara müxtəlif üzlüklər, qruntbetondan, şlakdan və bitumdan hazırlanmış örtüklər, çınqılın sıxlaşdırılması, neftləmə, polimer təbəqəsinin çəkilməsi və s. aiddir.

Qruntların xassələrinin dəyişdirilməsi tədbirləri. Buraya qruntların süni bərkidilməsi və texniki meliorasiyası tədbirləri aiddir. Bunlar da daimi və müvəqqəti olur.

Qruntların xassələrinin daimi (dönməyən) dəyişikliyi onların yandırılması ($>800^{\circ}$ S-də), iri məsaməli və çatlı qruntların sementlənməsi, bitumlanması, yaxşı keçiriciliyə malik qumların silikatlanması, gillərin elektrokimyəvi möhkəmləndirilməsi və s. tədbirləri zamanı baş verir.

Qruntların xassələrinin müvəqqəti yaxşılaşdırıcı tədbirlərinə dondurulmanı, elektrodrenajı, $200-300^{\circ}$ S temperaturadək qızdırılmanı (qurutma) misal göstərmək olar.

ƏDƏYİYYAT

1. Əliyev S.K. Qruntlar mexanikası. Bakı: «Təhsil» NPM, 2007. 420 s.
2. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1973. 280 с.
3. Вопросы формирования и устойчивость высоких склонов. М.: Изд-во МГУ, 1970. 181 с.
4. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и стволов. М.: «Недра», 1973. 231 с.
5. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. М.: «Недра», 1972. 281 с.
6. Емельянова Е.П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. М.: «Недра», 1971. 115 с.
7. Емельянова Е.П. Методическое руководство по стационарному изучению оползней. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 245 с.

8. Золотарев Г.С. Геологические закономерности развития оползней и обвалов-основа теории их изучения и прогноза. «Вестн. МГУ», 1974. № 4. С. 3-19.
9. Инженерно-геологическое изучение обвалов и других гравитационных явлений на горных склонах. М.: Изд-во МГУ, 1969. 189 с.
10. Костомаров В.М. Противооползневые мероприятия в городах. М.: Стройиздат, 1967. 174 с.
11. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л: «Недра», 1977. 479 с.
12. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л: «Недра», 1984. 511 с.
13. Ломтадзе В.Д. Об инженерно-геологической оценке угрожаемости обвальных явлений. «Зап. ЛГИ», 1949, т. 23, с. 137-151.
14. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. 467с.
15. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология.. М.: Изд-во лит. по строительству, 1971. 341с.
16. Оползни и борьба с ними. Ставрополь, Ставропольск. Изд-во, 1964. 450 с.
17. Оползни и инженерная практика. М.: Трансжелдориздат, 1960. 266 с.
18. Опыт борьбы с оползнями на железных дорогах СССР. М.: Трансжелдориздат, 1961. 184 с. Авт.: Г.М.Шахунянц, Б.И. Нечаев, И.А.Клевцов, Б.В.Пашенко.
19. Панюков П.Н. Инженерная геология. Издания второе, переработанное и дополненное. М.: «Недра», 1978. 291 с.
20. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология. (пер. изд.: ГДР, 1978) Перевод с нем.- М: «Недра», 1983. 528 с.
21. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в оползневых районах. М.: Стройиздат, 1966. 81 с.
22. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. М.: ГОНТИ, 1939. 488 с.
23. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.

24. Славянов В.Н. Инженерно-геологические прогнозы устойчивости откосов. М.: Стройиздат, 1964. 153 с.
25. Справочник инженерной геологии. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. Чуринова М.В.- М: «Недра», 1981, 325 с.
26. Указатель литературы по оползням (составитель Н.Ф.Погребов). М.: ОНТИ, 1936. 78 с.
27. Предложения по расчету устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок. Разработанные СоюзДорНИИ с ЦНИИС. М.: 1966. 81 с.
28. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и стволов. Изд. 2-е. М.: «Недра», 1965. 378 с.
29. Цытович Н.А. Механика грунтов. Изд. 4-е. М.: Стройиздат, 1963. 636 с.
30. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: «Высшая школа», 1983. 288 с.
31. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.: Изд-во «Недра», 1966. 303с.
32. Шахунянц Г.М. Земляное полотно железных дорог. М.: Трансжелдориздат, 1953. 827 с.
33. Эккель Э.Б. Борьба с оползнями на автомобильных дорогах. М.: Изд-во автотранспорта и шоссейных дорог, 1960. 183 с.

3.1.6. UÇQUN HADİSƏSİ

Ümumi anlayış. *Uçqun* hadisəsi qravitasiya qrupu hadisələrə aid edilir (V.D.Lomtadze, 1949), yamaclarda, diklərdə, və sıldırımlarda ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında baş verir. Bunlara məxsusi uçqun, tökülmə və səpilmə aiddir. Uçqun da, tökülmə də qrunut kütləsinin qəflətən və tez yerdəyişməsi şəklində müşahidə edilir. Ancaq onlar öz ölçülərinə və hərəkət şəraitinə görə fərqləndirilir.

Tökülmə dedikdə uçurum, sıldırım, yarğan və dik, asılı və dağ yamaclarından ayrı-ayrı qaya parçalarının, bloklarının və daşların uçması nəzərdə tutulur. Tökülmə zamanı yerdəyişməyə məruz qalan qrunut kütləsi daha çox havada (yer səthinə toxunmadan) hərəkət edir (şəkil 3.37).

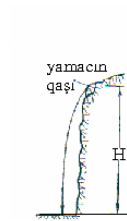
Daha çox aşınmaya məruz qalmış qaya parçaları, sementlənmiş qrunutlar, yumşaq-əlaqəsiz qrunutlar uçurum, sıldırım, yarğan və dik, asılı və dağ yamaclarından, karxana dərələrinin yanlarından, süni yaradılmış dik relyef formalarından qəflətən qoparaq, aşağıya doğru tökülür və həmin relyef formasının əsasına səpilir.

Səpilmə dedikdə nisbətən xırda ölçülü qrunut parçalarının, hissələrinin ayrı-ayrılıqda tökülməsi nəzərdə tutulur. Tökülmədən fərqli olaraq səpilməni əmələ gətirən qrunut hissəcikləri kiçik ölçülü (qum, xır, çınqıl, çaqıl, daş parçaları) olur. N.M.Roynişvili ayrı-ayrı daşların düşməsinə və diyirlənməsinə daş uçqunu adlandırmışdır.

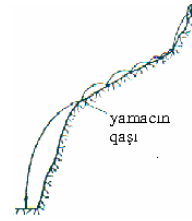
Məxsusi uçqun yalçın qayalıqlarda, sıldırımlarda, dik, asılı yamaclarda qaya parçalarının, qrunut bloklarının, daha iri ölçülü qrunut kütləsinin uçmasıdır. Məxsusi uçqun qeyd edilən relyef formalarının aşınma daha çox getmiş hündürlüklərində, yamacın qaşından yuxarıda əmələ gəlir. Qrunut kütləsi yerdəyişmə zamanı diyirlənməyə, sıçrayışlı hərəkətə, parçalanmaya məruz qalır. Ona görə də, məxsusi uçqun dedikdə daha böyük ölçülü qrunut kütləsinin diyirlənməsi, sıçrayışlı hərəkəti, yol boyu parçalanmaya məruz qalması ilə müşayiət edilən uçması nəzərdə tutulur (şəkil 3.38).

Beləliklə, məxsusi uçqun zamanı uçmuş qrunut kütləsi, tökülmə və səpilmədən fərqli olaraq, relyefin daha yüksək hissələrindən (dağlıq hissədən, yamacın qaşından yuxarıdan)

hərəkətə gəlir. Tökülmə və səpilmə dik, asılı yamacların, sıldırımların və s. aşağı hissələrində (qaşında və ondan aşağıda) əmələ gəlir. Bundan başqa, tökülmə və səpilmə uçma yerindən düşmə yerinədək əsasən havada olmaqla hərəkət edir. Məxsusi uçqun isə dağlıq yamac boyu yellənərək, diyirlənərək hərəkət edir.



Şəkil 3.37. Qrunt tökülməsinin sxemi.



Şəkil 3.38. Uçqunun əmələgəlmə sxemi.

Uçqun hadisəsi yamacın dayanıqsız olmasını xarakterizə edir, insanların həyatı və fəaliyyəti, tikintilərin qorunması və normal istismarı üçün daim təhlükə yaradır. Ona görə də, bu hadisənin əmələ gəlmə şəraitinin öyrənilməsi, müvafiq mübarizə və onlardan müdafiə olunma tədbirlərinin işlənilib hazırlanması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Uçqun hadisəsinin daha çox təsadüf etdiyi ərazilər əsasən dağlıq rayonlardır. Müstəqil Dövlətlər Birliyi (MDB) ərazisində uçqun hadisəsinə Karpatlarda, Krımda, Qafqazda, Orta Asiyanın, Sibirin və Uzaq Şərqi dağlıq rayonlarında rast gəlmək olar. Azərbaycan ərazisində uçqun hadisəsi Böyük və Kiçik Qafqaz dağ silsilələri, Talış dağları hüduunda və Naxçıvan MR ərazisində, həmçinin çay vadilərinin yamacları boyu daha çox inkişaf etmişdir. Bu ərazinin geomorfoloji şəraiti ilə sıx əlaqəyə malikdir. Belə ki uçqun hadisəsi relyefin daha çox parçalanmış, deformasiyaya uğramış, tektonik qüvvələrin təsiri altında daha çox qırıqlığa, qırılmalara məruz qalmış, aşınmış relyef formalarında baş verir.

Uçqun hadisəsi xətti uzunluqlu qurğu və tikintilərə daha çox təsir göstərir. Həmin qurğulara misal olaraq avtomobil və dəmir yollarını, magistral kanalları, elektrik və rabitə xətlərini və s. göstərmək olar.

Uçqun hadisəsinin baş verməsi tez-tez yollarda nəqliyyatın hərəkətini dayandırır, tikilmiş qurğu və tikililərin sıradan çıxmasına, insan ölümünə səbəb olur. Bu hadisə yollarda nəqliyyatın hərəkətinə, insanların həyatına daim təhlükə yaratdığına görə, ona qarşı müvafiq mübarizə tədbiri vaxtında həyata keçirilməlidir.

Uçqunlar təkcə nəqliyyatın hərəkəti üçün çətinlik yaratmır, həmçinin əkin sahələrinin sıradan çıxmasına, landşaftda müvafiq dəyişikliyin baş verməsinə səbəb olur.

Uçqun hadisəsinin əmələ gəlmə şəraiti. Uçqun hadisəsi sıldırımlarda, qayalıqlarda, bərk (qayavari) və yarımberk (yarımqayavari) qruntlardan təşkil olunmuş dik, asılı və dağ yamaclarında təbii-tarazlıq şərti pozulduqda baş verir. Təbii-tarazlıq şərti daimi və müvəqqəti təsir edən qüvvələr tərəfindən pozulur. Daimi təsir edən qüvvələrə ağırlıq qüvvəsinin sürüşdürücü (parçalayıcı) toplananı, müvəqqəti təsir edən qüvvələrə isə qruntların çatlarını dolduran və çatlarda hərəkət edən suların hidrostatiki və hidrodinamiki təsiri, seysmik təsir, müxtəlif silkələyici təsirlər (nəqliyyatın hərəkəti zamanı yaranan titrəyiş, partlayış işləri və s.) aiddirlər.

Uçqun hadisəsi o zaman baş verir ki, aşınmaya məruz qalaraq parçalanmış, qəlpələnmiş, xırdalanmış qayavari və yarımqayavari qruntlarda ağırlıq qüvvəsinin sürüşdürücü (parçalayıcı) toplananı qrunut kütləsinin hərəkətinə qarşı müqavimət qüvvələrindən böyük olur. Həddi-tarazlıq vəziyyətində olan və parçalanmış qrunut kütləsinə titrəyiş və ya seysmik təkan təsir etdikdə də təbii-tarazlıq şəraiti pozulur və uçqun baş verir.

Uçqun hadisəsinin yaranmasında aşınmanın, xüsusi ilə fiziki aşınmanın rolu böyükdür. Belə ki havanın temperaturunun kəskin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq, yer səthinin üst təbəqəsində qruntu təşkil edən mineralların və ümumiliklə qrunutun qeyri-bərabər sıxılması və genişlənməsi nəticəsində mürəkkəb temperatur çatları yaranır. Bu prosesin uzunmüddətli davam etməsi qrunutun parçalanmasına, qəlpələnməsinə, xırdalanmasına, kiçik ölçülü hissəciklərə çevrilməsinə gətirib çıxarır. İlkin halda böyük qaya parçalarına, bloklara parçalanmış və yaxud çatlamış qrunut massivi məsamələrdə, boşluqlarda və çatlarda toplanmış suların donması zamanı da xırdalanmaya məruz qalır. Çünki su donarkən həcmi (9-11%-dək) artırdığından, qrunut boşluqlarında, məsamələrində və çatlarında pazlayıcı təsir yaradaraq qrunutun daha da xırdalanmasına səbəb olur. Eyni ilə həmin təsir suların qrunutları həll etdirərək, tərkibindəki duzları məsamələrdə, boşluqlarda və çatlarda çökdürməsi və həmin duzların kristallaşması zamanı da baş verir.

Qrunutların aşınmaya məruz qalmasında bitkilərin də həm mexaniki, həm də kimyəvi təsiri özünü göstərir. Ümumiyyətlə, fiziki (mexaniki) və kimyəvi aşınma, əksər hallarda, iqlim şəraitindən asılı olaraq eyni zamanda baş verir.

Fiziki aşınmanın intensivliyi, eyni təbii şəraitdə olan qruntlar üçün, qruntların rəngindən, onların mineroloji tərkibindən, struktur və tekstur məxsusiliyindən, istilikkeçirmə və istilik tutumundan, qrunzun və onu təşkil edən mineralların xətti və həcmi genişlənmə əmsalından asılıdır.

Uçqun hadisəsinin formalaşmasında tektonik və neotektonik çatlar çox böyük təsirə malikdir. Dağ yamaclarında yer səthinə çıxmış maqmatik və metamorfik süxurlarda tək-tük çatlar iştirak etdikdə, uçqun hadisəsi daha böyük təhlükə yaradır. Çünki böyük ölçülü qaya parçaları və blokları uçarkən çox böyük dağıdıcı təsir yaradır. Qruntlarda iştirak edən çatlar yamacın əsasına doğru meyl etdikdə uçqun üçün əlverişli şərait formalaşdırır, çatlar yamacın dərinliyinə doğru meyl etdikdə isə uçqun üçün bu şərait ilkin vaxtlar az əlverişli olur.

Çatlılıq səviyyəsinə görə qruntların qiymətləndirilməsi üzrə eyni yanaşma tərzini üçün aşağıdakı təsnifat əsas kimi götürülə bilər və onun əsasında dörd kateqoriyaya malik sahə və yaxud zona ayrılır [2, 3].

1. Kifayət qədər xırdalanmış, çat-çat qruntlar. Çılpaqlanmış qrunz səthinin 1 m hündürlüyündə və yaxud uzunluğunda, orta hesabla 5-8 aydın görünən çatlar (çatların çox sıx olması) müşahidə edilir. Belə sahələrdə uçqun hadisəsi olduqca çox tez-tez müşahidə edilir, həmçinin çınqıllı-xırlı səpilmə təşəkkül tapır.

2. Orta hesabla, qrunz səthinin 1 m uzunluğunda 2-3 aydın görünən çatlar (orta səviyyədə sıx çatlılıq) müşahidə edilən, orta çatlılığa malik qruntlar. Bu ərazidə məxsusi uçqun və tökülmə, tez-tez müşahidə edilir və öz dağıdıcı gücünə görə kifayət qədər təhlükəlidir.

3. Çılpaqlanmış səthinin 2-3 m uzunluğunda 1-2 çat müşahidə edilən zəif çatlı (seyrək çatlı) qruntlar. Bu ərazidə məxsusi uçqun və tökülmə son dərəcə təhlükəlidir.

4. Aydın görünən çatı olmayan (monolit) qruntlar.

Ərazidə məxsusi uçqunun və tökülmənin yaranmasında relyefin kəskin parçalanmış və qruntların çatlamış olmasının və çatların istiqamətinin yamacın əsasına doğru meyl etməsinin təsiri böyükdür.

Məxsusi uçqun və tökülmənin dağıdıcı təsiri hərəkətə gələn qrunz kütləsinin tam enerjisində mütənasibdir. Müəyyən H

hündürlüyündən sərbəst düşən qrunut kütləsinin başlanğıcında tam enerjisi E_t potensial enerjiyə E_p , yəni

$$E_t = E_p = m \cdot g \cdot H \quad (3.117)$$

olur. Burada m qrunutun kütləsi (ton), g -sərbəstdüşmə təcilidir ($g=9,81$ m/san). Qrunut ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında aşağıya doğru hərəkət etdikcə, potensial enerjisi azalaraq sürəti (g) artdığından, kinetik enerjisi ($E_k = \frac{m g^2}{2}$) artır. Başlanğıc sürəti sıfıra bərabər olan qrunutun sürəti

$$g = g \cdot t = \sqrt{2g \cdot H} \quad (3.118)$$

olur. Əgər uçqun hadisəsi zamanı qrunut kütləsinə başlanğıc sürət (g_0) verilərsə (misal olaraq seysmik təkan, titrəyiş və ya daha yuxarıda uçan qrunut kütləsinin təsiri və s.), onda zamanın istənilən (t) anında H hündürlüyündən düşən qrunut kütləsinin sürəti

$$g = g_0 + gt = \sqrt{g_0^2 + 2gH}, \quad (3.119)$$

olar.

Uçqunların yaratdığı təhlükə hərəkət edən qrunut parçasının, blokunun kütləsindən, ölçüsündən, düşmə hündürlüyündən, hərəkət xarakterindən asılıdır. Yollarda aparılan müşahidələr onu göstərir ki, qazma və yarımqazma yamaclarında, 10-12 m hündürlükdən baş verən tökülmə hadisəsi yolun zədələnməsinə səbəb olur.

Yeni və müasir tektonik hərəkətlər uçqun hadisəsinin yaranmasında öz təsirini göstərir. Tektonik hərəkətlərin uçqun hadisəsinə göstərdiyi təsir relyefin parçalanması, çatlılığın artması və seysmik təsirlərin intensivləşməsi ilə özünü büruzə verir. Ona görə də, Alp qırıxıqlığına aid cavan yüksək dağlıq rayonlarda uçqun hadisəsi geniş inkişaf etmişdir.

Çoxlu müşahidə məlumatları əsasında demək olar ki, dikliyi $20 \div 25^\circ$ -dək olan adi relyef səthlərində və qrunut parçalarının formalarında onların hərəkəti müşahidə edilmir. Parçalanmış, xırdalanmış qrunut kütləsi aşınmaya məruz qalaraq uçuş və yamacın bir hissəsində toplanır, böyük ölçülü qrunut parçaları isə uçduğu yerdən diyirlənərək yamacın dabanında toplanır. Yamacda toplanmış qrunut kütləsi növbəti uçqun üçün toplanma sahəsi yaradır. İstər yamacda, istərsə də dağın ətəyində toplanmış uçqun materialları kollüvial çöküntüləri (qrunutları) əmələ gətirir.

Uçqunun yaranmasında həlledici təsirə malik olan amillərdən biri də insanların fəaliyyətidir. Belə ki insanlar yamacları kəsərək, qruntların ayrılma müstəvisini, şistliliyini, çatlılığını və tektonik qırılmalarını nəzərə almadan yolverilən həddən çox dikliyə malik süni yamacları yaradarkən də uçqun hadisəsi üçün əlverişli şərait formalaşdırmış olur. Bundan başqa, uçqun təhlükəsi olan ərazilərdə partlayış işlərinin aparılması, uçquna qarşı yerinə yetirilən tədbirlərin tələbata cavab verməməsi, həmçinin yağış və qar sularının axınının pozulması uçqun üçün əlverişli şərait formalaşdırır.

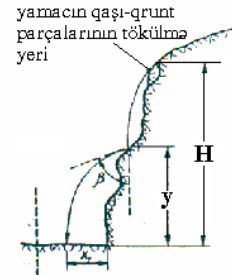
Beləliklə, uçqun hadisəsinin formalaşma şəraitini ümumiləşdirərək, təsir edən əsas amilləri aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

1. Qruntların aşınma sürətini və xarakterini müəyyən edən iqlim amilləri;
2. Relyefin regional və yerli məxsusiliyi;
3. Aşınmış, çatlamış və parçalanmaya məruz qalmış qruntların tərkibi, fiziki vəziyyəti və xassəsi;
4. Relyefin enerjisini və parçalanma səviyyəsini artıran yeni və müasir tektonik hərəkətlər;
5. Yamaclarda periodik olaraq, kütləvi şəkildə qruntların dayanıqlılığını pozan seysmiklik;
6. Uçqun hadisəsinin əmələgəlmə şəraitini və səbəbini kifayət qədər nəzərə almadan insanlar tərəfindən həyata keçirilən mühəndisi və təsərrüfat fəaliyyəti.

Uçma prosesinin mexanizmi. Uçma hadisəsi o zaman baş verir ki, çatlamış, parçalanmış və yaxud hissələrə ayrılmış qrunnt kütləsinə təsir edən sürüşdürücü, parçalayıcı qüvvə qrunnt kütləsinin yerdəyişməsinə qarşı müqavimət qüvvələrindən üstün olur. Təbii-tarazlıq şəraitinin isə pozulması üçün təbii yatım şəraitində qruntların bütövlüyünün, dayanıqlılığının pozulmasına xidmət edən amillər təsir etməlidir. Yuxarıda qeyd edilən həmin amillərin təsiri ilə bütövlüyü pozulmuş, parçalanmış, xırdalanmış qrunnt kütləsi ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında yamacın dabanına havada, həm də yamac boyu diyirlənərək və yaxud həm havada, həm də yamac boyu hərəkət edərək tökülür. Uçan qrunnt kütləsi nə qədər çox hündürlükdən düşərsə, onun dağıdıcı təsiri bir o qədər çox olur. Ərazinin geoloji şəraitindən asılı olaraq tökülmələr yamacın müxtəlif hissələrində yarana bilər, ancaq daha təhlükəlisi

yamacın daha hündür hissəsindən (onun qaşından) baş verəndir. Ona görə də, yamacın qaşından qrunut kütləsinin uçması tökülmə üçün ən kanar uçma həddi (böhran həddi) hesab edilə bilər.

Təbii şəraitdə kəskin dik yamaclar çox az olur və əsasən intruziv süxurların yer səthinə çıxışlarında təsadüf edir. Yamacların dikliyi daha çox 50°-80° aralığında dəyişir və yamac boyu müxtəlif çıxıntılar iştirak edir. Ona görə də, tökülmə zamanı qrunut kütləsi öz hərəkət yolunda yamacın çıxıntılarna toxunaraq hərəkət sürətini və istiqamətini dəyişərək, fərqli trayektoriya ilə yamacın dabanından hər hansı x_t məsafəsində yer səthinə düşür (şəkil 3.39). Həmin x_t məsafəsini təyin etməklə, qazma və yarımqazmalarda yol örtüyünün tökülmə təsirindən qorunması üçün lazım olan qoruyucu (tutucu) zolağın enini təyin etmək olar. Parçalanmış qrunut blokların yamacdan uçaaraq aralanma məsafəsi kütləvi tökülmə zamanı aralanma məsafəsindən çox olur. Tökülmə kütləvi baş verdikdə yamacın dibində eyni məsafədə toplanaraq, qırıntı materiallarının konusu əmələ gəlir. Ona görə də, yamacın dabanında qoruyucu zolağın enini təyin edərkən, tək-tək qaya parçalarının (qrunut hissələrinin) düşməsi ehtimalına əsaslanmaq lazımdır.



Şəkil 3.39. Tökülmə zamanı qrunut hissəciklərinin daha çox təsadüf edən hərəkət trayektoriyasının sxemi.

Y.K.Qreçişev qrunut kütləsinin tökülmə zamanı daha çox müşahidə edilən yerdəyişmə üsuluna görə (şəkil 3.39) qoruyucu zolağın enini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturdan istifadə etməyi təklif etmişdir.

$$X_t = \sin^2 \beta \cdot (H - Y) \cdot \left(\sqrt{\cos^4 \beta + \frac{Y}{H - Y}} - \cos^2 \beta \right). \quad (3.120)$$

(3.120) düsturuna daxil olan Y və β bucağının qiymətini dəyişməklə, tökülmə zamanı düşən qrunut parçasının yamacın dibindən maksimal uzaqlaşmasını (x_t) müəyyən etmək olar. Bu, qrunut kütləsi H hündürlüyündən uçaaraq, $0,63H$ hündürlüyündəki çıxıntıya zərbə endirdikdə və şaquli düz xətdən $\beta=58^\circ$ -li bucaq altında hərəkət etdikdə baş verir və $X_t=0,35H$ olur.

Y.K.Qreçişevin təklif etdiyi (3.120) düsturundan praktiki hesablamalarda istifadə çətinlik törədir. Ona görə də, model

üzərində tökülmənin tədqiqi üzrə aparılmış çoxlu tədqiqatların nəticələrinin statistik işlənilməsi yolu ilə Y.K Qreçişev tərəfindən aşağıdakı hesablama düsturu alınmışdır.

$$X_t = \frac{\alpha + 45}{450} \cdot H. \quad (3.121)$$

Bu düstur yamacın dikliyindən (α bucağından) və hündürlüyündən (H) asılı olaraq qaya parçasının uçuş yolunun uzaqlığını (yamacın qaşından endirilmiş perpendikulyardan maksimal uzaqlaşması) ifadə edir. Bu düstur əsasında yamacın dikliyindən və hündürlüyündən asılı olaraq, yamacın dibində qoruyucu zolağın eni hesablanmış və cədvəl 3.14 tərtib edilmişdir.

Cədvəl 3.14

Müxtəlif dikliyə və hündürlüyə malik yamacların əsasında qoruyucu zolağın zəruri eni (m).

Yamacın dikliyi	Yamacın hündürlüyü (m).				
	12	20	30	40	50
90°	3,5	6,0	12,0	12,0	15,0
80°	3,5	5,5	8,0	11,0	14,0
70°	3,0	5,0	7,5	10,0	13,0
60°	2,5	4,5	7,0	9,0	12,0
50°	2,5	4,0	6,5	8,5	11,0
40°	2,5	4,0	6,0	8,0	10,0

Məxsusi uçuqun zamanı qrunut kütləsi dağlıq hissədə hərəkətə başlayır və yol boyu diyirlənmə, sıçrayışlı, yellənmə hərəkəti etməklə mürəkkəb trayektoriya «cızır». Hərəkət edən qrunut parçasının ölçülərindən, formasından, yamacın dikliyindən və səthinin bitki örtüyündən (çılpaqlanma səviyyəsindən) asılı olaraq onun hərəkət sürəti və uçuş yolunun uzaqlığı, həmçinin yamacın əsasına edəcəyi zərbə təsiri formalaşır.

Ona görə də, dikliyi çox, səthi çılpaq olan (bitki örtüyü olmayan) yamaclarda ölçüsü böyük, səthi hamar olan, yuvarlıq formalı, ayrılıqda hərəkət edən qrunut parçası uçuqdan sonra diyirlənərək daha uzaq məsafəyə düşür. Uçuqun zamanı qrunut kütləsinin hərəkət sürəti əvvəlcə az olsa da, yol boyu müqavimət az olduqda artır. Kütləvi uçuqun zamanı qrunut parçalarının birlikdə hərəkəti zamanı onlar bir-biri ilə toqquşaraq müqaviməti artırır,

həmçinin daha çox xırdalanmaya məruz qalırlar. Onların hərəkətinə qarşı müqavimət səthi qeyri-hamar, forması yastı (təbəqəli), ölçüləri kiçik olan qrunnt parçalarında, yamacın səthi isə bitki ilə örtülmüş oduqda artır. Bu zaman hərəkət edən qrunnt parçasının sürəti azalır və yamacın müəyyən hissəsində həmin qrunnt parçası dayanır. Bu, qrunnt parçasının hərəkətinə qarşı mane yarandıqda uçma anında da baş verir. Çünki başlanğıcda qrunnt parçasının sürəti az olur və cüzi mane də onun dayanmasına səbəb olur.

Ayrılıqda hərəkət edən qrunnt parçasına qarşı müqavimət birlikdə hərəkət edən qrunnt kütləsinə qarşı olan müqavimətdən az olur.

Yamacın bitki örtüyü və kələkötürlüyü də qrunnt parçasının hərəkət sürətinə, onun trayektoriyasına öz təsirini göstərir. Qayavari qrunntlardan təşkil olunmuş, səthi açılmış və çoxlu çıxıntıları olan qeyri-hamar yamacın qrunnt parçasının yellənmə hərəkətinə qarşı müqaviməti böyük olur. Həmin yamacın üzərinə müəyyən hündürlükdən düşən qrunnt parçasına qarşı isə yamac sərt reaksiya göstərərək, əksər hallarda onun hissələrə parçalanmasına səbəb olur. Qrunnt parçasının sürəti isə sıfıra qədər azalır. Çimli və yaxud zəif ot örtüklü yamacların səthi müəyyən qədər düz olduğundan, qrunnt parçalarının yellənmə hərəkətinə az müqavimət göstərir.

Qrunnt parçalarının hərəkət sürətinin dəyişməsinə səbəb olan amillərdən biri də yamacın dikliyidir. Yastı yamaclarda qrunnt parçaları uçqun zamanı asta sürətlə hərəkət edir.

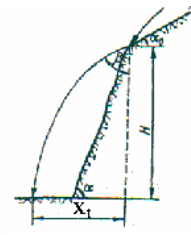
Çoxlu müşahidə məlumatlarına əsasən demək olar ki, hətta 20-25⁰-dək dikliyə malik yamaclarda, adi səthlər üzrə qrunnt parçaları hərəkət etmir. Həmin dikliyə malik yamaclarda qrunnt parçalarının öz hərəkətini davam etdirməsi başlanğıc sürət hesabına ola bilər.

Dikliyi 20-25⁰-dən böyük olan yamaclarda isə uçan qrunnt parçaları əvvəlcə kiçik sürətlə hərəkət etsələr də, sonradan sürətlərini artırır. Yamac səthinin hamar, qrunnt parçalarının isə yuvarlaq olmaması (qeyri-düzgün formalı, kənarları çıxıntılı) səbəbindən yamac boyu qrunnt parçaları sıçrayışlı hərəkət edir, onların sürəti artdıqca, sıçrayış uzunluğu da artır. Hərəkət edən qrunnt parçasının sıçrayış uzunluğu yamacın relyef elementlərinin ölçülərindən çox böyük olduqda, qrunnt parçaları onlara

toxunmadan (onların üstündən sıçrayaraq) keçir. Qrunt parçası yamacın qaşına çatdıqda isə sonuncu sıçrayışı ilə onun dibinə doğru havada hərəkət etməklə sərbəst düşür (şəkil 3.40). Ona görə də, grunt parçasının sonuncu sıçrayışadək yamacla təması yamacın qaşında baş verərsə, o zaman həmin ölçülü (ağırlıqlı), sürətli və formalı grunt parçası uçaraq, yamacın dibi səviyyəsində maksimal uzaqlığa (maksimal uçuş məsafəsinə) düşər.

Ona görə də, qazma və yarımqazmaların layihələndirilməsi zamanı məxsusi uçuşun və tökülmə ilə əlaqədar lazım olan qoruyucu zolağın eni maksimal uçuş məsafəsinə görə təyin edilməlidir.

Beləliklə, tökülmə zamanı grunt parçasının maksimal uçuş məsafəsi əgər əsasən yamacın hündürlüyündən və dikliyindən asılıdırsa, məxsusi uçuş zamanı isə əlavə olaraq yamacın qaşınadək grunt parçasının aldığı hərəkət sürətindən də asılıdır. Çünki tökülmə zamanı grunt parçasının başlanğıc sürəti sıfıra bərabər olsa da, məxsusi uçuş zamanı isə grunt parçası yamacın qaşına çatanadək müəyyən sürət əldə edir və bu sürət, grunt parçasının yamacın qaşından ucması zamanı başlanğıc sürət olur. Yamac şaquli olduqda, məxsusi uçuş zamanı maksimal uçuş məsafəsinin təyini üçün Y.K.Qreçişev aşağıdakı düsturu təklif etmişdir (şəkil 3.40):



Şəkil 3.40. Uçuş zamanı x_t -nin qiymətinin hesablanması üçün sxem.

$$X_t = \frac{g^2 \cdot \sin \beta}{g} \cdot \left(\sqrt{\cos^2 \beta - \frac{2g \cdot H}{g^2}} - \cos \beta \right). \quad (3.122)$$

Yamac maili olduqda isə həmin düstur aşağıdakı şəkllə düşür

$$X_t = \frac{g^2 \cdot \sin \beta}{g} \cdot \left(\sqrt{\cos^2 \beta - \frac{2g \cdot H}{g^2}} - \cos \beta \right) - H \cdot \operatorname{ctg} \alpha. \quad (3.123)$$

Düsturlara daxil olan şərti işarələr aşağıdakı kimidir: X_t -qrunt parçasının maksimal uçuş məsafəsi, m; H -qazma, yarımqazmanın hündürlüyü və yaxud təbii yamacın aşağı hissəsinin hündürlüyü, m; α -yamacın dikliyi, dərəcə; g -sərbəstdüşmə təcili, $g=9,81 \text{ m/san}^2$; β -uçuş bucağı, dərəcə; α_0 -dağlıq yamacın dikliyi, dərəcə; v -dağlıq yamacdan hərəkətə başlayan grunt parçasının sürəti, yəni başlanğıc uçuş sürəti (yamacın aşağı hissəsinin qaşında grunt parçasının sürəti), m/san.

Düsturlara daxil olan kəmiyyətlərdən β -nın qiymətini praktiki hesablamada istifadə üçün Y.K.Qreçişev qrunut parçasının qəti etdiyi maksimal uçuş məsafəsinə uyğun bucağın həddi qiymətinə bərabər götürməyi təklif etmişdir. Yəni $\beta = 90^\circ - \frac{\alpha_0}{2}$ (α_0 -dağlıq yamacın dikliyi) götürülməsini təklif etmişdir. Bu məsələ hələ kifayət qədər öz həllini tapmamışdır. Ona görə də, təklif edilən yanaşmadan istifadə etmək olar.

Məxsusi uçuqun zamanı qrunut parçasının başlanğıc sürətini (yəni yamacın qaşına çatan anda malik olduğu sürəti) təyin etmək çətinlik törətdiyindən, maksimal uçuş məsafəsini hesablamaq üçün sürətin hesablama yolu ilə təyin edilmiş qiymətindən istifadə etmək olar. Qrunut parçasının yamac üzrə hərəkət sürətini təyin etmək üçün aşağıdakı yanaşma üsulundan istifadə edilmişdir.

Qrunut parçası yamac boyu hərəkət edərkən müəyyən müqavimətə rast gəlir. Həmin müqavimət isə yamacın dikliyindən və xarakterindən, qrunut parçasının ölçüsündən və formasından asılıdır. Ona görə də, yamac boyu hərəkət edən qrunut parçasının yamacın qaşına çatdığı an malik olduğu sürət, həmin qrunut parçasının uçduğu hündürlüklə yamacın qaşının hündürlüyü fərqi bərabər bir hündürlükdən sərbəstdüşməsi zamanı malik ola biləcəyi sürətdən kiçik olacaqdır. Yəni əgər yamacın qaşısı ilə qrunut parçasının uçma nöqtəsinin hündürlükləri fərqi H -a bərabədirsə, onda H hündürlüyündən sərbəst düşən qrunut parçasının sonuncu ana uyğun sürəti yamac boyu hərəkət edərək onun qaşına çatdığı vaxt həmin qrunut parçasının ala biləcəyi sürətdən böyük olacaqdır. Bununla əlaqədar olaraq «Nəzəri mexanika» kursundan məlum olan, müəyyən H hündürlüyündən sərbəst düşən cismin düşmə müddəti və sürəti düsturlarından müəyyən düzəliş edilməklə istifadə edilmişdir, yəni qrunut parçasının yamac boyu hərəkət sürətinin hesablanan qiyməti (v) üçün

$$v = \frac{\sqrt{2g \cdot H}}{K} \quad (3.124)$$

düsturu əsas kimi götürülmüşdür. Burada K -yamacın qrunut parçasının hərəkətinə müqavimət əmsalı və yaxud qrunut parçasının yamac boyu hərəkətinə sərf olunan zaman müddətinin

onun həmin hündürlükdən sərbəst düşməsinə sərf olunan nəzəri zaman müddətinə nisbətidir.

Bu əmsalın təcrübi olaraq təyini üçün uçqun sahəsində xüsusi təcrübə aparılmış, süni olaraq qrunut parçasının uçqunu yaradılaraq üstü açılmış (səthi çılpaq) qaya səthinə malik və çimlə örtülmüş yamaclarda seçilmiş ölçmə məntəqələrindən həmin qrunut parçasının keçmə müddətləri ölçülmüşdür. Hər bir əvvəlki məntəqənin ölçü aparılan məntəqədən nisbi hündürlüyünə görə, qrunut parçasının ölçü aparılan məntəqə üçün sərbəstdüşmə müddəti

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (3.125)$$

düsturu ilə hesablanmışdır. Hər bir məntəqədə təyin edilmiş zaman müddəti müvafiq nəzəri zaman müddətinə bölünərək K-nın orta minimal qiyməti hesablanmışdır. Çimli yamaclar üçün qrunut parçasının hərəkətinə müqavimət əmsalının orta minimal qiyməti K=2,75, qayavari yamaclar üçün K=4,25 olmuşdur. Həmin nəticələr çimli yamaclarda 18 təcrübə, 82 müşahidə, qayavari yamaclarda isə 22 təcrübə, 87 müşahidə əsasında alınmışdır.

Bu qayda ilə analogi olaraq istənilən uçma sahəsində qrunut parçasının hərəkətinə qarşı yamacın müqavimət əmsalı təyin edilə bilər. Əgər məxsusi uçqunun uçma nöqtəsindən yamacın qaşınadək və yaxud aşağı dik hissəsində yamacın dikliyi dəyişirsə, o zaman qrunut parçasının hesablanan sürətinin (uçqunun daha ehtimallı yolu) təyini üçün yamac eynicinsli hissələrə bölünməli və hər bir hissədə K təyin edilməlidir. Yamacın dikliyi azalaraq yastılaşıdıqca qrunut parçasının sürəti getdikcə azalır. Yastı yamacdan daha dik yamaca keçərək hərəkət edən qrunut parçasının sürəti isə artır və yamacın əlavə müqavimətinə rast gəlir.

Dikliyi dəyişən yamaclarda müqavimət əmsalı və qrunut parçasının sürəti aşağıdakı kimi təyin edilməlidir. Yamac eynicinsli hissələrə (elementlərə) bölünərək yuxarıda verilmiş qayda ilə müqavimət əmsalı təyin edilir və hərəkət sürəti hesablanır. Əvvəlcə yamacın I elementində qrunut parçasının sürəti təyin edilir.

Yamacın şərti bölünmüş birinci elementindən ikinci elementinə keçərkən dik relyef forması yastı relyeflə əvəz olunarsa, qrunut parçasının hərəkət sürəti yavaşlayacaqdır. Həmin elementdə (hissədə) qrunut parçasının hərəkət sürətinin qiymətini hesablamaq

üçün I elementdəki hərəkət sürətinin qiymətini yamacın I və II hissəsinin yatım bucaqları fərqlinin kosinusuna vurmaq lazımdır. Sürətin alınmış qiyməti yamacın I hissəsindən II hissəsinə keçid sürəti olacaqdır.

Əgər yamacın I elementi (hissəsi) yastı olarsa və dik elementlə (II hissəyə) əvəz olunarsa, o zaman qrunut parçasının sürəti azalmayacaqdır, əksinə artacaqdır. Ona görə də, yamacın I elementindən (hissəsindən) II elementinə keçərkən qrunut parçasının hesablanmış sürəti II elementin müqavimət əmsalına bölünərək, II elementdəki artan sürətin üzərinə əlavə edilir.

Yamac boyu fərqləndirilmiş eynicinsli elementlərin hər birində yuxarıda verilən qayda üzrə qrunut parçasının yamac boyu sürəti hesablanır və bir elementdən digərinə keçidin xarakteri nəzərə alınır. Yamacın qaşınadək bu əməliyyat davam etdirilir. Yamacın qaşında qrunut parçasının hesablanan sürəti məlum olduğdan sonra, maksimal uçuş məsafəsi hesablanır və yolun qazma və yarımqazma yatağının qoruyucu zolağının eni müəyyən olunur.

Uçqun hadisəsinin proqnozu və mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi. Müxtəlif qurğu və obyektlərin uçqun ehtimalı olan ərazilərdə yerləşdirilməsi zamanı ilkin olaraq, həmin hadisənin baş vermə imkanı proqnozlaşdırılmalı, insanların, layihələndirilən qurğu və obyektlərin təhlükəsizliyinin təmini üçün müvafiq mübarizə və müdafiə tədbirləri hazırlanmalıdır. Uçqun hadisəsinin proqnozlaşdırılması və müvafiq mühəndisi-geoloji qiymətləndirmənin aparılması insanların geoloji mühitdə yerinə yetirdiyi mühəndisi fəaliyyətin xüsusiyyətlərinə uyğun olmalıdır. Burada iki məsələ öyrənilməlidir:

1. Yamacda qrunut kütləsinin tarazlığının pozulması səbəbindən məxsusi uçqun və tökülmənin yaranma imkanı;

2. Obyekt, qurğu və yaxud əraziyə görə məxsusi uçqun və tökülmənin təsir zonasının yerləşmə vəziyyəti, başqa sözlə desək, insanların, onların fəaliyyətinin mövcud olan və yaxud layihələndirilən qurğuların, obyektlərin, yol yatağının və s. qrunut kütləsinin məxsusi uçqununun və tökülməsinin təsirinə məruz qalma səviyyəsi.

Uçqun hadisələrinin (məxsusi uçqun, tökülmə, səpilmə) yaranma imkanının qiymətləndirilməsi üçün qrunut kütləsinin dayanıqlılığına təsir edən amillər kompleks şəkildə öyrənilməlidir.

Yamacların morfolojiyası və morfometriyası, qruntların tərkibi, yatım şəraiti, aşınma səviyyəsi və çatlılığı uçqun hadisəsinin yaranmasında xüsusi ilə böyük təsir göstərir.

Ərazidə uçqun hadisələrinin yaranma və inkişaf etmə səviyyəsinin öyrənilməsi, proqnozlaşdırılması aparılan planlı və perspektiv tədqiqat işləri ilə, fotoplanalmalarla, sputnik vasitəsi ilə müşahidələrin aparılması, ərazinin şəklinin çəkilməsi, xəritəsinin tərtibi və müqayisə işlərinin, yerüstü müşahidələrin (əgər həmin ərazilərə yaxınlaşmaq mümkündürsə) aparılması ilə mümkünləşir. Bu istiqamətdə aparılan işlər keyfiyyət xarakterli məlumatların toplanılmasından, uçqun gözlənilən ərazilərin təsvirindən, müvafiq hadisələrin baş vermə ehtimalının qiymətləndirilməsindən ibarət olur. Keyfiyyət xarakterli qiymətləndirmələr bəzən lazımı fayda vermir və etibarlılıq səviyyəsi aşağı olur. Yəni kəmiyyət xarakterli qiymətləndirmələrin aparılması vacib olur.

Uçqun hadisələrinin kəmiyyət xarakterli qiymətləndirilmələrindən biri onların təsir zonasının mümkün qiymətidir. Bu qiymət qrunut parçasının yamacın qaşından maksimal uçuş məsafəsinə (X_t) görə təyin edilə bilər.

Uçqunların yol yatağına təhlükə yaratmasının qiymətləndirilməsi üçün V.D.Lomtadze (1949) tərəfindən uçqunların təhlükəlilik əmsalından istifadə edilməsi təklif olunmuşdur. Uçqunların təhlükəlilik əmsalı (K_t)

$$K_t = \frac{X_f}{X_t}, \quad (3.126)$$

düsturu ilə təyin olunur. Burada X_f -yamacın əsasında faktiki mövcud olan və yaxud layihələndirilən tutucu (mühafizə) meydançanın enidir (m). Əgər təhlükəlilik əmsalı birdən kiçikdirsə, onda məxsusi uçqun və tökülmə zamanı qrunut parçalarının yol yatağına düşməsi hökmən baş verəcəkdir. $K_t > 1$ olduqda isə yol yatağına qrunut parçasının uçması az ehtimallıdır.

Təhlükəlilik əmsalından istifadə edərək V.D.Lomtadze uçqun hadisələrinə görə əraziləri **xüsusi təhlükəli, təhlükəli, az təhlükəli** və **təhlükəsiz** sahələr kimi fərqləndirməyi təklif etmişdir.

Həmin təsnifata görə xüsusi təhlükəli sahələrə yalçın qayaların və çılpaq, səthi açılmış yamacların nadir halda çatlılıq müşahidə edilən qrunutlarının təsadüf etdiyi hissələri aiddir. Həmin hissələrdə daha iri uçqunların baş verməsi mümkündür və uçan çox böyük ölçülü qrunut parçalarının yol yatağına düşməsi, obyekt,

qurğu və insanlar üçün təhlükə yaratması gözlənilən hadisədir. Bu sahələr üçün təhlükəlilik əmsalı birdən kiçik olmalıdır. Uçqunların baş verməsi qəzalara, nəqliyyat yollarının bağlanmasına səbəb olur.

Təhlükəli sahələrə yer səthinə çıxışları orta səviyyədə çatlılığa malik olan qruntların təşəkkül tapdığı dağ yamacları, qayalıqlar aid edilə bilər. Bu sahələrdə çox da böyük olmayan ölçüyə malik uçqunların baş verməsi, yol yatağına uçması ehtimalı yüksəkdir. Təhlükəlilik əmsalı bu sahələr üçün birə bərabər olmalıdır və uçqunların baş verməsi nəqliyyat yollarının dağılmasına, hərəkətin kəsilməsinə səbəb ola bilər.

Az təhlükəli sahələrə dağlıq və səthi açılmış yamacların qruntlarının çox çatlı olduğu sahələr aiddir. Həmin sahələr üçün kiçik ölçülü qrunnt parçalarının uçması (səpilmə) xarakterikdir və həmin qrunnt parçalarının yol yatağına düşməsi az ehtimallıdır. Bu sahələr üçün təhlükəlilik əmsalı $K_t > 1,5$ olmalıdır.

Təhlükəsiz sahələrə hüdudlarında uçqun hadisələrinin baş verməsi az ehtimalı olan və yaxud baş verərsə belə, qiymətləndirmə aparılan sahəyə və tikintiyə təsir göstərməsi mümkün olmayan sahələr aiddir. Dağlıq yamacın yastı və yaxud yamacın əsasında meydançanın kifayət qədər enli olması səbəbindən qrunnt parçalarının yol yatağında təhlükə yaratması mümkün olmur. Təhlükəlilik əmsalı bu sahə üçün birdən çox böyük olmalıdır.

Beləliklə, təhlükəlilik əmsalının təyini ilə uçqun hadisələrinin müxtəlif təyinatlı xətti formalı qurğu və obyektlər üçün təhlükə yaratma səviyyəsini qiymətləndirmək, ərazidə müvafiq rayonlaşdırma aparmaq, məlumat mənbəyi kimi istifadə etməklə mübarizə və müdafiə tədbirlərini işləyib hazırlamaq mümkündür.

Uçquna qarşı tədbirlər. Uçquna qarşı tədbirlər profilaktiki işlərdən və uçqunlara qarşı xüsusi tikintilərin quraşdırılmasından ibarətdir. Profilaktiki işlər uçqun hadisələrinin əmələ gəlməsi və yaxud yarada biləcəyi fəsadlar barədə əvvəlcədən xəbərdarlığın verilməsindən ibarətdir. Bunların tərkibinə aşağıdakı işlər aiddir:

1. *Dağlıq yamaclarda və səthi açılmış qayavari qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda təhlükəli, dayanıqsız sahələrin, qrunnt bloklarının və parçalarının təyin edilməsi məqsədi ilə uçqun sahələrinin periodik olaraq (müəyyən edilmiş qrafik üzrə) tədqiqi.* Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar əsasında təhlükəli qrunnt

parçaları və blokları nişanlanır, qeydə alınır, onların cədvəlləri və xəritəsi tərtib edilir.

2. *Uçqun sahələrində mühafizənin (yol gözətçisinin) təşkili.* Burada məqsəd baş verən hər hansı uçqun hadisəsi haqqında məlumatı müvafiq xidməti qurumlara (misal olaraq, yol dispetçer xidmətinə) çatdırmaqdan və uçqunun nəticələrini aradan qaldırmaqdan ibarətdir. Uçqun sahələrinin mühafizəsinə müvafiq hissələrdə nəqliyyatın hərəkətinin tənzimlənməsi qaydalarını və digər müvafiq işləri yerinə yetirmək də aiddir.

3. *Qəzanın baş verməsi haqda xəbərdarlıq üçün məxsusi uçqun və tökülmələrdə avtomatik signalizasiyanın (ışıq, səs və s.) təşkili.*

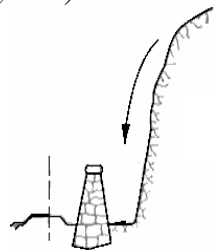
4. *Qayalara dırmaşan idmançılar qrupunun köməyi ilə təhlükəli ərazilərdə dayanıqsız grunt bloklarının kəsilib götürülməsi və həmin grunt parçalarından uçqun sahəsinin tənzimlənməsi.*

5. *Uçquna qarşı müdafiə qurğularının təmiri və normal işi üzərində müşahidələrin aparılması.*

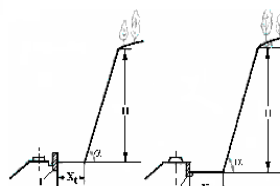
Uçqunlara qarşı xüsusi müdafiə tikintilərinə aşağıdakılar aiddirlər:

1. *Qazma və yarımqazma yamaclarının əsaslarında tutucu (qoruyucu) meydançalar (şəkil 3.41).*

2. *Qazma və yarımqazma yamaclarının əsaslarında tutucu (qoruyucu) divarlar (şəkil 3.42).*

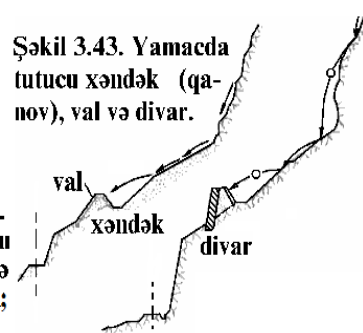


Şəkil 3.41. Qazma və yarımqazma yamacının əsaslarında tutucu divar.



Şəkil 3.42. Qazma və yarımqazma yamaclarının tutucu divarları (N.M.Roynişviliyə görə). 1-məhdudlaşdırıcı; 2-bordlu (haşiyə yaradıcı).

Şəkil 3.43. Yamacda tutucu xəndək (qanov), val və divar.

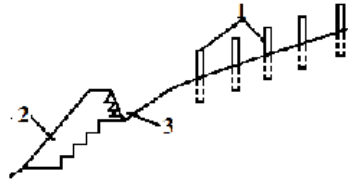


3. *Dağlıq yamacda tutucu (qoruyucu) xəndək (qanov), divar və vallar (şəkil 3.43).*

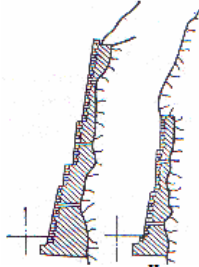
4. *Uçqun zamanı grunt parçalarının tutulması və hərəkət sürətinin azaldılması üçün dağlıq yamacda şahmat qaydasında yerləşdirilmiş dirəklər (şəkil 3.44).*

5. *Çılpaqlaşmış dağ yamaclarında və yamaclarda qruntların aşınmasına qarşı üzlük divarları (şəkil 3.45).*

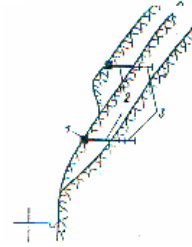
6. *Dayanıqsız qrun्त bloklarının metallik oxlu ankerlərlə, boru və trosarla bərkidilməsi (şəkil 3.46).*



Şəkil 3.44. Yamaclarda tutucu qanov və vallı, şahmatvari basdırılmış dirəklər.



Şəkil 3.45. Üzlük divarları.



Şəkil 3.46. Dayanıqsız qrun्त bloklarının ankerlərlə bərkidilməsi. 1-anker başlığı; 2-anker; 3-ankerin bərkidicisi.

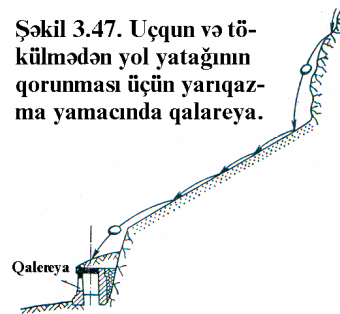
7. *Uçqun və tökülmədən yol yatağının qorunması üçün qazma və yarımqazma yamaclarında qalereya (şəkil 3.47).*

8. *Yamaclarda və qayavari qrun्तların yer səthinə çıxışlarında onların monolitliliyinin və dayanıqlılığının təmini üçün çatların sementlənməsi.*

9. *Uçqun sahəsindən kənar yeni trassa və yaxud tüneldən istifadə.*

Uçqun hadisələrinə qarşı yerinə yetirilən tədbirlər əsasən yuxarıda qeyd edilənlərdir. Ancaq həmin tədbirlərdən əksəriyyəti çoxlu vəsait tələb edən tədbirlərdir. Daha effektiv tədbir isə kompleks tədbirlərdir. Yəni uçquna qarşı passiv mübarizə tədbirləri ilə bərabər, onu yaradan amillərin aradan qaldırılması istiqamətində tədbirlər yerinə yetirilməlidir. Bunun üçün isə uçqun hadisəsi hərtərəfli tədqiq edilməlidir.

Şəkil 3.47. Uçqun və tökülmədən yol yatağının qorunması üçün yarıqazma yamacında qalereya.



ƏDƏBİYYAT

1. Инженерно-геологическое изучение обвалов и других гравитационных явлений на горных склонах. М.: Изд-во МГУ, 1969. 189 с.
2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра», 1977. 479 с.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: «Недра», 1984. 511 с.
4. Ломтадзе В.Д. Об инженерно-геологической оценке угрожаемости обвальных явлений.- «Зап. ЛГИ», 1949, т.23, с. 137-151.
5. Ломтадзе В.Д. Закономерности развития гравитационных процессов и их прогноз. - «Докл. сов. геологов на междунар. геол. конгр. XXV сессия». М.: 1976, с. 225-234.
6. Ройнишвили Н.М. Противообвальные сооружения на железных дорогах. М.: Трансжелдориздат, 1960. 228 с.
7. Солоненко В.П., Пальшин Г.Б., Гречищев Е.К. Обвалы на Байкале. – «Труды Иркут. гос. ун-та», 1951, т. 5, вып. 2. 103 с.
8. Справочник инженерной геологии. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. Чуринова М.В.- М: «Недра», 1981, 325 с.

3.1.7. EROZİYA VƏ YARĞANLAŞMA

3.1.7.1. EROZİYA

Yer səthinin relyefinin formalaşmasında yerüstü suların təsiri ilə qruntların yuyularaq başqa yerlərə daşınması prosesinin rolu böyükdür. Bu proses **eroziya (latın sözü olub, erodo-yuyub aparıram, parçalayıram, yeyirəm deməkdir)** prosesi adlanır. Eroziya prosesi daimi və müvəqqəti (əsasən atmosfer yağıntıları, suvarma suları və s. hesabına yaranan) su axınlarının təsiri ilə baş verir. Daimi su axınlarının təsiri ilə yaranan eroziya prosesinə çay vadilərində gedən eroziya prosesi aiddir.

Çay vadiləri insanların daha çox məskunlaşdığı ərazilərdən biri olduğundan, istər orada gedən təbii-geoloji proseslər, istərsə də insanların müxtəlif təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri ilə intensivləşən proseslər öyrənilməli, onların inkişaf istiqaməti proq-

nozlaşdırılmalı, insanların, yaşayış massivlərinin, sənaye obyektlərinin və sairənin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məqsədi ilə çay vadilərində baş verən geodinamiki proses və hadisələrin tənzimlənməsi üzrə tədbirlər işlənib hazırlanmalıdır.

Son zamanlar insanların təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq çay vadilərinə qeyri-düzgün müdaxilə güclənmişdir. Azərbaycan Respublikasının əsas çay vadilərində fəaliyyət göstərən, əksər hallarda isə müvafiq texniki normativlərə əməl etməyən 247 qum-çınqıl karxanaları mövcuddur ki, onların təsiri ilə çaylarda uzun tarixi-geoloji zaman ərzində formalaşmış məcra prosesləri pozulmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq, çayların yuyucu, dağıdıcı, çökdürücü və s. fəaliyyəti də dəyişmişdir. Nəticədə çaylarda quraşdırılmış hidrotexniki tikintilər, qurğular, çay vadisindən keçən digər qurğu, tikinti, kommunikasiya xətləri də dağılma təsirinə məruz qalmaqdadır.

Müstəqil Dövlətlər Birliyi (MDB) məkanında 2 900 000 çay mövcuddur ki, onun da 8359-u Azərbaycan Respublikasının ərazisindən axır. Həmin çayların da 7861-nin uzunluğu 10 km-dən az, 327-sinin uzunluğu isə 25 km-dən az olan kiçik çaylardır. Uzunluğu 100 km-dən çox olan çayların sayı isə 21-dir. Azərbaycan ərazisindən axan çayların əksəriyyətinə texnogen amillərin təsiri çox güclüdür. İnsanların təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri ilə təbii şərait təkcə çay vadilərində dəyişməmişdir, həmçinin çayın hövzəsində (suyıqıcı hissəsində) də dəyişiklik baş vermişdir. Bu dəyişiklik çay məcrasında, vadi yamaclarında müxtəlif hadisələrin baş verməsi ilə öz təsirini göstərir.

Çay vadilərinin quruluşu. Çay vadiləri **eroziya, yumşaq çöküntülərin nəql olunması və akkumulyasiyası** (su ilə nəql olunan çöküntülərin çökdürülərək toplanması) proseslərinin təsiri altında formalaşır. Bu proseslər çay vadisinin formalaşma mərhələlərinin hər birində, zamandan asılı olaraq, vadinin müxtəlif sahələrində fərqli baş verir. Bununla əlaqədar olaraq, çay vadisinin eninə və uzununa profili formalaşır. Ona görə də, çay vadisinin quruluşunun əsas xüsusiyyətləri həmin proseslərin bir-birinə nəzərən intensivliyindən asılıdır.

Çay vadilərinin formalaşma şəraiti ümumi geologiya və geomorfologiya kurslarında ətraflı şəkildə təsvir edilir. Onların formalaşma şəraitinin öyrənilməsi, mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi, baş verən dəyişikliyin proqnozlaşdırılması,

müvafiq mübarizə tədbirlərinin işlənilib hazırlanması üçün çay vadilərinin formalaşma şəraitinə və əsas inkişaf qanunauyğunluqlarına aid geologiya və geomorfologiya kurslarından məlum olan bəzi məlumatlara diqqət yetirək.

Çayların başlanğıcı onların **mənbəyi**, töküldüyü hissəsi isə **mənsəbi** adlanır. Çay öz axını boyu məcrasında daim gah yuyucu, gah da çökdürücü fəaliyyət göstərərək onu dəyişikliyə məruz qoyur. Eroziya, çayın mənbəyi ilə mənsəbi arasında olan nisbi hündürlüyün axın boyu dəyişməsindən asılı olaraq müxtəlif hissələrdə müxtəlif olur. Çayın mənsəbi müxtəlif su obyektini (dəniz, göl, sututar və s.) olduqda həmin hissədə su səviyyəsi **baş eroziya bazisi** adlanır. Çaylar okeanlara, dənizlərə, göllərə və sair su obyektlərinə töküldüyündən, **baş** və yaxud **aşağı eroziya bazisi** kimi onlarda formalaşan su səviyyəsi götürülür. Çayın qolları üçün eroziya bazisi onların çaya qovuşma hissəsindəki su səviyyəsidir və həmin qollar üçün **aşağı eroziya bazisi** adlanır. Çayın axını üzrə aşağı hissələrində mütləq hündürlüyü dəyişməyən nöqtələr onun yuxarı hissələri üçün **yerli eroziya bazisi** adlanır. Həmin nöqtələrdə də eroziya prosesi sönür və çöküntü toplanma baş verir. *Yəni eroziya bazisi kimi elə bir mütləq hündürlüklü səviyyə götürülür ki, həmin səviyyəyə çatdıqda suyun yuyucu (eroziya) təsiri sönür.* Çayın yuyucu fəaliyyətinin intensivləşməsində eroziya bazisinin dəyişməsi böyük rol oynayır. Belə ki o, aşağı düşdükdə eroziya prosesi güclənir, yuxarı qalxdıqda isə akkumulyasiya prosesi baş verir.

Çay vadilərinin formalaşması zamanı dib və yan eroziyası əsas rol oynayır. Dib eroziyası zamanı çayda su axını dərinlik boyu, yan eroziyası zamanı isə məcranın eninə kəsiyi üzrə yuyucu təsir göstərir. Neotektonik proseslərin təsiri ilə məcra dibinin qalxması zamanı yan eroziyası dib eroziyası ilə əvəz olunur. Dib eroziyasının uzunmüddətli təsiri ilə dayanıqlı məcra profili formalaşır. Tektonik hərəkətlərin təsir istiqamətinin hər dəfə dəyişməsi məcra profilində müvafiq dəyişikliyin baş verməsinə səbəb olur. Məsələn, çay məcrasının uzunmüddətli tektonik proseslərin təsiri altında tədrici qalxması zamanı ensiz, dərin çay dərələri, kanonlar (ensiz, çox dərin dərələr) formalaşır. Əgər axın boyu çay məcrasının hər hansı hissəsində tektonik proseslərin təsiri ilə məcra dibində qalxma hadisəsi baş verərsə, bu zaman çayın axın istiqamətində müvafiq dəyişiklik yaranar.

Uzun tarixi-geoloji müddət ərzində çay məcrasının dibinin müvazinət profili formalaşır. *Məcranın müvazinət profili dedikdə, tarazlıq vəziyyəti yaranmış məcra dibinin şaquli müstəvi üzrə uzununa profili nəzərdə tutulur.* Məcranın müvazinət profili çayın mənbəyinə yaxın daha dik olur, eroziya bazisinə yaxınlaşdıqca isə yatıqlaşaraq, üfüqi vəziyyət alır.

Çay məcrasının normal profilinin formalaşması məcranın bir hissəsində yuyulma, digər hissəsində (aşağı axarlarda) isə yuyularaq su ilə daşınan qrunnt hissəciklərinin çökdürülməsi şəklində baş verir. Çayın uzununa normal profili üzrə əsasən **3 sahə** ayrıla bilər (şəkil 3.48).

Birinci (yuxarı hissə) sahədə əsasən dib eroziyası, ikinci hissəsində yan eroziyası (sahilin yuyulması, məcranın eninə genişlənməsi) və qrunnt hissəciklərinin su ilə nəql olunması müşahidə olunur. Uzununa profilin üçüncü hissəsində isə su ilə nəql olunan hissəciklərin çökdürülməsi baş verir. Çayın bu hissəsində fəaliyyəti onun deltasının dəyişməsi ilə səciyyələnir. Bu dəyişiklik çayın deltasının sahəsinin daha çox genişlənməsi ilə müşahidə edilir. Ancaq səlis səthə malik olan profil (normal profil) yalnız sxem üzərində ola bilər. Çay məcrasına nəzər saldıqda görmək olar ki, onun dib profilinin müəyyən bir hissəsi yatıq, digər hissəsi isə dik quruluşa malikdir. Məcra dibinin uzununa profilinin yatıqlaşması (üfüqi vəziyyətə yaxın) adətən onun müvafiq hissələrində aşağıdakı şərait mövcud olduqda baş verir:

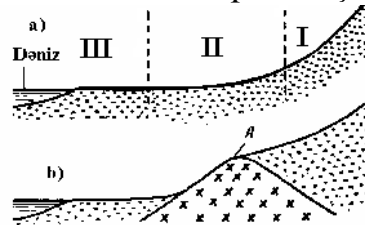
1. Çayın aşağı axarlarında vadinin qruntları yuxarı axarlardakı qruntlara nisbətən asan yuyulan və su ilə daşınan olduqda;

2. Yeni tektonik hərəkətlərin təsiri ilə məcra dibi endikdə;

3. Çayın eroziya bazisində transqressiya baş verdikdə;

4. Dağlıq hissədən düzənliyə keçdikdə, aşağı axarlarda uçqun, sel və sürüşmə təsirindən axının sürətinin kəskin azalması səbəbindən su ilə nəql olunan qrunnt hissəcikləri intensiv çökdürüldükdə;

5. Çayın axını boyu müxtəlif hissələrində astanalar, karst ərazilərində çökəkliklər, enmələr və s. olduqda.



Şəkil 3.48. Çayın uzununa profili: a-normal; b-A astanalı (yerli eroziya bazisli) eninə terras; I, II və III-müvafiq olaraq məcra dibinin yuyulması, çöküntülərin daşınması və çökdürülməsi zonaları.

Çay məcrası dibinin uzununa profilində dikliyin artması aşağıdakı sahələrdə müşahidə olunur:

1. Çətin yuyulan, möhkəm ana süxurlardan təşkil olunmuş sahələrdə;

2. Yeni tektoniki hərəkətlərlə qalxma baş vermiş sahələrdə;

3. Sel gətirmələri, uçqunlarla, sürüşmələrlə və s. çay məcrası dolduqda.

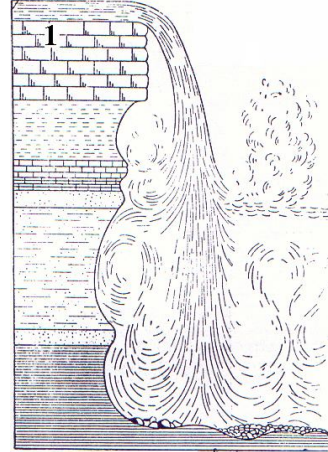
Çay məcralarında məcra dibi yatıq olduğu sahədə dib eroziyası yan eroziya ilə əvəz olunur, məcranın eninə genişlənməsi müşahidə edilir.

Bəzi çayların uzununa profili astanalarla, şlalələrlə müəyyən hissələrdə qırılaraq səlis olmur. Şlalə və astanalar çay vadisinin eninə terrası kimi qəbul oluna bilər (şəkil 3.49). Onlar, çay vadiləri daha möhkəm qruntların yer səthinə çıxışlarını kəsəndə yaranırlar.

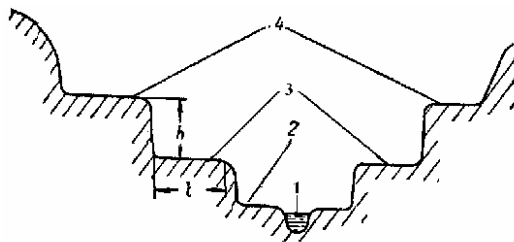
Çay vadisinin eninə kəsilişi üzrə horizontal və yaxud horizontala yaxın yatımlı meydançalara rast gəlinir və axın istiqamətində uzanır. Həmin meydançalar **eninə terras** (terras latınca terra-yer deməkdir) və yaxud sadəcə olaraq **terras** adlanır. Çay vadisinin eninə kəsilişi üzrə hər iki sahilində terras olduqda və sahillər bir-birindən fərqlənmədikdə, vadinin simmetrik quruluşu yaranır və belə vadi **simmetrik vadi** adlanır (şəkil 3.50).

Əgər çayın bir sahilində terras olmadıqda və yaxud bir sahildəki terrasın eni əks sahildəki terrasın enindən kəskin fərqləndikdə, belə quruluşa malik olan vadi **asimmetrik vadi** adlanır.

Ən aşağıda yerləşən və daşqın zamanı suyun altında qalan müasir terraslar **çaybasar** adlanır. Çaybasardan yuxarıda yerləşən terraslar aşağıdan yuxarıya doğru nömrələnir. Düzənlikdən axan



Şəkil 3.49. Niaqara şlaləsi (A.Xolmsa görə). 1-çay məcrası dolomit üzərində yerləşir (aşağıya doğru az möhkəm şistlər, qumdaşlar və əhəngdaşlar).



Şəkil 3.50. Simmetrik çay vadisinin eninə kəsilişi. 1-müasir məcra; 2-çaybasar; 3 və 4-I və II çaybasarüstü terras; h və l-müvafiq olaraq terrasın hündürlüyü və eni.

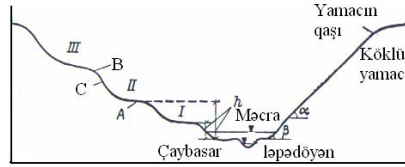
çaylarda 4-6 terras, dağ çaylarında isə bundan çox terras ola bilər. Üst terrasdan yuxarı vadinin əsas (köklü) yamacı yerləşir (şəkil 3.51).

Çay terraslarını səciyyələndirmək üçün onların hündürlüyü (h) və eni (l) əsas xarakteristika kimi götürülür (şəkil 3.51). Terrasın hündürlüyü bir neçə on santimetrdən bir neçə on metrlərədək dəyişir. Terrasın hündürlüyü çayın mənbəyində az olur, mənsəbinə doğru isə artır, eni isə sıfırdan on kilometrərədək dəyişə bilər.

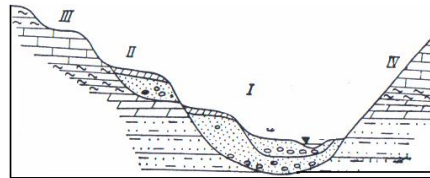
Dağ çayları vadilərinin uzununa terrasları adətən ana süxurlardan təşkil olunur və onların üzərində allüvial mənşəli (çayların fəaliyyəti ilə çökdürülmüş çöküntülər) müxtəlif çöküntülərə (çınqıl, çaqıl, qum və s.) az da olsa rast gəlinir. Əsasən ana süxurlardan təşkil olunmuş və allüvial çöküntülərin qalınlığı az olan terraslar **yuyulma (erozion) terrasları** adlanır.

Düzənlikdən axan çayların terraslarında allüvial çöküntülərin qalınlığı çox olur və bu terraslar **akkumulyativ** terraslar adlanır (şəkil 3.52). Allüvial çöküntülərdən təşkil olunmuş uzununa terrasların yaranmasında çayın həm eroziya, həm də akkumulyasiya (su ilə nəql olunan qrunut hissəciklərinin çökdürülərək toplanması) təsiri böyük rol oynayır. Akkumulyativ terraslar formalaşma şəraitinə və quruluşuna görə iki növə **bir-birinin içərisinə yığılmış (bir-birinə söykədilmiş)** və **bir-birinin üstünə yığılmış** terraslara ayrılırlar.

Bir-birinə söykədilmiş terrasların yaranma mexanizmi eroziya və akkumulyasiya proseslərinin periodik olaraq bir-birini aşağıdakı şəkildə əvəz etməsindən ibarətdir. Eroziya nəticəsində yaranmış dərin, enli çay vadisində akkumulyasiya prosesi baş verdikdə, yəni eroziya akkumulyasiya ilə əvəz olunduqda, vadi allüvial qatla dolur (şəkil 3.53). Şəkil 3.53– də təsvir olunan

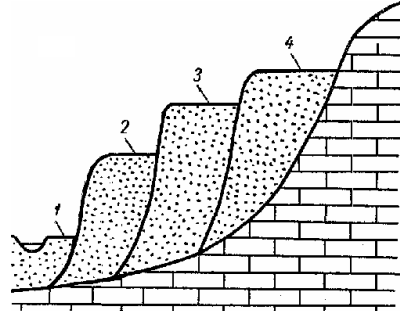


Şəkil 3.51. Çay vadisinin eninə profili. I, II və III-çaybasarüstü terraslar; terrasların elementləri: A-səthi; B-qaşı; C-çıxıntısı; h -hündürlüyü; α -ana süxurların təbii yamaclıq bucağı; β -ləpədən qrunutların təbii yamaclıq bucağı.



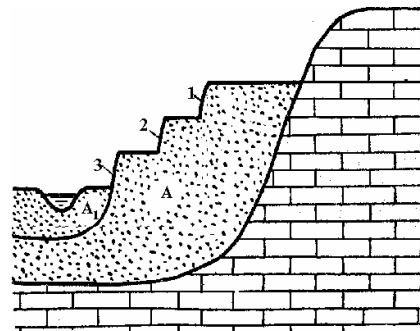
Şəkil 3.52. Çay vadilərinin terrasları. I-akkumulyativ terras; II-erozion terras; III-skulptur terras; IV-köklü terras.

üçüncü çaybasar üstü terrasa qədər allüvial çöküntülərlə dolmuş çay vadisində akkumulyasiya prosesi yenidən eroziya prosesi ilə əvəz olunarsa və eroziya prosesi allüvial qatı mərkəzi hissədən zolaq şəklində yuyub apararsa, onda yenidən akkumulyasiya prosesi getdikdə yaranan ikinci çaybasar üstü terras üçüncü çaybasar üstü terrasə söykənəcəkdir. Yenidən vadinin mərkəzində zolaq şəklində baş verən eroziya prosesi çaybasar üstü terrasın bir hissəsini ilkin yuyulma səthinədək (ana süxuradək) yuyarsa və yenidən akkumulyasiya prosesi baş verərsə, bu zaman çaybasar üstü birinci terras yaranır və həmin terras da ikinci terrasə söykənir.



Şəkil 3.53. Bir-birinə söykədilmiş terraslar: 1-çaybasar; 2, 3, 4- müvafiq olaraq I, II və III çaybasarüstü terraslar.

Bu yolla çaybasar da formalaşır, yəni birinci terras vadinin mərkəzi hissəsində zolaq şəklində yuyulur və yenidən akkumulyasiya baş verir. Ona görə də, bu terraslarda ən cavan allüvial təbəqə çaybasar, sonra isə çaybasar üstü birinci terrasdır. Bununla əlaqədar olaraq onlar ona görə də, yaranma mexanizminə və quruluşuna görə bir-birinə söykədilmiş (və yaxud bir-birinin içərisinə yığılmış) akumulyativ terraslar adlanırlar.



Şəkil 3.54. Bir-birinin üzərinə qoyulmuş terraslar: A-üç erozion çıxıntılı (1, 2, 3) daha qədim akkumulyativ terrasın allüvisi; A₁-daha cavan terrasın allüvisi.

Bir-birinin üzərinə yığılmış terraslarda isə çayın yuyucu fəaliyyəti etapında, yəni birinci etapda dərin, enli vadi (şəkil 3.54) yaranır. İkinci etapda, yəni akkumulyasiya etapında qalın allüvial çöküntü qatı (A qatı) toplanır. Sonrakı etapda yuyulma baş verdikdə, yəni akkumulyasiya yuyulma (eroziya) ilə əvəz olunduqda, vadinin mərkəzi hissəsində (zolaq şəklində) əvvəl yaranmış allüvial qatın müəyyən dərinliyi və eni üzrə yuyulma baş verir. Hər bir etapda baş verən yuyulmanın dərinliyi və eni əvvəlkinə nisbətən azalır və periodik olaraq bu proses təkrarlanır. Beləliklə, hər bir etapdan sonra gələn etapda yuyulma zolağının eni və dərinliyi əvvəlki

etapdakına nisbətən az olur. Beləliklə, 1, 2 və 3 terrasları yarandıqdan sonra, çaybasarın allüvial qatı (A_1) toplanır. Bir-birinə söykədilmiş terrasdan fərqi olaraq, bir-birinin üzərinə yığılmış terrasların yaranması zamanı hər bir etapda yuyulma prosesi ana süxurlara qədər davam etmir, yəni az dərinliyədək baş verir.

Ancaq hər iki terras yuyulma və akkumulyasiya etaplarının ritmik olaraq bir-birini əvəz etməsi ilə əmələ gəlir.

Çay vadisinin uzununa profilinin öyrənilməsi həmin vadinin quruluşu üçün xarakterik olan və mühəndisi-geoloji baxımdan əhəmiyyət daşıyan qanunauyğunluqların aşkara çıxarılmasına imkan verir. Bu qanunauyğunluqlar vadinin eninin müxtəlifliyində (ensiz və geniş), dik və yatıq yamacların varlığında, dərinlik və ya yan eroziyasının üstünlük təşkil etməsində, terrasların müxtəlifliyində, vadi üzrə allüvial çöküntülərin paylanması və s. təzahür edir.

Müxtəlif obyektlərin çay vadilərində tikintisi zamanı əlverişli şərait olmalıdır. Misal olaraq körpülərin, beton bəndlərin, sualtı tunellərin və s. tikintisində çay vadilərinin ensiz və ana süxurlardan təşkil olunması vacibdirsə, su obyektlərinin kasası üçün vadinin geniş olması əlverişlidir.

Çay vadilərinin eninə profilinə görə onlar **kanon şəkilli, birtərəfli və yaxud ikitərəfli inkişaf etmiş** kimi fərqləndirilə bilər. Vadinin bu şəkildə tiplərə ayrılması aşağıdakı əlamətlərə əsasən aparılmışdır:

1. Vadinin morfologiyası; Bu vadinin inkişaf mərhələsini əks etdirir.

2. Vadiyə IV dövr çöküntülərinin qalınlığı;

3. Ana süxurların tərkibinin eynicinsliyi.

Bu əlamətlərin müxtəlif şəkildə birgə iştirakı çay vadilərinin quruluşunun əsas tiplərinin minimal sayını fərqləndirməyə imkan verir.

Çay məcralarına dair materialların analizinə əsasən demək olar ki, vadinin uzununa profili üzrə həmin vadi tiplərinə müxtəlif hissələrdə rast gəlmək olar və hər bir şəraitə uyğun tip xarakterikdir. Misal olaraq, məcranın daha sərt enişli hissəsində dar (ensiz), dərin vadilər, ana süxurlardan təşkil olunmuş hündür yamaclı, kanonabənzər və yaxud ona yaxın quruluşlu vadilər xarakterikdir.

Vadinin uzununa profili üzrə yatıq mailliyə malik hissələri üçün birtərəfli (bir yamac ana süxurdan ibarət, digər yamac isə terraslı) və yaxud ikitərəfli (hər iki yamac terraslı) inkişaf etmiş vadi tipi səciyyəvidir. Çay vadisində eyni zamanda müxtəlif terras tipləri ola bilər və bu terrasların sayı iri çaylarda 8-12 və daha çox ola bilər. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi terrasların varlığı və onların tipi eroziya və akkumulyasiya proseslərinin ritmik olaraq bir-birini əvəz etmə qanunauyğunluğundan asılıdır.

Çay terraslarını (akkumulyativ və erozion) mənşəyinə və quruluşuna görə skulptur terraslardan fərqləndirmək lazımdır (şəkil 3.52, III). Erozion terrasların formalaşması zamanı eroziya prosesi allüvial qatda və ana süxurda getsə də, terrasın quruluşunda ana süxurlar üzərində az və ya çox qalınlığa malik allüvial qata da təsədüf olunur. Skulptur terraslar isə morfoloji olaraq çay terraslarına bənzəsə də, müxtəlif denudasiya proseslərinin (çayların, müvəqqəti su axınlarının, küləyin, buzlağın və s. təsiri ilə baş verən parçalanma, yuyulma, dağılma və qrunut hissəciklərinin daşınması prosesi) təsiri ilə formalaşır, yəni təkcə çayın eroziya fəaliyyəti ilə əlaqədar deyildir. Skulptur terrasda **meydança, qaş və çıxıntılar** fərqləndirilir.

Çay vadilərinin quruluşu fərqli olur. Bu fərqlilik eyni çay vadisinin müxtəlif hissələrində də müşahidə olunur. Müxtəlif mühəndisi fəaliyyətin çay vadilərində həyata keçirilməsi üçün vadi nəzərdə tutulan fəaliyyətə uyğun şəkildə mühəndisi-geoloji baxımdan hərtərəfli tədqiq edilməlidir.

Çayların eroziya fəaliyyətinə təsir edən amillər. Bütün çaylar eroziya fəaliyyətinə malikdirlər. Onların eroziya fəaliyyəti məcrə və sahil boyu, çayda su axınının enerjisində mütənasib şəkildə baş verir. Çayın sərfi, axın sürəti artdıqca eroziya fəaliyyəti də güclənir. Axının kinetik enerjisi- $E_k = \frac{m g^2}{2}$ (burada m-suyun

kütləsi, t; g-axın sürəti, m/san) artdıqca, onun özü ilə müxtəlif ölçülü qrunut parçalarını, hissəciklərini və s. nəql etdirmək xüsusiyyəti də artır. Çayda su axını özü ilə nəql etdirdiyi materialları onların ağırlığından, ölçülərindən asılı olaraq suda asılı şəkildə və dibi ilə mürəkkəb hərəkət etdirərək daşıyır. Məcrədə axın sürətinin epürünə nəzər salsaq görürük ki, axının ən kəşiyi üzrə sürəti (**laminar-təbəqəli axın** üçün) mərkəzi hissədə böyük olur. Ona görə də, daha böyük ölçülü materiallar axının

mərkəzi hissəsində və ya **turbulent (qarışıq)** axın rejimində nəql olunur. Çayda axının eroziya və nəql etmə qabiliyyəti onun sərfindən və sürətindən asılı olduğuna görə, azsululuq dövründə çayda axının eroziya və nəql etdirmə qabiliyyəti zəifləyir. Azsululuq dövründə çayda suyun axını məcranın mərkəzi və yaxud daha dərin hissəsi ilə baş verdiyindən, çayın fəaliyyəti də məcranın həmin hissəsində gedir.

Çaylar özlərinin qidalanma xüsusiyyətlərinə və su rejimlərinə görə **gursulu, daşqın və azsulu fazalara** bölünürlər.

Çayın fəaliyyətinin gücləndiyi dövr gursululuq və daşqın ilə əlaqədardır.

Gursululuq dedikdə, çayda su səviyyəsinin uzun müddət qalxaraq yüksək həddə çatması, sərfinin artması ilə müşayiət olunan çayın su rejiminin fazası nəzərdə tutulur.

Daşqın dedikdə, gursululuqdan fərqli olaraq, qeyri-müntəzəm şəkildə, qısamüddətli, çayda su səviyyəsinin qalxması, su sərfinin artması və tez bir zamanda başa çatması nəzərdə tutulur.

Gursululuq və daşqın dövründə çayda su səviyyəsi qalxdığından, su sərfi və axın sürəti artdığından çayda axının eroziya fəaliyyəti güclənir və özü ilə daha böyük ölçülü və ağırlıqlı materialları nəql etdirir və eroziya bazisinə çatdıqda çökdürür. Akkumulyasiya posesi yerli eroziya bazisinə görə də baş verə bilər.

Ümumiyyətlə, çayın fəaliyyətini əsasən aşağıdakı şəraitlər müəyyənləşdirir:

1. *Hidrogeoloji rejimin xüsusiyyəti;*
2. *Çay vadisinin quruluşu (geomorfoloji xüsusiyyət);*
3. *Məcrə və sahil qruntlarının tərkibi və xassələri;*
4. *Çayın fəaliyyəti ilə eyni zamanda baş verən (onu müşayiət edən) geoloji proseslər;*
5. *İnsanların təsərrüfat fəaliyyətinin çay hövzəsində formalaşmış təbii-tarazlıq şəraitinə təsiri.*

Çayın hidroloji rejiminin-onun səviyyəsinin, sərfinin, axın sürətinin dəyişməsi çayın fəaliyyətinə (eroziya, nəql etdirmə və akkumulyasiya) təsir göstərir. Çayın hidroloji rejimi əsasən onun qidalanma şəraiti ilə müəyyən olunur. Çay hövzəsinin su balansında iştirak edən qidalandırıcı elementlər (mənbələr) yeraltı sular, yağış, qar, buzlaq və kondensasiya suları ola bilərlər. Ümumiyyətlə, çayların qidalanma mənbələri yeraltı sular və atmosfer yağıntıları hesabına olur və kondensasiya suları isə

nəzərə alınmayacaq dərəcədə az olur. Çayların hövzələrinin su balansı onların coğrafi vəziyyətindən, ərazisinin iqlimindən və fiziki-coğrafi şəraitin digər amillərindən asılıdır. Ona görə də, çayın qidalanma şəraitini səciyyələndirmək üçün onun illik axımının daha çox hissəsini təmin edən qidalandırma mənbəyi əsas götürülməlidir. Bununla əlaqədar olaraq çayları qidalanma mənbəyinə görə qarla, yağışla, buzlaq və yeraltı sularla qidalananlar kimi fərqləndirirlər.

Qidalanma mənbəyi əsasən qar suları olan çaylarda axının 50-70%-i yazda, gursululuq dövründə keçir və həmin dövrdə intensiv eroziya prosesi baş verir. Bu çaylarda su səviyyəsi azsululuq dövrünə nəzərən bir neçə metr, sərf 5-7 dəfə, bəzən çox artır.

Əsasən yağış suları ilə qidalanan çaylarda gursululuq və daşqın yayda və payızda intensiv və davamiyyətli yağışlar dövründə baş verir. Bu çaylarda su səviyyəsi çayda olmuş ən aşağı su səviyyəsinə görə 8-10 m, bəzən çox, sərf isə 10 və 100 dəfələrlə artır. Bu dövrdə intensiv eroziya prosesinin inkişafı sahillərin fəlakətli şəkildə dağılmasına, subasmaya və digər arzu edilməz hadisələrin baş verməsinə səbəb olur.

Yağışların yağması və kəskin istiləşmə zamanı dağlarda buzlaqların və qarların intensiv əriməsi dövründə həmin sularla qidalanan çaylarda daşqın baş verir. Daşqın zamanı (yayda) həmin çaylarda su sərfi onlarla, yüzlərlə dəfə artır, tipik sel axınları formalaşır. Sahillərin dağılması və intensiv eroziya prosesi həmin dövrdə baş verir. Beləliklə, çayların qidalanma rejimi və onların hidroloji xüsusiyyətləri eroziya prosesinin vacib amillərindən hesab edilməlidir.

Çay vadilərinin geomorfoloji şəraiti, hövzənin forma və ölçüləri də onların eroziya fəaliyyətinin vacib amillərindəndir. Çay vadilərində intensiv yuyulma sahələri vadinin geomorfoloji şəraitindən, məcranın uzununa profilinin mailliyindən, məcranın eninə profilinin formasından asılı olduğu yuxarıda qeyd edilmişdir. Qeyd edilən şərait nəzərə alınmaqla, məcranın uzuna profili üzrə intensiv yuyulmaya məruz qalan (dib və yan eroziyası gedən) sahələrin aşkara çıxarılması üçün çay vadisinin planda quruluşuna, uzununa profilinə və onun xarakterik sahələrinin eninə profilinə diqqət yetirilməlidir. Dağlıq ərazilərdə atmosfer yağıntılarının çox yağması, relyefin mailliyinin böyük olması,

yerüstü axının, çayda su sərfinin və axın sürətinin çox olması axının eroziya fəaliyyətinin güclənməsi üçün əlverişli şərait yaradır. Düzənlik ərazilərdə isə relyefin mailliyi azaldığından düşən atmosfer yağıntılarından yaranan yerüstü axın (axın əmsalı) az olur, həmin ərazilərdə infiltrasiya, bitkilər tərəfindən qidalanma, buxarlanma artır, məcrada eroziya fəaliyyəti yan eroziyası şəklində inkişaf edir.

Çay vadilərinin geomorfoloji şəraitindən asılı olaraq onların müxtəlif sahələrində intensiv yuyulma baş verir. Belə sahələrdən çayın axını boyu onun döngələrinin, dirsəklərinin və meandrlarının çökük sahillərini misal göstərmək olar. Həmin sahillər boyu çayın məcrası daha dərin, axın sürəti isə böyük olur, alt terraslar çox vaxt iştirak etmir. Üst terrasların çıxıntıları və yaxud ana süxurlardan təşkil olunmuş yamac çaydakı su səviyyəsindən ləpədən ayrılır. Daşqın və gursululuq zamanı ləpədən suyun təsirinə məruz qalır. Bu zaman çay ana süxurdan təşkil olunmuş yamacı və üst terrası yuyur. Sahilin bu şəkildə yuyulması relyefdə yüksək səviyyədə eroziyaya məruz qalmış uçqunlu çıxıntıların, onların qaşı boyu isə çatların və sürüşmə yerdəyişmələrinin yaranmasına səbəb olur. Ləpədən üzərində allüvial qatın qalınlığı az olur, tez-tez ana süxurlar üzə çıxır. Allüvial qat çaqıl və iri qrunut parçalarından ibarət olur və ana süxurlardan təşkil olunmuş yamacdan ləpədən üzərinə dövrü olaraq səpilmə baş verir. Gursululuq və daşqın zamanı isə həmin səpinti yuyulur. Çay məcrasının döngələrində sahillərin yuyulması suyun axını zamanı həmin hissələrdə yaranan mərkəzdənqaçma qüvvəsinin təsiri ilə əlaqədardır.

Çayların fəaliyyətinə onların şimal və cənub yarımkürəsinə aid olması və axın istiqaməti də təsir edir. Belə ki meridional istiqamətdə axan (şimala və yaxud cənuba) və şimal yarımkürəsinə aid olan çaylar sağ sahilini, cənub yarımkürəsinə aid olan çaylar isə sol sahilini daha çox yuyur və bu zaman yuyulan sahil digər sahilə nəzərən daha dik və hündür olur. Bu, Berni nəzəriyyəsinə görə, öz oxu ətrafında qərbdən şərqə doğru fırlanan Yer kürəsinin üzərində hərəkət edən cismin hərəkət xüsusiyyəti ilə əlaqədardır. Meridional istiqamətdə axan çaylarda yaranan Koriolis (dönmə) təcilinin üfüqi toplananı şimal yarımkürəsində sağa, cənub yarımkürəsində isə sola yönəldiyindən qeyd edilən hadisə baş verir.

Çayların eroziya fəaliyyətini müəyyən edən amillərdən biri də məcranı və onun sahillərini təşkil edən qruntların tərkibi və xassələridir. Belə ki çətin yuyulan qruntların təşəkkül tapdığı hissələrdə çayın eroziya fəaliyyəti zəif, eyni mailliyə malik relyef formalarında təşəkkül tapmış asan yuyulan qruntlarda isə eroziya prosesi intensiv inkişaf edir və güclü olur. Çay vadisinin geoloji quruluşunun yerli və regional xüsusiyyətləri də eroziya prosesinə güclü təsir göstərir. Misal olaraq, daha çox tektonik parçalanmış, karst geniş inkişaf etmiş, yumşaq, yüksək sukeçiricilikli, çatlılığa malik qruntlar təşəkkül tapmış vadinin suyuq sahəsində yerüstü axın az olur. Ona görə də, çayın su sərfi də azalır. Çünki atmosfer yağıntıları daha çox infiltrasiyaya sərf olunur. Çayda su sərfinin azalması onun eroziya fəaliyyətinin də azalmasına səbəb olur. Belə ki hər bir qrunnun su ilə yuyulmasına görə axın sürətinin buraxılabilən (yolverilən) həddi mövcuddur ki, axın sürəti həmin həddi aşdıqda yuyulma baş verir.

Çay vadisində təşəkkül tapmış qruntlarda suyun yaratdığı eroziya prosesinin intensivləşməsində ərazidə müasir tektonik hərəkətlərin, məcra və sahil qruntlarının yatım şəraitinin, eroziya ilə eyni zamanda baş verən ekzogen-geoloji proseslərin təsiri çox böyükdür.

İnsanların təsərrüfat fəaliyyəti eroziya proseslərinin həm zəifləməsinə, həm də intensivləşməsinə səbəb ola bilər. Çay vadisində və suyuq sahədə axının nizamlanması tədbirləri (bənd və su hövzələrinin tikilməsi, çayın hövzəsində nizamlayıcı tədbirlər və s.) eroziya prosesinin zəifləməsinə səbəb olur. Ancaq çay vadilərinə qeyri-düzgün müdaxilə, qum-çınqıl karxanalarının yaradılması, suyuq zonada bitki örtüyünün ləğv edilməsi və çaybasar meşələrin qırılması, məcranın təmizlənməsi, onun dibinin dərinləşdirilməsi, güclü suqəbuledici qurğuların tikilməsi və s. çayın hidroloji rejiminin dəyişməsinə səbəb olan, nəticədə eroziya prosesini intensivləşdirən, onu gücləndirən təsirlərdəndir.

Məcra prosesləri. Çay sahillərinin yuyulması, dağılması, onun yatağında dərinlik eroziyasının baş verməsi **məcra proseslərinin** təzahürüdür. **Məcra** dedikdə, çay vadisinin su axınının təsiri ilə yuyularaq daha çox alçalmış (aşağı düşmüş), azsululuq dövründə suyun axdığı və allüvial çöküntülərin əsas kütləsinin nəql olunduğu hissəsi nəzərdə tutulur. Ona görə də, məcra prosesləri dedikdə, çayın geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədar olan, daimi məcranın

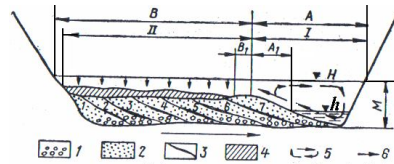
və çaybasarın morfoloji quruluşunun dəyişməsi ilə nəticələnən proseslər nəzərdə tutulur.

Çayın məcrası planda əyri quruluşa malikdir (şəkil 3.55) və düzənlik çaylarında bu ayrılık daha çox, dağ çaylarında isə az olur və bəzən isə heç olmur. Çayların ayrılığı onların müvafiq məntəqələri arasında faktiki



Şəkil 3.55. Çayın məcrası planı. 1-böyük dərinlik zonası; 2-dayaz hissə.

uzunluğunun həmin məntəqələri birləşdirən düz xətt parçasının uzunluğuna olan nisbəti ilə səciyyələndirilir. Ayrı-ayrı məntəqələrdə ayrılık Volqa çayında 2,2, Don çayında 2,5, Amudəryada 6,0 /14/, Kür çayının aşağı axınında 2,2, Araz çayının aşağı axınında isə 1,7 təşkil edir /10/. Çay məcrasının ayrılığına səbəb axına qarşı dayanmış qruntların qeyri-bərabər yuyulma və axının qərarlaşmamış sirkulyasiya xüsusiyyətlərinə malik olmalarıdır (şəkil 3.56). Çayın döngələrində su axınında yaranan mərkəzdənqaçma qüvvəsi eninə mailik yaradır və bunun nəticəsi olaraq, axının canlı en kəsiyi üzrə qabarıq (çıxıntılı) relyefə malik sahildən su səthi çökük sahilə doğru, məcranın dibi ilə isə əks istiqamətdə axın baş verir. Məcranın eninə və uzununa hərəkət edən su axınlarının toplanması nəticəsində mürəkkəb axın rejimi (turbulent) yaranır. Bu axın rejiminin yaranması zamanı məcrada suyun hərəkəti vintşəkilliyə yaxın olur və məcranın formalaşmasına çox böyük təsir göstərir. Su axını çökük sahilə yaxınlaşdıqda məcranın dibinə enir, sahili və məcra dibini yuyur və yuyularaq parçalanmış qrunտ hissəciklərini özü ilə əks sahilə doğru nəql etdirir. Həmin sahildə axın sürəti azaldığından orada çökdürür (şəkil 3.56). Su axınının qeyd edilən bu şəkildə daxili axını çay hidravlikasında



Şəkil 3.56. Məcra prosesinin inkişafı (Y.V.Şantserə görə). A-məcra (A-məcranın dayaz yeri); B-çaybasar (B-məcranın valı); H-gursululuq zamanı suyun səviyyəsi; h-azsululuq zamanı suyun səviyyəsi; M-allüvinin normal qalınlığı; I-məcra eninə sirkulyasiya axını ilə gətirilmiş çöküntülərin yuyulma zonası (1:7 təbəqəsi ardıcılıqla əmələ gəlmişdir); II-asılı gətirilmiş çöküntülərin çökdürülmə zonası. Məcra allüvili: 1-kobud dənəli qum, çınqıl və çaqıl; 2-xırda və incədənəli qum; 3-gil və alevritli araqat; 4-çaybasar allüvi; 5-məcrada sirkulyasiya cərəyanları; 6-allüvinin toplanması gedişində məcranın yer-dəyişmə istiqaməti.

axının eninə sirkulyasiyası adlanır. Onun yaranmasına səbəb axının canlı en kəsiyi üzrə sürətinin qeyri-bərabər paylanmasıdır.

Beləliklə, məcra prosesləri biləvasitə məcrada suyun hərəkət sürətinin qeyri-bərabər paylanması ilə əlaqədardır. Eroziyanın inkişafı zamanı yuyulan sahilədən və ya məcra dibindən qrunthissəcikləri, aqreqatları qoparılaraq, axın ilə sürüdüülərək, diyirlədilərək və ya suda asılı şəkildə nəql etdirilir. Çayda axın rejimi turbulent xarakterli, axının canlı en kəsiyi üzrə sürəti qeyri-bərabər və döyünən olduğundan, nəql olunan qrunthissəciklərinə gah yüksək, gah da az təzyiq təsir edir. Qrunthissəciklərinə suyun təzyiqi artdıqda, o, tarazlıq vəziyyətindən tez çıxır və axında sıçrayışlı hərəkət edir. Bununla əlaqədar olaraq, gursululuq və daşqın dövründə çayda suyun sürəti artdığından, turbulent rejimdə hərəkət edən su axını daha çox qrunthissəciyini nəqlətdirmə qabiliyyətinə malik olur. Bu zaman su ilə daşınan qrunthissəciklərinin çoxu sıçrayışlı hərəkət edir.

Qrunthissəciklərinin hərəkətinə səbəb olan, axın sürətinin minimal həddi **yuma sürəti** adlanır. Axının orta sürəti yuma sürətindən böyük olduqda, kütləvi şəkildə gətirmə çöküntüləri nəql olunur. Suyun canlı en kəsiyinin müxtəlif hissələrində axın sürəti yuma sürətindən böyük olduqda, həmin hissələrdə yuyulma baş verir. Axın sürəti artdıqca, su axını özü ilə daha böyük ölçülü hissəcikləri nəql etdirir. Bu zaman suyun dibini ilə nəql etdirilən hissəciklər suda asılı vəziyyətdə hərəkət etməyə başlayır. Suda asılı vəziyyətdə hissəciklərin hərəkətini təmin edən orta axın sürətinin minimal həddi **axının böhran sürəti** adlanır. Böhran sürətindən kiçik sürətə malik axınlarda gətirmə çöküntüləri dibə çökməyə başlayır. Allüvial çöküntülərin su ilə nəqli zamanı keyfiyyətcə fərqlənən iki hərəkət fazası-hissəciklərin məcranın dibini ilə hərəkəti (sürüdüülərək, diyirlədilərək, sıçrayışlı, cərgəvari) və suda asılı vəziyyətdə hərəkəti fazaları fərqləndirilə bilər.

Ümumiyyətlə, su ilə qrunthissəciklərinin nəqli suda asılı şəkildə və məcra dibini ilə diyirlənilərək, sürüşdürülərək hərəkət etdirilir. Daha xırda ölçülü hissəciklər suda asılı vəziyyətdə, iri ölçülü qrunthissəcikləri isə məcra dibini ilə diyirləndirilərək və ya sürüşdürülərək nəql etdirilir. Suyun axın sürəti artdıqca qrunthissəciklərinə qaldırıcı qüvvənin təsiri artır və həmin hissəciklər müəyyən müddət ərzində məcranın dibindən yuxarıya doğru sıçrayışlı hərəkət edir. Axın sürətinin sonrakı artımı qrunthissəciklərinin tədricən daha uzun sıçrayışla məcra dibindən ayrılmasına səbəb olur və nəticədə suda asılı vəziyyətdə hərəkət

etdirilirlər. Adətən su ilə nəql olunan qrunut hissəcikləri müxtəlif ölçülü olduğundan, suda həm asılı şəkildə, həm də məcra dibi ilə hərəkət etdirilirlər.

Su ilə qrunut hissəciklərinin nəqlinin müxtəlif mərhələlərində axın sürətini səciyyələndirmək üçün tədqiqatçılar tərəfindən «yumayan sürət» /5; 12; 18; 19; 24/, «yerindən tərpətməyən sürət» /6/, «yuma sürəti» /16/ və s. terminlərindən istifadə edilir.

Əksər tədqiqatçılar tərəfindən gətirmə çöküntülərinin suda hərəkət qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi üzrə aparılmış eksperimentlər əsasında oxşar nəticələr alınmışdır. Məcəranın dibində olan gətirmə çöküntülərinin dayanıqlılıq vəziyyətinə görə **axın sürətinin iki böhran həddinin** mövcud olduğu həmin eksperimentlərlə müəyyən edilmişdir. Eyni irilikli, əlaqəsiz qrunutların məcəranın dibində dayanıqlılıq vəziyyətini pozmayan, axının maksimal sürəti-«yerindən tərpətməyən sürət» ($V_{y.t.}$) və dibdə arası kəsilmədən qrunut hissəciklərinin qoparılmasına səbəb olan, axının minimal sürəti-«qopartma sürəti» (V_q) **axın sürətinin böhran hədləri** kimi qiymətləndirilmişdir /3; 4; 5; 6; 7/. Eksperimental tədqiqatların nəticələrinə görə, həmin sürətlərin biri-birinə nisbətinin- $\frac{V_q}{V_{y.t.}} = 1,3 \div 1,5$ hüdudunda dəyişdiyi müəyyən

edilmişdir /2; 3; 4; 5; 6; 7; 26/.

V.N.Qonçarova /6/ görə, $V_q = 1,41 V_{y.t.}$ olur. Əksər tədqiqatçılara görə /16/, axının yumayan sürəti qrunut hissəciklərinin dinamik dayanıqlılıq həddini pozmayan axın sürətidir.

Çayların yuma qabiliyyətini və gətirmə çöküntülərini nəql etmə imkanını xarakterizə etmək üçün müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən empirik və nəzəri düsturlar təklif edilmişdir. Həmin düsturlar konkret şərait üçün əlverişlidir.

Q.V.Lopatin Luqa, Don, Kemxa, Kür, Moloqa çaylarında aparılan hidrometrik ölçü işləri əsasında, çayın gətirmə çöküntülərini nəql etmə sərfini (G , kq/san) təqribi təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu təklif etmişdir:

$$G = 1400 B \cdot \frac{(g - g_0) \cdot i^{\frac{4}{3}}}{d^{\frac{1}{3}}}, \quad (3.127)$$

burada B-məcranın gətirmə çöküntüləri daha intensiv hərəkət edən hissəsinin eni, m; d-gətirmə çöküntülərinin orta diametri, mm; i -axının mailliyi; g -axının orta sürəti, m/san; g_0 -gətirmə çöküntülərini hərəkətə gətirən axının orta sürəti, m/san; g_0 -yuyulmanın baş verməməsinə görə sürətin buraxıla bilən həddi kimi qəbul edilir və yaxud müvafiq düsturlarla hesablanır.

Su ilə nəql olunan qrunnt hissəciklərinin orta diametri aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$d_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \cdot p_i}{100}, \quad (3.128)$$

burada d_i - i -ci fraksiyanın orta hesabi iriliyi, mm; p_i - i -ci fraksiyanın su ilə nəql olunan hissəciklərin tərkibində faizlə miqdarıdır.

Qrunnt hissəciklərinin qranulometrik tərkibi mövcud metodika əsasında təyin edilir.

Vanoniyə görə, su ilə nəql olunan hissəciklərin orta diametrinin təyin olunmuş qiyməti diskret təsadüfi kəmiyyət kimi götürülsə, onun təsadüf etmə ehtimalının paylanması Qaussun normal paylanma əyrisinə uyğun baş verir /28/

$$f(d) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(d-\bar{d})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.129)$$

burada d -su ilə nəql olunan qrunnt hissəciklərinin araşdırılan diametri, mm; $\bar{d}$ -qrunnt hissəciklərinin orta hesabi diametri, mm; $f(d)$ - d diametrli qrunnt hissəciklərinin su ilə nəql olunma hadisəsinin ehtimalıdır.

Krumbeynin tədqiqatlarına görə isə su ilə nəql olunan qrunnt hissəciklərinin diametrinin təsadüf etmə ehtimalının paylanması loqarifmik normal paylanmaya tabedir /16/.

Qrunnt hissəciklərinə təsir edərək onu hərəkətə gətirən su axınının böhran sürətini qiymətləndirmək üçün Brams (1753) tərəfindən aşağıdakı düstur təklif edilmişdir /27/.

$$g_b = k \cdot W^{\frac{1}{6}}, \quad (3.130)$$

burada g_b -axının böhran sürəti, m/san; k -empirik əmsal; W -qrunnt hissəciklərinin kütləsidir.

Sanjen (1871) qrunut hissəciklərinin həddi-tarazlıq vəziyyəti üçün axınının yumayan sürəti üçün aşağıdakı düsturu təklif etmişdir /27/:

$$g_0 = k \cdot \sqrt{d}, \quad (3.131)$$

burada d-qrunut hissəciklərinin orta diametri, $k \approx 5,0$.

Məcranın dibində olan hissəciklərin tarazlıq vəziyyəti tənlilikləri əsasında turbulent axının orta böhran sürəti üçün V.N.Qonçarov aşağıdakı düsturu almışdır /4/:

$$g_b = \lg\left(\frac{6,15H}{\Delta}\right) \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot (\gamma - \gamma_0)}{\alpha \cdot \gamma_0}}, \quad (3.132)$$

Eynicinsli çöküntülər üçün axının yerindən tərpətməyən və böhran qopartma sürətlərini qiymətləndirməkdən ötrü isə V.N.Qonçarov tərəfindən aşağıdakı düsturlar təklif olunmuşdur /4/.

$$g_q = \lg\left(\frac{8,8H}{d}\right) \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot (\gamma_q - \gamma_0) \cdot d}{1,75\gamma_0}}; \quad (3.133)$$

$$g_{y.t.} = \lg\left(\frac{8,8H}{d}\right) \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot (\gamma_q - \gamma_0) \cdot d}{3,5\gamma_0}}. \quad (3.134)$$

Bu düsturlarda loqarifmə daxil olan d-nin müxtəlifcinsliliyini nəzərə almaq üçün o, çöküntülərin tərkibində 5 %-dən çox olan hissəciklərin maksimal diametri ilə əvəz olunur. Həmin hissəciklər məcra dibinin kələ-kötürlüyünü müəyyən edirlər. Həmin düsturlarda kvadrat kök altında olan riyazi ifadələr isə qrunutun (çöküntülərin) hidravliki irililiyini ifadə edir (W) və mm/san ilə ölçülür.

Burada g_b -axının orta böhran sürəti, m/san; H-axının dərinliyi, m; Δ -məcra dibinin kələ-kötürlüyünün çıxıntıların hündürlüyü, m; γ_q -çöküntülərin (qrunutun) mütləq sıxlığı, t/m³; γ_0 -suyun sıxlığı, t/m³; d-çöküntülərin orta diametri, mm; g-sərbəstdüşmə təcili, 9,81 m/san².

Q.İ.Şamov gətirmə çöküntülərinin xüsusi sərfini təyin etmək üçün təklif etdiyi düstur, Samur və Volqa çaylarının təmsalında, $d \geq 0,15 \div 0,20$ mm olduqda çıxarılmışdır:

$$q_t = 0,95\sqrt{d} \cdot \left(\frac{g}{g_0}\right)^3 \cdot \left(\frac{d}{h}\right)^{\frac{1}{4}} \cdot (g - g_0), \quad (3.135)$$

$$g_0 = 3,83d^{\frac{1}{3}} \cdot h^{\frac{1}{6}}, \quad (3.136)$$

burada q_1 -gətirmə çöküntülərinin xüsusi sərfi, $kq/san \cdot m$; d -su ilə nəql olunan qrunnt hissəciklərinin diametri, m ; h -axının dərinliyi, m ; g -suyun axın sürəti, m/san ;

Q.İ.Şamov eynicinsli çöküntülər üçün axının müvafiq orta sürətlərinin aşağıdakı düsturlarla təyini təklif etmişdir /26/:

$$g_0 = 4,4d^{\frac{1}{3}} \cdot H^{\frac{1}{6}}, \quad (1.137)$$

$$g_{od} = 3,7d^{\frac{1}{3}} \cdot H^{\frac{1}{6}}, \quad (1.138)$$

$$g_{oh} = 6,0d \cdot H^{\frac{1}{6}}, \quad (1.139)$$

burada g_0 -çöküntülər su axınında hərəkət etməyə başladığı orta axın sürəti, m/san ; g_{od} -çöküntülər öz hərəkətini dayandırdığı orta axın sürəti, m/san ; g_{oh} -çöküntülər kütləvi şəkildə hərəkətə başladığı orta axın sürəti, m/san ; d -çöküntülərin orta diametri, mm ; H -axının dərinliyi, m .

İ.İ.Levi dib çöküntülərinin səthində yerdəyişməyə qarşı dayanıqlılıq şərtini əsas götürərək, eynicinsli çöküntüləri yumayan orta axın sürətini (g_0) qiymətləndirmək üçün aşağıdakı düsturu təklif etmişdir /4/:

$$g_0 = 1,4\sqrt{g \cdot d} \cdot \ln \frac{h}{7d}. \quad (3.140)$$

Müxtəlifcinsli çöküntülər üçün qrunnt hissəciklərinin orta diametri (d), maksimal diametri (D_{max}) anlayışlarından və düzəliş əmsalından, yəni qrunnt hissəciklərinin maksimal diametrinin orta diametrinə nisbətindən istifadə edərək, İ.İ.Levi axının müxtəlifcinsli çöküntüləri yumayan orta sürəti üçün aşağıdakı düsturu təklif etmişdir:

$$g_0 = 1,4\sqrt{g \cdot d} \cdot \left(\frac{D_{max}}{d_{or}}\right)^{\frac{1}{7}} \cdot \ln \frac{h}{7d}; \quad (3.141)$$

Bu düsturun istifadəsi $h/d=10 \div 1000$ olduqda və iri dənəli çöküntülər üçün özünü doğruldur.

(3.141) düsturunda g -sərbəstdüşmə təcili, $9,81 \text{ m/san}^2$; d -hissəciklərin orta diametri, m ; h -axının dərinliyi, m ; D_{max} -hissəciklərin maksimal diametri, m .

Dağətəyi və dağ çayları üçün İ.Y.Orlov dib çöküntülərinin xüsusi sərfini təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu təklif etmişdir:

$$\rho_t = 0,006\gamma \cdot \left[\frac{h \cdot i}{d(\sigma - 1)} - 0,04 \right], \quad (3.142)$$

burada ρ_t -dib çöküntülərinin (su ilə nəql olunan qrunut hissəciklərinin) xüsusi sərfi, kg/m^3 ; γ -suyun sıxlığı, t/m^3 ; $\sigma = \frac{\gamma_g}{\gamma}$ -

orta hesabla $2,65 \text{ t/m}^3$; γ_g -gətirmə çöküntülərinin (su ilə nəql olunan qrunut hissəciklərinin) orta sıxlığı, orta hesabla $2,65 \text{ t/m}^3$; d -hərəkət edən qrunut hissəciklərinin orta diametri, m ; h -suyun orta dərinliyi, m ; i -su səthinin mailliyi.

Q.V.Lopatinə görə çayların qrunut hissəciklərini nəql etdirmə qabiliyyəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\rho = \frac{4 i \cdot \sqrt{h}}{n^2 \cdot W}, \quad (3.143)$$

burada ρ -axının qrunut hissəciklərini nəql etdirmə qabiliyyəti, q/m^3 ; h -suyun orta dərinliyi, m ; n -məcranın kələ-kötürlük əmsalı; W -su ilə nəql olunan qrunut hissəciklərinin hidravliki iriliyi-qrunut hissəciklərinin durğun suda çökmə sürətidir.

Çay məcralarının və sahillərinin dayanıqlılığını qiymətləndirmək və səciyyələndirmək üçün axının sürəti yuyulma baş verməyən sürətin buraxılabilən (yolverilən) həddi ilə müqayisə edilir. Bu məqsədlə V.M.Loxtin (1878) çayın məcra və sahillərini təşkil edən qrunutların qrunulometrik tərkibində iştirak edən hissəciklərin orta ölçüsünün (mm -lə) çayın mailliyinə nisbətindən ibarət olan əmsaldan istifadə etməyi təklif etmişdir, yəni

$$K = \frac{d_{or}}{J}, \quad (3.144)$$

burada K -əmsal, m/km ; d_{or} -hissəciklərin orta diametri, mm ; J -çayın mailliyi.

Bu əmsal nə qədər böyük qiymət alırsa, çay məcrası və sahilləri bir o qədər dayanıqlı hesab olunur. Həmin əmsalın qiyməti Kuban çayında (Perevolokda)-2,1, Don çayında (Ostrovokda)-4,1, Dneprdə (Kiyevdə)-6,2, Volqada (Bakoldin keçidində)-6,8, Nevada (Sankt Peterburqda)-10 və s. bərabərdir.

Y.Ə.İbadzadə tərəfindən məcra dibində yuma yaratmayan dinamiki axın sürətinin maksimal həddini (dibdə yuma yaratmayan maksimal dinamiki sürət) təyin etmək üçün aşağıdakı düsturu təklif edilmişdir /10/:

$$V_{y.v.} = \sqrt{\frac{2K_{\varphi} \cdot F \cdot (\rho_q - \rho_0)}{(K_l + K_n \cdot F) \rho_0}} \cdot g \cdot d = \sqrt{2\eta \cdot \frac{\rho_q - \rho_0}{\rho_0}} \cdot g \cdot d, \quad (3.145)$$

burada $\eta = K_{\varphi} \cdot F / (K_l + K_n \cdot F)$ -məcranın dayanıqlılığını və qaldırıcı qüvvələri ifadə edən əmsal; $K_n = 0,4 \div 0,45$; $K_n = 0,25 K_l$; $F = 0,19d(0,52d^{\frac{1}{2}} - 0,0009)$; ρ_q -qruntun mütləq sıxlığı; ρ_0 -suyun sıxlığı; g -sərbəstdüşmə təcili, m/san²; d -çöküntülərin orta diametri.

Çay sahillərinin yuyulmasının proqnozlaşdırılması və onlara qarşı mübarizə tədbirləri. Çay sahillərinin yuyulması yuxarıda qeyd edildiyi kimi çoxlu amillərdən asılıdır. Həmin amilləri qlobal, regional və yerli amillər kimi qruplaşdırmaq olar. Qlobal amillər yer səthində və kainatda baş verən dəyişikliklərlə əlaqədardır. Regional amillərə çayların hidroloji xüsusiyyətlərini, çay vadilərinin geomorfoloji quruluşunu, regional-geoloji şəraitini və s. aid etmək etmək olar. Yerli şəraitə aid olan amillərə isə məcranın uzununa və eninə quruluşunun çayın müxtəlif məntəqələrində müxtəlifliyini, məcra və sahilləri təşkil edən qruntların yuyulmaya qarşı müqavimətinin və məcranın uzununa profilinin müxtəlif hissələrdə mailliyinin müxtəlifliyini və s. misal göstərmək olar.

Çay sahillərinin formalaşmasına yuxarıda qruplaşdırılan amillərin hər birinin təsiri mövcuddur. Ona görə də, çay sahillərinin yuyulmasının proqnozlaşdırılması üçün qlobal, regional və yerli şəraitə aid amillər aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqat mərhələlərinə uyğun şəkildə nəzərə alınmalıdır.

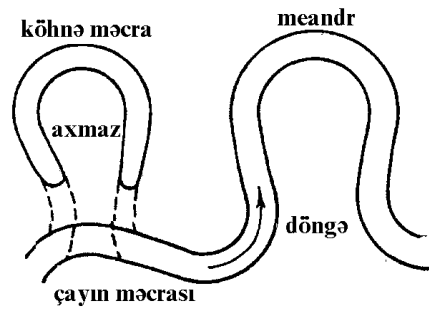
Qabaqlayıcı (rekoqnostsirovka) və ilkin mühəndisi-geoloji tədqiqat mərhələlərində qlobal və regional amillər, eroziyaya qarşı mübarizə tədbirlərinin texniki və işçi layihələrinin əsaslandırılması üçün aparılan dəqiq tədqiqatlar zamanı isə yerli amillər nəzərə alınmalıdır.

Ber nəzəriyyəsinə görə meridional istiqamətdə şimal yarımkürəsində axan çaylar sağ, cənub yarımkürəsində axanlar isə sol sahillərini yuduğundan, ilkin və qabaqlayıcı tədqiqat mərhələsində çayların axın istiqaməti nəzərə alınmalıdır.

Çay sahillərini formalaşdıran amillər haqqında məlumatların əldə edilməsi üçün mühəndisi-geoloji xəritələr, vadinin dördüncü dövr çöküntüləri xəritəsi, çayın hidroqrafı, yəni il ərzində onun sərfinin müvafiq məntəqələrdə zamana görə dəyişmə qrafiki,

həmçinin su səviyyəsinin dəyişməsi qrafiki, vadinin müvafiq məntəqələrinin eninə və uzununa profilləri olmalıdır. Regional amillərin analizi əsasında çay sahillərinin yuyulma və dağılma ehtimalı daha çox olan hissələri, sahillərin daha çox dəyişikliyə uğrama dövrü müəyyən oluna bilər. Sahillərin daha çox yuyulma ehtimalına malik olan hissələri onun meandr və döngələridir. Döngələrdə və meandrlarda yuyulma çökük sahillərdə baş verir və çay məcrasının və sahillərinin həmin hissələrinin qruntları asan yuyulan və yuyulan olurlar.

Məcranın meandrlaşması düzənlik çaylar üçün səciyyəvidir. Həmin çaylarda yan eroziyası dib eroziyasına nisbətən daha çox baş verir. Bu isə əsasən məcranın həmin hissələrində mailliyin daha çox azalması, axının durğunlaşması ilə əlaqədar olaraq yaranır. Yan eroziyası artdıqca məcrada əyrilik daha da artır. Müəyyən müddət keçdikdən sonra məcranın əyriliyi daha çox olan hissəsində yan eroziyası axının düzünə axması üçün şərait yaradır. Yəni məcranın əyilərək bir-birinə yaxınlaşan (meandrlaşan) hissəsinin birləşməsinə, axının düzlənməsinə səbəb olur (şəkil 3.57). Axının düzlənməyə baş verən hissəsindən kənarda qalan **köhnə məcra axmaz göllərə**

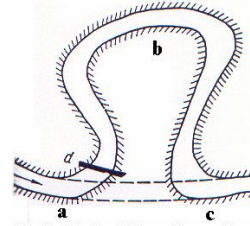


Şəkil 3.57. Meandrın axmaza çevrilməsi prosesi.

(**axmazlara**) çevrilir. Həmin axmazlar sonradan daşqın dövründə ehtiyat sututarları kimi çayda su axınıni təbii tənzimləmə funksiyasını yerinə yetirirlər. Təbii yaradılmış suşırıanlı-bəndli ehtiyat sututar (təbii hidrotexniki qurğu) olur.

Meandrlaşmanın qarşısının alınması məqsədi ilə axının düzləndirilməsi tədbirləri yalnız ayrı-ayrı hissələrdə aparıldıqda, yenidən yan eroziyasının güclənməsi baş verir və əvvəlki vəziyyətin yaranması istiqamətində dəyişiklik gedir. Ona görə də, düzənliklə axan çaylarda axının düzləndirilməsi müvafiq uzunluqlar təyin edilərək mənsəbə doğru aparılmalı, yuyulan sahillərin müdafiəsi təmin olunmalıdır (şəkil 3.58).

Azərbaycan ərazisindən axan çaylardan Kür çayında Kür-Araz ovalığında meandrlaşma və axmazlar daha geniş inkişaf etmişdir. Bunun səbəbi əgər bir tərəfdən məcrə dibinin mailliyinin, buna uyğun olaraq axın sürətinin az olmasıdır, digər tərəfdən çay sahilləri qruntlarının asan yuyulan və yuyulan olmasıdır.



Şəkil 3.58. Çayda əyriliyin düzləndirilməsi.

Çay sahillərinin hidroloji parametrləri, sahil qruntlarının yuyulmaya qarşı müqaviməti nəzərə alınmaqla, müvafiq hesablama düsturları ilə onların yuyulma və dağılmasının proqnozlaşdırılması aparıla bilər.

Mühəndisi fəaliyyət zamanı eroziya prosesinin dəyişməsi tədqiq edilərək, illik dəyişmə sürəti öyrənilməli, çayların rejimi tədqiq edilərək müvazinət profili dəqiqləşdirilməlidir.

Proqnozlaşdırma və yaxud natur tədqiqatları ilə yuyulma müəyyən edilmiş hissələrdə müvafiq tədbirlər aparılmalıdır. Eroziyaya qarşı mübarizə tədbiri kimi isə çayın axınına əks istiqamətdə müxtəlif astanaların yaradılmasını, və s. göstərmək olar. Ümumiyyətlə, mübarizə tədbirləri kompleks şəkildə aparılmalı, yalnız çay vadisində deyil, həm də hövzədə yerinə yetirilməlidir.

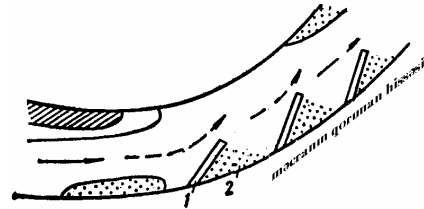
Çay sahillərinin yuyulma və dağılmadan qorunması üçün eroziyaya qarşı aparılan tədbirlər iki cür-**profilaktiki** və **əsaslı** ola bilər.

Profilaktiki tədbirlər sahil yamacının, çimərliyin dayanıqlılığının təmini, sahilbərکیدici və sahilmühafizəedici qurğuların, rejim müşahidə məntəqələrinin, bina və tikililərin qorunması üçün çayın fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yaranan təhlükəli vəziyyət barədə vaxtında xəbərdarlıq etməkdən, müvafiq işləri yerinə yetirməkdən ibarətdir.

Əsaslı tədbirlər sahilin eroziya təsirindən biləvasitə qorunması üçün qurğuların tikilməsi və sahilbərkitmə (beton plitələrin, qabionların düzülüşü, daşların tökülməsi, döşənməsi, sahilbərکیدici divarların tikilməsi, sahilin çimlənməsi və s.) işlərinin yerinə yetirilməsindən, həmçinin məcrə axınının istiqamətini, mailliyini, sürətini və sərfini nizamlamaqdan ibarətdir. Axının məcrada istiqamətini dəyişdirmək üçün müxtəlif formalı axını istiqamətləndirici (bun bənd, travers və s.) və

zərbəsöndürücü qurğular tikilir (şəkil 3.59). Tikiləcək qurğuların yeri, həndəsi ölçüləri, axının hidroloji parametrləri nəzərə alınmaqla modelləşdirmə aparılaraq yerləşmə vəziyyəti, müvafiq parametrləri təyin edilir.

Axını istiqamətləndirici qurğunun tikilməsi zamanı məcranın müvafiq uzunluğunun yuyulma gedən sahilində tikilmiş və axına müəyyən bucaq altında yerləşən divara su axını yaxınlaşdıqda öz istiqamətini dəyişir, sürət və enerjisi azalaraq əks sahilə doğru istiqamətlənir. Nəticədə çayın həmin hissəsində eroziya prosesi çöküntü toplanma ilə əvəz olunur (şəkil 3.59).



Şəkil 3.59. Sahilin yuyulmadan qorunması üçün nizamlayıcı qurğunun yerləşdirilmə sxemi. 1-axını istiqamətləndirici qurğu; 2-yumşaq çöküntülərin toplanma zonası, sahilin dayazlaşması.

Çayın sərfinin, axın sürətinin, mailliyinin tənzimlənməsi və sahillərin gursululuq və daşqın rejimi dövründə subasmadan qorunması məqsədi ilə suyuqıcı hövzədə (bitki örtüyünün sıxlaşdırılması, qarın, buzun eyni zamanda əriməsinin qarşısının alınması və s.) və məcrada (bəndlərin, müəyyən həcmə malik sututarların yaradılması) axını tənzimləmə tədbirləri, sahil zolağı boyu müdafiə bəndlərinin, vallarının (dambalarının) çəkilməsi kimi işlər yerinə yetirilir.

Sahilqoruyucu dambaların layihələndirilməsi dövründə subasma zamanı dambaların arxasında toplanan suların sızması da nəzərə alınmalı, həmin suların tutularaq kənarlaşdırılması üçün tədbirlər sistemi işlənilib hazırlanmalıdır. Bunun üçün suyu öz axını ilə kənarlaşdıran kanal, xəndək, qanov və sairə və yaxud çayda su səviyyəsi ənənədək su həcmi yığıb saxlamaq üçün ehtiyat sututarlardan istifadə etmək olar.

Çayda su səviyyəsi uzun müddət daşqın səviyyəsində qalarsa, o zaman sahil qoruyucu dambalardan baş verən sızmalar subasmadan qorunan ərazilərdə qrunut sularının səviyyəsinin qalxmasına, bataqlaşmaya səbəb olduğundan, kənd təsərrüfatı bitkilərinə məhvedici təsir göstərdiyindən bu problemin həlli üçün dambalar sukeçirməyən nüvəli və yaxud su basqısının daha az yarana biləcəyi ərazilərdə layihələndirilməlidir.

3.1.7.2. YAMAQLARIN YUYULMASI VƏ DAĞILMASI, YARĞANLAŞMA

Müvəqqəti su axınları (yağış, buz və qarların ərinti suları) suayırıcıların, yüksəkliklərin və təpəliklərin yamaqları ilə axarkən öz hərəkəti istiqamətində yuyucu və dağıdıcı təsir göstərirlər. Yamac boyu hərəkət edən müvəqqəti su axınları əvvəlcədən mövcud olan dar şırımlarda, çökəkliklərdə, dərələrdə toplanaraq öz yuyucu, dağıdıcı təsirini artırır. Müvəqqəti yerüstü su axınlarının sonradan yuyucu və dağıdıcı təsiri davam etdikcə yarğanlaşma prosesi inkişaf edir. Yarğan **xətti eroziya** (xətt üzrə baş verən) prosesinin getməsi nəticəsində yaranır. Xətti eroziya təkcə atmosfer yağıntılarının təsiri ilə bağlı deyil, o həm də insanların təsərrüfat fəaliyyəti (qeyri-düzgün suvarma, tullantı sularının axıdılması və s.) ilə də əlaqədar baş verə bilər.

Yarğanlar əsasən çöl-düz və çöl zonalarında daha çox inkişaf edirlər.

MDB məkanında yarağanlaşma daha çox Ukraynanın, Moldavanın, Şimali Qafqazın, Volqaboyunun, Qərbi və Şərqi Sibirin əksər rayonlarında [14], Azərbaycan ərazisində isə Abşeron, Qobustan rayonlarında, Samur- Dəvəçi massivində geniş şəkildə inkişaf etmişdir. Abşeron yarımadasında yarğanların inkişafı daha çox yarımadaanın qərb və mərkəzi hissəsi üçün səciyyəvidir. Həmin hissədə relyef təpəciklər və sıralanmış alçaq təpələrdən ibarətdir. Ərazinin geoloji quruluşunda iştirak edən, neogenə aid olan və yer səthinə çıxmış gilli qruntlar müxtəlif təsirlərlə dəyişikliyə uğradığından, müvəqqəti yerüstü su axınları ilə eroziyaya daha çox məruz qalmışlar. Abşeron yarımadasında ən iri yarğanlar Bayıl və Şıxov yarğanlarıdır. Onların uzunluğu 1 km-dək, eni isə Bayıl yarğanında 100-150 m, Şıxov yarğanında isə 250-300 m-ə çatır.

Yarımadaanın qərb hissəsi üçün xırda (həcmi 50-200 m³), orta (1000 m³-ədək), nadir hallarda isə iri (həcmi 6000 m³) yarğanlar səciyyəvidir. Onların yamaqları əsasən az meyilli (5-15°), meyilli (15-30°) və bəzən sıldırım olurlar. Abşeron yarımadasının bu hissəsinin yarğanlarla zədələnmə dərəcəsi 0,1- 0,5 ha/km² təşkil edir.

Yarğanlar əraziləri dərin və intensiv şəkildə parçalayaraq, istifadə üçün faydalı olan sahələri azaldır, kənd təsərrüfatına, xətti

qurğulara böyük ziyan vururlar. Yarğanlaşmanın inkişafı yollara, onlar üzərində tikilmiş qurğu və tikililərə daha çox təsir edir. Yarğanların sayı (ərazidə sıxlığı) və ölçüləri artdıqca yolların uzunluğu, yarğanlar üzərində keçid qurğularının sayı da artır, həmin qurğuların yeni konstruktiv həll variantlarının yaradılması zərurətə çevrilir, yollar uçub dağılır, yenisinin tikilməsi isə çətinləşir. Buna aid F.P. Savarenskinin (1939) apardığı müşahidələri misal göstərmək olar. Həmin müşahidələrə görə, Alatır və Ardat (Ortavolqa yüksəkliyində) şəhərləri arası məsafənin 24 km-də əvvəlcə 3 körpü olmuşdursa, 40 il keçdikdən sonra həmin ərazidə yarğanlaşmanın təsirindən körpülərin sayı 42-yə çatdırılmışdır /23/.

Yarğanların əmələ gəlməsi yeraltı suların sərbəst drenlənməsi üçün əlverişli şərait yaradır, onların ehtiyatının azalmasına, tükənməsinə səbəb olur. Yarğanlaşma yamacların mailliyini artırdığından, səth eroziyasının da inkişafı üçün əlverişli şərait formalaşdırmış olur. Bununla əlaqədar olaraq, yer səthinin üst qatı (torpaq qatı) yarğanlaşma baş vermiş ərazilərə yaxın yerlərdə səth eroziyasının təsirinə məruz qalır. Bu isə münbit torpaq sahələrinin istifadədən çıxmasına səbəb olur.

Yarğanlaşma və onunla əlaqəli baş verən səth eroziyası zamanı müvəqqəti yerüstü su axınları yuyub parçaladığı qruntları özləri ilə nəql etdirərək, relyefin nisbətən alçaq hissələrində kənd təsərrüfatı sahələrini, yolları, kanalları, yaşayış massivlərini, su anbarlarını və s. həmin çöküntülərin təsirinə məruz qoyurlar. Bununla əlaqədar olaraq, kanalların, su anbarlarının lillənməsi, istismar xərclərinin artması və yaxud onların vaxtından tez istismardan çıxması müşahidə olunur.

A.S.Kozmenko (1954) fəaliyyətdə olan yarğanları həcmələrinə görə aşağıdakı kimi qruplaşdırmağı təklif etmişdir: çala-çuxurlar-10 m³-dək; yarğanlar: kiçik-10÷100 m³; orta-100÷1000 m³; böyük-1000÷10000 m³; çox böyük->10000 m³.

Yarğanların morfologiyası və onların formalaşma mərhələsi. Yarğanlar formalaşma şəraitindən asılı olaraq, müxtəlif dərinlikli, uzunluqlu, konfigurasiyalı və əyri-üyrü olan, yuyulma hesabına əmələ gəlmiş relyef formalarıdır. Onların ölçüləri və quruluşu müvəqqəti suların dağıdıcı təsirindən, onların axını istiqamətində rast gələn qruntların yuyulmaya qarşı davamlılığından və bir çox digər amillərin təsirindən asılıdır. Yarğanların uzunluğu bir neçə

metrdən onlarla kilometrədək, dərinliyi isə 20÷25 m, bəzən 30 m-dən də çox olur. Onların üstdən eni bir neçə yüz metrədək çata bilər.

Yarğanların uzununa profili çaylarda olduğu kimi başlanğıc hissədə dik, mənsəbdə (nisbətən alçaq relyef formalarında, su hövzələrinə qovuşma hissələrində və s.) yatıq olur.

Yarğanlaşma 4 mərhələdə gedir. **Birinci mərhələdə** dib eroziyası intensiv getdiyindən, yarğanın başlanğıcında onun eninə kəsiyi V şəkilli və dib hissə çox ensiz (yox dərəcəsində) olur. Müvəqqəti su axını əyri-üyrü, dar şırımla hərəkət edir. Bu mərhələdə yarğanın dibinin uzununa profili yamacın profilinə uyğun olur. **İkinci mərhələdə** müvəqqəti yerüstü su axınının yuma təsiri gücləndikcə şırım genişlənməyə başlayır, yəni dib eroziyası ilə bərabər yan eroziyası da gedir. Onun dibi əmələ gəldiyindən, yarğanın eninə kəsiyi U şəkilini (trapesiyavari) alır. Yarğanlaşma gursululuq və daşqın dövründə daha intensiv gedir. Yarğanın dibinin uzununa profili bu mərhələdə yamacın profilindən fərqlənməyə başlayır. İkinci mərhələ yarğanın başlanğıcının sürətlə yuyulması mərhələsidir. Bu mərhələdə yarğanın yamacları dik, dərinliyi isə əvvəlkinə nisbətən artmış olur. **Yarğanlaşmanın üçüncü mərhələsi** yarğanın uzununa **müvazinət profilinin** yaranması istiqamətində eroziya prosesinin davam etməsindən ibarətdir. Yarğan yamacın əsasınadək davam edir. Onun eninə kəsiyi trapesiya şəkilli olur və yarğanın böyüməsi prosesi yavaşır. **Yarğanlaşmanın dördüncü mərhələsi** bu prosesin sönməsi, yarğanın qobu və yaxud dərələrə çevrilməsi mərhələsidir. Bu mərhələdə, yarğanın uzununa profili və yamacı tarazlıq vəziyyətinə gəlmiş olur, yatıqlaşır, çimlə örtülür, kol-kos bitir.

Yarğanın şəraiti dəyişdikdə (torpaqların şumlanması, meşələrin qırılması, yolların çəkilməsi və s.) yenidən yamacların qaşında və dibində qobularda formalaşmağa, ərazinin yarğanlaşma səviyyəsi artmağa, yarğan-qobu sistemi formalaşmağa başlayır (şəkil 3.60 və 3.61).

Yarğanlaşmaya təsir edən amilər. Müvəqqəti yerüstü su axınlarının eroziya fəaliyyəti nəticəsində yarğan-qobu sistemi formalaşır.

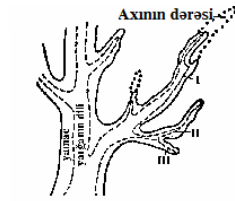
Yarğanlaşmanın inkişafına təsir edən amillərdən ərazinin geoloji quruluşunu, relyefini, iqlimini, bitki örtüyünü və insanların təsərrüfat fəaliyyətini göstərmək olar.

Bu amillərin hər birinin yarğanlaşma prosesində təsiri böyük olsa da, prosesin inkişafında həlledici təsir ərazinin geoloji quruluşu ilə, əsasən onun geoloji quruluşunda iştirak edən asan yuyulan və yuyulan qruntlar ilə əlaqəlidir. Çətin yuyulan və yuyulmayan qruntlar təşəkkül tapdığı ərazilərdə yarğanlaşma prosesi getmir.

Aşınmaya və yaxud müvəqqəti yerüstü su axınları ilə səth eroziyasına məruz qalmış, ağırlıq qüvvəsinin və həmin müvəqqəti su axınlarının təsiri ilə yamacda daşınaraq müxtəlif yerlərdə çökdürülmüş qrunthissəcikləri **delüvial çöküntüləri** əmələ gətirir. Delüvial çöküntülərin toplanması yarğanlaşmanın inkişafının birinci mərhələsində baş verir. Həmin çöküntülərin qalınlığı yamac və suayırıcılarda çox olduqca, müvəqqəti yerüstü su axınlarının təsiri ilə dərin yarğanlar əmələ gəlir, yarğanlaşma səviyyəsi yüksək olur, ərazi daha çox parçalanmaya məruz qalır. Yarğan-qobu sistemi yaranır. Delüvial çöküntülərin sahəsi və qalınlığı az olan ərazilərdə isə yarğan-qobu sistemi ya heç yaranmır, ya da zəif inkişaf etmiş olur.

Çöl və çöl-düzən zonalarının geoloji quruluşunda löslər, lösvari qruntlar yeraltı sular dərinə yerləşdiyi sahələrdə rast gəlinir. Delüvial, delüvial-elüvial və allüvial çöküntülər isə aşağı suayırıcılarda, yamac və çay terraslarında üst təbəqə şəklində daha çox təşəkkül tapırlar. Ona görə də, yarğanlaşma əksər hallarda həmin qruntlarda baş verir. Löslərin qalınlığı həmin zonalarda 5÷6 m-dən 30÷50 m-dək dəyişir. Löslər əksər hallarda tozlu və çox tozlu yüngül gilcələrdən təşkil olunurlar. Onlar asan yuyulan və suda parçalanan olduqlarından yarğan-qobu sisteminin formalaşması üçün əlverişli şəraitə malikdirlər /14/.

Yarğanlaşma prosesinə qruntların tərkibi və xassələri, ərazinin relyefi, suyığı sahənin ölçüləri də təsir edir. Məsələn, löslər üçün şaquli sütunlu fərqlilik səciyyəvi olduğundan,



Şəkil 3.60. Fəaliyyət göstərən yarğanın əsas elementləri (İ.D. Qolova görə): I, II və III müvafiq olaraq I, II və III dərəcəli yarğanlar.



Şəkil 3.61. Yarğan-qobu sisteminin tipi (S.S. Soboleva görə). a-zəif şaxələnmiş; b-güclü şaxələnmiş.

onlarda yaranan yarğanların yamacı dik olub, yuxarı hissələrində 3-5 m hündürlüklü, «asılmış» vəziyyətdə olan çıxıntılar, yamacın qaşları boyu isə çatlar hesabına əmələ gələn pilləvarilik səciyyəvidir. Bu isə onu göstərir ki, qruntların tərkibi və xassələri yarğanlaşma üçün əlverişli şərait yaratmaqla bərabər, yarğanın morfoloji xüsusiyyətlərinə də təsir edir.

Yarğanlaşmanın inkişafına relyef və iqlimin təsiri yaranan müvəqqəti yerüstü su axınının sərfi və axın sürəti ilə əlaqədardır. Belə ki suyuğıcı sahə böyük, atmosfer yağıntılarının illik miqdarı çox, yamac yüksək və çox dik olduqda, müvəqqəti yerüstü su axınlarının sürəti və yuyucu təsiri də böyük olur. Müvəqqəti yerüstü su axınlarının yuyucu təsiri çaylarda olduğu kimi eroziya bazisi ilə əlaqəli şəkildə dəyişir. Yerli eroziya bazisinə nəzərən suyuğıcı sahə daha hündürdə yerləşərsə, dik yamaclarda yarğanlarla relyefin parçalanması daha güclü olur, eroziya prosesi intensiv şəkildə baş verir.

Müşahidələr göstərir ki, /22/ yamacların dikliyi ($<2^0$ olduqda) azaldıqca yumşaq qruntların yuyulması zəif gedir, $2^0\div5^0$ arasında dəyişdikdə isə yuyulma və qrunnt hissəciklərinin su ilə daşınması müəyyən qədər müşahidə olunur. Yamacların dikliyi $4\div5^0$ -dən $7-8^0$ -dək olduqda isə səth üzrə və xətti eroziya hər yerdə müşahidə olunmaqla, intensiv şəkildə baş verir. Dikliyi 8^0 -dən çox olan yamaclarda çala-çuxurlar çox olur və tez bir zamanda yarğana çevrilir. Ona görə də, yarğanlaşmanın poqnozunun tərtibi zamanı yamacların dikliyinin qiymətləndirilməsinə xüsusi ilə diqqət yetirilməlidir. Yamacları dikliyinə görə F.P.Savarenski cədvəl 3.15-dəki kimi təsnifləndirmişdir.

Yarğanlaşma müvəqqəti yerüstü su axınının miqdarına müvafiq şəkildə baş verir. Yerüstü müvəqqəti su axınının miqdarı isə düşən atmosfer yağıntılarının miqdarından, növündən, intensivliyindən, il boyu miqdarının paylanması, yerüstü su axınını (yerüstü axın əmsalını) yaradan şəraitdən asılıdır.

Leysan yağışların yağması, qarın və buzlaqların intensiv əriməsi zamanı yarğanlaşma intensivləşir. Xüsusi ilə qısamüddətli və intensivliyi 0,5-1 mm/dəq olan yağışların yağması zamanı yarğanlaşma daha güclü olur. Belə ki leysanlar suyuğıcı sahədə daha tez çoxqun axın formalaşdıraraq, $40\div50$ m/il, bəzən isə $60\div70$ m/il sürəti ilə yarğanlaşmanın baş verməsinə səbəb olurlar.

Uzunmüddətli, orta intensivliklə yağan yağışlar da yarpaqlaşmaya güclü təsir edir. Belə ki yağın yağışların ilkin miqdarı daha çox infiltrasiyaya sərf olunduğundan və yerin üst təbəqəsinin islanmasına, su ilə doymasına səbəb olur. Yağışların sonrakı miqdarının çox hissəsi yerüstü axınların formalaşmasına sərf olunurlar və eroziya prosesinin güclənməsi ilə nəticələnirlər.

Cədvəl 3.15

**Yamacların dikliyinə görə fərqləndirilməsi
(F.P.Savarenskiyə görə, 1939).**

Yamacların dikliyi	α , dərəcə	$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{b}$
Zəif hiss olunan	0-2	0-0,035
Çox yatıq	2-5	0,035-0,09
Yatıq yaxın	5-15	0,09-0,27
Yatıq	15-30	0,27-0,58
Dik	30-45	0,58-1,00
Çox dik	45-60	1,00-1,7
Fövqəladə dik	60-75	1,7-3,70
Asılmış yaxın	75-90	>3,70
Asılmış	>90	

Yarpaqlaşmanın qarşısını alan amil kimi bitki örtüyünün rolu böyükdür. Bitkilərin varlığı düşən atmosfer yağıntılarının, buz və qarın əriməsi hesabına yaranan suların axınını tənzimləyir. Belə ki yağıntıların bir hissəsi bitkilərin gövdəsi, yarpağı və kök sistemi vasitəsi ilə tutulur, mənimsənilir və buxarlandırılır, yerüstü su axınının sürəti bitkilərin yaratdığı müqavimət hesabına azaldılır. Bunun nəticəsi olaraq eroziya prosesi zəifləmiş olur.

Yarpaqlaşmanın inkişafında insanların təsərrüfat fəaliyyəti çox böyük rol oynayır. İnsanların suayırıcılarda, yamaclarda bitki örtüyünü məhv etməsi, qeyri-düzgün əkin və suvarma aparması, kanalların, yolların, müxtəlif qurğuların tikilməsi zamanı müvafiq normativlərə əməl edilməməsi və s. nəticəsində müvəqqəti yerüstü su axınlarının rejimlərinin dəyişməsi baş verir. Bu da yamaclarda, mütləq hündürlüyü az olan suayırıcılarda dərinlik və səth eroziyasının getməsinə səbəb olur.

Bir tərəfdən bitki örtüyünün suyuğıcı sahədə, yamaclarda məhv edilməsi, digər tərəfdən isə müvəqqəti yerüstü su axınları üçün eroziya bazisi olan su obyektlərində (göllər, su tutarlar, çaylar və s.) lildən təmizləmə, məcranın dərinləşdirilməsi, qum-çınqıl karxanalarının yaradılması kimi işlərin yerinə yetirilməsi ilə relyefin nisbi hündürlüyünün süni olaraq artırılması suyuğıcı sahədə və yamacda eroziya prosesini xüsusi ilə intensivləşdirir. Bu halda dib eroziyası daha güclü olur. Hal-hazırda Azərbaycanda Böyük Qafqazın cənub və şimali-şərq yamaclarından axan çayların suyuğıcı sahəsində oxşar proses getməkdədir. Bunun nəticəsi kimi yağan yağıntıların çox hissəsi yerüstü axına sərf olunur ki, bu da eroziyanın getməsinə, çayların su sərfinin artmasına səbəb olur.

Yarğanlaşmaya qarşı mübarizə tədbirləri. Yarğanlaşma inkişaf etmiş ərazilərdə yerüstü su axınlarının nizamlanması, ərazilərin dağılmasının qarşısının alınması üçün müvafiq mübarizə tədbiri yerinə yetirilməlidir. Həmin tədbirlər o zaman fayda verir ki, onlar kompleks şəkildə aparılır. Həmin kompleks tədbirlərdən aşağıdakıları göstərmək olar:

1. Meşəmeliorativ işlər. Yerüstü axının nizamlanması, ərazinin su rejiminin dəyişdirilməsi və qruntların biləvasitə möhkəmləndirilməsi üçün qoruyucu meşə zolağının, meşə sahələrinin yaradılmasından, bitkilərin müxtəlif qayda üzrə əkilməsindən ibarətdir. Meşəmeliorativ tədbirlərə əlavə olaraq yamac üzrə çoxillik ot bitkilərinin əkilməsi daha da faydalı olur. Həmin otlar yaxşı kök sisteminə və yerüstü gövdəyə malik olduqlarına görə torpaq qatını möhkəmləndirməklə, onları aşınmadan qorumaqla bərabər, həm də yerüstü su axınlarının sürətini azaltdıqlarına görə eroziyanın qarşısını alırlar.

2. Sututucu, susaxlayıcı və sutənzimləyici qurğuların tikilməsi. Yerüstü su axınlarının tutulması və yavaşdırılması, həmçinin suların infiltrasiyasının artırılması üçün yerinə yetirilir. Həmin tikintilərə suyuğıcı sahədə tikilən suaxıdıcı xəndəklər, qanovlar, susaxlayıcı damba və kaskadlar, susüzdürücü damba və bəndlər aiddirlər. Bənd və dambalar vasitəsi ilə hövzədə yaradılan sututarlar yerüstü axının mailliyini və sürətinin dəyişirlər, su ilə nəql olunan qrunnt hissəciklərinin çökdürülməsinə, suların infiltrasiyasına şərait yaradırlar. Nəticədə onların təsir zonasında eroziya prosesi zəifləyir.

3. *Fəal yuyulma baş verən çala-çuxurların qrunut parçaları ilə doldurulması*, daşların düzülməsi, qabionlarla, beton plitələrlə, daş tökmələrlə, svaylarla bərkidilməsi, çim qatı ilə örtülməsi tədbirləri.

4. *Torpaqdan istifadə və aqrotexniki qaydalara ciddi əməl olunması*. Bu qaydalar müəyyən edilmiş zonalar daxilində meşələrin qırılmasının, torpaqların şumlanması, dağ və tikinti işlərinin aparılmasının, heyvanların otarılmasının və s. qadağan edilməsindən ibarətdir. Torpaqların şumlanmasına yalnız xəndək və şırımlar şəklində, yamacın uzantısı boyu (köndələninə) yol verilir. Torpaqların bu şəkildə şumlanması yerüstü su axınının sürətini azaldır, infiltrasiyanın artmasına səbəb olur.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov Q.Ş., Məmmədova S.Z., Şabanov C.Ə. Torpağın eroziyası və mühafizəsi. Bakı: «Elm» nəşriyyatı, 2009. 340 s.
2. Великанов М.А. Русловой процесс. М.: Физматгиз, 1958. 396с.
3. Гончаров В.Н. Движение наносов. М. Л.: ОНТИ, 1938. 322 с.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 374 с.
5. Гончаров В.Н. Нормы допускаемых неразмывающих скоростей.- Гидротехническое строительство, 1936, №5, с. 5-18.
6. Гончаров В.Н. О взвешении наносов. М. Л.: Госстройиздат, 1933. 186 с.
7. Гончаров В.Н. Основы динамики русловых потоков. Л.: Гидрометеоиздат, 1954. 452 с.
8. Денисов Н.Я. Инженерная геология и гидрогеология. М.: Гос. Изд. Лит. По строительству и архитектуре. 1957. 365 с.
9. Замарин Е.А., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения, Гос.изд. сельскохозяйственной литературы, М: 1960. 624 с., с. 493-500.
10. Ибад-заде Ю.А. Движение наносов в открытых руслах. М.: Стройиздат, 1974. 352 с.
11. Инженерно-геологические исследования для гидроэнергетического строительства. Т.1. М.: Госгеолоиздат, 1950. 320 с.

12. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 272 с.
13. Леви И.И. Инженерная гидрология. М.: Высшая школа, 1968. 198 с.
14. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л. : Недра, 1977. 479 с.
15. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР. Географгиз, 1952.
16. Мирцхулава Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 304 с.
17. Мирцхулава Ц.Е. Методы установления размывающих скоростей для связных грунтов. Труды конф. по гидротехнике, 1959, с.1-15 (г. Брно, Чехословацкий политехнический институт).
18. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М.: Колос, 1967. 180 с.
19. Мирцхулава Ц.Е. Размывающие и допускаемые скорости водного потока и факторы их обуславливающие. -Труды Всес. науч.-техн. совещ. по водозаборам и русловым процессам, 1960, с.31-35.
20. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты. Гидрометеиздат, 1946.
21. Прочухан Д.П. О значении продольного профиля речной долины.- Сов. Геология, 1960, №9. 113-121 с.
22. Региональные системы противоэрозионных мероприятий.М.: Мысль, 1972. 544 с.
23. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. М.: ГОНТИ, 1939. 498с.
24. Студеничников Б.И. Размывающая способность потока и методы русловых расчетов. М.: Госстройиздат, 1964. 183 с.
25. Сус Н.И. Эрозия почвы и борьба с нею. М.: Сельхозгиз, 1949. 350 с.
26. Шамов Г.И. Речные наносы. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 378 с.
27. Lane E.W. Progress report on studies of the design of the stable channels by the Bureau of Reclamation.- Proc. ASCE, 1956, V. 79, N 280.
28. Vanoni V.A. Fifty years of sedimentation.- J. Hydraul. Eng., 1980, V.110, N 8.

3.1.8. SEL, DAŞQIN VƏ SUBASMA

Sel hadisəsi. Sel dedikdə dağlıq ərazilərdə formalaşan, qəflətən baş verən, tərkibi su və bərk materiallardan (qrunt hissəciklərindən) təşkil olunan qısamüddətli yerüstü axın nəzərdə tutulur. Sel atmosfer yağıntılarının daha çox düşməsi, qar-buz örtüyünün intensiv əriməsi, həmçinin çoxlu grunt hissəcikləri toplanmış vadidə sututar bəndinin dağılması nəticəsində əmələ gəlir. Sellərin yaranması üçün dağlıq ərazilərdə çöküntü qatının kifayət qədər toplanması və qəflətən meydana gələn böyük sərfli yerüstü su axınının həmin çöküntüləri özü ilə nəql etdirməsi lazımdır. Ayrı-ayrılıqda axan həmin axınlar çay vadilərinə doğru istiqamətlənilir. Çay hövzəsində bu şəkildə formalaşan yerüstü axınlar çaylarda toplanaraq daha güclü dağıdıcı təsirə malik olurlar.

Sel axınlarının formalaşdığı suyuğıcı sahə sel hövzəsi, sel baş verən çaylar isə selli çaylar adlanır.

Selli çaylarda sellərin yaranması adətən daşqın dövrünə təsadüf edir. Sellər özləri ilə iri qaya parçalarını, qayma daşları, çaqılı, çinqili, qumu, gili, köklü ağacları, ağac parçalarını, asılı və suspenziya halında grunt hissəciklərini nəql etdirirlər. Onların çox böyük sürətli və sürətli axınının davamətmə müddəti 3-5 saatadək ola bilər. Bəzən çay məcrasında və yaxud müvəqqəti yerüstü su axınlarının qarşısında uçqun, sürüşmə, tökülmə və s. ilə əlaqədar olaraq toplanmış maneə sürətli su axımının təsiri ilə yarıldıqda selin davamətmə müddəti 8-12 saatadək olur. Selin əmələ gəlmə vaxtı haqqında yalnız müəyyən ehtimalla proqnoz vermək olar.

Sel axınlarının tərkibində bərk materialların miqdarı 10-15%-dən 40-60%-dək dəyişə bilər. Adi daşqından fərqli olaraq selin tərkibində bərk materialın miqdarı daha çox, hədsiz dərəcədə çox olur. Su və bərk materiallardan bu şəkildə təşkil olunmuş, sürətli axının enerjisi və dağıdıcı gücü də yüksək olur. Ona görə də, selin geoloji fəaliyyəti daha güclüdür.

Əksər tədqiqatçılara görə sel axınlarının materiyasının (su və bərk materiallardan ibarət olan qarışığının) sıxlığı 1,12-1,20 t/m³-dən 1,50-1,90 t/m³-dək, Azərbaycanın selli çaylarında isə 2,30 t/m³-dək olduğu qeyd edilir. Onların tərkibində çoxluq təşkil edən bərk materiala görə M.A.Velikanov sel axınlarını palçıqlı, daşlı-palçıqlı və daşlı-sulu, S.M.Fleyşman isə həmin əlamətə görə palçıqlı, daşlı-

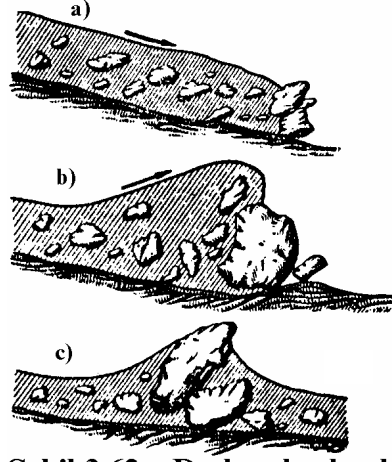
palçıqlı, palçıqlı-daşlı, daşlı-sulu, qumlu-sulu, tozlu-sulu kimi qruplaşdırmışdır.

Daşlı-sulu sellər daha çox müxtəlifcinsli olub, tərkibində qaya parçaları, qayma daşlar, çınqıl, çaqıl, qum və az miqdarda gilli torpaq iştirak edir. Sel özü ilə nəql etdirdiyi çöküntüləri çökdürdüyü zonalarda iri fraksiyalı hissəciklərdən ibarət çöküntü qatı formalaşır. Daşlı-sulu sel axınını təşkil edən qarışıq sızılığı $1,15 \text{ t/m}^3$ -dən $1,55 \text{ t/m}^3$ -dək olur. Daşlı-palçıqlı sellər (şəkil 3.62) də tərkibində kobud dənəli qum hissəciklərinin iştirakına görə müxtəlifcinslidir, ancaq gilli torpaq qarışığının daha çox iştirakı ilə fərqlənirlər. Sel axınını təşkil edən qarışıq özlü olub, sızılığı $1,20$ - $1,30 \text{ t/m}^3$ -dən $1,70$ - $1,90 \text{ t/m}^3$ -dək dəyişir. Daşlı-palçıqlı sellərin əmələ gətirdiyi çöküntülər əlaqəli süxurlara çevirirlər, axın formasında, vallar, buzlaq buzuna bənzər dil şəkilli yatım əmələ gətirirlər.

Ümumiyyətlə, sellərin və sel axınlarının geoloji fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq, nəql olunaraq çökdürülmüş çöküntülər **prolüvial** (latın sözü olub-**yuyuram** deməkdir) çöküntülər adlanır. Onlar adətən dağətəyi düzənliklərdə və dağarası çökəkliklərdə dağ çaylarının, kiçik çayların və müvəqqəti yerüstü su axınlarının prolüvial şleyflərini, gətirmə konuslarını və həmin su axınlarının mənsəbində çöküntülərin üst qatını əmələ gətirirlər. Onlar tez-tez gilcə və qumçalardan təşkil olunaraq löslərə oxşadığından, lösvəri gruntlar kimi də adlandırılırlar. Onların tərkibində iri dənəli qum hissəcikləri də iştirak edir.

Sellərin daha çox inkişaf etdiyi ərazilər və onların təsir dairəsi.

Sellər dağlıq ərazilərdə formalaşan geoloji hadisə olub, keçmiş SSRİ məkanında Karpatlarda, Krımda, Şimali Qafqazda, Cənubi Qafqazda, Pribaltikada, Baykal ətrafı, Orta Asiyanın və Uzaq Şərqn rayonlarında daha çox baş verirlər. Azərbaycan ərazisində sellər daha çox Böyük və Kiçik Qafqaz sıra dağlarından öz başlanğıcını götürən çaylarda və həmin ərazilərdə müvəqqəti



Şəkil 3.62. Daşlı-palçıqlı sel axınının quruluşu. a-sel axını; b-qəflətən maneəyə rast gələn sel axını; c-axının ortasında qalma (N.Y.Denisova görə).

yerüstü axınlar şəklində təzahür edirlər. Azərbaycan ərazisində sellərin daha böyük dağıdıcı təsiri Şəki-Zaqatala bölgəsinin çaylarında qeydə alınmışdır. Həmin çaylardan Kişçayı, Şinçayı, Kürmükçayı, Muxaxçayı və s. göstərmək olar. Sellər daxili enerjilərindən asılı olaraq müxtəlif ölçülü bərk materialları suda asılı vəziyyətdə, diyirləyərək, sürüyərək və s. şəkildə mürəkkəb hərəkət etdirərək özləri ilə nəql etdirirlər. Bəzən diametri $>2-3$ m olan qaya parçaları [21], müxtəlif bərk materiallar sellər vasitəsi ilə bir yerdən başqa yerə daşınırlar.

Formalaşma şəraitindən asılı olaraq (axının sərfi, qarışıqın tərkibi, relyefin mailliyi və səthinin açıqlığı və s.) sellər axın istiqamətində qruntları müxtəlif dərəcədə yumaq, dağıtmaq, özləri ilə nəql etdirmək və çökdürmək kimi geoloji fəaliyyətə malikdirlər. Sellərin enerjisi nə qədər çox olarsa, bir o qədər öz qarşılarına çıxan qurğu və tikililəri, yolları, boru kəmərlərini, körpüləri, bəndləri, elektrik xətlərini və s. obyektləri dağıdaraq, insanların və digər canlı varlıqların ölümünə səbəb olurlar, iqtisadi ziyan vururlar.

Sellərin yaratdığı fəlakətlərə aid çoxlu misal göstərmək olar. Misal olaraq 1891-ci ilin avqustun 17-dən 18-nə keçən gecə Avstriya Alpının dərəsində yaranan sel axınının dalğası Tirolunda 18 m-ə çatmış və nəticədə çox geniş ərazi az vaxt ərzində qalın daş-palçıq təbəqəsinin altında qalmışdır.

ABŞ-ın Sakit okean sahillərində yerləşən Los-Anceles şəhəri tez-tez (25 yanvar 1914-cü il, 1 yanvar 1934-cü il və 1 mart 1938-ci il) sellərin təsirinə məruz qalmışdır. 1938-ci ildə baş verən sel dağlardan 11 mln. m^3 daş-palçıq qarışıqını 2000 m^3 /san sərf ilə nəql etdirərək, böyük ziyan vurmuş, 200-dən çox insanın ölümünə səbəb olmuşdur.

8 iyul 1921-ci ildə Zailiyskinin Alatan dağında yağan güclü leysan yağışından sonra yaranan daş-palçıq seli özü ilə Alma-Ata şəhərinə 3,5 mln. m^3 -dən çox bərk material gətirmişdir.

15 iyul 1973-cü ildə, yerli vaxtla saat altıya beş dəqiqə qalmış, hövzənin yuxarılarında moren (buzlaq mənşəli) gölünün uçması nəticəsində Kiçik Almaatinka çayının məcrasında Minjilka vadisi üzrə yaranan daşlı-palçıqlı sel, 2 saatdan sonra Medeo bəndi qarşısında 4 mln. m^3 çöküntünün toplanmasına səbəb olmuşdur. Sel axımının maksimal sərfi 2-3 min m^3 /san, orta sərfi 500 m^3 /san olmuşdur. 18 iyul tarixinədək əlavə olaraq iki dəfə sel axını keçmiş

və bəndin qaşının aşağı nöqtəsinə çatmağa 6 m qaldığından əlavə tədbirlər görülmüşdür /13/.

Sellərin yaratdığı təhlükə, onların ölkə iqtisadiyyatına vurduğu ziyan böyük olduğundan, onun öyrənilməsinə daim diqqət yetirilmişdir.

Sellərin tədqiqinə dair tədqiqatçılar tərəfindən çoxlu elmi-tədqiqat materialları dərc etdirilmişdir. Onlardan daha çox istifadə edilənlərin P.S.Neporojny (1947), N.S.Durnbaum (1949), M.S.Qaqoşidze (1949-1966), İ.V.Boqolyubova (1957), İ.İ.Xerxeulidze (1947, 1967), S.M.Fleyşman (1955, 1970) və b. tərəfindən dərc etdirilmiş elmi əsərləri misal göstərmək olar. Azərbaycanda sellərin tədqiqi ilə M.S.Qaqoşidze (1947), L.N.Leontyev (1947), S.Q. Rüstəmov (1956), S.M.Əmircanov (1966), U.R.Mirzəzadə (1966; 1973), N.M.Məmmədov (1987; 1988; 1989), B.M.Əhmədov (1988; 1989) və başqaları məşğul olmuş, onların axın rejimini tədqiq etmiş, yerli şəraitə müvafiq kompleks mübarizə tədbirləri işləyib hazırlamışlar.

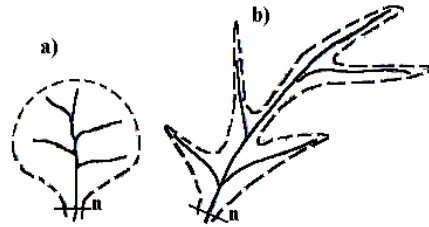
Sellərin formalaşma şəraiti. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, selin baş verməsi üçün ilkin şərt güclü yerüstü su axınının yaranmasıdır. Bundan sonra yaranmış su axınlarının yumşaq qruntları yuyub parçalayaraq özləri ilə nəql etdirməsi və ayrı-ayrılıqda axan axınların ümumi bir məcrada toplanaraq enerjilərini daha da artırmalarıdır.

Statistik məlumatlar əsasında demək olar ki, selin yaranması əksək hallarda leysan xarakterli intensiv yağan yağışlarla, az hallarda qar, buz örtüyünün intensiv əriməsi ilə əlaqədar olur. Bəzən isə göllərin (buzlaq, qeyri-buzlaq), süni sututarların dağılması zamanı yaranır.

Məlum olduğu kimi, yağan atmosfer yağıntıları yerüstü və yeraltı axına, bitki örtüyünün su tələbatının ödənilməsinə, buxarlanmaya sərf olunur. Sel qısa müddət ərzində yaranan və təsir göstərən bir hadisə olduğundan, selin fəaliyyət göstərdiyi müddət ərzində suyuqıcı sahədə kəskin parçalanmış relyefli ərazilərdə buxarlanma və infiltrasiyanın başqalarına nisbətən az olduğunu demək olar. Beləliklə, daşqın sərfi yağan atmosfer yağıntılarından, əriyən qar və buz örtüyündən, seli formalaşdıran əsas axına, eyni zamanda çatan suyun miqdarından və sürətindən asılı olaraq formalaşır. Bitki örtüyü sıx olan ərazilərdə, relyefin maillyi az olduqda, yer səthində sukeçiriciliyi yaxşı olan qruntlar

yatdıqda yağan yağıntıların çox hissəsi bitkilər tərəfindən mənimsənilir və infiltrasiyaya sərf olunur, yerüstü axının miqdarı azalır. Ona görə də, bitki örtüyü sıx olan ərazilərdə selin əmələ gəlməsi üçün əlverişli şərait olmur.

Daşqın sərfinin formalaşması zamanı hövzədə yaranan axınların sürəti və onların əsas axına eyni zamanda qovuşması hövzənin ölçülərindən, formasından və ərazinin relyefinin mailliyindən asılıdır. Simmetrik hövzələrdə yerüstü axın əsas axının (bütün axınların toplaşaraq bir məcrada birləşdiyi axın) müvafiq en kəsiyinə eyni vaxtda çatırsa (şəkil 3.63, a), qeyri-simmetrik hövzələrdə isə bütün şəraitlər əvvəlki ilə eyni olduğu halda, həmin en kəsiyinə müxtəlif hissələrdən gələn axınlar müxtəlif vaxtda çatacaqlar (şəkil 3.63, b). Ona görə də, simmetrik hövzədə sel axını eyni zamanda yarandığı halda, qeyri-simmetrik hövzədə axın sərfinin və su səviyyəsinin artımı tədrici, simmetrik hövzədəkinə nisbətən az olacaqdır. Uyğun olaraq simmetrik hövzə selin yaranması üçün daha əlverişli şəraitə malikdir.



Şəkil 3.63. Sel hövzəsinin forması. a-simmetrik; b-asimmetrik.

Sel axınlarının formalaşmasında hidroloji şərait ilkin və vacib amillərdəndir. Belə ki sel axınları meteoroloji şəraitə uyğun formalaşır. Sellərin böyük dağıdıcı qüvvəyə malik olması, daşlı-sulu, daşlı-palçıqlı qarışıqdan ibarət olan axının böyük sürətlə hərəkət etməsi ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında yaranır. Bu təsir isə eroziya bazisi ilə hövzənin ən yüksək hissəsinin hündürlüklər fərqinə (nisbi hündürlüyə) və relyefin mailliyinə mütənasibdir.

Sel hövzəsi axının tərkibində və enerjisində yaranan dəyişikliyə görə 3 zonaya-selin **formalaşma, nəql olunma və çökdürülmə (boşalma)** zonalarına ayrılır.

I zonada sel axınının tərkibi formalaşır. Bu zonada toplanmış uçqun, tökülmə, sürüşmə materialları, aşınma qatı qəflətən yaranan güclü yerüstü su axınları ilə nəql olunur. Dağlıq hissələrdən dərəyə doğru hərəkət edən bu axınlar əsas axında toplaşaraq sellərin tərkibini və enerjisini formalaşdırır. Bu zonada əsas axının məcrasının mailliyi 30-50⁰-dək olur.

II zonada, yəni nəql olunma zonasında selin formalaşmış tərkibi və axın rejimi az dəyişikliyə uğrayır. Bu dəyişiklik nəql

olunma zonasında müəyyən yan eroziyasının baş verməsi nəticəsində axının tərkibinin dəyişməsi və ya axın istiqamətində cüzi olaraq çöküntülərin toplanması hesabına kənar valların yaranması şəklində təzahür edir.

III zona nəql olunma zonasından sonra gəlməklə, sel enerjisinin azaldığı və özü ilə nəql etdirdiyi çöküntüləri çökdürdüüyü zonadır. Bu zona sel gətirdiyi çöküntülərin (**prolüvial çöküntülərin**) toplanma zonasıdır.

Sel axınlarında ola bilər ki, üç zona eyni zamanda iştirak etməsin. Əksər hallarda nəql olunma zonası iştirak etmir. Ona görə də, sel formalaşma zonası birbaşa boşalma və yaxud sönmə (çökdürmə) zonasına keçir. Bu vəziyyət xırda sel axınlarında təsadüf edir. Sel axınları iri su hövzələrinə boşaldıqda selin sönmə zonası olmur.

Sellər axın rejiminə görə kvazilaminar və turbulent olurlar.

Dağ çaylarının əsas suyuğıcı hissəsi müxtəlif mütləq və nisbi hündürlüklərə malik ərazilərdə yerləşə bilər. Yüksək dağlıq hövzələr üçün (meşə zolağının yayılma zonasından 2500 m-dən yuxarıda yerləşən) fiziki aşınma, müxtəlif kollüvial çöküntülər (ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında sürüşərək, diyirlənərək yamacın dabanında və ətəklərində toplanmış çöküntülər), buzlaq çöküntüləri səciyyəvidir. Bu zonalarda selin əmələ gəlməsi yağış suları ilə bərabər, buzlaq və qarın əriməsi, bəzən buzlaq göllərinin uçması ilə əlaqədar olur. Onlar çox böyük həcmə, sərfə və dağıdıcı qüvvə ilə səciyyələnirlər və çox təhlükəli olurlar.

Orta dağlıq hövzələrdə, yəni 1000-1200 m-dən 2000-2500 m-dək mütləq hündürlüklü ərazilərdə yerləşən hövzələrdə axının bərk materiallarla zənginləşməsi uçqun, səpilmə, tökülmə, sürüşmə materiallarının, elüvial, delüvial, allüvial və buzlaq-su çöküntülərinin hesabına baş verir. Selin bu hövzədə yaranması leysan xüsusiyyətli yağışlarla əlaqədar olur və böyük həcmə, sərfə, güclü dağıdıcı təsirə malik olub, kifayət qədər təhlükəlidirlər.

Alçaq dağlıq hövzələrdə, yəni 1000-1200 m mütləq hündürlüyə malik ərazilərdə selin formalaşması leysan xüsusiyyətli yağışların yağması zamanı ərazidə toplanmış kollüvial, delüvial, elüvial və allüvial çöküntülərin yerüstü axınla nəql olunması hesabına baş verir. Bu zonada aşınma prosesində kimyəvi aşınmanın rolu böyük olur, çöküntülərin tərkibində gilli qruntlar

üstünlük təşkil edir və ona görə də daha çox daşlı-palçıqlı sel səciyyəvidir.

Ümumiyyətlə, daşlı-palçıqlı sellər təkcə alçaq dağlıq zonalar da formalaşmır, başqa zonalarda da baş verə bilər. Sel axınlarının tərkibi hövzəni təşkil edən və aşınmaya məruz qalan qruntların tərkibindən asılıdır. Aşınma materiallarının qranulometrik və mineroloji tərkibi ilkin minerallardan, aşınmanı yaradan amillərdən asılıdır. Sel axınının tərkibi təkcə aşınma materialları ilə deyil, müxtəlif ekzogen-geodinamiki proseslərin (sürüşmə, uçqun, buzlaqların, yerüstü suların, küləyin və s. geoloji fəaliyyəti) təsiri ilə parçalanmış, dəyişikliyə uğramış və müvafiq şəkildə hövzədə toplanmış qrunnt hissəcikləri hesabına formalaşa bilər. Sel axınının tərkibi hövzədə formalaşarkən çeşidlənmə yaranır. Müxtəlif ölçülü qrunnt hissəcikləri nəql olunarkən xırdalanır, onların ölçülərinə görə çeşidlənməsi isə yalnız selin boşalma (hissəciklərin çökdürülməsi) zonasında baş verir. Bu isə sel axınının sürətinin azalması ilə əlaqədar olaraq baş verir. Sel axınının sürəti azaldıqda axın istiqaməti üzrə ilkin olaraq böyük ölçülü qrunnt hissəcikləri çökür, sonra isə axın sürətinin qiymətinə müvafiq ölçülü qrunnt hissəcikləri çökməyə başlayırlar. Yerli şəraitə və ərazidə formalaşan sellərin hidroloji xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq sel axınının tərkibinin bəsitləşməsi (qrunnt hissəciklərinin çökdürülməsi) prosesi axının bir neçə kilometrə qədər uzunluğu boyu davam edir.

Sel axınının tərkibinin formalaşmasında tektonik hərəkətlərin təsiri də xüsusi ilə böyükdür. Tektonik hərəkətlər ekzogen-geoloji proseslərin (sürüşmə, uçqun, denudasiya və s.) intensivləşməsinə səbəb olur. Tektonik hərəkətlərin təsirindən qrunnt laylarının yatım şəraiti, onların bütövlüyü pozulur, qırılmalar yaranır, çatlılığı artır, zəlzələlər baş verir. Nəticədə hövzədə yaranan daşqın zamanı yerüstü su axınlarının özü ilə nəql etdirməsi, yəni selin formalaşması üçün lazımi qədər qrunnt hissəcikləri toplanmış olur.

Sel axınının tərkibinin formalaşmasında leysan yağışlarından əvvəl yağışların yağması da böyük təsir göstərir. İlkin yağan yağış hövzədə toplanmış qrunnt qırıntılarını isladaraq yumşaldır, xarici təsirə qarşı (yuyulmaya qarşı) davamsız hala gətirir. Laysan yağışlarının yağması isə həmin qruntların su ilə asanlıqla yuyulub aparılmasına səbəb olur.

Selin yaranmasında və inkişafında insanların fəaliyyəti çox böyük təsir göstərir. Hövzədə ağacların kəsilməsi, torpaqların şumlanması, heyvanların sürü şəklində otarılması, yamaclarda və çay vadilərində müxtəlif tikintilərin inşası, faydalı qazıntı yataqlarının istismarı və s. tədbirlər hidroloji və mikroiqlim şəraitinin dəyişikliyə uğramasına səbəb olur.

Beləliklə, selin əmələ gəlməsinə aşağıdakı başlıca amillər təsir edir:

1.*Ərazinin iqlim və mikroiqlim şəraiti.* Yağıntıların qeyri-bərabər paylanması, leysan yağışlarının yağması, qar və buz örtüyünün toplanması və yay vaxtı sürətlə əriməsi selin yaranmasına çox böyük təsir edir.

2.*Ərazinin geomorfoloji şəraiti.* Bu, hövzənin mütləq hündürlüyə görə yerləşmə vəziyyəti, forması və ölçüləri, dağ çaylarının və müvəqqəti yerüstü su axınlarının vadilərinin quruluşu və relyefin mailliyi ilə müəyyən olunur.

3.*Ərazinin geoloji şəraiti.* Bu, hövzənin geoloji quruluşu, qruntların tərkibi, xüsusiyyətləri, dəyişikliyə uğrama səviyyəsi, geodinamiki proseslər, toplanmış çöküntü qatının qalınlığı, tərkibi və s. ilə müəyyən olunur.

4.*İnsanların təsərrüfat fəaliyyəti.* İnsanların təsərrüfat fəaliyyətinin təsiri ilə təbii-dinamiki tarazlığın pozulması selin yaranması üçün əlverişli şərait formalaşdırır.

Sel axınlarının hidroloji xüsusiyyətləri və zərbə təsirinin qiymətləndirilməsi. Sel axınlarının proqnozlaşdırılması, onların təsirinin qiymətləndirilməsi və müvafiq mühəndisi-mübarizə tədbirlərinin işlənilib hazırlanması zamanı sel axınlarının formalaşma şəraiti, xüsusiyyətləri, hidravliki göstəriciləri (sürəti, sərfi, axın səthinin hidravliki mailliyi və s.), qarşıya çıxan maneəyə göstərdiyi zərbə təsiri və sair təyin olunmalıdır.

Xüsusi ilə müxtəlif hidrotexniki qurğulardan istifadə etməklə sel axınlarının nizamlanması məqsədi ilə həmin qurğuları layihələndirmək üçün onlara sel axınlarının edə biləcəyi maksimal zərbə təsiri məlum olmalıdır. Həmin zərbə təsirinə müvafiq olaraq layihələndirilən hidrotexniki qurğunun dayanıqlılığı hesablanıla və etibarlı konstruktiv həll variantı yaradıla bilər.

Ancaq sel axınları çox mürəkkəb hidroloji xüsusiyyətlərə malik olduğundan qeyd edilən məsələlər hələ də mükəmməl şəkildə öz həllini tapmamışdır.

Sel axınlarının tərkibində iştirak edən suyun vəziyyətindən asılı olaraq axın müxtəlif xarakterli olur. Yəni axının struktur-reoloji xüsusiyyətləri onun tərkibində iştirak edən suyun axını təşkil edən digər təşkiledicilərlə (bərk, qaz) qarşılıqlı münasibəti ilə müəyyən olunur. Misal olaraq, sel axınının tərkibində dispers qrunt hissəcikləri, xüsusi ilə gilli qrunt hissəcikləri çox olarsa, o zaman axının tərkibində iştirak edən su molekulları mitselin ətrafında toplaşdığından, axın əlaqəli olub, laminar (daha doğrusu kvazilaminar) rejimlə baş verir. Sel axınının tərkibində iştirak edən su daha çox sərbəst şəkildə olarsa, o zaman əlaqəsiz sellər yaranır.

Sellərin öyrənilməsi üzrə III Ümumittifaq konferensiyasının (Tiflis, 1952) qərarı ilə daşlı-palçıqlı sellər «əlaqəli və yaxud struktur», daşlı-sulu sellər isə «axıcı və yaxud turbulent» sellər adlandırılmışdır.

Bərk fazanın (qrunt hissəciklərinin) ilkin hərəkət xarakterinə görə sel axınlarının yaranmasının **eroziya və sürüşmə** tipləri fərqləndirilir.

Eroziya xarakterli sellərin yaranması zamanı aşınmış qrunt təbəqəsinin hərəkəti su axınları vasitəsi ilə və yaxud suspenziya şəklində baş verir. Sel axınının bərk fazası suda asılı şəkildə və yaxud məcra dibi ilə hərəkət etdirilir. Nəql olunan qrunt hissəciklərinin qranulometrik tərkibi müxtəlifcinsli olduqda, böyük ölçülü hissəciklər məcranın müəyyən hissələrində, axın sürəti az olan yerlərdə çökərək çıxıntılar yaradır. Həmin çıxıntılar axın sürəti yuma sürətindən böyük olduqda yuyulur və dərinlik eroziyası baş verir.

Selin sürüşmə xarakterli tipinin yaranması zamanı yerüstü axınla və yaxud yağan atmosfer yağıntıları ilə islanmış yamac sürüşərək selin formalaşmasında iştirak edir, yəni daşqın axını ilə nəql olunub seli formalaşdırır.

Hər bir yerüstü su axını özü ilə müəyyən miqdarda aşınmış qrunt hissəciklərini nəql etdirmək qabiliyyətinə, yəni çöküntülərlə doyma həddinə malikdir. Su axınının çöküntülərlə doyma həddi (C_b) A.İ.Şekoya görə aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$C_b = \frac{W_b \cdot l}{Q}, \quad (3.146)$$

burada W_b – su cərəyanının vahid uzunluğunda bərk fazanın sərfi, m^2/san ; l – selin yaranma ocağından ölçmə aparılan en kəsiyə qədər

məsafə, m; Q-yuyulan qrunun nəmliyi nəzərə alınmaqla sərfi, m³/san.

Aparılmış tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, selin formalaşması zamanı su axınları qrun hissəciklərini öz tərkiblərinə qatarkən axının sürəti dəyişir. Y.K.Rabkovaya görə bu zaman axının sürəti artır, əksər tədqiqatçılar isə əksinə olaraq axın sürətinin azaldığını qeyd edirlər.

Daşqın axınlarının sürətinin təyini üçün M.F.Sribniy, F.Vanq, F.P.Savarenski, İ.K.Popov, İ.Q.Yesman və V.N.Qonçarov, Y.K.Rabkova, Teri və digər tədqiqatçılar, əlaqəli-struktur axınlar üçün isə M.A.Mostkov, S.M.Fleyşman və s. tərəfindən müvafiq düsturlar təklif edilmişdir. Həmin düsturlardan daşqın və turbulent sel axınlarının sürətinin təyini üçün istifadə etmək olar. Bunun üçün, müəlliflərə görə, su axınının sürətindən, axının tərkibində iştirak edən bərk hissəciklərin miqdarından və tərkibindən asılı olaraq həmin düsturlara müəyyən düzəliş əmsalı əlavə edilməlidir.

M.F.Sribniyə və Y.K.Rabkovaya görə daşqın axınlarının sürəti müvafiq olaraq aşağıdakı düsturlarla təyin edilir.

M.F.Sribniyə görə

$$g_a = \frac{65}{a} \cdot H^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{4}}; \quad (3.147)$$

Y.K.Rabkovaya görə isə

$$g_a = C \cdot \sqrt{R \cdot J} \cdot e^{-1,18 \left(\frac{\gamma_a}{\gamma_s} - 1 \right)}, \quad (3.148)$$

burada g_a - çöküntülü (qrun hissəcikli) axının sürəti, m/san; γ_a - çöküntülü axının sıxlığı, t/m³; γ_s - su axınının sıxlığı, t/m³; C - Şezi əmsalı, m^{0.5}/san; J - hidravliki qradient; R - hidravliki radius (canlı en kəşik sahəsinin islanmış perimetrə nisbəti), m.

M.F.Sribniyin təklif etdiyi hesablama düsturuna düzəliş əmsalı əlavə etdikdə (axına bərk hissəciklərin qarışması ilə əlaqədar olaraq) sel axınının sürəti mailliyin artmasından və axının çöküntülərlə doyma həddindən asılı olaraq Şezi əmsalı və turbulent sel axınının sürəti su axınındakına nəzərən 1.02-1,96 dəfə azalır. Y.K. Rabkovanın təklif etdiyi düsturda müvafiq düzəliş əmsalı əlavə etdikdə isə əksinə olaraq artır [7].

S.M.Əmircanov (1965) və U.R.Mirzəzadə (1965, 1973) tərəfindən Azərbaycanın Şəki-Zaqatala bölgəsinin selli çaylarında

aparılan tədqiqatlara əsasən, çayların gətirmə konusu zonasında M.F.Sribniyin müəyyən etdiyi qanunauyğunluq, çayların dağlıq ərazilərə aid dayanıqlı, məcralı hissələrində (böyük maillik və ensiz kanonla səciyyələnən) isə Y.K.Rabkova tərəfindən müəyyən edilmiş qanunauyğunluq özünü doğruldur /4, 21/.

Həmin tədqiqatlara əsasən çayların dağlıq və dağətəyi ərazilərə aid hissələrində axının tərkibi dəyişmir və akkumulyasiya baş vermir. Axının parametrlərinin müəyyən qiymətində çöküntülərlə doymuş axının və su axınının sürəti bərabərləşir. Axının qalınlığından asılı olaraq gətirmə konusunun 3-7 km-dək uzunluğu boyu çöküntülərin akkumulyasiyası baş verir.

Natur tədqiqatları əsasında yamacların dikliyinə görə Şəki-Zaqatala bölgəsi çaylarının hövzəsi aşağıdakı kimi təsnifləşdirilmişdir /4/:

1. Yatıq yamaclar – $5^{\circ} \div 15^{\circ}$;
2. Orta diklikli yamaclar - $15 \div 30^{\circ}$;
3. Dik yamaclar- $>30^{\circ}$.

Müvafiq olaraq çay məcraları da mailliyinə görə az maili (gətirmə konusu zonası - $i = 0,02 \div 0,05$), orta maillikli (dağətəyi hissə - $i = 0,05-0,10$) və çox maili (dağlıq hissə - $i = 0,10-0,20$) kimi təsnifləşdirilmişdir.

Laborator və çöl tədqiqatları əsasında S.M.Əmircanov və U.R.Mirzəzadə tərəfindən bərk hissəciklərlə doymuş axının sürətini təyin etmək üçün aşağıdakı düstur təklif edilmişdir /4/:

$$g_a = g_s \cdot e^{k \left(\frac{\gamma_a - 1}{\gamma_s} \right) \left(\frac{i_d}{i_a} - 1 \right)}, \quad (3.149)$$

burada g_a - çöküntülərlə (qrunt hissəcikləri ilə) doymuş axının sürəti, m/san; g_s - təmiz su axınının sürəti, m/san; i_d -fəaliyyətdə olan məcra dibinin mailliyi; i_a -su ilə doymuş grunt hissəciklərinin (çöküntülərinin) təbii yatım bucağı; γ_a - çöküntü ilə doymuş axının sıxlığı, t/m³; γ_s -suyun sıxlığı, t/m³; k-düzəliş əmsali olub, Şəki-Zaqatala bölgəsinin çayları üçün 1,05÷2,4 aralığında dəyişir.

Su axınının sürəti isə aşağıdakı düsturla təyin edilir /21/:

$$g_s = \sqrt{\frac{2g}{\lambda}} \cdot \sqrt{(H_a - \Delta h) \cdot i_d}, \quad (3.150)$$

burada $\Delta h = \frac{\gamma_a}{\gamma_s} \cdot \frac{i_a}{i_d} \cdot \Delta_{or}$ - çay məcrasının perimetri boyu çıxıntıların hündürlüyü, m; H_a -axının dərinliyi, m; Δ_{or} -0,1÷1,2 m – çayın

fəaliyyətdə olan məcrasında kələ-kötürlük yaradan çıxıntıların orta hündürlüyü, m; $i_d=0,01\div0,10$ -fəaliyyətdə olan məcranın orta mailliyi; $i_a=\frac{\tau_a}{\gamma_a \cdot H_a}=0,01\div0,05$ -su ilə islanmış sel materiallarının

təbii yatım əmsalının orta qiyməti; $\tau_a=0,005\div1,5$ t/m²-sel materialının kəsilməyə qarşı həddi müqaviməti, kQ/sm²;

$C_s=\sqrt{\frac{2g}{\lambda}}=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$ - Manningə görə sürət əmsalı (n-kələ-kötürlülük əmsalı); λ - fəaliyyətdə olan məcranın perimetrinin formasından və kələ-kötürlüyündən asılı olan sürtünmə əmsalı olub, $0,01\div0,9$ aralığında dəyişir; R-hidravliki radius; $H=H_a-\Delta h=H_a-(0,01\div0,2)\cdot H_a$, m; natur tədqiqatlara görə $\Delta h=0,01\div1,40$ m.

(1.149) dusturunun alınması zamanı bölgənin xarakterik çaylarının hövzələri üçün məcranın kələ-kötürlük əmsalı $n=0,06\div0,10$ götürülmüşdür.

Axının nizamlanması üçün layihələndirilən hidrotexniki qurğulara axının dalğalı hərəkətinin təsiri də nəzərə alınmalıdır. Sel axınları zamanı dalğalı hərəkətin yaranması su səviyyəsinin, sərfinin və yaxud çay məcrasının konfigurasiyasının (quruluşunun, formasının) kəskin dəyişməsinin axının əvvəlki rejimini pozması ilə əlaqədardır. Axının qeyd edilən dəyişikliyi yaradan en kəsiyi məcranın eni və uzunluğunu yayılan dalğaların mənbəyi olur.

Şəki-Zaqatala bölgəsinin çaylarında müxtəlif illərdə baş vermiş sellər üzərində tədqiqatçılar tərəfindən aparılmış tədqiqatlar əsasında sel axınının tərkibi və yaranmış dalğaların hündürlüyünə dair toplanmış məlumatlar cədvəl 3.16-da əks olunmuşdur [4, 21]. Həmin məlumatlar əsasında bölgə çaylarında yaranan sel axınlarının hidroloji xüsusiyyətlərinə dair təsəvvür yaratmaq mümkündür.

U.R.Mirzəzadəyə (1973) görə gilli-qumlu hissəciklərin sel axınının tərkibində miqdarının artması həmin axının özlülüyünü adi su axınının özlülüyünə nisbətən 150 dəfə və daha çox artırabilir. Həmçinin axının xassə və parametrlərini dəyişir. Şəki-Zaqatala bölgəsi çaylarında sel axınının yaranması üçün məcradibinin mailliyi (i_d) su ilə islanmış sel materiallarının (qrunt hissəciklərinin) həddi yatım mailliyindən (i_a) böyük olmalıdır, yəni $i_d>i_a$. Əgər $i_d<i_a$ olarsa, o zaman su axını özü ilə yalnız asılı şəkildə nəql edə biləcəyi hissəcikləri nəql etdirir.

Cədvəl 3.16

Şəki-Zaqatala çaylarında baş vermiş sel axınlarının bəzi göstəriciləri (S.M.Əmircanov və U.R.Mirzəzadənin tədqiqatları əsasında)

Sıra №-si	Çayın adı	Selin baş verdiyi il	Axının sıxlığı, t/m ³	Axında yaranmış dalğanın hündürlüyü, m	Axının vahid həcmində onun tərkibi, %		
					Su	Yumşaq hissəciklər	Qumlu-gilli hissəciklər
1	Mazımçay	1964	1,26	5,0	72	26	2
2	Balakənçay	1964	1,29	8,5	72	24	4
3	Katexçay	1964	1,40	11,0	60	35	5
4	Talaçay	1964	1,36	7,0	66	28	6
5	Muxaxçay	1964	1,32	6,5	52	28	20
6	Kürmükçay	1963	2,28	13,0	22,6	57,1	20,3
7	Şinçay	1958	1,96	9,0	22	44	34
8	Kişçay	1963	2,26	8,0	20	52	28

Bərk hissəciklərlə doymuş axında yaranan dalğanın maneələrə göstərdiyi zərbə təsiri ($\gamma_a \cdot \frac{g^2}{2g}$) eyni şəraitdə su axınının təsirindən ($\gamma_s \cdot \frac{g^2}{2g}$) böyük olur. Burada axının sıxlığı ($\gamma_a=1,06 \div 1,80$ t/m³), $\gamma_s=1,0$ t/m³ (suyun sıxlığı) götürülür.

Hidravlikada dalğanın sürəti (g) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$g = a \cdot \sqrt{g \cdot h}, \quad (3.151)$$

burada a -əmsaldır və $a=1,1 \div 2,0$ aralığında dəyişir; h -dalğanın hündürlüyü, m.

U.R.Mirzəzadəyə və digərlərinə görə, Şəki-Zaqatala bölgəsinin çaylarında axının hidravliki parametrlərindən, fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərindən, məcranın konfigurasiyasından, maye və bərk fazanın bir-birinə nisbətindən asılı olaraq yaranan axınları hidrodinamiki xüsusiyyətlərinə görə aşağıdakı kateqoriyalara ayırmaq olar [17; 22].

1. *Adi su axınları* – hərəkət sürətinin $g_a=0,5 \div 2,5$ m/san, sıxlığının $\gamma \leq 1,05$ t/m³, sərfinin $Q_a=1,0 \div 25$ m³/san, asılı şəkildə nəql olunan qrunut hissəciklərinin maksimal diametrinin 3,0 mm, il ərzində nəqlətdirdiyi çöküntülərin miqdarının $W_a=0,01 \div 0,05$ mln. m³ olması və bütöv il ərzində keçmələri ilə səciyyələnilirlər.

2. *Daşqın axınları* – sıxlığının $\gamma_a = 1,05 \div 1,20 \text{ t/m}^3$, sürətinin $g_a = 1,0-4,0 \text{ m/san}$, sərfinin $Q_a = 25-100 \text{ m}^3/\text{san}$, il ərzində nəql etdirdiyi çöküntülərin miqdarının $W_a = 0,05 \div 0,10 \text{ mln. m}^3$ olması, hər il yaz-yay dövründə 5-10 sutka ərzində baş vermələri ilə səciyyələnilirlər.

3. *Fəlakətli daşqın axınları* – sıxlığının $\gamma_a = 1,05-1,40 \text{ t/m}^3$, sürətinin $g_a = 2,0-6,0 \text{ m/san}$, sərfinin $Q_a = 100 \div 200 \text{ m}^3/\text{san}$, il ərzində nəql etdirdiyi çöküntülərin miqdarının $W_a = 0,1 \div 0,5 \text{ mln. m}^3$ olması, yaz-yay dövründə 1-5 sutka müddətində 2-5 ildən bir təkrarlanmaları ilə səciyyələnilirlər.

4. *Əlaqəsiz sel axınları* - sıxlığının $\gamma_a = 1,05 \div 1,80 \text{ t/m}^3$, sürətinin $g_a = 0,5 \div 10 \text{ m/san}$, sərfinin $Q_a = 100 \div 600 \text{ m}^3/\text{san}$, il ərzində nəql etdirdiyi çöküntülərin miqdarının $W_a = 1,0 \text{ mln. m}^3$ olması, 1-6 saat müddətində davam etmələri ilə səciyyələnilirlər.

5. *Əlaqəli sel axınları* - sıxlığının $\gamma_a = 1,4-2,3 \text{ t/m}^3$, sürətinin $g_a = 12,0 \text{ m/san-dək}$, sərfinin $Q_a = 200 \div 800 \text{ m}^3/\text{san}$, il ərzində nəql etdirdiyi çöküntülərin miqdarının $W_a \geq 1,0 \text{ mln. m}^3$ olması və maksimal sərfə 30 dəqiqədən 3 saatadək müddətində davam etmələri ilə səciyyələnilirlər.

Ədəbiyyat mənbələrindəki materialların, çoxillik nəzəri tədqiqatların və apardıqları eksperimentlərin nəticələrinin ümumiləşdirilməsi əsasında U.R.Mirzəzadə, N.M.Məmmədov, A.M.Müslümov və B.M.Əhmədov tərəfindən müxtəlif axın rejimləri üçün selli dağ çaylarında axın sürətinin aşağıdakı düsturla hesablanması təklif edilmişdir [22].

$$g_a = g_s \cdot e^{k \left(\frac{i_d - 1}{i_a} \right)}. \quad (3.152)$$

(3.152) düsturunda bütün parametrlər (3.149) düsturundakılarla eynidir.

Sel axınının sərfinin hesablanması üçün aşağıdakı düstur təklif edilmişdir:

$$Q_a = \frac{\sqrt{i_a}}{n_m} \cdot \omega_0 \cdot (H_a - \Delta h)^{\frac{2}{3}} \cdot e^{k \left(\frac{i_d - 1}{i_a} \right)}, \quad (3.153)$$

burada $\omega_0 = \frac{2}{3} B_0 \cdot (H_a - \Delta h)$ - axının canlı en kəsiyinin nüvəsinin sahəsi, m²; $B_0 = \frac{H_a}{i_a}$ - sel axınının sönməsi zamanı gətirmə çöküntülərinin çökmə zonasının eni; B_0 -sel axınının dinamiki eni olduğundan, natur tədqiqatlara görə əlaqəli sellərdə $B_0 \geq 5H_{\max}$, əlaqəsizlərdə $B_0 \geq (1,5 \div 5,0) \cdot H_{\max}$ qəbul edilir. n_m -məcranın kələ-kötürlük əmsəlidir.

Axının çayda tikilmiş qurğulara göstərdiyi təsir hidrodinamiki, axının aktiv təsiri və su ilə nəql olunan bərk hissəciklərin (qaya parçaları, çay daşları, çaqıl və s.) göstərdiyi təsirlərin cəmi kimi araşdırılaraq, U.R.Mirzəzadə və digərləri tərəfindən aşağıdakı düsturla hesablanması təklif edilmişdir /22/.

$$E = \gamma_a \cdot \left\{ \frac{H_a^2}{2} + \frac{\omega_a \cdot g_a^2}{g} \cdot \sin \varphi \left[1 + k \cdot \frac{\varphi}{\omega_a} \cdot \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \right) \right] \right\}, \quad (3.154)$$

burada g_a - axının sürəti, m/san; γ_a - axının sıxlığı, t/m³; H_a - sürət basqısı nəzərə alınmaqla axının dərinliyi, m; ω_a və ω_r - müvafiq olaraq axının en kəsiyinin sahəsi və çöküntünün hesablanmış sahəsi, m². γ_r - qrunnt hissəciklərinin (bərk fazanın) mütləq sıxlığı, t/m³; $K = \frac{\omega_r}{\Delta \omega_r}$ - təcrübi əmsal; g - sərbəstdüşmə təcili, m/san²; φ -

hidrotexniki (sahilmühafizə) qurğunun oxu ilə axının dinamiki oxu arasında bucaq, dərəcə.

Tikilən qurğuların etibarlılığının artırılması, uzunömürlülyünün təmini məqsədi ilə—adi su və daşqın axınlı çaylar üçün $i_d = 0,01 \div 0,04$; $\varphi = 10^0 \div 40^0$; fəlakətli daşqın axınlı çaylar üçün $i_d = 0,01 \div 0,04$; $\varphi = 5^0 \div 20^0$; sel axınlı çaylar üçün isə $i_d = 0,01 \div 0,04$; $\varphi = 0^0 \div 10^0$ götürülməsi tövsiyə edilmişdir /22/.

Azərbaycanın selli çaylarında axının nizamlanması məqsədi ilə hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsi (sel akkumulyasiyaedici, sel nizamlayıcı, sel nəqletdirici, sel buraxıcı) zamanı həmin qurğuların etibarlılığının artırılması məqsədi ilə müvafiq hesablamaların aparılma metodikasının işlənilib hazırlanması istiqamətində çoxlu tədqiqatlar aparılmışdır /4; 18; 20; 21; 22/. Həmin tədqiqatlar əsasında axının rejimi, sürəti, sərfi, qurğulara göstərdiyi zərbə təsiri, qurğuların uzunluğu, sayı, yerləşmə vəziyyəti təyin edilə bilər.

Formalaşma şəraitindən asılı olaraq sel axınlarının dağıdıcı enerjisi və onların yaratdığı fəsadların miqyası müxtəlif olur. Sel axınlarının proqnozlaşdırılması zamanı onların formalaşma şəraitinin öyrənilməsi və müvafiq qiymətləndirmənin aparılması lazımdır. Hadisənin miqyasını və törədəcəyi fəsadları qabaqcadan xarakterizə etmək üçün S.Q.Rüstəmov (1956) tərəfindən tərtib edilmiş sel daşqınlarının intensivlik şkalasından istifadə etmək olar (cədvəl 3.17).

Cədvəl 3.17

Sel daşqınlarının intensivlik şkalası (S.Q.Rüstəmov görə, 1956)

Ballar	Sel axınının xüsusiyyəti	Axının dağıdıcı təsiri
1	Zəif	Məra və sahillər az yuyulur, qurğu və tikililərdə dağılma müşahidə edilmir.
2	Orta	Məraya bitişik əraziləri su basır, torpaq sahələri korlanır
3	Xeyli güclü	Məraya bitişik əraziləri su basır və korlanır, çaybasarda tikilmiş az dayanıqlı qurğu və tikililərin bir hissəsi sel ilə aparılır.
4	Güclü	Çox yuyulma, çoxlu tikili və qurğuların bir hissəsi dağılaraq sel ilə aparılır, bağları, əkinləri, bağçaları və yaşayış məntəqələrində bəzi küçələri su basır.
5	Çox güclü	Çaybasarda tikilmiş çoxlu qurğu və tikililər tamamilə dağılaraq su ilə daşınır, avtomobil və dəmir yollarının yataqlarının müəyyən hissələri yuyulur, yaşayış massivlərinin bəzi kvartalları pis vəziyyətə düşür, subasmış əkinlərin bir hissəsi məhv olur.
6	Dağıdıcı	Bəzi əsaslı tikili və qurğular, çubuqlu-daşlı müdafiə dambaları və telefon-teleqraf şəbəkəsi sel ilə aparılır və dağıdılırlar. Axın bəzi böyük ağacları kökündən qoparır.
7	Viranedici	SES və suvarma kanallarının baş sugötürücü qurğularının, beton müdafiə dambalarının bəzi hissələri sel ilə aparılır və dağıdılır, bütöv kvartalları və küçələri su basır, kəndlər məhv olurlar.
8	Məhvəddici	SES-in və suvarma kanallarının baş sugötürücü qurğuları, beton müdafiə dambaları tamamilə dağılırlar, kəndlər məhv olurlar, daş və beton körpülər sel ilə aparılırlar.
9	Fəlakətli	Dəmir-beton qurğular sel ilə aparılırlar, yaşayış məntəqələri dağıdılır və məhv edilir.
10	Təbii fəlakət	Yaşayış məntəqələri, tikili və qurğular, əkinlər, rabitə vasitələri, yollar tamamilə dağılırlar və məhv olurlar.

Sellərin baş vermə intensivliyi kimi sellilik əmsalından (K_s) istifadə olunur ki, bu da daimi və müvəqqəti yerüstü axıma malik olan, sel axımları keçən məcraların uzunluqlarının (l_s) həmin ərazidə olan məcraların ümumi uzunluğuna (L) olan nisbətindən ibarətdir.

$$K_s = \frac{l_s}{L} . \quad (3.155)$$

Ərazilər ekzogen-geoloji proseslərin təsirindən zədələnmə səviyyəsinə (əmsalına) görə cədvəl 3.18-də təqdim edilmiş kateqoriyalar üzrə təsnifləndirilir /24/.

Cədvəl 3.18

Ərazilərin EGP-lə zədələnməsinə görə təsnifləndirilməsi

Zədələnmə kateqoriyası	Zədələnmənin səviyyəsi	EGP-lə zədələnmə əmsalı	Zədələnmə kateqoriyası	Zədələnmənin səviyyəsi	EGP-lə zədələnmə əmsalı
I.	Zədələnməmiş ərazi	EGP-nin təzahür formaları təsadüf etmir.	V.	Güclü	0,4-0,5 0,5-0,6
II.	Olduqca zəif	Tək-tək təzahür formaları təsadüf edir.	VI.	Çox güclü	0,6-0,7 0,7-0,8
III.	Zəif	<0,01 0,01-0,1 0,1-0,2	VII.	Olduqca güclü	>0,8
IV.	Orta	0,2-0,3 0,3-0,4			

Sel hadisəsinə qarşı tədbirlər. Sel hadisəsi güclü geoloji fəaliyyətə malik olduğundan ərazidə eroziya prosesini intensivləşdirir, kənd təsərrüfatına yararlı torpaq sahələrinin sıradan çıxmasına, qurğu və tikililərin, rabitə xətlərinin, avtomobil və dəmir yollarının dağılmasına, yaşayış məntəqələrinin sel axınlarının təsirinə məruz qalmasına, insan tələfatına və s. səbəb olur, böyük ziyan vurur. Ona görə də, sel axınlarının nizamlanması, onların yarada biləcəyi fəsadların qarşısının alınması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

Sel hadisələrindən müdafiə tədbirlərinin seçilməsi hər bir konkret şəraitə uyğun olaraq aparılmalıdır. Yəni suyuqıcı hövzənin mütləq yüksəkliyindən, forma və ölçülərindən, selin su ilə qidalanma mənbəyindən, sel axınının tərkibinin bərk fazasını təşkil edən çöküntülərin toplanma mənbələrinin və sahələrinin yerləşmə vəziyyətlərindən və sel axınlarını formalaşdıran digər amillərdən asılı olaraq müvafiq tədbir seçilməlidir. Bu tədbirin

seçilməsi zamanı hadisənin təsir dairəsi, mühafizə edilən obyektlərin və ərazilərin dövlət əhəmiyyəti də nəzərə alınmalıdır.

Selə qarşı tədbirlər iki qrupa bölünürlər: **sel axınlarının formalaşmasının qarşısını alan (fəal) və obyektlərin selin təsirindən müdafiə olunması (qeyri-fəal) tədbirləri.**

Fəal tədbirlərə təşkilati-təsərrüfat tədbirləri aiddirlər. Bunlar isə sel təhlükəli rayonlarda və hövzədə rejim müşahidə xidmətinin təşkilindən, meşələrin qorunması, onun kəsilməsinin tənzimlənməsi, eroziya təmayüllü yamaclarda heyvanların otarılmasının qadağan edilməsi və yaxud tənzimlənməsi, yamacların horizontallar üzrə şumlanması və işlənməsi, yerüstü axının tənzimlənməsi, bunun üçün ərazidə tüstü ekranının yaradılması ilə qarın əriməsinin ləngidilməsi, ya da axını pozmaqla qarın əriməsinin sürətləndirilməsi, leysanın mərkəzinin süni olaraq dəyişdirilməsi, buzlaq göllərinin boşaldılması, aqromezəmeliorativ tədbirlərin və s. yerinə yetirilməsindən ibarətdir.

Qeyri-fəal tədbirlərə müxtəlif tipli hidrotexniki qurğuların tikilməsi nəzərdə tutulur. Bunlara barrajlar, bütöv beton, tökmə daş və digər konstruksiyalı bəndlər, selötrücü, selakkumulyasiya-edici, selnəqletdirici, selnizamlayıcı və s. qurğular aiddirlər.

Selə qarşı tədbirlər dəqiq mühəndisi-geoloji materiallarla əsaslandırılmış müvafiq layihələr əsasında yerinə yetirilməlidir. Layihədə müvəqqəti və daimi tədbirlərin yerinə yetirilmə ardıcılığı da nəzərə alınmalıdır.

Rejim-müşahidə xidməti meteoroloji (havanın temperaturu, atmosfer yağıntılarının miqdarı və paylanması, qar örtüyünün qalınlığı, həcmi və s.), hidroloji (yerüstü axının sərfi və sürəti, səviyyə rejimi, buzlaq göllərinin və süni yaradılmış sututarların, buzlaqların rejimi və s.) və geoloji (aşınma materiallarının yuyulma zonasında toplanması, səpilmənin, uçqunun, sürüşmənin və digər hadisələrin baş verməsi nəticəsində yumşaq materialların, tıxacların, qrunt topalarının—bir sözlə, sel təhlükəsi yaradıcılarının əmələ gəlməsi və s.) şərait üzrə müvafiq rejim müşahidələri aparılmalıdır.

Selə qarşı mübarizə tədbirləri kompleks şəkildə yerinə yetirilməlidir. Həmin tədbir həm fəal, həm də qeyri-fəal tədbirləri özündə birləşdirməlidir.

Selə qarşı yerinə yetirilən kompleks tədbirlərin təkimində meşəmeliorativ tədbirlərdən istifadə praktikada özünü daha çox

doğrudur. Meşəmeliorativ tədbirlər suyuğıcı sahədə (hövzədə) və çaybasarlarda yerinə yetirildikdə müəyyən mikroiqlimin formalaşmasına, fiziki aşınmanın zəifləməsinə, hövzədə aşınmış qatın dayanıqlılığının artmasına, yerüstü axının nizamlanmasına, axın sürətinin və eroziya qabiliyyətinin azalmasına, çaybasarlarda yeraltı suların səviyyəsinin tənzimlənməsinə, subasmanın qarşısının alınmasına və s. səbəb olur. Bu tədbirlər müəyyən müddətdən sonra öz təsirini göstərsə də (bitkilərin inkişafı müddətindən asılı olaraq), praktiki əhəmiyyəti böyükdür.

Yerüstü axının hövzədə nizamlanması selin əmələ gəlməsinə qarşı effektiv tədbirlərdəndir. Bunun üçün əsas yerüstü axını yaradan axınların eyni zamanda baş verməməsi istiqamətində tədbirlər yerinə yetirilir. Bu tədbirlər hövzədə toplanmış qar və buz örtüyünün əsas axını yaradıcı axınlarla eyni zamanda əriməsinin qarşısını almaqla və yaxud hövzədə axını parçalayıcı, çöküntüləri akkumulyasiyaetdirici hidrotexniki qurğulardan istifadə etməklə və s. yerinə yetirilir.

Axını pozmaqla qar və buz örtüyünün əriməsini 15-20 gün tezləşdirmək və yaxud hövzədə tüstü ekranı yaratmaqla ərimə sürətini azaltmaq olar.

Selə qarşı qeyri-fəal tədbirlərdən olan hidrotexniki qurğulardan istifadə praktikada geniş şəkildə tətbiq olunur. Selə qarşı tikilən hidrotexniki qurğular təyinatına görə 4 qrupa bölünürlər:

1. *selnizamlayıcı*;
2. *selbölücü*;
3. *selsaxlayıcı*;
4. *seltransformasiyaedici*.

1. Selnizamlayıcı hidrotexniki qurğular təyinatına görə selburaxıcı, selistiqamətləndirici, sutullayıcı, selqaytarıcı qurğulara ayrılırlar.

Suburaxıcı qurğular seldüşürücü və selötrücü olmaqla, sel axınlarının qorunan obyektin altından və ya kənarından buraxmağı təmin edirlər.

Selistiqamətləndirici qurğular – istinad divarları, qurşaqları, bəndlər olmaqla, sel axınının mərkəzi oxu ilə 15° -dən az olmayan bucaqla yerləşdirilməklə, qorunan obyektə axının təhlükəsiz keçməsinə təmin edirlər.

Sutullayıcı qurğular- dəhnələr, düşmələr, cəldaxıdanlar və astanalar şəklində olmaqla, məcranın böyük mailliyə malik hissələrində məcra dibinin, sahillərin və sahilqoruyucu qurğuların möhkəmliyinin təmini üçün istifadə edirlər.

Selqaytarıcı qurğulara yarımdehnələr, bun və şporlar aiddirlər. Onlar qoruyucu bəndlər, istinad divarları qarşısında axın istiqamətinə 25° -dən az olmaq şərti ilə bucaq əmələ gətirməklə yerləşdirilirlər və onları selin dağıdıcı zərbə təsirindən qoruyurlar.

2. Selbölücü qurğular- yarımdehnələr, torlu selparçalayıcılar şəklində olmaqla, sel axını ilə nəql olunan iri ölçülü çöküntülər tutulub saxlanılır, kiçik ölçülü çöküntülər isə axın ilə nəql olunur.

3. Selsaxlayıcı qurğular bəndlər, xəndək və dambalar şəklində olmaqla, sel və digər axınların tutulması üçün istifadə olunurlar.

Dəlikli selsaxlayıcı qurğular isə sel axınının nəql etdirdiyi bərk çöküntüləri tutub saxlayır, daşqın sularını buraxırlar.

4. Seltransformasiyaedici qurğular sel axınına su əlavə etməklə, strukturlu sel axınına struktursuz selə və yaxud daşqına çevirən qurğulardır.

Selə qarşı hidrotexniki qurğular adətən ayrılıqca və ya kompleks şəkildə tətbiq edirlər. Tədqiqatlar göstərir ki, sel və daşqına qarşı yalnız hidrotexniki qurğulardan istifadə etmək az effektivdir. Sel və daşqının qarşısının alınması, onların yarada biləcəyi fəsadların aradan qaldırılması üçün yerinə yetirilən qabaqlayıcı tədbirlər kompleks xarakterli olmalı, dəqiq mühəndisi-geoloji materiallarla əsaslandırılmış fəal və qeyri-fəal tədbirlərin birgə tətbiqi şəklində yerinə yetirilməlidir.

Praktikada obyektlərin qorunması üçün daşqına və selə qarşı hidrotexniki qurğuları (istiqamətləndirici və sahilqoruyucu) sellərin sönmə zonasında yerləşdirirlər ki, bu da az effektiv olur və az vaxt ərzində gətirilmiş çöküntülərlə basdırılır /17, 24/. Tədqiqatçılara görə /17/, çaylarda daşqın və sel axınlarının nizamlanması üçün bənd və dəhnə, nizamlayıcı, istiqamətləndirici və sahilqoruyucu qurğulardan ibarət bir sistem yaradılmalı, həmin sistem məcranın uzununa profili üzrə məcra dibinin mailliyinin azaldılmasını, onun stabilləşməsini, onun eni üzrə axının bərabər buraxılmasını və s. təmin etməlidir. Dağ çaylarının hidrotexniki qurğular sistemi adi su, fəlakətli daşqın və sel axınlarının çöküntü rejiminin hesablanmış parametrlərinin nizamlanmasına cavab verməlidir.

Qəbul olunmuş məcra hidrotexniki qurğuları sisteminin yerləşməsinin nizamlanma prinsiplərinə əsasən çöküntüləri tutub saxlayan suaşırıanlı bəndlər, əsasən, selin formalaşma, qismən də nəql olunma zonalarında yerləşdirilməlidir. Bəndlərlə birlikdə suaşırıanlı bəndlər arasındakı hissədə eninə suaşırıanlı dəhnələr, akkumulyasiya zonasında isə kanallaşdırılmış məcra yaradılmalıdır.

Sel və daşqınlara qarşı tədbirlərin işlənilib hazırlanması zamanı uzun tarixi-geoloji dövr ərzində hövzədə formalaşmış təbii-tarazlıq şəraiti, çayın özünü bərpa etmə qabiliyyəti nəzərə alınmalı, çay məcrasının müvazinət profilinin dayanıqlılığı təmin edilməlidir. Çay hövzələrinə antropogen təsirin güclənməsi zamanı qərarlaşmış məcra prosesi də dəyişikliyə uğrayır.

Xüsusi ilə çay hövzəsində bitki örtüyünün (meşə və çəmənliklərin) məhv edilməsi ilə əlaqədar olaraq dağlıq ərazilərdə yağın yağıntıların da çox hissəsi yerüstü axına sərf olunur və yaranmış ayrı-ayrı yerüstü axınlar, bitki örtüyü olduğu dövrlə müqayisədə, daha tez əsas axına qovuşur. Az vaxt ərzində hövzəyə yağın atmosfer yağıntıları, əsas axında toplaşmış olur. Hövzənin yamaclarında bitki örtüyü olmadığından, aşınma da intensivləşir ki, bu da selin formalaşması, eroziya prosesinin sürətlənməsi üçün əlverişli şərait yaradır. Çay məcralarında kortəbii şəkildə müxtəlif tikintilərin aparılması, qum-çınqıl karxanalarının yaradılması və s. təsirlərlə məcranın tarixi-geoloji dövr ərzində formalaşmış dayanıqlı rejimə malik müvazinət profilinin pozulması çay məcrasında və hövzənin yamaclarında dərinlik eroziyasının (diklik artdığına görə) güclənməsinə səbəb olur. Çayın gətirdiyi çöküntülər insanların pozduğu rejimi bərpa edə bilmədikdə (özünü bərpa mümkün olmadıqda), yəni axınla gətirilən çöküntülər insanların apardığı çöküntülərdən az olduqda, karxana dərəcəsindən çayın mənbəyinə doğru dərinlik eroziyası təbii-tarazlıq şəraiti yaranana qədər davam edəcəkdir.

Ona görə də, antropogen müdaxilə ilə təbii-tarazlıq şəraiti pozulmuş çay hövzələrində hər hansı mühəndisi fəaliyyətin həyata keçirilməsi məqsədi ilə aparılan müvafiq qiymətləndirmə və proqnozlaşdırma hövzədə yaranmış dəyişiklik nəzərə alındığı zaman özünü doğruldacaqdır. Belə ki hövzədə yaranan müvafiq dəyişiklik çayın hidroloji xüsusiyyətlərinə də öz təsirini göstərir.

Subasma. Subasma yerüstü və yeraltı suların axın sürətinin azalması, axında durğunlaşmanın baş verməsi, onun istiqamətinin

dəyişməsi, su səviyyəsinin şişməsi və s. ilə əlaqədar olaraq ərazilərin və obyektlərin suyun altında qalması hadisəsidir. Subasma hadisəsi praktikada daha çox aşağıdakı şəraitlər yaran-
dıqda baş verir:

1)dağlıq ərazidə formalaşan əsas yerüstü axınların sərfi düzənlik ərazilərdə məcranın su nəql etmə qabiliyyətindən çox olduqda;

2)təbii və süni sututarların bəndində, sunəqletdirici qurğularda (kanal, kollektor) dağılma baş verdikdə;

3)daimi su axınlarının axınında maneə yarandıqda və ya mənsəbində su səviyyəsi qalxdıqda, yəni mənsəbə yaxın hissədə su səviyyəsində şişmə baş verdikdə;

4) dəniz və okeanlarda transqressiya hadisəsi və Ayın təsiri ilə qabarma baş verdikdə;

5) okean və dənizlərə axan çayların mənsəbində hava axınlarının (külək, tsiklon, antisiklon), su hövzəsi altında baş verən zəlzələlərin və s. təsiri ilə çayın axınına əks istiqamətdə dalğalar yarandıqda;

6) yeraltı suların səviyyəsi qalxdıqda;

7)çayların yuxarı axarlarında qar və buzlaqların əriməsi, yağışların yağması səbəbindən axının sərfi artdığı zaman aşağı axarlarında buzlaşmanın əriməməsi səbəbindən su səviyyəsi şişdikdə (misal olaraq Amu-Dərya, Peçora, Yenisey və s. çaylarda) və s.

Subasma hadisəsinin yaratdığı fəsadlar bəzən daha böyük olur. Buna misal olaraq 1970-cı ildə Hindistanda Qanq çayının deltasında çayda suyun axınına əks istiqamətdə okeandan hərəkət edən, sürəti 200 km/saat, hündürlüyü 10 metrədək olan və tsiklonun təsiri ilə yaranan su dalğası çayda su səviyyəsinin şişməsinə səbəb olmuşdur. Okeanda yaranan dalğanın təsirindən çayın axınında durğunlaşma yarandığından, məcrasından çıxan Qanq çayının suları 20 min km² ərazini, onlarla şəhəri və yüzlərlə kəndi basmış, ölənlərin və yaralananların sayı 1,5 milyon nəfər olmuşdur.

Daimi yerüstü su axınlarının təsiri ilə subasma hadisəsi əsasən düzənlik ərazilərdə axan və axın sürəti kiçik olan çayların daşqın və gursululq dövründə axında yaranan (düzənlik və mənsəb hissələrdə) durğunluq ilə əlaqədar baş verir. Yer üzərində daşqın və subasma hadisələri daha çox Nil, Xuanxe, Yantsızı, Qanq, Missisipi və s., Azərbaycan ərazisində isə Kür və Araz çaylarının

düzenlik hissələrdə təsir zonasında olan ərazilərdə, Qərbi Avropada, Şərqi Sibirdə və s. müşahidə edilir.

Kür-Araz çaylarında müxtəlif illərdə baş vermiş və böyük ziyanlar vurmuş daşqın və subasma hadisələri 1828, 1868, 1898, 1904, 1908, 1911, 1915, 1920, 1921, 1929, 1931, 1936, 1937, 1940, 1942, 1967, 1982, 1987, 1993, 1997, 2002, 2003 və 07 may 2010-cu illərdə olmuşdur /1/. Araz çayından 1896-cı ildə yaranan daşqın sərfinin keçdiyi zaman 200 min hektar ərazi, yaşayış məntəqələri, tikililər subasma təsirinə məruz qalmışdır. 2010-cu ildə baş vermiş daşqın zamanı Kür çayının Sabirabad rayonu ərazisində daşqın sərfi $2350 \text{ m}^3/\text{san-yə}$ çatmış, Sabirabad, Saatlı, İmişli, Zərdab, Hacıqabul və Salyan rayonlarının ərazilərində subasma halları baş vermişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Babaxanov N. Tarixən olmuş daşqınlardan nəticə çıxarmalı. (Respublika gazetisi 19 iyun 2010-cu il).
2. Quliyev Ş.Ş. və başqaları. Respublikanın sel və daşqın təhlükəli çaylarının zərərli təsirlərinin qarşısını almaq məqsədi ilə texniki, iqtisadi-ekoloji baxımdan daha səmərəli tədbirlərin və müdafiə qurğularının layihə göstəriçlərinin təyini. ETH. UOT 631.6; 626.8. Bakı 2006. 60 s.
3. Əyyubov Ə.C və başqaları. Kiş və Şin çayları hövzələrinin selləri. Bakı. «Elm». 1998.
4. Амирджанов С.М., Мирза-заде У.Р. Вопросы расчета гидравлических параметров потока и установление устойчивости речных гидротехнических сооружений на селеносных реках Нуха-Закатальской зоны //Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Hidrotexnika və Meliorasiya İnstitutunun əsərləri. Bakı, 1966, VI cild, S.199-217.
5. Боголюбова И.В. Селевые потоки и их распространение на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1957, 152 с.
6. Великанов М.А. Гидрология суши. Л.: Гидрометеиздат. 1948, 403 с.
7. Гагошидзе М.С. О правильном определении понятия «селевый поток» // Труды ГрузНИИГ и М, 1966, вып. 24. С. 3-13.

8. Гагошидзе М.С. Общая характеристика горных потоков, селей, селеобразующих очагов и вопросы формирования селей. В кн.: Труды юбилейной сессии, посвящ. 100-летию со дня рождения В.В.Докучаева. М-Л. Изд. АН СССР, 1949. С. 446-451.
9. Гагошидзе М.С. Селевые (грязекаменные) потоки и меры борьбы с ними. Л. Гидрометеиздат. 1959. С. 223-231. (Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т.7).
10. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. Изд. «Собчата Сакартвело». Тбилиси, 1970.
11. Гагошидзе М.С. Характерные особенности селей, формирующихся в бассейнах горных рек Закавказья. - // Изв. ГрузНИИГиМ, 1949, т.1., с. 43-54.
12. Дюрнбаум Н.С. Защита населенных мест от селевых (грязекаменных) потоков. М. – Л.: Изд-во М-ва коммунального хозяйства, 1949. 175 с.
13. Кузьмин К.К. Катастрофический селя 1973 г. и плотина Медео. //«Гидротехническое строительство», 1974, №3, с. 10-12.
14. Леонтьев Л.Н. Причины селевой активности Закатало-Нухинского участка Большого Кавказа. //«Труды АзНИИГиМ», 1949, т.1, с. 91-100.
15. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра», 1977. 479 с.
16. Мамедов Н.М., Ахмедов Б.М., Верин Н.Н., Муслимов А.М. Рекомендации для проектирования схемы противоселевых сооружений на реке Курмухчай. // Сборник научных трудов Аз НИИГ и М, Москва, 1989. С. 98-104.
17. Мамедов Н.М., Ахмедов Б.М., Верин Н.Н., Муслумов А.М. Определение гидрологических и гидравлических элементов горных потоков и разработка на их основе конструкций противоселевых сооружений. //«Сборник научных трудов Аз НИИГ и М», Москва, 1988. С. 78-84.
18. Мамедов Н.М., Верин Н.Н., Ибрагимов Ф.Ф. Расчет устойчивости при проектировании противоселевых сооружений на горных реках Азербайджанской ССР. // Сборник научных трудов АзНИИГиМ, Москва, 1987. С. 120-127.

19. Методическое руководство по комплексному изучению селей. Под ред. М.В.Чуринова и А.И.Шеко. М.: «Недра», 1971, 164 с.
20. Мирза-заде У.Р. Исследования селевых потоков на характерных горных рек Шеки-Закатальской зоны Азерб. ССР. //«Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Hidrotexnika və Meliorasiya İnstitutunun əsərləri», XI cild, Bakı. 1974. S.125-147.
21. Мирза-заде У.Р. Некоторые особенности режима движения и затухания селевых потоков на горных реках. //«Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Hidrotexnika və Meliorasiya İnstitutunun əsərləri», X cild, Bakı. 1973. S. 135-147.
22. Мирза-заде У.Р., Мамедов Н.М., Муслумов А.М., Ахмедов Б.М. Исследование параметров горных потоков при проектировании речных гидротехнических сооружений на селеносных реках. //«Сборник научных трудов АзНИИГиМ», Москва, 1980. С. 5-20.
23. Непорожний П.С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1947. 164 с.
24. Справочник по инженерной геологии. Издание 3-е переработанное и дополненное. /Под ред. М.В.Чуринова. Москва: «Недра». 1981, 325 с.
25. Флейшман С.М. Сели. Ленинград: «Гидрометеиздат», 1970. 352 с.
26. Флейшман С.М. Селевые потоки и проектирование дорог в районах их распространения. М.: Трансжелдориздат, 1955. 147 с. «Труды ЦНИИС», вып.19.
27. Херхеулидзе И.И. Овражные и селевые выносы. М.: Дориздат, 1947. 97 с.
28. Херхеулидзе И.И. Сквозные защитные и регуляционные сооружения из сборного железобетона на горных реках. М.: Гидрометеиздат, 1967. 131 с.

3.1.9. DƏNİZLƏRİN, GÖLLƏRİN VƏ SU ANBARLARININ SAHİLLƏRİNİN YUYULMASI VƏ PARÇALANMASI

Dənizlər, göllər, su anbarları və sair bu kimi obyektlərin su səthi müəyyən bir sahəni əhatə etdiklərindən, onlar ümumi şəkildə, şərti olaraq sahəvi su obyektləri kimi adlandırılır.

İstər okeanların, dənizlərin və göllərin, istərsə də su anbarlarının, hovuzların və s. sahilləri su səthində yaranan dalğaların zərbə, suyun fiziki-kimyəvi və suda yaşayan canlı orqanizmlərin təsirindən daima parçalanmaya məruz qalır, dəyişikliyə uğrayırlar. Dənizlərin, göllərin sahillərinin orada yaranan dalğaların zərbə təsirindən parçalanması və sahillərin quruluşunun dəyişikliyə uğraması prosesi **abraziya** (latın sözü **abrasio-qazımaq, qaşırıb təmizləmək** sözündən yaranmışdır) adlanır. Su anbarlarının sahillərinin su səthində yaranan dalğaların zərbə təsirindən parçalanması və dəyişikliyə uğraması, bir sözlə formalaşması **yenidən işlənilməsi** adlandırılır.

Müxtəlif mühəndisi fəaliyyət zamanı, xüsusi ilə nəqliyat yollarının, rabitə xətlərinin (avtomobil yolları, dəmir yolları, kommunikasiya xətləri və s.) dənizlərin, göllərin, su anbarlarının sahilləri boyu (xüsusi ilə sahil yamacı sıldırım, dar, ensiz olduqda qeyd edilən tikintilərin layihələndirilməsi) tikilməsi dalğa təsirinin proqnozlaşdırılması ilə həyata keçirilməlidir. Ərazidə qədim, yeni və müasir tektonik rəqsi hərəkətlərin təsiri altında sahillərdə abraziyanın sürəti müxtəlif olduğundan, ərazinin geoloji inkişaf tarixinin, müasir tektonik hərəkətlərin təsirinin öyrənilməsi, proqnozlaşdırılması dalğa təsirinin qiymətləndirilməsi üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Qeyd etmək lazımdır ki, **transqressiya** (qurunun enməsi, dəniz dibinin qalxması nəticəsində dənizin quruya doğru hərəkəti) və **reqressiya** (dənizin geriye çəkilməsi) ilə əlaqədar olaraq abraziya baş verən sahilin yeri dəyişir. Abraziyanın intensivliyi sahil yamacını təşkil edən qruntların yatım şəraitindən, dalğa təsirinə qarşı möhkəmliyindən, qruntların litoloji tərkibindən, çatlılıq və aşınmaya məruz qalma səviyyəsindən və s. asılıdır. Su səviyyəsi daimi olduqda dalğa təsiri eyni mütləq hündürlükdə baş verir ki, bu zaman sahil yamacının bir hissəsinin dalğa təsirindən daim yuyulması, həmin hissədə çökük səthin formalaşması müşahidə olunur. Nəticədə yamacın

üst hissəsi ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə uçmaya və ya sürüşməyə məruz qalır.

Süni yaradılmış sahəvi su obyektlərində isə sahil yamaclarının uçması və sürüşməsi əksər hallarda su səviyyəsinin sürətlə dəyişməsi ilə əlaqədar baş verir. Belə ki daşqın su səviyyəsinədək doldurulmuş həcm sürətlə boşaldılarkən, islanma zamanı fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri pisləşmiş qrunut ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında su anbarının mərkəzinə doğru hərəkətə başlayır. Çünki həmin qüvvələrə əks təsir göstərən (yamacın sürüşməsinə qarşı) müqavimət qüvvələri azalmış və əvvəlki səviyyədə suyun yaratdığı əks təsir qüvvəsi götürülmüş, yəni təbii-tarazlıq şərti pozulmuş olur.

Dənizlərin, göllərin və digər bu tipli obyektlərin sahillərinin dalğa təsirindən dəyişikliyə uğramasında onlara tökülən çaylarla nəql olunan gətirmə çöküntülərinin balansının pozulması da mühüm rol oynayır. Bu zaman uzun tarixi-geoloji müddət ərzində formalaşmış dinamik tarazlıq şəraiti pozulur və bu da abraziyanın intensivləşməsinə müxtəlif təsir göstərir.

Sahillərin morfoloji xüsusiyyətləri. Göllərin və digər bu tipli müxtəlif obyektlərin (istər təbii, istərsə də süni) sahillərinin xarakterizə edilməsi, sahil yamaclarının dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi zamanı okean və dəniz sahilləri üçün qəbul olunmuş termin və anlayışlardan istifadə edilir. Əsas termin və anlayışlardan **sahil xətti, sahil zolağı, sahil, shelf zonası, sahil oyuğu, materik yamacı, rift, çimərlik** və s. termin və anlayışları qeyd etmək olar.

Sahil xətti dedikdə, okeanın, dənizin su səthinin quru ilə kəsişdiyi xətt nəzərdə tutulur (şəkil 3.64, a). Onun vəziyyəti okeanın, dənizin səviyyəsinin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq daim dəyişir. Dənizlərin, göllərin və digər bu tipli obyektlərin su səviyyəsinin dəyişməsi isə su balansının dəyişməsi, müasir və yeni tektonik hərəkətlərlə (transqressiya və reqressiya), qabarma və çəkilmələrlə əlaqədar olaraq uzun tarixi-geoloji zaman ərzində, illərlə, aylarla, mövsumi olaraq, sutkalarla və s. müddətdə davam edə bilər. Sahil xəttinin vəziyyətinin dəyişməsinə sahil zonasında gedən geoloji proseslər (yuyulma və akkumulyasiya) da təsir edir. Sahil xətti quruya və yaxud sualtı yamaca doğru metrnlərlə, on metrnlərlə, kilometrnlərlə, hətta on kilometrnlərlə yerini dəyişə bilər.

Dənizlərin, göllərin və digər bu tipli obyektlərin su səthinin müasir orta səviyyəsi ilə formalaşmış relyefə malik, sahil xəttinə bitişik, ensiz quru zolağı **sahil** adlanır. Amerikan alimi F.P.Şeparda görə dalğanın quruya doğru qumu aparması ilə sahilin sərhədi müəyyən olunmalıdır /34/.

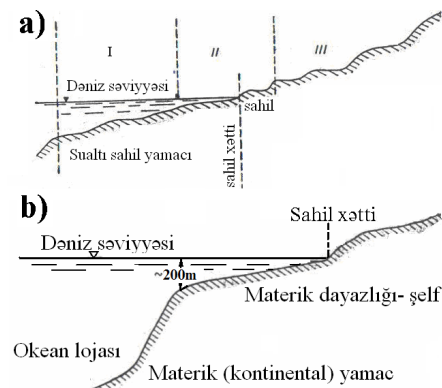
Dənizlər, göllər və digər bu tipli obyektlər daim öz sahillərinə təsir göstərərək müvafiq relyef formalaşdırır və bu relyef formaları orada mövcud olan su səviyyəsinə müvafiq hissədə əmələ gəlir. Ona görə də, tarixi-geoloji zaman ərzində səviyyənin dəyişməsi sahil relyefində öz əksini tapır.

Qurudan sahəvi su obyektinin sahillərinə bitişik olan sahil çıxıntıları (**klif**), **terraslaşmış sahil düzənlikləri**, hündürdə yerləşən **dəniz terrasları** və **daha qədim çıxıntılar sahilboyu zonanı** əmələ gətirirlər.

Okeanların, dənizlərin, göllərin və digər bu tipli su obyektlərinin sahil xəttinə bitişik olan dib hissəsi **sualtı sahil yamacını** əmələ gətirir. Sualtı sahil yamacı dik və yaxud yatıq ola bilər. O, okeanda 200 m dərinliyədək hissəni əhatə edən şelf zonasına daxildir və materikin su ilə basılmış hissəsi kimi qəbul olunur (şəkil 3.64, b). Okeanın içərilərinə doğru getdikcə şelf kəskin əyilərək (okeandan quruya doğru) **materik (kontinental) yamacının** (materik yamacı təqribən 1,5-2 km dərinliyədək davam edir) başlanğıcını əmələ gətirir. Sualtı sahil yamacı «köhnə» sahil xəttinin, qədim dəniz terraslarının, dərələrin, sualtı vadilərin, valların, qurğu və tikililərin izini, qalıqlarını özündə gizlədir. Bu, dünya okeanının səviyyəsində baş verən tərəddüd (qalxma və enmə) ilə əlaqədardır.

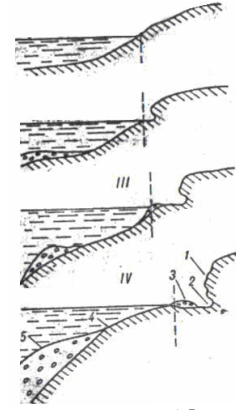
Təbii-sahəvi su obyektlərində üstünlük təşkil edən geoloji proses və hadisələrdən asılı olaraq **akkumulyativ**, ya da **abrazion** sahil formalaşa bilər.

Abrazion sahilin yaranması zamanı əsasən sahil yamacında abraziya prosesi üstünlük təşkil etdiyindən, sahil ana süxurlardan



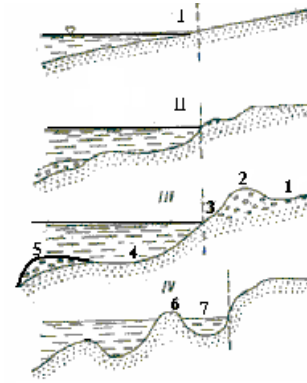
Şəkil 3.64. Sahil zonasının (a) və şelfin (b) yerləşmə sxemi. I-III-quru və dənizin keçmiş qarşılıqlı təsir zonası: I-dəniz-dəniz; II-sahil zonasının (dəniz və qurunun) müasir qarşılıqlı təsir zonası; III-sahil boyu.

təşkil olunmaqla, suyun dərinliyi çox olur (şəkil 3.65). Abrazion sahillərin morfoloji elementləri (şəkil 3.65-ə əsasən) aşağıdakılardır: **1-sıldırım (qayalıq) sahil (klif)**; **2-sahil yamacının dalğadöyən oyuğu**; **3-çimərlik**-dalğa təsiri ilə xırdalanmış iri ölçülü qrunut hissəcikləri üstünlük təşkil edən, çınqıl, çaqılla örtülmüş, eni dəyişən ensiz zolaq; **4-sualtı abrazion dayaz yer-terras** (ana süxurlardan təşkil olunur və yaxud kobud dənəli qrunut hissəcikləri ilə örtülür); **5- sualtı akkumulyativ terras** (abraziya materiallarının akkumulyasiya hesabına su altında ana süxurlardan ibarət yamaca söykənməsi ilə yaranan terras).



Şəkil 3.65. Abrazion sahilin profilinin formalaşma mərhələləri (V.P.Zenkoviçə görə).

Akkumulyativ sahil əsasən dayaz olub, çınqılla, çaqılla, qumla örtülür. Onun yaranmasında akkumulyasiya prosesi üstünlük təşkil edir və əsas morfoloji elementləri aşağıdakılardır (şəkil 3.66): **1-suüstü akkumulyativ terras (dəniz sahili düzənlik)**; **2-sahil valı** (qumlardan, çınqıl, bəzən çaqıldan təşkil olunur); **3-çimərlik** (dalğa təsiri ilə xırdalanmış kiçik ölçülü yumşaq qrunut hissəciklərindən təşkil olunur); **4-sualtı akkumulyativ dayaz yer**; **5-sualtı val**; **6- bar** (dəniz səviyyəsindən yuxarı çıxıntı); **7-laqun**.



Şəkil 3.66. Akkumulyativ sahilin profilinin formalaşma mərhələləri (V.P.Zenkoviçə görə).

Dəniz dalğalarının təsiri altında olan sahil zonasında xüsusi şərait yarandığından, orada toplanaraq əmələ gələn çöküntülər də digər çöküntülərdən struktur və tekstur xüsusiyyətlərinə görə fərqlənirlər. Qurudan dənizin içərilərinə doğru sahil yamacının sualtı hissəsi **litoral**, **sublitoral** və **nerit** zonalarına ayrılır. Litoral zonadan əvvəl isə **sublitoral** zona fərqləndirilir.

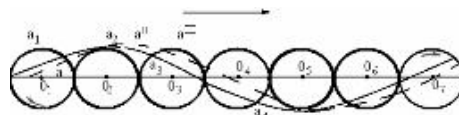
Dənizin 10 m dərinliyə qədər hissəsi litoral, 10÷30 m-dək hissəsi (abraziya bazisinə yaxın hissə) sublitoral, 30÷200 (400) m-ə qədər nerit zona və həmin zonalarda toplanan çöküntülər isə müvafiq olaraq **litoral**, **sublitoral**, **nerit çöküntülər** adlanırlar.

Dənizin 200 (400) ÷ 2000 m dərinliyində əmələ gələn çöküntülər **batial çöküntülər** adlanırlar.

Dənizlərə axan çayların mənsəbində axın sürəti dalğa təsirindən və s. azaldığından, çöküntülərin çökməsi prosesi baş verir, çayın deltası formalaşır. Çayın deltasında (qurunun) enmə baş verdikdə, dənizin quruya doğru hərəkəti baş verdikdə (transgressiya zamanı) dəniz deltanın subaeral hissəsini (deltanın quruya aid hissəsini) tutarsa **estuari** əmələ gəlir. Dəniz suyu deltanı tam basdıqda dəniz sahilində qapalı göllər-**laqunlar** (ispanca **laquna-göl** deməkdir) əmələ gəlir. Deltanın dənizə yaxın hissələrində xırda adacıklar da əmələ gəldiyindən, həmin adacıklar deltanın subaeral hissəsinin dənizlə əlaqəsini kəsir və bu şəraitdə **limanlar** əmələ gəlir. Delta, laqun və limanda əmələ gələn çöküntülər müvafiq olaraq **delta, laqun və liman çöküntüləri** adlandırılır.

Sahəvi su obyektlərində dalğalar. Sahəvi su obyektləri sahillərinin formalaşmasında su səthində yaranan dalğalanmanın rolu böyükdür. Sahəvi su obyektlərində dalğalar küləyin təsirindən, ayın cazibəsindən, atmosfer təzyiqinin dəyişməsindən, zəlzələdən, sahil yamacında baş verən sürüşmə, uçqun, tökülmə və s. geodinamiki hadisələr ilə əlaqədar, gəmilərin hərəkətindən və s. yarana bilər. Ancaq küləyin təsiri ilə yaranan dalğalar sahəvi su obyektlərinin sahillərinin formalaşmasında böyük təsirə malikdir və onun öyrənilməsi sahillərin işlənilməsinin proqnozlaşdırılması üçün vacibdir.

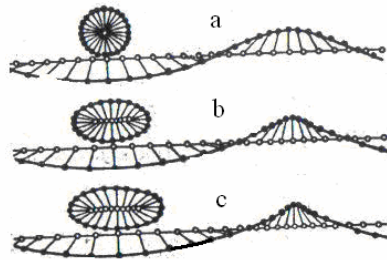
Əvvəllər belə hesab olunurdu ki, küləyin su səthinə göstərdiyi təsir nəticəsində su zərrəciklərinin şaquli müstəvi üzrə (öz hərəkət istiqamətləri boyu) dairəvi hərəkəti baş verir (şəkil 3.67). Tədqiqatçılar tərəfindən /35/ dənizdə və xüsusi fırtınalı sahəvi su obyektlərində aparılan tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, yaranan dalğanın forması nə sinusoidalə, nə də troxoidalə bənzəyir. Dalğanın qabarıq hissəsi daha sivri, çökük hissəsi isə daha genişlənmiş olur (şəkil 3.68). Küləyin dalğaya verdiyi enerji onun müxtəlif hissələrində müxtəlif olur. Nəticədə külək istiqamətində hərəkət edən elementar su



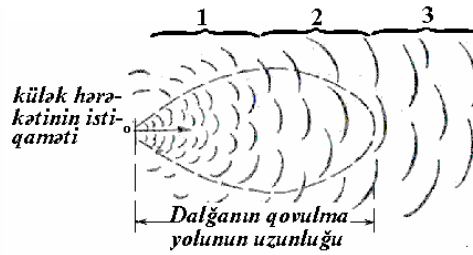
Şəkil 3.67. Su zərrəciklərinin dairəvi orbit üzrə (troxoidal nəzəriyyəyə görə) hərəkət nəzəriyyəsinə görə dalğanın əmələgəlmə sxemi. $O_1, O_2, O_3, \dots, O_7$ - su səthinin hissəciklərinin vəziyyəti; $a_1, a_2, \dots, a^I, a^{II}, a^{III}$ iki yaxın zaman anında dairəvi orbitdə onların vəziyyəti.

təbəqələrinin qalınlığı və sürəti müxtəlif olduğundan, dalğanın hərəkəti döyünən (pulsasiyalı) xarakterli olur (şəkil 3.68). Axın sürəti böyük olduqca, dalğa dartılmış forma alır və su zərrəcikləri bu halda ellips üzrə hərəkət edir. Zərrəciklərin bu şəkildə hərəkəti zamanı su səthi yeni forma alır. Əvvəlcə yaranan incə dalğalar inkişaf edərək xırda dalğalara çevrilirlər, sonra isə tam dalğalanmaya keçirlər (şəkil 3.69).

Hava axınının sürəti qeyri-bərabər, xüsusi ilə çoxğun olduğundan, küləyin hərəkəti turbulent xarakterli olur və su səthində qeyri-bərabər paylanmış təzyiq yaradır. Bunun nəticəsində müxtəlif hündürlüklü və uzunluqlu dalğalar yaranır. Xırda dalğalar daha iri dalğalarla əvəz olunurlar. Tədricən dalğanın inkişafı baş verir.

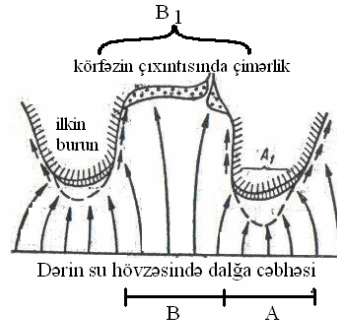


Şəkil 3.68. Dalğanın forması. a-troxoidal; b, s-yeni tədqiqatlara əsasən suyun pulsasiyalı hərəkəti (V.V.Şuleykinə görə).



Şəkil 3.69. Külək dalğalarının evolyusiyası (V.Baska görə). 1-küləyin yaratdığı xırda və kiçik dalğalar; 2-tam dalğalanma zamanı; 3-ləpələrin dalğaya çevrilməsi.

Sahəvi su obyektində yaranmış dalğalar sahilə yaxınlaşdıqda, suyun dibinin qeyri-düzgün relyef forması ilə əlaqədar olaraq, müxtəlif dərinlikli hissələrə rast gəldikdə dalğanın istiqamətində dəyişiklik yaranır (şəkil 3.70). Dalğa əylərək sahilə paralel vəziyyət almağa çalışır və onun enerjisi sahilin müxtəlif hissələrində paylanır. Dalğanın sahilə çatdıqda istiqamətini dəyişməsi sahilin formalaşmasında böyük rol oynayır və sahil müdafiə qurğularının yerinin təyini və tipinin seçilməsi zamanı nəzərə alınmalıdır.



Şəkil 3.70. Dalğanın refraksiyası (əyilməsi). Dərin su hövzələrində yaranan dalğaların düzünə axını sahilə yanaşdıqda əylərək ona paralel vəziyyət alır.

Dalğanın əsas xarakteristikaları aşağıdakılardır (şəkil 3.71): **dalğanın uzunluğu (L)** – bir dövr (period) müddətində dalğanın qət etdiyi məsafə və yaxud iki qonşu aşırım nöqtələri arasındakı məsafə, m; **dalğanın hündürlüyü (h)** -

dalğanın çökük və qabarıq səthləri arasında məsafə, m; **dalğanın periodu (T)**- dalğanın uzunluğu qədər məsafəni qət etmə müddəti, san; **dalğanın sürəti (g)** - dalğanın vahid zaman ərzində getdiyi yol, yəni $g = \frac{L}{T}$, m/san.

Küləyin yaratdığı dalğalar onun təsir etdiyi sahədən uzaq məsafələrə qədər yayılaraq, özləri ilə külək tərəfindən verilən enerji ehtiyatını daşıyırlar və həmin enerjini sərf etməklə iş görürlər, yəni dalğanın gördyü iş küləyin verdiyi enerji hesabına olur.

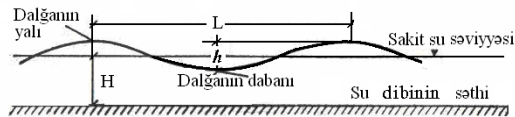
Dalğanın enerjisini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$E = \frac{1}{8} h^2 \cdot L, \quad (3.156)$$

burada E-dalğanın tam enerjisi, tQ·m/m; h və L-müvafiq olaraq dalğanın hündürlüyü və uzunluğu, m.

V.P.Zenkoviçin hesablamalarına görə, 6 m hündürlüklü dəniz dalğasının cəm enerjisi 360 min kQ·m, dalğa cəbhəsinin gücü isə $240 \frac{a \cdot q}{m} \left(\frac{at \text{ qüvvəsi}}{m} \right)$ təşkil edir [9].

Tədqiqatçıların və dənizçilərin apardığı müşahidələrə görə, okeanların açıqlıq olan hissələrində, xüsusi ilə cənub enliyində dalğaların ölçüləri böyük olur. Yer kürəsinin cənub hissəsini dünya okeanının su səthi halqa şəklində əhatə etdiyinə görə və daima güclü şimal-qərb küləkləri əsdiyindən, periodu 17÷18 san olmaqla, 400 m uzunluğunda, 12÷13 m hündürlüyündə və 14÷22 m/san sürətli dalğalar yaranır.



Şəkil 3.71. Dalğanın əsas elementləri.

Daxili sahəvi su obyektlərində küləyin təsiri ilə yaranan dalğalar açıq okean səthlərində yaranan dalğalarla müqayisədə kiçik ölçülü olurlar.

Küləyin təsiri ilə yaranan ən böyük hündürlüklü dalğalar Şimal buzlu okeanında 8÷9 m (uzunluğu 125 m-dək), Aralıq dənizində 6 m, Baltik dənizində 5 m, Qara dənizdə 4 m (bəzi müşahidələrə görə 5-6 m), Xəzər dənizində 4÷6 m (dalğa uzunluğu 60÷80m) olur. V.V.Şuleykinin müşahidələrinə görə [36], Qara dənizdə küləyin yaratdığı dalğanın uzunluğu 160÷170 m, hündürlüyü isə 12 m-ə çatır.

Küləyin yaratdığı dalğaların enerjisi sahəvi su obyektlərinin su səthinin ölçülərindən (dalğanın qovulma məsafəsinin uzunluğundan-D, km), sahilyanı zonada suyun dərinliyindən (H, m), küləyin sürətindən (g, m/san) və onun davamətmə müddətindən (t, saat) asılıdır. Dalğanın ölçülərinin (onun hündürlüyünün və uzunluğunun) proqnozlaşdırılması üçün müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən çoxlu düsturlar təklif olunmuşdur. Məsələn, Berqenə görə küləyin yaratdığı dalğaların hündürlüyünü və uzunluğunu aşağıdakı düsturlarla təyin etmək olar:

$$h = \frac{\frac{1}{3}g}{\left(1 + \frac{6,7}{D}\right)\left(1 + \frac{1,86}{t}\right)}; \quad L = \frac{12,34g}{\left(1 + \frac{47,9g}{D}\right) \cdot \left(1 + \frac{13,31}{t}\right)}. \quad (3.157)$$

Stivenzona görə isə küləyin dalğanı qovma yolunun uzunluğundan (su səthinin açıqlığından), yəni D-dən aslı olaraq dalğanın hündürlüyünü (h) aşağıdakı düsturla proqnozlaşdırmaq olar:

$$h = 0,37 \sqrt{D}. \quad (3.158)$$

Soyuzmor NIIP və QOIN tərəfindən hazırlanan metodikaya əsasən dalğanın parametrlərinin hesablanması zamanı aşağıdakı düsturlardan istifadə etmək tövsiyə olunur:

$$\frac{g \cdot D}{g^2} > 30 \text{ olduqda}; \quad \bar{h} = 0,000919^{\frac{4}{3}} \cdot D^{\frac{1}{3}}; \quad (3.159)$$

$$\frac{g \cdot D}{g^2} > 0,1 \text{ olduqda isə}; \quad \bar{h} = 0,0289^{\frac{4}{5}} \cdot H^{\frac{3}{5}}, \quad (3.159)'$$

burada $\bar{h}$ - dalğanın orta hündürlüyü, m; g-sərbəstdüşmə təcilidir.

Dərin və kiçik ölçülü sahəvi su obyektləri üçün dalğanın orta periodu (dövrü) ilə orta sürəti arasında riyazi asılılığın aşağıdakı kimi olduğu bildirilir.

$$\bar{T} = 7,5 \frac{(\bar{h})^{\frac{3}{5}}}{g^{\frac{1}{5}}}. \quad (3.160)$$

Küləyin təsiretmə müddətindən və onun sürətindən aslı olaraq $\frac{gD}{g^2} > 50$ olduqda, dalğanın orta hündürlüyü aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər:

$$\bar{h} = 0,000344 g^{\frac{19}{12}} \cdot t^{\frac{5}{12}}. \quad (3.161)$$

Təqribi hesablamalar zamanı dalğanın uzunluğunun $L=10 \bar{h}$ düsturu ilə hesablanması təklif edilir.

Dalğanın sürətini- ϑ (m/san), qovulma yolunun uzunluğunu (su səthinin açıqlığını)- D (km), küləyin təsirinin davamətmə müddətini- t (saat), dənizin dərinliyini- H (m) bilməklə dalğanın fiziki parametrlərini həmin düsturlar əsasında asanlıqla təyin etmək olar. Bundan ötrü məlumat kitablarında həmin düsturlardan asan istifadə üçün xüsusi cədvəllər tərtib edilmişdir ki, yuxarıda göstərilən ilkin məlumatlar əsasında dalğanın parametrləri təyin edilə bilər.

Keçmiş SSRİ məkanında fiziki-coğrafi şəraitindən asılı olaraq sahəvi su obyektləri sahillərində dalğanın parametrlərinin təqribi hesablanma metodu P.A.Kuznetsov və V.Q.Andreyanov tərəfindən işlənib hazırlanmışdır [1, 24/.

P.A.Kuznetsova görə küləyin qovma yolunun uzunluğu böyük olduqda ($D=100\div 500$ km) dalğa hündürlüyü

$$h=(\lg D)^2 - \frac{1}{\lg D}, \quad (3.162)$$

$D<100$ km olduqda isə

$$h = \sqrt[4]{D} + \frac{D}{200} \quad (3.163)$$

düsturu ilə təyin olunur. P.A.Kuznetsova görə, küləyin güclü qovma təsiri zamanı dalğanın maksimal uzunluğu $40h$ -a bərabər olur. Onun təklif etdiyi hesablama düsturunda dalğanın hündürlüyünün küləyin şiddətindən və təsiretmə müddətindən asılılığı nəzərə alınmır.

V.P.Zenkoviç dalğanın hərəkətinin və ölçülərinin tədqiqi əsasında belə qənaətə gəlmişdir ki, müasir dövrdə su anbarlarında dalğanın elementlərinin təyini üçün V.Q.Andreyanov tərəfindən təklif edilmiş hesabat düsturlarından istifadə məqsədəuyğundur. Həmin hesabat düsturları isə dalğanın hündürlüyü (h) və uzunluğu üçün aşağıdakı kimidir:

$$h=0,0208 g^{\frac{5}{4}} \cdot D^{\frac{1}{3}}; L=0,304 g \cdot D^{\frac{1}{2}}. \quad (3.164)$$

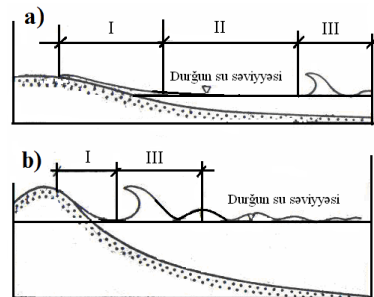
V.Q.Andreyanova görə, küləyin $100\div 200$ saatadək təsiri zamanı dalğa maksimal hündürlüyə malik olur. 10 saat və 1 saat

təsir etdikdə isə dalğanın hündürlüyü müvafiq olaraq maksimal hündürlüyünün 0,84 və 0,35 misli qədər olur.

Su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsinin hesablanması zamanı küləyin müxtəlif sürətlərinə uyğun dalğanın hündürlüyünü təyin etmək üçün A.P.Braslavskinin xüsusi nomogrammalarından istifadə edilir [2].

Sahəvi su obyektləri sahillərində dalğanın gördüyü iş və onun zərbə qüvvəsi dalğanın hündürlüyündən, yəni dalğanın kütləsindən və sürətindən asılıdır. Müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, küləyin yaratdığı dalğalar və ləpələr sahilə yaxınlaşdıqda dayaz hissədə dibi müqavimətə rast gəldiyindən, onların yayılma sürəti, hündürlüyü və uzunluğu azalır, enerjisi zəifləyir, profili dəyişir və dağılırlar. Dərin sahəvi su obyektlərində yaranan dalğa dayaz hissəyə yaxınlaşdıqda orada suyun dibinin təsirindən dəyişikliyə uğrayır. Bununla əlaqədar olaraq, onun yayılma sürəti, hündürlüyü, uzunluğu və enerjisi azalır, profildə dəyişikliyə uğrayaraq parçalanır. Bu dəyişiklik suyun <0,5 L dərinliyində hissəsində daha çox hiss edilir. Dalğanın təsiri suyun 1,5 L dərinliyində hissəsində isə hiss olunur. Suyun dərinliyi dalğanın hündürlüyünə bərabər olduqda isə dalğanın tam və ya qismən dağılması müşahidə edilir.

Sahəvi su obyektlərinin sahil zonasına yaxınlaşan dalğalar orada dağılaraq, köpüklənmiş şəkildə sahil yamacına çırpılaraq yuxarıya doğru sıçrayır. Bu zaman dalğanın irəliləmə sürəti və yamac boyu yuxarıya atılma (sıçrama) hündürlüyü onun yayılma sürətindən, hündürlüyündən, sahil yamacının mailliyindən və kəlkötürlülüyündən asılıdır. C.İnqlə [18] görə sahil zonasında dalğanın hərəkətinin xarakterinə görə üç zona-**sıçrama, ləpə döyən və parçalanma zonası** ayrılabilir (şəkil 3.72). Dayaz sahillərdə dalğanın sahili döyəcləmə zonasının eni müxtəlif olur və dalğanın sahildən hansı məsafəyə çatdıqda dağılmasından asılıdır. Çox dərin sahillərdə isə dalğanın sahili döyəcləmə zonası çox ensiz olur və yaxud olmur. Çünki çox dərin sahillərdə dalğa sahil-



Şəkil 3.72. Sahil zonasında ləpə döyən zolağın vəziyyəti və eni. a) dayaz sahil; b) dərin sahil (C.İnqlə görə). I-III-zonalar: I-sıçrama; II-ləpə döyən; III-parçalanma.

lərdə parçalanır (dağılır). Ona görə də, sıçrama zonası parçalanma zonası ilə birləşir.

N.N.Cunkovskiye görə, dalğanın sakit su səthinə nəzərən sıçrayış hündürlüyü aşağıdakı düsturla hesablanı bilər /4, 6/:

$$H_s = 3,2k \cdot h \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.165)$$

burada k - yamacın kələ-kötürlülüyündən asılı olan əmsal (hamar beton səthi üçün 1, daş tökülmələrində-0,775, eninə-çıxıntılı yamaclar üçün-0,655); h - dalğanın hündürlüyü, m; α -yamacın meyl bucağı, dərəcə.

Təcrübələrlə müəyyən olunmuşdur ki, yamacın meyl bucağı artdıqca dalğanın sıçrayış hündürlüyü artaraq, $45^\circ \div 60^\circ$ həddində maksimum qiymət alır. Yamacın kələ-kötürlülüyü isə onun azalmasına səbəb olur.

Dalğanın üfüqi istiqamətdə sahil yamaclarına (şaqli divara) göstərdiyi nəzəri təzyiq (P , tq/m^2) aşağıdakı düsturla ifadə oluna bilər:

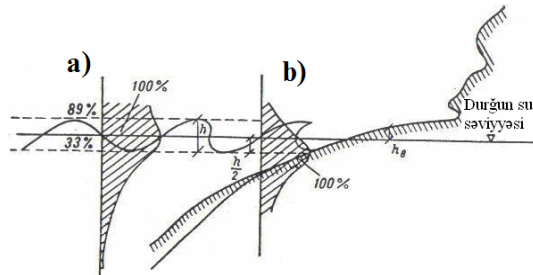
$$P = \frac{\gamma_s \cdot g^2}{g}, \quad (3.166)$$

burada γ_s - dəniz suyunun sıxlığı, $\gamma_s = 1026 \text{ t/m}^3$; g -dalğanın sürəti, m/san; g -sərbəstdüşmə təcili, m/san².

Ləpələnmə vaxtı dalğanın zərbə qüvvəsi **dinamoqraf** vasitəsi ilə ölçülə bilər. Məsələn A.M.Jdanov tərəfindən (1949-1950-ci illər) Soçi şəhərində (Qara dənizdə) aparılan 1 illik tədqiqatla maksimal dalğa zərbəsinin həmin ərazidə $4,5 \text{ tq/m}^2$, Tuapse şəhərində isə $5,7 \text{ tq/m}^2$ olduğu müəyyən edilmişdir. Açıq dənizdə isə 30 tq/m^2 -ə çatdığı qeyd edilmişdir /8/.

Dalğanın şaquli sahil yamacına maksimal təsiri dənizin sakit olduğu vəziyyətindəki səviyyəsi həddində baş verir (şəkil 3.73).

Müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, sahilin maili yamacına və yaxud maili divara həmin təsir dənizin sakit olduğu vəziyyətinə uyğun gələn səviyyədən aşağıda baş verir. Dalğanın



Şəkil 3.73. Dalğanın sahilə doğru hərəkəti və onun zərbə qüvvəsinin paylanma epürünün sxemi. a-şaqli maneələrdə; b-maili maneələrdə.

həmin yamaca maksimum təzyiqi isə təqribən dalğa hündürlüyünün yarısı qədər aşağıda yaranır və dinamiki xarakterli olur.

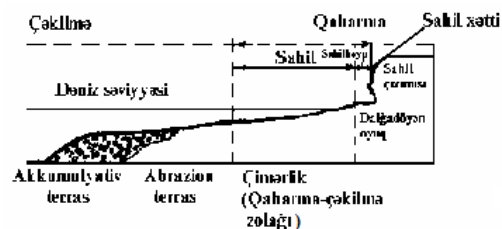
Fırtına baş verdikdə dalğanın sahilə göstərdiyi təsir daha da artır. A.M.Jdanovun müşahidələrinə görə /8/ 20-21 avqust 1949-cu ildə Soçi şəhəri ərazisində dənizdə baş verən fırtına zamanı 7 m hündürlüyündə dalğa yaranmış və ağırlığı 40÷80 t olan yüzədək süxur massivlərini sahilə atmışdır. Ən böyük dalğa təzyiqi bu zaman 11,8 tq/m²-dək olmuşdur /8/.

Sahilin yuyulub dağılması. Okean və dənizlərin (ümumilikdə sahəvi su obyektlərinin) sahilinin yuyulub dağılması geoloji proses olub, sahilin morfologiyasının, yəni onun profilinin, quruluşunun və dayanıqlılığının dəyişikliyə uğramasına səbəb olur.

Abraziya təsiri sahəvi su obyektlərinin dərinliyindən, su səthinin açıqlığından, hakim küləklərin enerjisindən, sahil yamaclarının mailliyindən, konfigurasiyasından asılıdır. Yamaca dalğa təsiri çökük və çıxıntılı konfigurasiyalı sahillərdə frontal (üz-üzə) təsir edən zaman çox olur. Abraziya təsiri yamacın mailliyi 5⁰-dək olduqda az (sahildə bataqlaşma baş verir), 5-10⁰ olduqda orta (burada enli və yatıq lərədöyən əmələ gəlir), 10⁰-dən böyük olduqda isə (dik yamaclarda) çox olur. Dalğaların təsiri təkcə dağıdıcı, əzici zərbə şəklində deyil, həm də dalğanın böyük sürətlərində axında statik təzyiq azaldıqda kavitasiyanın yaranması ilə qopardıcı («mexaniki qaynama» zamanı) və sahil yamacındakı qruntları islatmaqla xassə göstəricilərini pisləşdirici, həmçinin çəkisini yüngülləşdirici olur.

Ümumilikdə, sahəvi su obyektlərinin sahil yamaclarının dalğa təsiri ilə yuyulması sahilin bir hissəsindən qrunzun parçalanaraq dağılması, su ilə nəql olunması və sahilə yaxın dayaz hissələrdə çökdürülməsi şəklində baş verir. Əksər hallarda abraziya və akkumulyasiya prosesi bir-birini tamamlayır.

Əgər sahilin profilinə nəzər salınarsa, o zaman aşağıdakı elementləri ayırmaq olar: akkumulyativ terras, abraziyon terras, çimərlik (qabarma-çəkilmə zolağı), sahil dayazlığı, sahil çıxıntısı



Şəkil 3.74. Sahillərin quruluş sxemi (V.P.Zenkoviçə görə).

(şəkil 3.74).

Nisbətən dik yamaclarda dalğa təsirindən yuyulub daşınma nəticəsində abraziya zonalarında (yamacın aşağı hissələrində) oyuqlar əmələ gəlir. Bu proses abraziyanın intensiv getdiyi I-mərhələsində baş verir. Bu o zamanadək davam edir ki, asılı vəziyyətdə qalmış yamacın uçması, tökülməsi və ya sürüşməsi baş verir. Abraziya ilə paralel olaraq akkumulyasiya da müşahidə olunur. Asılı qalmış yamacların uçması zamanı II mərhələ başlanır. Bu zaman (sahil zonasında dayazlaşma yarandığından) dalğanın abraziya təsiri yavaşlayır və III mərhələ başlanır, yəni sahil yamacı dayanıqlı vəziyyət alır.

Sahil yamacının dalğa təsirindən yuyulub daşınması yamacı təşkil edən qruntlardan və onların yatım şəraitindən də daha çox asılıdır. Müəyyən olunmuşdur ki, bəzi qruntlar dalğa təsirindən asılı olmayaraq su ilə qarşılıqlı təsirdə daha asan parçalanmaya məruz qalır. Bununla əlaqədar olaraq həmin qruntlardan təşkil olunmuş su hövzələrinin sahil yamacları daha tez dağılırlar. Dalğa təsirindən asılı olaraq, Q.S.Zolotaryev (1955) və S.D.Voronkeviç (1958) tərəfindən aparılan tədqiqatların nəticələrinə əsasən Y.M.Sergeyev qruntların yuyulub aparılma səviyyəsinə görə aşağıdakı kimi qruplaşdırmağı və xarakterizə etməyi təklif etmişdir /31/:

1.Çox asan yuyulub aparılan qruntlar. Bunlara-incə, narın, xırda və orta dənəli qumlar və qumcalar aid edilir və bu qruntlar suyun təsirindən çox böyük səviyyədə parçalanmaya məruz qalırlar.

2.Asan yuyulub aparılanlar-bu qruntlar dalğa təsiri ilə daha asan şəkildə parçalanaraq yuyulurlar. Onların hissəcikləri arasındakı əlaqə ion-elektrik və löslərə xas digər təbiətli olmaqla, çox zəifdir.

3.Orta səviyyədə yuyulub daşınan qruntlar-bunlara hissəcikləri arasında rabitə olmayanlar-xırda çaqıl, zəif sementlənmiş qumdaşı və IV dövrün gilli qruntları aiddirlər və müxtəlifliklə xarakterizə olunurlar.

4.Çətin yuyulan qruntlar-bunlara əsasən yumşaq-əlaqəli qruntlar (misal olaraq Mezazoy gilləri) aiddir və dalğa təsiri ilə nisbətən zəif yuyulmaya məruz qalırlar. Bunlara həmçinin iri çaqılları da aid etmək olar.

5. *Çox çətin yuyulan qruntlar*-bunlara geoloji yaşı qədim olan gillər, argillitlər, alevrolitlər, qumdaşılar, mergellər və s. aid olub, çox zəif yuyulma xüsusiyyətinə malikdirlər.

6. *Hədsiz dərəcədə çətin yuyulan qruntlar*-bunlara massiv maqmatik, metamorfik, möhkəm qumdaşı, əhəngdaşı, dolomit, gips və s. qruntları aid etmək olar və dalğa təsirindən demək olar ki, yuyulub daşınma prosesi çox zəif gedir. Bu qruntların təşəkkül tapdığı su obyektləri sahillərində müxtəlif tikinti obyektlərinin tikilməsi zamanı abraziya təsiri ilə əlaqədar heç bir təhlükə gözlənilmir.

Sahil yamacının yuyulub aparılmasının və dağılmasının ümumi xarakteri, əsasən aşağıdakı amillərin bir-birinə nisbətindən asılıdır:

1) *su hövzəsinin abraziya fəaliyyəti*; Bunun nəticəsi olaraq sahil yamacı yuyulub daşınır, hövzənin dayaz yerində abraziya hissə əmələ gəlir və s.

2) *sahil yamacının yuyulması nəticəsində əmələ gəlmiş materialların akkumulyasiyası*; Həmin materialların bir hissəsi sahilə yaxın toplanaraq, sahilin dayaz yerinin akkumulyativ hissəsini formalaşdırır. *Akkumulyasiya olunan qruntların həcmnin yuyulan qruntların həcminə olan nisbətinin faizlə ifadəsi akkumulyasiya faizini təşkil edir.*

3) *akkumulyasiya ilə bərabər sahil boyu istiqamətlənmiş axınların və çayların təsiri ilə yumşaq qruntların daşınması.*

Abraziya və akkumulyativ sahillərin morfoloji xüsusiyyətlərinin müqayisəsindən məlum olur ki, onlar sahili təşkil edən qruntların fiziki-mexaniki xassələrindən daha çox asılıdır [26]. V.D.Lomtadzeye görə əgər sahili təşkil edən qruntlar bərk süxurlardan-massiv kristallik maqmatik, massiv və təbəqəli kristallik metamorfik, möhkəm sementlənmiş, yüksək möhkəmliyə, az deformasiya etməyə, zəif sukeçiriciliyə, yüksək dəyanətliyə və atmosfer amillərinin təsirinə müqavimətliyə malik çökmə qruntlardan ibarətdirsə, o zaman abraziya prosesi zəif gedir və dalğa təsirinin əlamətləri az hiss olunur. Əksər hallarda sahil dik, yüksək, qayalı olur, sahil xətti uçurum və yaxud dar çimərlikdən keçir.

Sahil yarımqayavari (nisbətən bərk) süxurlardan (çatlı, aşınmaya uğramış maqmatik, metamorfik və möhkəm sementlən-

miş çökmə süxurlar, zəif sementlənmiş süxur qırıntıları, litifikasiyaya uğramış gilli, üzvi, üzvi-kimyəvi, piroklastik və az sıxlıqlı və möhkəmlikli, effuziv-çökmə süxurlar) təşkil olunduqda yuyulmaya və dağılmaya meyilli olur. Sahili təşkil edən qruntlar çatlılıqla, suda həllolan və kavernalı olmaqla, müxtəlifcinslilik və anizotropuluqla fərqlənirlər. Sahil abrazion tipli, dik və yaxud nisbətən dik, uçurumlu, dalğanın təsirindən yaranmış oyuqlu, qum, çınqıl və çaqıl materialları ilə örtülmüş ensiz çimərlikli olur. Bu qruntlardan təşkil olunmuş sahilin müvazinət profilinin inkişafı sahil xəttindən dənizə doğru sahil uçurumunun tədrici olaraq keçməsi, sualtı hissəsinin ana süxurlardan təşkil olunması və yaxud az qalınlıqlı akkumulyasiya materiallarının örtməsi ilə xarakterizə olunur. Sualtı abrazion yamac intensiv və uzunmüddətli dalğa təsirinə məruz qaldığından, onun səthi dənizə doğru daha çox meyilli olur. Sahilə dəyərək geri qayıdan dalğalar özləri ilə qrunut hissəciklərini sahilədən dənizə doğru apararaq sualtı yamacın müəyyən hissələrində akkumulyasiya etdirir, sualtı akkumulyativ terrası formalaşdırır və dayaz hissənin genişlənməsinə səbəb olur. Normal müvazinət profili inkişaf etdikcə dalğanın abrazion fəaliyyəti zəifləyir.

Yumşaq-əlaqəsiz qumlu-çaqıllı və yumşaq-əlaqəli gilli qruntlardan təşkil olunmuş sahillər asan və tez yuyularaq, əlverişli şəraitdə yatıqlaşırlar. Onlar alçaq, əksərən enli qumlu çimərlikli və digər akkumulyativ formalı (sahil terrasları, düzənlikləri, valları, çıxıntıları, barları və s.), sualtı sahil yamacları isə müvazinət profilinə yaxın quruluşa malik olurlar. Bu şəraitdə dalğanın enerjisi dəyişmədiyi halda, sahilədən geri-dənizə doğru qayıdan dalğanın qrunut hissəciklərini nəql etdirmə qabiliyyəti dik yamaclarda olan vəziyyətlə müqayisədə çox az olur.

Dənizlərin, göllərin və su anbarlarının sahillərinin yuyulması və dağılması ilə əlaqədar proses və hadisələrin tədqiqi, onların qiymətləndirilməsi zamanı ilk növbədə sahil yamacını təşkil edən qruntların petroqrafik tərkibi, xüsusiyyətləri, müvafiq xassə göstəriciləri nəzərə alınmalıdır.

Qruntların su ilə yuyulub daşınması onların təkcə petroqrafik xüsusiyyətlərindən deyil, həm də su axınının sürətindən asılıdır. Yəni hər bir qrunut üçün su axınının elə bir sürət həddi vardır ki, axının sürəti həmin sürətdən kiçik olduqda qrunut yuyulub daşınmır. Axın sürətinin həmin həddi **yumayan sürətin**

buraxılabilən (yolverilən) həddi adlanır. Qruntların növündən asılı olaraq su axınının yumayan sürətinin yolverilən həddi müxtəlifdir və cədvəl 3.19-da bu haqda məlumatlar öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 3.19

Müxtəlif qruntlar üçün su axınının yumayan sürətinin yolverilən həddi

Qruntlar	Su axınının sürəti, m/san
Bərk-qayavari	
Qranitlər, diabazlar, sienitlər, dioritlər, kvarsitlər, qneyslər və digər massiv, zəif çatlılar	15
Möhkəm sementlənmiş qumdaşılar, əhəngdaşılar, dolomitlər, sıx, laylı olmayan mərmərlər	4÷5
Nisbətən bərk, yarımqayavari	
Kavernalı əhəngdaşılar, dolomitlər, sıx, təbəqəli olmayan qumdaşılar	3÷4
Gilli qumdaşılar və əhəngdaşılar, mergellər, şistlər	2÷3
Yumşaq-əlaqəsiz	
İri qaya parçaları və qayma daşlar	4÷5
Xırda qaya parçaları və qayma daşlar	3÷4
İri çaqıl və çınqıllar	2÷3
Xırda çaqıl və çınqıllar	1÷1,25
Xır	0,6÷1,0
Kobud və iri dənənli qum	0,25÷0,6
Orta və xıradənənli qum	0,25÷0,35
İncədənənli qum	0,2
Yumşaq- əlaqəli	
Sıx gilcələr və gillər	1,2
Az sıxlıqlı gilcələr və gillər	0,5
Sıx qumcalar	0,6÷0,8
Az sıxlıqlı qumcalar	0,25÷0,35
Löslər	0,20÷0,30

Sahəvi su obyektləri sahillərinin dalğa təsirindən yuyulub daşınmasına qarşı dayanıqlılığı onların yatım şəraitindən və litoloji-stratigrafik quruluşundan da çox asılıdır. Sahil yamacının qruntları çökmə mənşəli olduqda və sahil yamacında müəyyən bucaq altında yatdıqda, dalğa təsirindən yamacda yuyulma, oyuc əmələ gəlmə müşahidə olunur və sahildə uçma, sürüşmə, tökülmə kimi hadisələrin baş verməsi üçün əlverişli şərait yaranır. Sahil yamacını təşkil edən qruntlar dalğa təsirinə, yuyulmaya qarşı davamlı olduqda isə demək olar ki, yamacın profili dəyişikliyə uğramır.

Sahilin quruluşuna sahil zonasında tektonik strukturların yerləşmə vəziyyəti və tektonik hərəkətlər də böyük təsir göstərirlər.

Sahil zonasında tektonik xətlərin yerləşmə vəziyyətlərinə görə uzununa (tektonik xətt boyu uzanan sahillər), eninə, diaqonal və neytral sahillər fərqləndirilir. Uzununa sahillər düzxətli, az parçalanmış, eninə və diaqonal sahillər qeyri-düzgün formalı, neytral sahillər isə massiv süxurların yayıldığı ərazilər boyu istiqamətlənərək, az parçalanmış, daha çox düzxətli olurlar.

Sahil zonasında geoloji proseslərin intensivliyinə və sahillərin morfoloji xüsusiyyətlərinə yer qabığının alp dağəmələgəlmə, erkən və müasir rəqsi hərəkətlərinin (epeyrogen hərəkətlər) və dünya okeanı səviyyəsinin əsrlik nisbi rəqsinin təsiri çox böyükdür. İsbat edilmişdir ki, buzlaşmadan sonrakı dövrlərdə materik buzlaqlarının əriməsi dünya okeanının səviyyəsinin 60÷80 m, bəzi tədqiqatçılara görə isə 100 m qalxmasına səbəb olmuşdur.

Rəqsi hərəkətlərin təsiri ilə sahillər suyun altında qala bilər və ya yuxarıya doğru hərəkət nəticəsində sudan çıxıb bilər. Ona görə də, «batırılmış sahil» və «qaldırılmış sahil» fərqləndirilir. Bunlardan birincisi daha «cavan» olub, dənizin təsiri hələ başlanğıc mərhələdə və sahil xətti dolanbac olur, çoxlu körfəz, buxta və s. təsadüf edir. İkincilər isə düz, müstəvi səthli olub, abraziya təsirin əlamətlərini özündə əks etdirirlər.

Müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, çayların (xüsusi ilə dağ çaylarının) gətirdiyi çöküntülərin balansını pozulduqda su hövzəsi sahillərində abraziya prosesinin intensivliyi dəyişir. Ona görə də, hidroqrafik şəbəkənin də okean, dəniz, göl və s. sahillərinin formalaşmasında rolu nəzərə alınmalıdır. Çayların okeanlara, dənizlərə nəql etdirdiyi çöküntülərin bir hissəsi sahil zonasında toplanır, bir hissə isə sahil zolağı boyu və sahəvi su obyektinin daxilinə doğru hərəkət etdirilərək çökdürülür. Sahil zolağında çöküntülərin toplanması dayazlaşmaya dalğanın abraziya təsirinə zəifləməsinə səbəb olur. Sahil zolağında yumşaq qrunnt hissəciklərinin dinamik balansını orada gedən geoloji proseslərin istiqamətini müəyyən edir. Çaylar vasitəsi ilə nəql olunan qrunnt hissəcikləri çox olduqda akkumulyasiya baş verirsə, az olduqda və yaxıd çöküntülər gətirilmədikdə dalğanın abraziya təsiri güclənir. Çünki dalğa özü ilə müəyyən miqdarda qrunnt hissəciklərini nəql etdirmək, çöküntülərlə «doyma» imkanına malikdir. Çayın dəniz və göllərə nəql etdirdiyi çöküntülərin

miqdarı dalğanın çöküntüləri nəql etdirmə imkanından çox olduqda akkumulyasiyanın, əks halda isə abraziyanın baş vermə ehtimalı yüksəkdir. Ona görə də, çay vadilərində qum-çınqıl karxanalarının yaradılması, çay hövzələrinə qeyri-düzgün müdaxilə həmin çaylarla əlaqəli olan dəniz və göllərdə gedən geoloji proseslərin istiqamətinə öz təsirini göstərir. Dəniz və göl sahillərinin formalaşmasında insanların müxtəlif təsərrüfat fəaliyyətinin rolu böyükdür. Müxtəlif məqsədlərlə sahillərdən qum-çınqıl materiallarının götürülməsi, çimərliyin dağıdılması və yaxud ləğvi abraziyanın güclənməsi üçün əlverişli şərait yaradır.

Dəniz və göl sahillərinin yuyulub dağılması təhlükəsinin qiymətləndirilməsi. Dəniz və göllərin sahilləri əsasən təbii amillərin təsiri altında formalaşır. Texnogen amillərin təsiri böyük olsa da, lokal xarakter daşıyırlar. Təbii sahəvi su obyektlərinin sahilləri müəyyən geoloji zaman müddətində formalaşdığı halda, süni yaradılmış obyektlərin sahilləri isə təbii şəraitin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq daha tez formalaşır. Ona görə də, təbii sahəvi su obyektlərinin sahillərinin yuyulub dağılması təhlükəsinin qiymətləndirilməsi metodikası süni yaradılmış sahəvi su obyektlərinin sahillərinin işlənməsinin qiymətləndirilməsi metodikasından fərqli olmalıdır.

Dəniz və göllərin sahillərinin yuyulması və dağılması təhlükəsinin səviyyəsinin qiymətləndirilməsi əsasən aşağıdakı hallarda aparılır:

1. Sahil zonasında yeni qurğuların planlaşdırılması və yerləşdirilməsi, şəhərlərin, qəsəbələrin salınması, istirahət mərkəzlərinin tikilməsi, müxtəlif təsərrüfat sahələrinin yaradılması və s. zamanı;

2. Sahillərin müəyyən hissələrində təhlükəli hadisələrin lokallaşdırılması, onların inkişafı haqqında məlumatın qabaqcadan ötürülməsi və qarşısının alınması, sahilə tikilmiş şəhər, qəsəbə, qurğu, liman və s. obyektlərin dayanıqlılığının və normal istismarının təmini məqsədi ilə mühəndisi tədbirlərin layihələndirilməsi və həyata keçirilməsi zamanı;

Birinci məsələ sahil boyu və sahil zonasının regional öyrənilməsi ilə öz həllini tapa bilər. Bəzən sahil boyunun müxtəlif hissələrinin istifadəyə yararlılığının müəyyən edilməsi məqsədi ilə mühəndisi-geoloji qiymətləndirmənin aparılması zərurəti yaranır. Bu zaman aerofotoplanalma materialları, aerovizual və yerüstü

müşahidələr, təbii hidroloji və mühəndisi-geoloji məlumatlar əsasında sahilin yuyulub dağılma baş verən hissələri müəyyən edilməli, prosesin intensivliyinin təyini, layihənin əsaslandırılması üçün lazım olan məlumatlar toplanılmalıdır. Aparılmış tədqiqatlar dalğa təsirinin qarşısının alınması məqsədi ilə mübarizə tədbirlərinin işlənilib hazırlanması üçün məlumat mənbəyi olmalıdır.

Sahilin yuyulma və parçalanma baş verən hissələrini xarici görünüşünə görə (sahil çıxıntılarının-kliflərin olması, dik, sıldırım yamacların, uçqunların, sürüşmələrin və s. təzahürü ilə) asanlıqla müəyyən etmək olar. Abrazion sahillər üçün adətən dərinliyin çox, çimərliyin ensiz (ensiz ləpə döyən şəklində) olması və yaxud olmaması, yuyulma intensivlik getdikdə isə çimərlik və sualtı yamacın iri çaqıl və yaxud qayma daş, qaya parçaları ilə örtülməsi xarakterikdir. Sahil uçurumunun qaşında parçalanmalar, çatlar, orada tikilmiş qurğularda dalğanın yaratdığı təzahürlər adi şəkildə görünür. Həmin sahillər adətən hakim küləklərin istiqamətinə perpendikulyar və yaxud 90⁰-ə yaxın yerləşir.

İkinci məsələnin həlli sahilboyunun və sahil zonasının müəyyən edilmiş hissəsində dəqiq və əsaslı mühəndisi-geoloji tədqiqat işlərinin aparılması ilə həll edilir. Həmin tədqiqatlar sahilin quru və sualtı hissəsinin relyefinin, geoloji quruluşunun, qruntların fiziki-mexaniki xassələrinin, dalğa təsirinin və s. öyrənilməsindən ibarətdir. Tədqiqatların nəticələri sahilin müdafiə prinsipinin, qurğuların yerləşmə vəziyyətinin, dayanıqlılığının, kompanovka həllinin və tikintinin texnologiyasının müəyyən edilməsinə və sahilin müdafiəsi üçün yerinə yetirilən mühəndisi tədbirin gələcəkdə göstərdiyi təsirin proqnozlaşdırılmasına imkan verməlidir.

Su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsi və proqnozu metodları. Su anbarları su ilə doldurulduqdan sonra onların sahillərinin formalaşmasının **yenidən işlənilmə** kimi adlandırılması qəbul olunmuşdur. Belə ki əvvəl təbii şəraitə malik olan sahil yamacı insanların yaratdığı sahəvi su obyektinin təsirinə məruz qalır, yəni təbii şəraitdə formalaşmış sahil yeni şəraitə uyğun dəyişikliyə uğramağa başlayır. Su anbarı doldurulan zaman təbii şərait dəyişdiyindən onun müxtəlif hissələrində sahil yamacının yuyulması, sürüşməsi, uçması, dağılması, sahil relyefinin formalaşması prosesi gedir.

Su anbarları sahilində gedən **abraziya prosesi** ümumillikdə dəniz və göllərin sahillərində baş verən proseslərlə eyni qanunauyğunluqlara tabedir və yekun olaraq su anbarları sahillərinin müvazinət profillərinin yaranmasına, yəni dayanıqlı sahilin formalaşmasına doğru istiqamətlənir. Su anbarlarında abraziya prosesinin dinamikası və intensivliyi dənizlərin və göllərin yaratdığı abraziya prosesindən kifayət qədər fərqlidir, ancaq sahilin formalaşmasını müəyyən edən ümumi şərait eynidir. Bunlara geoloji, geomorfoloji, hidroloji və insanların təsərrüfat fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yaranan şərait aiddir. Onların hər biri müvafiq amillərin təsiri ilə formalaşır və aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır:

Geoloji şərait üzrə: mühəndisi-geoloji təsnifat üzrə qruntrupları, onların yatım şəraiti, tektonik strukturların yerləşmə vəziyyəti, yer qabığının erkən və müasir rəqsi hərəkətləri, sahil zonasında yumşaq qruntların paylanması və onların tərkibi.

Geomorfoloji şərait üzrə: sualtı sahil yamacının (çox dərin və yaxud dayaz sahil) və sahilboyunun (suya batırılmış və yaxud qaldırılmış sahil) relyefi, sahil xəttinin yerləşmə vəziyyəti, akkumulyativ relyef formasının vəziyyəti, müasir geoloji proseslər, onların təzahürü, aktivliyi və s.

Hidroloji şərait üzrə: su səthinin ölçüləri, su səviyyəsinin rejimi (çoxillik, mövsumi, həftəlik, sutkalıq), buz rejimi, hakim küləklərin, gəmilərin hərəkətinin, daşqın hadisəsinin, sahil axınının və s. təsirindən yaranan dalğalanmanın intensivliyi.

İnsanların təsərrüfat fəaliyyəti üzrə: sahil zonasında qurğuların tikintisi, yamacların işlənilməsi, yamacların şumlanması, intensiv gəmiçilik, su anbarının istismar rejimi (həcmi, su səviyyəsinin işlənilmə tezliyi və davamətmə müddəti), məcrada ekskavator işləri, qum-çınqıl karxanalarının fəaliyyəti və s.

Su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsi (Kaxovski və Dneprovski su anbarlarında olduğu kimi) su ilə doldurulduqdan sonra ilk illər intensiv baş verir (təqribən 5-10 il), sonra isə yuyulmanın stabilləşməsi dövrü başlayır və yerli şəraitdən asılı olaraq 15-25 il davam edir /29/.

Su anbarının müxtəlif hissələrində sahilin yenidən işlənilməsi müxtəlif şəkildə baş verir. S.L.Vendrov /3/ su rejiminin xarakterinə

görə düzənlik çaylarındakı böyük su anbarlarını 5 zonaya ayırmağı təklif etmişdir (şəkil 3.75):

1. *Dərin (bəndyanı) zona*. Bu zona su səviyyəsinin daha çox qalxması, dalğalanmanın daha intensiv olması, sahilin daha çox yenidən işlənməsi, böyük həcmdə yumşaq materialların əmələ gəlməsi, dayazlığın, barların və s. formalaşması ilə səciyyələnir. Su anbarının dibinə dalğa təsir göstərmir.

2. *Orta dərinlikli zona*. Normal şişmiş vəziyyətdə birinci zonadan az fərqlənir. Suyunun işlənməsi zamanı o, dayaz su anbarına çevrilir. Sahilin yenidən işlənməsi bu zonada əvvəlki zonaya nisbətən zəif gedir. Su anbarının işlənməsi zamanı yuyulma dayanır, dalğanın təsiri dibdə baş verir.

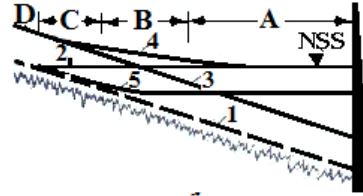
3. *Üst zona* normal şişmiş səviyyədə bəzən enli olsa da, əsasən xırda sututar zona olub, dalğalanma zəif, sahilin yenidən işlənməsi asta temple gedir. Su anbarının işlənməsi zamanı su səthi təbii çay məcrasınadək azalır.

4. *Su səthinin şişməsinin pазlaşma zonası*. Sahilin yenidən işlənməsi zorla hiss olunur və yaxud ümumiyyətlə müşahidə edilmir.

5. *Kiçik körfəzlər zonası* əksər hallarda laqunlara çevrilir, sonra isə çöküntülərlə dolur. Sahilin yenidən işlənməsi burada zəifləmiş olur.

Su anbarı sahilinin yenidən işlənməsində su anbarının irriqasiya, energetika və s. iş rejimlərinə müvafiq qrafik üzrə işlənməsi, yəni anbarın suyunun nəzərdə tutulan iş rejimləri (nizamlanması) və sudan istifadə qrafikləri üzrə boşaldılması, yenidən doldurulması əsas rol oynayır. Su anbarının su ilə doldurulması və boşaldılması tez-tez aparıldıqda, sahil yamacında sürüşmə, uçqun prosesinin baş verməsi üçün əlverişli şərait formalaşır.

Su anbarı sahilində hidroloji şəraitdən, qruntların yuyulma xüsusiyyətinin müxtəlifliyindən asılı olaraq anbarın müxtəlif sahil



Şəkil 3.75. İri su anbarlarının xarakterik zonaları (S.L.Vendrova görə). Zonalar: A-alt; B-orta; C-üst; D-pazlaşma. 1-təbii şəraitdə çayda normal azsululuq səviyyəsi; 2-həmçinin su anbarı su ilə doldurulduqdan sonra; 3-təbii şəraitdə gursululuğun maksimal səviyyəsi; 4-həmçinin su səviyyəsi şişdikdən sonra; 5-su anbarının suyu işləndiyi zaman azsululuq səviyyəsi.

zonalarında sahilin dayaz hissəsinin prinsipial fərqli tipləri formalaşır (şəkil 3.76). Bunlar **abrazion-akkumulyativ** və yaxud **abrazion** ola bilərlər.

Sualtı sahil yamacı çox dik, qruntlar az yuyulan olduğundan, dalgalarla sahil boyu istiqamətdə yumşaq qrunnt hissəciklərinin aparılması abrazion tipli dayazlığın formalaşmasına səbəb olur.

Su anbarı sahilinin yenidən işlənməsinin proqnozlaşdırılması zamanı aşağıdakılar təyin edilməlidir:

1) Yenidən işlənmə zonasının eni;

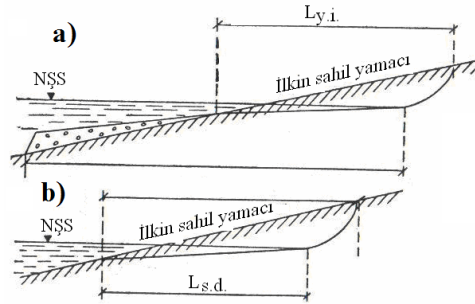
2) Sahilin yenidən işlənməsinin sürəti, yəni sahil xəttinin, sahilin və sahil çıxıntısının quruya doğru yerdəyişmə sürəti;

3) Ərazilərin dağılmasının lokallaşdırılması və xəbərdarlığın edilməsi üçün mühəndisi tədbirlərin istiqaməti.

Yenidən işlənmə zonasının enini müxtəlif zaman müddətlərinə uyğun dövr üçün proqnozlaşdırmaq olar. Misal olaraq su anbarı su ilə doldurulduqdan 1 il, 10 il sonra və yenidən işlənmənin son etapında sahilin yenidən işlənmiş vəziyyəti proqnozlaşdırıla bilər. Yenidən işlənmənin yekun etapi dedikdə, sahilin və sahil çıxıntısının quruya doğru yerdəyişməsinin cüzi olduğu, praktiki maraq kəsb etmədiyi müddət nəzərdə tutulur.

Yenidən işlənmə zonasının eninin 1 il, 10 il və s. müddət ərzində dəyişməsinin proqnozlaşdırılması ilə bərabər, onun sərhədinin quruya doğru yerdəyişmə sürəti (yenidən işlənmə sürəti) də proqnozlaşdırılır. Proqnozlaşdırılmış həmin sürət inkişaf edən prosesin müəyyən edilməsinə, sahil zonasında tikilmiş qurğuların və yaxud ərazilərin qəza təhlükəsi haqqında qabaqcadan məlumatın əldə edilməsinə imkan verir.

Su anbarı sahilinin yenidən işlənməsinin proqnozlaşdırılması üçün mühəndisi-geoloji şərait üzrə tipik olan hər bir sahənin (sahil zonasının) geoloji kəsilişi qurulmalıdır. Həmin kəsilişlərdə sahilin müvafiq hissəsinin ilkin və proqnozlaşdırılan vəziyyəti (quruluşu), yəni sualtı sahil yamacının (abrazion, akkumulyativ), sahilin, sahil çıxıntısının ilkin və su anbarında normal şişmiş səviyyədə (NŞS)

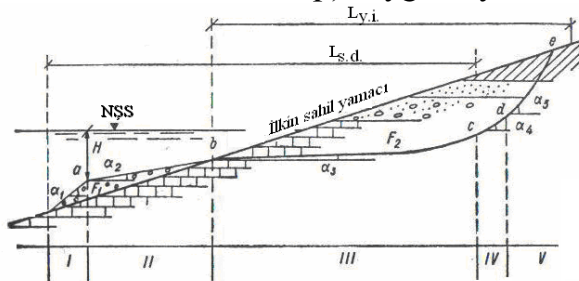


Şəkil 3.76. Su anbarının sualtı sahil dayazlığının sxemi. a-akkumulyativ-abrazion; b-abrazion. L_{yi} -yenidən işlənmə zonasının eni; $L_{s.d.}$ -sahil dayazlığının eni.

müəyyən müddətdən sonra proqnozlaşdırılan vəziyyəti əks olunmalıdır. Hazırlanmış geoloji kəsilişlərdə proqnozlaşdırılma aparılan müddətlərə (1 il, 10 il və son etap) uyğun yenidən işlənilmə zonasının eni göstərilməli, kəsilişlər hesabat sxemləri səviyyəsində olmalıdır (şəkil 3.77). Müvafiq mühəndisi-geoloji tədqiqatların etapları, uyğun olaraq lazımi dəqiqliklə hər bir kəsilişdə geoloji quruluş və hidrogeoloji şərait göstərilməlidir. Sahil zonasının tədqiq olunan hissəsində litoloji kəsiliş üzrə qruntların yatım şəraiti, petroqrafik xüsusiyyətləri, fiziki vəziyyəti (sıxlıq, nəmlik, aşınma, çatlılıq və s.) və fiziki-mexaniki xassələri tədqiq edilməlidir. Qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin təyini zamanı onların suda parçalanması, həllolması, su ilə yuyularaq dağılması, sualtı hissədə dayazlığın təbii yatım bucağı (α_1), akkumulyativ və abrazion sualtı sahil yamacı səthinin yatım bucaqları (müvafiq olaraq α_2 və α_3), dalğanın sahilə çırpılaraq sıçrama (diyirlənmə) zonasında sahil səthinin yatım bucağı (α_4) və sahil çıxıntısı səthinin yatım bucağı (α_5) diqqət mərkəzində olmalıdır.

Sahil zonasını təşkil edən qruntların təbii yatım bucağı (quru və su altında) onların petroqrafik xüsusiyyətlərindən, qranulometrik tərkiblərindən, sualtı və suüstü şəraitdə sıxlıq səviyyəsindən asılıdır. Qruntların təbii yatım bucağı (su altında və təbii nəmlikdə) laboratoriya və ya çöl tədqiqatları əsasında və yaxud qabaqlayıcı məlumat kimi cədvəl 3.20 üzrə müəyyən olunur.

Hər bir proqnozlaşdırılan sahə üçün geoloji məlumatlarla bərabər hesabi hidroloji məlumatlar da olmalıdır. Həmin məlumatlara hakim küləklərin hesabi maksimal sürəti zamanı



Şəkil 3.77. Su anbarı sahilinin yenidən işlənilməsinin Q.S.Zolotoryev metodu ilə proqnozlaşdırılması üçün hesablama sxemi. I-sualtı dayazlığın yamacı; II-sualtı dayazlığın akkumulyativ hissəsi; III-sualtı dayazlığın abrazion hissəsi; IV-dalğanın sahilə çırpılaraq sıçrama (diyirlənmə) zonası; V-suüstü yamac; $L_{y,i}$ -yenidən işlənilmə zonasının eni; $L_{s,d}$ -sualtı sahil dayazlığının eni.

dalğanın hündürlüyü, onun enrijisi, sahələ çarpılaraq sıçrama (diyirlənmə) hündürlüyü və s. aiddir. İstər geoloji, istərsə də hidroloji məlumatlar müvafiq parametr və xassə göstəricilərinin hesabi qiymətlərindən ibarət olmalıdır. Proqnozlaşdırmanın aparılması üçün proqnozun tərtib edilmə dövrü müəyyən edilməlidir.

Su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsinin proqnozlaşdırılması üçün aşağıdakı məsələlər həll edilməlidir:

1) Sahil zonasının tipik sahələri üzrə hesabi geoloji kəsilişlərin-hesabat sxemlərinin tərtibi;

2) Tədqiq edilən sahil zonasında qruntların xassələrini və külək dalğalarının parametrlərini xarakterizə edən hesabi məlumatların toplanılması;

3) Proqnoz müddətinin (10 il üçün, yekun) müəyyən edilməsi.

Bu məsələlərin həlli isə su anbarının layihəsinin əsaslandırılması üçün aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatların müvafiq etaplarında yerinə yetirilir.

Cədvəl 3.20

Su anbarı sahillərinin yenidən işlənilməsinin proqnozlaşdırılan profilinin qurulması zamanı qəbul edilən təbii yatırım bucağı (Q.S.Zolotaryevə və D.N.Raşa görə)

Stixurlar	Dayazlıq yamacının yatırım bucağı, α_1 , dərəcə	Mərhələlər üzrə dayazlıq meyl bucağı, α_2 və α_3 ,		Mərhələlər üçün dalğanın sahələ çarpılaraq sıçrama zonasının meyl bucağı, α_4 , dərəcə		Akkumulyasiya, həcmə görə faizlə
		10 il üçün	yekun	10 il üçün	Yekun	
Xırda və incə dənəli qumlar	<10-12	1° 30'	1°	5	3	5-10
Orta və müxtəlif dənəli qumlar		3°	2°	6	4	10-15
Xırda və iri dənəli qum	<18-20	5°	3°	10	6	15-20
Qum dolduruculu çınqıl və çaqıl-daşı		10-12°	8-10°	18-20	15-18	20-35
Gil dolduruculu çınqıl və çaqıl-daşı		8-10°	6-8°	15-18	14-16	20-25
Qumcalar	<8-10	1° 30'	1°	4	3	3-5
Gilcələr		1° 30'	1°	4	2-3	<3
Gillər		2°	1° 30'	6	8	0
Löslər		1° 30'	1°	4	2	<3

Su anbarlarının sahillərinin yenidən işlənməsinin proqnozu metodları. Su anbarlarının layihələndirilməsi zamanı dalğa təsirindən yuyularaq sahil yamacının yenidən işlənməsi hesablanmalı və müvafiq istismar dövrü üçün proqnozu tərtib edilməlidir. Bununla əlaqədar olaraq müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən çoxlu metodlar təklif olunsada, vahid etibarlı metod hələ də hazırlanmamışdır. Həmin məsələnin həlli zamanı daha çox N.Y.Kondratyev /21, 22, 23/, Q.S.Zolotaryev /14, 15/, Y.Q.Kaçugin /19, 20/, Y.K.Qreçişev /5/, L.B.Rozovski /29/, B.A.Pışkin /27/ tərəfindən təklif edilən metodlardan istifadə edilir.

Q.S.Zolotaryev, Y.Q.Kaçugin və L.B.Rozovski tərəfindən təklif edilən metodlarda daha çox geoloji amillər, N.Y.Kondratyev, Y.K.Qreçişev və B.A.Pışkin tərəfindən təklif edilən metodlarda isə hidroloji amillər daha çox nəzərə alınmışdır.

Su anbarı sahillərinin yenidən işlənməsi üzrə stasionar müşahidələr və təklif edilən metodların yoxlanılmasına dair lazım olan qədər məlumat yoxdur.

Həmin metodlar su anbarları sahillərinin yenidən işlənməsini əvvəlcədən proqnozlaşdırmaq, hadisənin təsir miqyasını təqribən təyin etmək üçün tətbiq edilir.

Aparılmış çoxillik tədqiqatlarla müəyən olunmuşdur ki, təklif olunan metodlarla hesablama bəzən şişirdilmiş qiymətlər verir. Nisbətən praktiki nəticələrə yaxın qiymətlər Q.S.Zolotaryev və Y.Q. Kaçuginin təklif etdiyi metodlar əsasında alınır. Hesablamanın aparılması zamanı yuyulmanın intensivliyi, sahil zonasının müvafiq zaman müddətində yuyulub daşınmış zolağının eninin təyini əsas götürülür.

Q.S.Zolotaryevin metodu. Bu metod Kuybışev, Volqoqrad, Rıbinski və digər iri su anbarları sahillərinin yenidən işlənməsinin proqnozlaşdırılması zamanı tətbiq edilmiş və əksər hissələrdə faktiki məlumatlara tam oxşar nəticələr alınmışdır. Bəzi hissələrdə isə su anbarlarının sahillərinin yenidən işlənməsinin proqnozlaşdırılan qiyməti ilə faktiki məlumatlar arasında böyük fərq alınmışdır.

Bu metod perspektiv metodlardan biri hesab edildiyindən daha etibarlı proqnozlaşdırma üçün bəzi təkmilləşdirmə aparılmalıdır /26/.

Q.S.Zolotaryevin metodu universal metod olub, geoloji, morfoloji və hidroloji məlumatlara əsaslanır və müxtəlif coğrafi şəraitlərdə (dağlıq və düzənlik) layihələndirilən su anbarlarının sahillərinin yenidən işlənməsinin proqnozlaşdırılması zamanı tətbiq olunur. Bu metodla müvafiq proqnozlaşdırma su anbarının su ilə doldurulmasından 10 il sonra və yekun (sahilin yuyulub dağılma sürəti praktiki olaraq əhəmiyyət kəsb etmədiyi müddət) müddət üçün aparılmaqla, aşağıdakı kimi yerinə yetirilir.

Su anbarının mühəndisi-geoloji baxımdan tipik olan bütün geniş hissələrinin hesablama aparmaq üçün geoloji kəsilişləri hazırlanır (şəkil 3.77). Proqnoz profilinin qurulması sahil dayazlığının çıxıntısının qaşının – **a** nöqtəsinin yerləşmə dərinliyinin təyinindən başlanır. Həmin nöqtənin yerinin təyini çətin olduğundan proqnoz profilinin tərtibi 2-3 dəfə təkrarlanaraq, tələb olunan qayda üzrə **a** nöqtəsinin yeri əsaslandırılır.

Bunun üçün su anbarındakı şəraitdən asılı olaraq təyin olunmuş dalğa hündürlüyü əsasında və aparılmış tədqiqatlara görə qruntların dalğa təsirindən yuyulub daşınması üzrə nəticələrə istinad edərək profil aşağıdakı kimi qurulur. Su anbarı sahilinin 10 il müddətində yenidən işlənməsinin proqnoz profilinin qurulması zamanı anbarın asan yuyulan qum və gilcələrdən təşəkkül tapmış hissələrində su səviyyəsindən 20 %-li təminatlı dalğa hündürlüyünün 1,5 misli qədər dərinlikdə **a** nöqtəsi qeyd olunur.

Yekun proqnoz profilinin qurulması zamanı **a** nöqtəsinin su səthindən yerləşmə dərinliyi asan yuyulan qruntlarda 5 %-li təminatlı dalğa hündürlüyünün 2,5-3,0 misli, çətin yuyulan sıx gillərdə, mergellərdə və analoji qruntlarda isə 1-2 %-li təminatlı dalğa hündürlüyünün 2-2,5 misli qədər götürülür. Su səviyyəsi az dəyişən (az işlənən) su anbarları üçün sahilin 10 il müddətində yenidən işlənməsinin proqnoz profilinin tərtibi zamanı **a** nöqtəsinin yerləşmə dərinliyi normal şişmiş səviyyədən (NŞS), yekun proqnoz profilinin qurulması zamanı isə az sulu illərdə buzlaşmamış dövrdə su anbarının işlənməsinə uyğun su səviyyəsindən təyin edilir.

Təyin olunmuş α_1 bucağı əsasında (sualtı dayazlıq qrunzunun təbii yatım bucağı) həmin nöqtədən üfüqi müstəvi ilə α_1 bucağı əmələ gətirən düz xətlə sualtı dayazlığın çıxıntısı, α_2 bucağı ilə çəkilmiş düz xətlə akkumulyativ yamacın səthi qurulur. Həmin

düz xəttin ilkin yamacın kəsişməsinə (**b** nöqtəsinə) qədər uzantısı çəkilir.

b nöqtəsindən üfüqi müstəvi ilə α_3 bucağı əmələ gətirən düz xətt çəkməklə abrazion hissənin səthi qurulur və onun uzantısının anbarda suyun normal şişmiş səviyyəsi ilə müvafiq kəsişmə nöqtəsi (**c** nöqtəsi) tapılır. Dayazlığın abrazion hissəsinin səthinin yatım bucağı (α_3) qrunzun yuyulma səviyyəsindən, proqnoz müddətindən və dalğanın hündürlüyündən asılı olaraq təyin edilir. **C** nöqtəsindən yuxarı dalğanın sahilə çırpılaraq sıçrama və ya sürünmə zonası qurulur ki, onun hündürlüyü isə N.N.Cunkovskinin (3.165) düsturu əsasında hesablanmış dalğanın hündürlüyünün 0,3-0,4 mislinə bərabər götürülür.

Həmin zonada sahilin meyl bucağı (α_4) çöl müşahidələri, laboratoriya tədqiqatları və yaxud cədvəl 3.20 əsasında tərtib olunur.

Metodun müəllifinə görə dalğanın sahilə çırpılaraq saçrama və yaxud sürünmə zonasının eni və hündürlüyü (N.N.Cunkovskinin düsturu ilə hesablanmış) 10 illik proqnoz zamanı yekun proqnoza nisbətən iki dəfə az götürülməlidir.

Sonrakı hissə isə yamacın ala biləcəyi təbii şəraitdəki səthə görə müəyyən edilir. Yeni suüstü yamacın konturları (**d** və **e** nöqtələri arasındakı məsafə) qrunzun təbii yamac bucağına (α_5) və təbii yamacın formasına görə qurulur. Yamacda üstünlük təşkil edən qruntlar 10 il müddətində hələ dayanıqlı vəziyyətə gəlmədiyindən həmin müddət üçün α_5 bucağı yamacın həddi dikliyinə, yekun proqnoz üçün isə təbii yamaclıq bucağına bərabər götürülür. Çünki yekun proqnoz yamacda üstünlük təşkil edən qruntların dayanıqlı vəziyyətinə uyğun olmalıdır. Ona görə də, yekun proqnoz üçün təbii yamaclıq bucağı (α_5) ərazidə həmin qruntların təbii yamaclıq bucağına bərabər götürülür. Su anbarı sahilinin yenidən işlənilməsinin 10 il müddətli və yekun proqnozunun profili birinci dəfə qurulduqdan sonra sualtı sahil dayazlığının akkumulyativ və yamacın yuyulan (abrazion) hissəsinin sahələri (müvafiq olaraq F_1 və F_2) qurulmuş profildən təyin edilir və akkumulyativ hissənin sahəsinin abrazion hissənin sahəsinə olan nisbəti ($\frac{F_1}{F_2}$) hesablanır. Alınmış nisbət ($\frac{F_1}{F_2}$ nisbəti) cədvəl 3.20-də müəyyən edilmiş **akkumulyasiya faizinə** uyğun gəlməzsə, o zaman

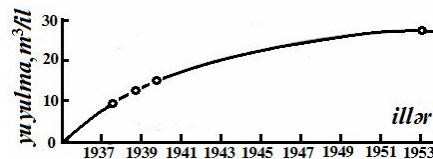
profil yenidən tərtib edilməlidir, uyğun gəldikdə isə profil düzgün tərtib olunmuş hesab olunur. Profilin yenidən tərtibi lazım olduqda **a** nöqtəsinin yeri sahilə yaxınlaşdırılmaqla və ya uzaqlaşdırılmaqla (su səthindən dərinliyi əvvəlki kimi saxlanılmaqla) yuxarıda göstərilən ardıcılıqla qurulur və akkumulyasiya faizi tələb olunan həddə çatanaqədək təkrar edilir. Bununla da **a** nöqtəsinin proqnoz profildə yerləşmə yeri əsaslandırılmış olur.

Q.S.Zolotaryev metodunda akkumulyasiya faizinin cədvəl 3.20 üzrə və ya çöl müşahidələrindən alınmış məlumatlar əsasında müəyyən edilməsi tövsiyə edilir. Su anbarının asan yuyulan gilli qruntlardan (akkumulyasiya faizi sıfıra bərabər olan qruntlardan) təşkil olunmuş hissələrində və yaxud yumşaq materiallar dalğa və sahil axınları vasitə ilə daşınan hissələrində sahil dayazlığı yalnız abraziya hissədən ibarət olur. Bu halda **a** nöqtəsi ilkin yamaqla su səthindən həmin nöqtə üçün müəyyən edilən dərinliyin kəsişməsində yerləşdirilməlidir.

Beləliklə, proqnoz profili ardıcıl olaraq araşdırma metodu ilə qurulmalı, ilkin olaraq sahil dayazlığının tipi (abraziya-akkumulyativ və yaxud abraziya) müəyyən edilməlidir. Əgər akkumulyasiya baş verməzsə, bu zaman abraziya profil alınır.

Y.Q.Kaçuginin metodu. Su anbarları sahilinin yuyulub dağılması intensivliyi orada yaranan dalğaların enerjisinə mütənəssibdir. Sahillərin zamana görə yuyulması prosesi müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, bütün şəraitlər eyni olduqda tədricən azalaraq sıfıra yaxınlaşır (sönür). Yuyulmanın zamana görə dəyişmə qrafiki parabolik tipli olur (şəkil 3.78).

Su anbarlarında yaranan dalğalar sahil yamacının hündürlüyündən və qruntların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq müxtəlif abraziya təsiri yaradırlar. Belə ki sahil yamacını təşkil edən qruntların xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dalğa təsiri müxtəlif enə malik yuyulma zolağı əmələ gətirir, yuyulma parabolik tipli əyri ilə xarakterizə olunur və sahilin yuyulması tədricən sönür. Bunları əsas götürərək su anbarında yaranan dalğanın enerjisini və sahil yamacını təşkil edən qruntların



Şəkil 3.78. İstrinski su anbarının Pyatnitsa kəndi hissəsində sahilin yuyulmasının sönmə əyrisi (Y.Q.Kaçuginə görə).

yuyulma xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq Y.Q.Kaçugin su anbarı sahillərinin yenidən işlənməsi üçün metod işləyib hazırlamışdır. Metodun əsasını t zaman müddətində dalğa təsirindən qrunnun yuyulub daşınan miqdarının təyininə imkan verən, Y.Q.Kaçuginin təklif etdiyi aşağıdakı empirik düstur təşkil edir.

$$Q = E \cdot K_p \cdot K_b \cdot t^b, \quad (3.167)$$

burada Q - hesablama aparılan müddət ərzində dalğa təsirindən yuyulub daşınan qrunnun həcmi (m^3/m); K_b -sahilin hündürlüyündən asılı olan əmsal; t - yuyulma vaxtı, il; b -qüvvət üstü, yuyulmanın sönmə sürətindən asılıdır və vahiddən kiçik olur. E - müvafiq məntəqədə dalğanın orta enerjisi ($tq \cdot m$); K_p -sahil yamacı qruntlarının yuyulma əmsalı olub, su anbarının su ilə doldurulmasından sonra (sahil dayazlığı hələ yaranmadığı vaxtda) birinci il dalğanın vahid enerjisində düşən yuyulmuş qrunnun həcmi ($\frac{m^3}{tq \cdot m}$); Q runnun yuyulma əmsalı riyazi şəkildə aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$K_p = \frac{Q_1}{E_1}, \quad (3.168)$$

Y.Q.Kaçuginə görə, onun təklif etdiyi metodla, ilkin məlumatlar düzgün seçildikdə, su anbarı sahilinin yenidən işlənməsinin kifayət qədər dəqiq proqnozunu vermək mümkündür. Bu metod keçmiş SSRİ Hidrolayihə İnstitutu tərəfindən yoxlanılmış və buzlaşmamış dövrlərdə su səviyyəsi kiçik amplitudla tərəddüd edən su anbarları sahillərinin yenidən işlənməsinin onunla daha dəqiq proqnozlaşdırıldığı təsdiq edilmişdir. Bu anbarlarda həmin metodla hesablanmış qiymətlər faktiki müşahidələrdən alınmış nəticələrlə daha çox üst-üstə düşmüşdür.

Bu metodun tətbiqi zamanı dalğanın enerjisi sahil zonasının hər bir tipik hissələri, yəni hər bir hesablama aparılan geoloji kəsilişlər üçün təyin edilir. Bunun üçün əvvəlcədən su anbarında küləyin yaratdığı 0,1 %-li təminatlı (1000 ildə 1 dəfə təkrarlanan) dalğanın hündürlüyü A.P. Braslavskinin



Şəkil 3.79. Küləyin təsirinin davam etmə müddətinə və 0,1 %-li təminatlı dalğa hündürlüyünə görə dalğanın enerjisinin təyini qrafiki (Y.Q.Kaçuginə görə).

metodu ilə təyin edilir. Bundan sonra küləyin təsirinin davamətmə müddəti nəzərə alınaraq, Y.Q.Kaçugin tərəfindən tərtib edilmiş xüsusi qrafikdən dalğanın enerjisi təyin edilir (şəkil 3.79).

Qruntların yuyulma əmsalı (K_p) Y.Q.Kaçugin tərəfindən tərtib edilmiş cədvəl 3.21 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 3.21

**Müxtəlif qruntlar üçün yuyulma əmsalının (K_p) qiyməti
(Y.Q.Kaçuginə görə)**

Sınıf	Süxurlar	$K_p, \frac{m^3}{tq \cdot m}$
I	Çox asan yuyulanlar: xırdadənəli qumlar, yüngül yumşaq qumcalar, löslər	0,00650÷0,00300
II	Asan yuyulanlar: ortadənəli qumlar, gilcələr və çinqilli, yumşaq qumcalar	0,00300÷0,00100
III	Orta yuyulanlar: ağır gilcələr, qaymadaşlı gilcələr, çaqilli və xırlı qumcalar və gillər	0,00100÷0,00050
IV	Çətin yuyulanlar: gilli qumdaşılar, qaymadaşılı və qumlu çaqıldaşı, opoka araqatlı gillər	<0,00050

Əgər su anbarı sahili müxtəlif yuyulma əmsalına malik qruntlardan təşkil olunmuşdursa, o zaman hər bir layın qalınlığı nəzərə alınmaqla ortalaşdırılmış yuyulma əmsalı hesablanmalıdır,

yəni layların qalınlığı h_i , yuyulma əmsalı K_{pi} olarsa, $K_{p.or} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{pi} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$

olar.

Sahil boyu yuyulma baş verdikdə adətən dayazlaşma gedir ki, bu zaman dalğanın sahil zonasında enerjisi azalır. Müşahidələr əsasında müəyyən olunmuşdur ki, dalğanın enerjisi sabit olduqda sahil dayazlığının eni sahilin hündürlüyünə tərs mütənasib olur. Ona görə də, sahilin hündürlüyünü nəzərə alan K_b əmsalı dalğanın bilavasitə sahil dayazlığında itirdiyi enerjini əks etdirir. Bu empirik əmsal olub, hesablama aparılan hissədə sahilin orta hündürlüyünün c vuruğuna hasilinə bərabərdir.

$$K_b = h_b \cdot c. \quad (3.169)$$

Çox asan yuyulan qruntlar üçün $c=0,03$, çətin yuyulan qruntlar üçün isə $c=0,05$ olur. Yəni c -nin qiyməti 0,02-dən 0,05-dək dəyişir. Yamacın hündürlüyü (h_b) ≥ 30 m olduqda $K_b=1$ götürülür.

Su anbarı sahilinin yenidən işlənilməsinin proqnozlaşdırılması zamanı sahilə yuyulmanın başladığı (su anbarı su ilə doldurulduqdan sonra) zaman müddəti (illərlə) hesablama başlanğıcı kimi qəbul edilir. Bu metodla proqnozlar adətən 1 il, 10 il və yekun olaraq hesablanır. Hesablama düsturuna daxil olan b qüvvət əmsalı t yuyulma müddətində sahil dayazlığının abrazion hissəsinin eninin dayazlığın bütöv eninə (yəni abrazion və akkumulyativ hissəsinin birgə eninə) olan nisbətini xarakterizə edir. Başqa sözlə, b əmsalı yuyulmanın sönmə sürətini səciyyələndirir. Sahil dayazlığının akkumulyativ hissəsinin eni böyük olduqda b -nin qiyməti 0,45-ə qədər azalır. Əgər sahil dayazlığı abrazion olarsa, o zaman b -nin qiyməti 0,95-ə qədər artır. b -nin orta qiyməti 0,7-yə bərabərdir. Sahilin proqnozlaşdırma aparılan hissəsinin t zaman müddətində 1 m-də yuyulan qrunnun həcmi (m^3 -lə), hesablama düsturuna daxil olan məlumatlar yuxarıda verilən qayda üzrə təyin edildikdən sonra hesablanır. Sahilin 1m-dən yuyulan qrunnun həcmi hesablandıqdan sonra müvafiq müddət üçün proqnoz profili qurulur. Sahilin müvafiq müddət üçün proqnozlaşdırılan profilinin qurulması üçün su anbarında yarana bilən su səviyyəsi müəyyən olunmalıdır. Bunun üçün müxtəlif təminat illərinə uyğun sululuq təyin olunur.

Hesablama aparılan geoloji kəsilişlərdə sahilin yuyulması baş verə bilən zona ayrılır. Həmin zonanın sərhədləri (yuxarı və aşağı sərhədi) su anbarında suyun səviyyəsinin rəqs amplitudu və «**işçi dalğa**»nın hündürlüyü nəzərə alınmaqla müəyyən edilir. Y.Q.Kaçuginə görə, daha çox yuyulma «işçi dalğa»nın təsir zonasında baş verir. Beləliklə, Y.Q.Kaçugin yuyulma zonasının yuxarı sərhədini (YYS) su anbarında 2-4%-li təminatlı su səviyyəsi üzərinə «işçi dalğa»nın hündürlüyünün $\frac{1}{3}$ mislini əlavə etməklə alınmış səviyyəni götürməyi təklif edir. «İşçi dalğa»nın hündürlüyünü təyin etmək üçün su anbarında baş verən dalğalanma üzərində aparılan müşahidələrdən alınmış nəticələrin işlənilməsi lazımdır. Sahildə ən çox yuyulma yaradan dalğaların

hündürlüklərinin orta qiymətinin, yəni daha çox dalğalanma enerjisinə malik olan dalğaların orta hündürlüyünün (h_{or}) 0,7 əmsalına (15 %-li təminatlı dalğaya keçid əmsalı) vurmaqla «işçi dalğa»nın hündürlüyünü (H_i) hesablamaq olar.

$$H_i = 0,7h_{or}. \quad (3.170)$$

Yuyulmanın aşağı sərhədi (YAS) buzlaşmamış dövrdə su anbarında 96-98%-li təminatlı su səviyyəsinin aşağı həddindən «işçi dalğa»nın hündürlüyünü çıxmaqla alınmış səviyyə götürülür.

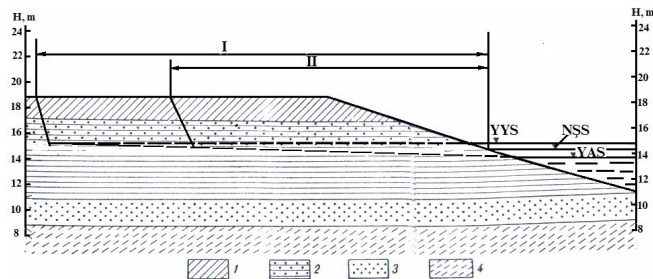
Proqnozlaşdırmanın aparılması məqsədi ilə tərtib edilmiş geoloji kəsilişlər üzərində şaquli müstəvidə yuyulmanın yuxarı və aşağı sərhədləri (su səviyyələri) qeyd edilir. Geoloji kəsiliş üzərində yuyulmanın aşağı sərhədindən sahil dayazlığının abraziyon hissəsi qeyd edilir (şəkil 3.80).

Bundan sonra proqnoz profilinin qurulması müvafiq proqnoz müddətləri (1 il, 10 il və yekun) üçün hesablanmış kub metrə yuyulan qrunut həcmələrinə (müvafiq olaraq Q_1 , Q_{10} , Q_{yekun}) qiymətcə bərabər kvadrat

metrlərlə sahələrin geoloji profildə yerinin axtarılması (seçilməsi) yolu ilə yerinə yetirilir. Su üstü hissədə sahil yamacının yatım bucağı yamacların yatım bucağının təyini və ya hesablanması (yamacların dayanıqlılığının hesablanması metodları ilə) metoduna görə aparılır.

Su anbarı sahilinin yenidən işlənilməsi zonasının eni su anbarında normal şişmiş su səviyyəsindən (NSS) geoloji kəsilişdə müvafiq müddətə proqnoz profili qurulmuş yamacın qaşınadək olan məsafəyə görə təyin edilir.

Dağlıq ərazilərdə tikilmiş su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsinin proqnozu. Dağ çaylarının vadilərində tikilən su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsi düzənlik ərazilərdə inşa edilmiş su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsindən çox fərqlənirlər. Dağlıq ərazilərdə inşa edilmiş su anbarlarının səciyyəviliyi çay vadilərinin xüsusi morfoloji xüsusiyyətləri, geoloji



Şəkil 3.80. Y.Q.Kaçugin metodu ilə su anbarı sahilinin yenidən işlənilmə proqnozu üçün hesablama sxemi. I və II-yenidən işlənilmə zonasının eni: I-yekun müddətə (108 m); II-10 il müddətinə (72 m); 1-delüvial ağır gilcə (d_3); 2-4- xvalın dəniz çöküntüləri (m , h_{v2}); 2-üstün yüngül, şistli gil; 3-xırdadənəli qum; 4-yüngül qumca.

quruluşunun mürəkkəbliyi, ərazinin relyefinin kəskin parçalanmaya malik olması ilə əlaqədardır. Həmin su anbarları üçün aşağıdakı xüsusiyyətlər səciyyəvidir:

1. az enə və böyük dərinliyə malik (70-100 m-dək və çox) olması;
2. yamacları hündür, çox dik, tez-tez sıldırım, yamacın bəzi hissələrinin asılı qalması (qopma, uçma təhlükəli);
3. su səthinin sahəsinin bir o qədər də böyük olmaması və su basmış ərazilərin sahəsinin azlığı;
4. su anbarının işlənməsi zamanı səviyyənin çox (on metrnlərlə) dəyişməsi;
5. böyük sürət alan və istiqamətini çox dəyişən küləklərin yaratdığı dalğaların təsirinin çox dəyişkən olması;
6. küləyin qovulma məsafəsinin az və periodunun (dövrünün) nisbətən kiçik olması ilə əlaqədar onun yaratdığı dalğaların hündürlüyünün az olması;
7. geoloji quruluşun çox mürəkkəb olmasının və su anbarının perimetri boyu isə müxtəlif hissələrində müxtəlifliyin geoloji kəsilişin mürəkkəbliyi, daha çox dislokasiyaya uğraması, qruntların çatlılığı, tez-tez əlverişsiz yatım şəraitinin təsadüf etməsi, tektonik qırılma və pozulmanın varlığı ilə əlaqəli olması;
8. su anbarında səviyyənin dövrü və çox rəqs etməsi nəticəsində müasir geoloji proseslərin (aşınma, sürüşmə, uçqun, səpilmə və s.) kəskin şəkildə fəallaşması; Dik yamaclarda denudasiya aşınma prosesindən çox gedir, ona görə də yeni-yeni qrunt zonaları həmin təsirə məruz qalırlar;
9. dağlıq ərazilərdə istismar olunan su anbarlarından çoxunun sahillərində möhkəm və yuyulmayan qayavari və yarımqayavari qruntlar təşəkkül tapdıqlarına görə, yenidən işlənmə prosesinin kifayət qədər kiçik intensivlikli olması; Bəzi hallarda dağlıq ərazilərdə tikilmiş su anbarları sahillərinin yenidən işlənməsində abraziya prosesi əsas rol oynayır.
10. su səviyyəsinin dövrü və çox dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq dik yamacların dabanında müxtəlif təsirlərə məruz qalaraq parçalanmış qrunt materiallarının toplanmaması, sahilin təbii müdafiəsi olan akkumulyativ sahil dayazlığının və çimərliyin əmələ gəlməsi üçün əlverişli şəraitin olmaması;

11. küləyin sürətinin və istiqamətinin dəyişkənliyi, sahilin şaxəliliyi və çox dik olması səbəbindən, sahil zonasında yumşaq qrunnt materiallarının formalaşmasında sahil boyu axının rolunun az olması;
12. dağlıq ərazilərdə tikilmiş su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsi prosesində abraziyanın təsiri ikinci dərəcəli olur. Burada əsas təsiredici amil su anbarlarında səviyyənin qalxıb-enməsi (su anbarlarının işlənilməsi zamanı) ilə əlaqədar olaraq sahil yamacı qruntlarının nəmlənməsi-quruması prosesinin təkrarlanması nəticəsində müasir geoloji proseslərin fəallaşmasıdır. Ona görə də, dağlıq ərazilərdə tikilən su anbarları sahillərinin yenidən işlənilməsinin mövcud proqnozlaşdırma metodları əsasında proqnozlaşdırılması çətinlik törədir.

Müvafiq proqnozlaşdırmanın aparılması üçün dağlıq ərazinin bütün səciyyəviliyi və təsir edən amillər hərtərəfli nəzərə alınmalıdır. İndiki dövrdə həmin proqnozlaşdırmanın aparılması zamanı əksər hallarda, sahil yamaclarının dikliyindən, orada təşəkkül tapmış qruntların fiziki-mexaniki xassələrindən, yamacın geoloji quruluşundan və s. amillərdən asılı olaraq dayanıqlılıq səviyyəsinə görə keyfiyyətə qiymətləndirmə metodlarından istifadə edilir. Bu metodlardan L.B.Rozovskinin geoloji oxşarlıq metodunun tətbiqi özünü doğrultmuşdur. Dağlıq ərazilərdə tikilən su anbarlarının müxtəlif hissələri üzrə analoqların, nümunələrin toplanılması, keyfiyyət əlamətlərinin və bütövlükdə proqnozlaşdırılma üçün oxşarlıq meyarlarının seçilməsi əsasında sahilin yenidən işlənilməsi proqnozlaşdırılır.

Dənizlərin, göllərin və su anbarlarının sahillərinin müdafiəsi üçün tədbirlər. Dənizlərin, göllərin və su anbarlarının sahillərinin yuyulması və dağılma riskinin tədqiqi hərtərəfli aparılmaqla, prosesin inkişafı tələb olunan müddət üçün (1 il, 10 il, yekun) proqnozlaşdırılmalı, sahilin yuyulub dağılmasına qarşı müvafiq mübarizə tədbiri işlənib hazırlanmalıdır. Sahillərin yuyulma və dağılmadan müdafiəsi profilaktik və əsaslı tədbirlər şəklində aparıla bilər. Profilaktik tədbirlər geoloji proseslərin inkişafında tarazlığın pozulması və təhlükəli hadisələrin baş verməsi barədə qabaqcadan xəbərdarlığın edilməsi məqsədi ilə həyata keçirilir. Bunlara mövcud çimərliklərin, sahil möhkəmləndirici qurğuların mühafizəsini, həmin qurğuların normal istismarı və təmiri, sahil

zonasının müxtəlif hissələrinin və qurğuların qəza vəziyyətinin qabaqcadan müəyyən edilməsi və xəbərdarlığın verilməsi məqsədi ilə müvafiq stasionar müşahidələrin aparılması tədbirlərini misal göstərmək olar.

Sahilin təbii mühafizəsi çimərlik hesabına olur. Sahil zonasında çimərliklərin inkişaf etdirilməsi və ya onun insanlar tərəfindən dağıdılmasının qarşısının alınması abraziyanın inkişafının qarşısını alır. Müxtəlif təsərrüfat məqsədi ilə çimərliklərdən yumşaq qrunut materiallarının (qum, çınqıl, çaqıl, xır və s.) götürülməsi sahil zonasında abraziyanın inkişafı üçün əlverişli şərait yaradır.

Ona görə də, sahil zonasının qorunması məqsədi ilə süni çimərliklərin yaradılması geniş şəkildə tətbiq edilir.

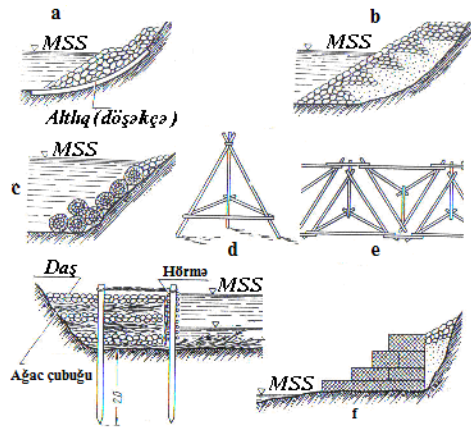
Dalğanın dağıdıcı təsirinə qarşı əsaslı mübarizə tədbirləri müxtəlif qurğuların tikilməsindən və sahilin bərkidilməsindən ibarətdir. Bu tədbirlərin yerinə yetirilməsi dalğanın birbaşa təsirinin qarşısını almaqla bərabər, sahil zonasında akkumulyasiyanın və çimərliyin genişlənməsinə, sahilin bərkidilməsinə xidmət edir. Sahilmüdafiə qurğuları və sahilin bərkidilməsi **dalğaqaaytarıcı divarlar, dalğasöndürücülər, dambalar, dayaqqlar, beton plitələr, qabionlar, tetrapotlar, daşökmələri, sahilə və yamaca daş döşəmələri, yamacın çimlə örtülməsi** və s. şəklində ola bilər (şəkil 3.81 və 3.82).

Sahil zonasında yumşaq qrunut hissəciklərinin tutulub saxlanması (akkumulyasiyanın baş verməsi) üçün əlverişli şərait yaradıcı qurğular, çöküntü toplayıcılar (çöküntünü tutub saxlayıcılar) adlandırılırlar. Onlara bunlar, dib dalğa söndürücüləri aiddirlər (şəkil 3.83). Həmin qurğular eninə traveslərlə və dalğa söndürücülərlə birgə istifadə edirlər. Tədbirlərin (qurğuların və profilaktik) kompleks şəklində tətbiq edilməsi praktikada sahillərin bərkidilməsinin daha etibarlı variantı hesab edilir.

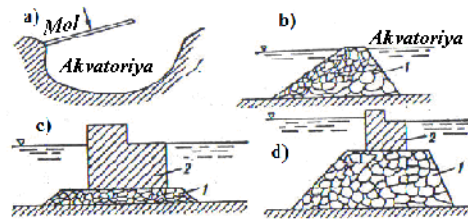
Dalğasöndürücülər sahilədən dənizə doğru müəyyən məsafədə tökmə daş və betondan qurulmuş dambalardan ibarət olub, dalğaların zərbələrini söndürməklə bərabər, dalğa ilə sahilə doğru nəql etdirilən çöküntülərin sahil tərəfdə, qurğunun arxasında toplanılması üçün də şərait yaradırlar (şəkil 3.83). Bu dib dalğasöndürücüləri üçün səciyyəvidir. Yalnız dalğanın enerjisinin söndürülməsi tələb edildikdə, qurğu su səthindən hündür tikilir və

dalğa zərbəsi söndürülür. Dalğasöndürücülər adətən eyni zamanda hər iki məsələnin (dalğanın söndürülməsi və çöküntünün toplanılması) həllinin yerinə yetirilməsi üçün sahilə paralel 2-4 m dərinlikdə tikilir.

Sahil boyu çöküntülər axınla hərəkət etdirildiyi zaman sahilin bərkidilməsi üçün içərisi daşla doldurulmuş şpuntlu-svaylı yeşiklərdən, beton massivindən tökmə daşlardan ibarət dambalardan və s. istifadə edilir. Bunlar eninə qurğular adlandırılır (şəkil 3.81 və 3.84) və çimərliyin mühafizə edilən zonasının inkişafına şərait yaradır.



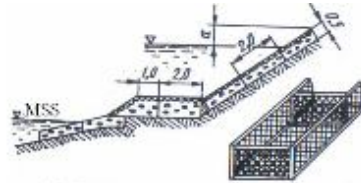
Şəkil 3.81. Dalğa təsirinə qarşı tədbirlər. a-hörmə althıqlı, tökmə daş; b-qum üzərinə tökmə daş; c-ağır faşinli; d-sipaylı; e-qurşanmış sipaylı; f-düzülmüş qabionlu.



Şəkil 3.82. Dalğaya qarşı tikilən bəndin (molun) eninə profilinin tipi və onun yerləşmə sxemi. a-akvatoriyanı mühafizə edən molun yerləşmə sxemi; b-d-mol: b-yamac tipli damba; c-şaquli tipli massiv divar; d-qarışıq tipli; 1-tökmə daş; 2-beton; ox işarəsi küləyin istiqamətini göstərir.



Şəkil 3.83. Dalğasöndürücünün prinsipial sxemi (V.S.Qamajenkoya görə). 1-dalğasöndürücü; 2-suyun dibi; 3-dalğasöndürücü arxasında toplanan çöküntülər.



Şəkil 3.84. Yamacın qabionla bərkidilməsi.

Dalğaqaaytarıcı divarlar uzununa qurğular olub, sahilə söykənərək onu yuyulmadan qoruyur. O, süni yaradılmış sahil çıxıntısına oxşar şəkildə beton bloklardan, qaya parçalarından tökülməklə yaradılır. Dalğaqaaytarıcı divarların xarici (dalğaya

tərəf) tərəfi şaquli, mailli, pilləli, çökük əyri xətlə ola bilər. Əsasları möhkəm, yuyulmaya, sürüşməyə qarşı davamlı olmaqla, onlar təbii əsas və svay üzərində tikilir. Eyni zamanda, sahil yamacı üçün istinad divarı funksiyasını da yerinə yetirirlər. Çox vaxt bunı ilə birlikdə tətbiq edirlər.

Dalğa təsirindən sahilin qorunması üçün içəriş daşla doldurulmuş metal torlu yeşiklər, daşökmələr, podlar da tətbiq edilir. Su anbarı sahillərinin yenidən işlənmədən qorunması üçün döşəmə daşlardan, çimlə örtməkdən, kökü sürətli inkişaf edən ot bitkilərinin əkilməsindən və s. istifadə edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Андреев В.Г. Ветровая волна озеровидных водоемов // «Изв. НИИГ», 1939, №24-25, с.44-81.
2. Браславский А.П. Расчет ветровых волн. // «Труды ГГИ», 1952, вып. 35 (89), с. 94-158.
3. Вендров С.Л. Проблемы формирования рельефа чаши (берегов и дна) больших водохранилищ. Москва: Изд-во АН СССР, 1959. 20 с.
4. Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. Москва: «Наука». 1971. 169 с.
5. Гречищев Е.К. Метод расчета ширины зоны размыва берегов на примере Братского водохранилища. Иркутск: Иркут. кн. изд-во, 1961. 96 с.
6. Джунковский Н.Н. Действие ветровых волн на гидротехнические сооружения. Москва: «Морской транспорт», 1940. 334 с.
7. Джунковский Н.Н., Божич П.К. Морское волнение и его действие на сооружения и берега. Москва: «Морской транспорт», 1948, 334 с.
8. Жданов А.М., Дороднова К.М., Гамаженко В.С. Вопросы проектирования и строительства берегоукрепительных сооружений. Москва: Трансжелдориздат, 1952. 128. (Труды ВНИИЖДСиП, вып.6).
9. Зенкович В.П. Динамика и морфология морских берегов. Ч.1. Волновые процессы. Москва: «Морской транспорт», 1946. 496 с.

10. Зенкович В.П. Динамическая классификация морских берегов. // «Труды Ин-та океанологии АН СССР», 1954, Т.10, С. 112-134.
11. Зенкович В.П. Изучение динамики морских берегов. В кн. Вопр. географии (К XVIII междунар. геогр. конгр.). Москва: Изд-во АН СССР. 1956, с.101-113.
12. Зенкович В.П. Морской берег. Москва: Гостехиздат, 1952. 72 с.
13. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т.1. Москва: Изд-во АН СССР, 1958. 187 с.
14. Золотарев Г.С. Значение геологических факторов в формировании берегов водохранилищ. // «Труды VII Байкальск. научн.-координац. совещ. по изучению берегов водохранилищ, 1961, т.1, с.25-33.
15. Золотарев Г.С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов и значение истории их формирования для оценки устойчивости. «Труды Лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР», 1961, т.35, с.14-35.
16. Золотарев Г.С. Инженерно-геологическое изучение береговых склонов водохранилищ и оценка их переработки. // Труды лаб. гидрогеол. пробл. АН СССР, 1955, т.12. с.180-235.
17. Золотарев Г.С. Некоторые итоги изучения переработки берегов. Куйбышевского и Рыбинского водохранилищ. Москва: Изд-во МГУ, 1959. 22 с.
18. Ингл Дж. Движение пляжевых песков. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 255 с.
19. Качугин Е.Г. Инженерно-геологические исследования и прогноз переработки берегов водохранилищ. Москва: Госгеолтехиздат, 1959, 89 с.
20. Качугин Е.Г. Переработка берегов при подпоре рек. Москва: Госгеолтехиздат, 1949, с. 26-62 (Труды МГРИ, т.24).
21. Кондратьев Н.Е. Расчет времени переформирования берегов водохранилищ, Л.: Гидрометеиздат, 1955. (Труды ГГИ, вып. 49 (103)), с. 44-59.
22. Кондратьев Н.Е. Расчеты береговых переформирований на водохранилищах (практическое руководство). Л.: Гидрометеиздат, 1960. 64 с.

23. Кондратьев Н.Е. Расчеты ветрового волнения и переформирования берегов водохранилищ, Л.: Гидрометеиздат, 1953. 110 с.
24. Кузнецов П.А. Способ приближенного расчета размера волн у берегов. Л.: Лениздат, 1944. 56 с.
25. Леонтьев О.К. Геоморфология морских берегов и дна. Москва : Изд-во МГУ, 1955. 378 с.
26. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Ленинград: «Недра», 1977. 479 с.
27. Пышкин Б.А. Вопросы динамики берегов водохранилищ. Киев: Изд-во АН УССР, 1954. 136 с.
28. Раша Д.Н. Изучение и расчеты переформирования берегов озерной части водохранилищ. Ленинград: Изд-во Ленингипроречтранс, 1958. 83 с.
29. Розовский Л.Б. Теоретические и практические итоги изучения переработки берегов Каховского и Днепровского водохранилищ.- В кн.: Мат-лы совещ. по гидрогеологии и инженерной геологии р-на Днепр. водохранилищ. Днепрпетровск: 1962, с.146-153.
30. Саваренский Ф.П. Инженерная геология. Изд. 2-е. Москва: ГОНТИ, 1939, 488 с.
31. Сергеев Е.М. Инженерная геология. Москва: Изд-во Московского университета, 1978. 348 с.
32. Шафир И.Н. Причины повреждений портовых оградительных сооружений. Москва-Ленинград: «Морской транспорт», 1950. 360 с.
33. Шельфы, состояние проблемы и перспективы изучения. Материалы к совещ. по пробл. шельфов, октябрь 1969 г. Ленинград: Изд-во Геогр. О-ва СССР, 1969.130 с.
34. Шепард Ф.П. Геология моря. Москва: ИЛ, 1951. 359 с.
35. Шулейкин В.В. Ветровые волны в океане и в лаборатории. // «Наука и жизнь», 1972, №8, с.33-38.
36. Шулейкин В.В. Физика моря. Изд. 3-е. Москва, Изд-во АН СССР, 1953, 990 с.

3.1.10. BATMA HADİSƏSİ

Batma hadisəsi su ilə islanarkən yük altında gərginlikli vəziyyətdə olan lős qruntlarında baş verir və onların üzərində tikilmiş qurğuların dağılmasına səbəb olur. Lős qruntları («tozlu qruntlar» termininin sinonimi) poligenetik çökmə mənşəli olub, sementlənməmiş qruntlara aiddirlər. «Lős qruntları» termini özlüyündə iki anlayışı-«lösləri» və «lösvari qruntları» birləşdirir /10/. Löslər eynicinsli, təbəqələnməmiş, yüksək tozlu (mikroaqrəqat tərkibinə görə 0,05-0,005 mm-lik hissəciklər >50%), az hidrofil, məsaməli (>42%, əksər hallarda makroməsaməli), az nəmlikli olurlar. Nəmlənərkən üst təbəqənin və onların üzərindəki tikinti obyektinin ağırlığından qəflətən böyük ölçülü qeyri-bərabər batma deyormasıyası yaradaraq tikinti obyektinin qrunta batmasına və dağılmasına səbəb olurlar. Ona görə də, bu qruntlar batan lős qruntları adlandırılırlar.

Onlar təbii şəraitdə, quru halda yüksək yüklənmə qabiliyyətinə, yamaclarda dayanıqlılığa malik olsalar da, su ilə islanarkən lős qruntlarının ilkin strukturu pozulduğundan üstə yatan layların ağırlığından və ya xarici yükün təsirindən öz həcmələrini kəskin azaldaraq çökürlər (batırlar), nəticədə sıxlaşırlar. Yəni quru halda təsir edən yükə qarşı davamlı olduqları halda islanarkən dəyanətsiz olurlar. Belə xüsusiyyətə malik olduqlarına görə onlar **dəyanətsiz strukturlu qruntlara** aid edilirlər. Lösləri xarakterizə etmək üçün İ.N.Trofimov (1945) və digər tədqiqatçılar onların aşağıdakı səciyyəvi, daha dayanıqlı əlamətlərini və xassələrini əsas götürmüşdür:

- 1) makroməsaməlilik;
- 2) yüksək tozluluq;
- 3) tərkibində əsasən karbonat və sulfat duzlarının tez-tez çox miqdarda iştirak etməsi;
- 4) suda asan parçalanmaq və yuyulmaq;
- 5) nəmlənmə zamanı müxtəlif səviyyədə batmaya meyllilik;
- 6) çox böyük qalınlığa malik laylar və örtük təbəqələr şəklində yatım şəraiti.

Bu əlamət və xüsusiyyətlər löslərin əmələgəlmə şəraitləri ilə əlaqəli olub, qruntların mühəndisi-geoloji cəhətdən tədqiqi zamanı onlardan istifadə edilir. Löslərin ən vacib diaqnostik əlaməti onların makroməsaməli olmalarıdır. Löslərdə makroməsamələr

şaqlı istiqamətdə borucuq, kanalcıqlar və gözlə görünən digər boşluqlar formasında olurlar. Löslər bıçaq ilə yaxşı kəsirlər.

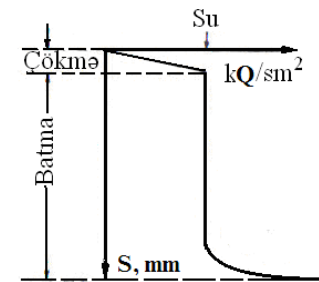
Lösvari qruntlar əsasən prolüvial, delüvial, allüvial, flüvioqlyasial və s. çöküntülərdən ibarət olub, onların tərkibində müxtəlif ölçülü qrunl qırıntılarına təsadüf edilir. Lösvari qruntlar arasında löslərə aid xüsusiyyətlərə malik olan gilli qruntlar da tez-tez təsadüf edir. Həmin qruntların genezisini öyrənmək çətinlik törətdiyindən tədqiqatçılar tərəfindən onları löslərdən fərqləndirmək təklif edilir. Ancaq lösvari gilli qruntlar da löslər üçün xarakterik olan xüsusiyyətlərə malik olduqlarından, V.D.Lomtadze [7] onların da çökmə mənşəli lös süxurlarının xüsusi qrupuna aid edilməsini təklif etmişdir.

Lös qruntları nəmliyin az olduğu, çöl bitki və faunasının inkişaf etdiyi şəraitdə gedən müəyyən diagenetik proseslərlə formalaşmış kontinental çöküntülərdən ibarət olan qruntlardır. Lös əlamətlərinin və xüsusiyyətlərinin qruntda təzahür səviyyəsi çöküntünün toplanma üsulundan və şəraitindən asılıdır. Eol çöküntülərindən əmələ gələn lös qruntlarında yuxarıda qeyd edilən xarakterik əlamət və xüsusiyyətlər daha kəskin şəkildə təzahür etdiyi halda, delüvial və prolüvial mənşəli çöküntülərdən əmələ gəlmiş qruntlarda həmin əlamət və xüsusiyyətlər zəifləyir, allüvial mənşəlilərdə isə tamamilə zəif təzahür edirlər.

Lös qruntların xüsusiyyətləri müxtəlif proseslərin təsiri altında dəyişikliyə uğrayır. Ona görə də, mühəndisi-qurğuların onlara göstərdiyi təsirin proqnozlaşdırılması və onların mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi zamanı löslərin təşkil olunduğu çöküntülərin mənşəyinə və qruntların xüsusiyyətlərinin dəyişilmə səviyyəsinə diqqət yetirilməlidir.

Lös qruntlarının təşəkkül tapdığı ərazilərdə yarıqanlaşma sürətlə gedir, çayların, göllərin, su anbarlarının sahilləri tez dağılır, sürüşmə və digər ekzogen-geoloji proseslər intensiv şəkildə baş verir.

Yük altında sıxılmış lös qruntlarına təsir edən yükü artırmadan su ilə isladılması zamanı onlarda əksər hallarda əlavə çökmə deformasiyası yaranır (şəkil 3.85). Ona görə də, müxtəlif qurğuların, tikililərin qrunl bünövrələri lös qruntlarından ibarət olduqda və



Şəkil 3.85. Nəmlənmə zamanı löslərin batma deformasiyası.

onlar su ilə islandıqda həmin qurğu və tikililərin qrunta batması, əksər hallarda isə qeyri-bərabər çökmə deformasiyası yarandığından dağılması müşahidə edilir.

Lös qruntlarının təşəkkül tapdığı ərazilər. Löslər dördüncü dövr çöküntüləri arasında daha çox rast gələrək, onlara əsasən yer səthinin üst təbəqəsində təsadüf olunur. MDB məkanında lös qruntları quraqlıq rayonlarının 3,3 mln. km²-dək ərazisini, başqa sözlə kontinental zonanın 14%-ini əhatə edirlər /4/.

Yer üzərində lös qruntları Rumıniyada, Bolqarıstanda, Macarıstanda, Polşada, İspaniyada, Serbiyada, Avstriyada, Almaniyada, Şimali və Cənubi Amerikada, Şimali Afrikada, Çində, İranda, Əfqanıstanda və digər ölkələrdə geniş ərazilərdə təşəkkül tapmışdır.

MDB məkanında Orta Asiyada, Qazaxıstanda, Şimali Qafqazda, Ukraynanın cənubunda, Volqa boyunda, Kalmıkiyada, Cənubi-Qərbi Sibirdə xüsusi ilə geniş ərazilərdə lös qruntları üstünlük təşkil edirlər. Azərbaycan Respublikası ərazisinin 20 %-dən çoxunda, xüsusi ilə Ceyrançöldə, Qazax, Tovuz, Ağstafa rayonları ərazisində, Mingəçevir su anbarına yaxın ərazilərdə, Harami düzündə və s. lös və lösvari batan qruntlar böyük qalınlıqlarda təşəkkül tapmışdır.

Ukraynanın və Rusiyanın mərkəzi hissələrinin (Smolenski-Moskva, qismən Valday yüksəkliyi, Volqaboyu yüksəklik, Osk-Donetsk və Orta rus düzənliyi, Azov-Kuban ovalığı, Stavrapol yaylası və s.) çöl-meşə və çöl zonalarında lös qruntları üstünlük təşkil edirlər. Onların laylarının qalınlığı bir neçə metrə qədər ölçülür və Şərqi Qafqaz önündə 100 m-dək çatır. Delüvial, allüvial, elüvial və göl çöküntülərindən, həmçinin eol mənşəli çöküntülərdən əmələ gəlmişlər. Löslərin geniş təşəkkül tapdığı ərazilərdə onlar həm tipik, həm də lösvari qruntlardan təşkil olunmuşdur. Lös qruntları müasir çöl və meşə-çöl zonalarında geniş təşəkkül tapmaqla bərabər, yatım şəraiti hər yerdə eyni olub, müxtəlif orografik elementlər üçün örtük rolu oynayırlar.

Lös qruntlarının genezisi. Lös qruntlarının mənşəyi ilə bağlı müxtəlif hipotezlər mövcuddur və həmin hipotezləri 2 qrupa bölmək olar. Birinci qrupa löslərin mənşəyini eol fəaliyyəti ilə əlaqələndirən hipotezlər aiddirlər. İkinci qrupa isə lös qruntlarının əmələ gəlməsinin su mühitində baş verdiyini göstərən hipotezlər aiddir.

Eol fəaliyyəti (eol hipotezi) ilə löslərin əmələ gəlməsi hipotezi F.Rixthofen (1877) tərəfindən irəli sürülmüşdür. Lösləri subaeral çöküntülər (quruda əmələ gələn) kimi qəbul edərək, onların əmələ gəlməsində yalnız küləyin rolunu əsas götürmüşdür.

F.Rixthofen Çinin lös qruntlarını hərtərəfli şəkildə öyrənərək bu hipotezi inkişaf etdirmişdir. Həmin hipotezə əsasən lös qruntları axını olmayan çökəkliklərə küləyin fəaliyyəti və yağış suları ilə gətirilərək, çöl bitkiləri ilə tutulub saxlanılmaqla orada toplanmışdır. F.Rixthofenə görə löslərin toplandığı hövzə (löslə dolmuş çökəklik) axımsız, duzlu çöl hövzəsi olmuşdur. Hövzənin mərkəzində horizontal təbəqəli, kənarlarında isə təbəqələnmiş çöküntülər toplanmışdır. F.Rixthofen kontinental löslərin göldə əmələ gəlməsinə aid də nümunə göstərərək, o, bunu gölün sahəsinin azalması ilə izah etməyə çalışmışdır. Onun fikrinə görə Xuanxe çayının yaranmasınadək Şimali Çin ayrı-ayrı hövzələrdən təşkil olunmuş çöllük ərazi olmuşdur.

F.Rixthofen ilkin olaraq Çin löslərinin Qərbi Avropa löslərinə oxşar olduğunu qeyd etmişdir.

Sonradan İ.V.Muşketov, V.A.Obruçev (1909), P.A.Tutkovski (1899), Çemberlin, Solsberi (1909), Leveret (1899), Smiş, Frazer (1935), Leyqton, Villmen (1950) və digər tədqiqatçılar öz tədqiqatlarında eol hipotezinə üstünlük vermişlər.

Su hipotezi. Löslərin su mühitində çökərək əmələ gəldiyi hipotezinin tərəfdarlarından P.A.Kropotkin, V.V.Dokuçayev, A.P.Pavlov, N.A.Dimo, S.A.Zaxarov, S.S.Neustruyev və başqalarını göstərmək olar. Onların fikrinə görə, tozlu çöküntülərin əmələ gəlməsi yamaclarda gedən proseslərlə, müvəqqəti axınlarla (delüvial, göl-allüvial, göl), flüvioqlyasial proseslərlə əlaqədardır. Bu hipotezlərdən bəziləri löslərin əmələ gəlməsində eol və delüvial, delüvial-prolüvial proseslərin paralel olaraq baş verməsini, eol çöküntülərinin flüvioqlyasial axınlarla nəql olunaraq çökdürülməsini əsas götürür. Bu hipotezlərin heç biri tozlu çöküntülərin löslərə necə çevrilməsini izah etmir.

Torpaq-elüvial hipotezi. Bu qrup hipotezlərdə tozlu materialların toplanmasının istənilən yolla baş verdiyi, həmin çöküntülərin lös qruntlarına çevrilməsinin isə aşınma və torpaqəmələgəlmə proseslərinin təsiri ilə baş verdiyi qəbul edilir. R.Kudryavtsev lös qruntlarını flüvioqlyasial çöküntülərin elüvisi, N.A.Boqoslovski isə moren və digər süxurların çöl-

torpaqəmələgəlmə prosesinin təsiri ilə baş vermiş şəkildəyişməsi hesab etmişdir.

Lös qruntlarının petroqrafik səciyyəsi. Xarici görünüşünə, fiziki vəziyyətinə, xüsusiyyətlərinə, struktur və tekstur əlamətlərinə görə müxtəlif ərazidə təşəkkül tapmış lös qruntları bir çox oxşarlıqlara malik olsalar da, onlar xassə göstəricilərinə görə bir-birindən fərqlənirlər.

Löslər arasında yüngül və orta gilcələrdən ibarət olanlar üstünlük təşkil etsələr də, ağır gilcə tərkiblərə də rast gəlinir.

Çoxlu miqdarda löslərin qrunulometrik tərkibinin analizi nəticələrinin araşdırılması əsasında belə qənaətə gəlinmişdir ki, həmin qruntların tərkibində orta hesabla 50÷52%-dən 81-82%-dək, bəzi tədqiqatçılara görə isə hətta 90-95 %-dək (bəzən 50%-dək azalır) toz fraksiyası iştirak edir. Qumlu fraksiyaların miqdarı 15-20 % , bəzən çox olur. Həmin fraksiyaların tərkibi isə əsasən incə və xırda qumlardan ibarət olur və daha iri fraksiyalar nadir hallarda təsadüf edir /7/.

Əksər tədqiqatçılar tərəfindən aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələri əsasında tərtib edilmiş cədvəl 3.22 löslərin qrunulometrik tərkibi haqqında əyani təsəvvür yaradır /7/.

Cədvəl 3.22

Lös qruntlarının orta hesabla qrunulometrik tərkibi (Y.M. Abelev, V.F. Krayev, F.A. Nikitenko, Q.A. Sulakşina, F.P. Nifantov, V.D. Lomtadze və A.K. Larionova görə)

Rayon	Fraksiyalar, %-lə		
	Qum (>0,05 mm)	Toz (0,05-0,002 mm)	Gil (<0,002 mm)
Xerson	14-17	55-73	14-16
Zaparojye	7-30	59-62	12-29
Cənubi Polesya	14	68	18
Kiyev yaylası	22	66	12
Kanev rayonu	30	59	11
Donbas	20	64	16
Novosibirsk	16	73	11
Dagətəyi Altay	14-26	52-61	17-25
Tomsk	0,5-20	52-82	15-30
Çılımın sol sahili	0,4-7	68-81	15-25
Kemerovo	1-5	56-68	13-35
İrkutsk	1-8	70-77	12-25

Cədvəl 3.22-yə nəzər saldıqda görmək olar ki, lős qruntları üçün qranulometrik tərkibdə toz fraksiyasının üstünlüyü səciyyəvidir.

Aparılmış tədqiqatlarla /13/ məlum olmuşdur ki, lős qruntların qranulometrik analizə ilkin olaraq hazırlanması üsulu da tərkibin düzgün olaraq təyininə təsir edir. Yarım dispers üsul ilə qranulometrik analizə hazırlanma zamanı suyardavamlı aqreqatlar parçalanmadığından və löslərin tərkibində həmin aqreqatlar kifayət qədər iştirak etdiyindən, aparılmış qranulometrik analizin nəticələri bəzən dəqiq olmur. Ona görə də, löslərin tərkibində gil fraksiyası olduğu halda, toz fraksiyası kimi təyin olunur.

Bununla əlaqədar olaraq, N.Y.Denisov (1938-ci il) lős qruntlarının qranulometrik analizə ilkin hazırlanması üsullarını və onların tərkibində iştirak edən aqreqatların suyardavamlılığını analiz edərək, aqreqatların **suyadavamlılıq əmsalının** təyininə təklif etmişdir.

Suyadavamlılıq əmsalı dedikdə analiz üçün götürülmüş qrunnt nümunəsi suda 3 dəqiqə çalxalanıldıqdan sonra onun tərkibində iştirak edən 0,25-0,01 mm ölçülü hissəciklərin təyin edilmiş miqdarının 12 saat qaynadıldıqdan sonra təyin edilmiş miqdarına nisbəti nəzərdə tutulur. Batan lős qruntları üçün həmin əmsalın 0,06-0,21 həddində dəyişdiyi, batmayanlar üçün $>0,60$ olduğu müəyyən edilmişdir.

Lős qruntlarının geniş təşəkkül tapdığı dağətəyi ərazilərdən düzənliyə doğru qruntların qranulometrik tərkibində dispers hissəciklərin (incə toz və gil hissəciklərinin) miqdarı artır. Şaquli kəsiliş üzrə (mənbəyindən asılı olaraq) lős təbəqəsinin bəzən aşağı hissələrində müxtəlif qumlu, xırlı, çınqıl və çaqıl qarışıqlı araqatlara da rast gəlinir və onlar təmiz qum təbəqəsi ilə növbələşirlər.

Lős qruntlarına samanı sarı, boz, açıq qonurdan tünd bozadək və yaxud qəhvəyi rənglərdə daha çox təsadüf olunur. Bəzən tünd göy və yaxud yaşılı-boz, torpaqaltı horizontda çox vaxt ağımtıl, kirli-boz rəngdə olurlar. Litoloji kəsilişdə sarı-qırmızı (oxra rəngli) fərqlilik və ləkələrə təsadüf edilir. Müxtəlif hissələrdə əhəngdaşı məhlulundan hopma hesabına ağımtıl rəngə və yaxud ləkələrə də rast gəlinir.

Lös qruntlarında təbəqələnmə zəif olub, hər bir ərazi üçün müəyyən qədər eynicinsli olur, bəzən dərinlik üzrə müxtəlif horizontlar fərqli rənglə və rəng çalarları ilə səciyyələnilir. Üst horizontlarda lös qruntlarının rəngi açıq, dərinlik üzrə aşağıya doğru tündləşərək qəhvəyi və yaxud hətta qırmızı rəngdə olurlar. Qranulometrik tərkibin və rəngin dəyişməsinə görə lös qruntlarını müxtəlif zona və horizontlara ayırmaq mümkün olur.

Lös qruntlarının əsas səciyyəvi əlamətini (makroməsaməli olmasını) yaradan makroməsamələr qeyri-düzgün formalı, şaquli borucuqlar və kanalcıqlar şəklində olur və onların sayı üfüqi kəsiliş üzrə hər 1 sm² sahədə 3-5-dən 18-20-dək, hətta 25-dək çatır. Onlar daha çox üst horizontda, aerasiya zonasında olurlar. Makroməsamələrin divarlarında duz, gil ləkələrinə, əhəng qalıqlarına tez-tez rast gəlinir. Makroməsamələr tez-tez içi boş, bəzən bir hissəsi və yaxud tamamilə bitki qalıqları, gilli hissəciklər, əhəng və qarışıq materiallar ilə tutulmuş olurlar.

Lös qruntlarının yer səthinə təbii çıxışları üçün sütunvarilik səciyyəvidir. Lös qruntlarının inkişaf etdiyi çay vadiləri və karxana dərələri üçün şaquli çıxıntılar, üst hissəsi yarğanla parçalanmış, 2-3 m-dən 4-5 m-dək hündürlüklü uçurumlar xarakterikdir.

Lös qruntları tipik alevrolit və alevropelit strukturlu olmaqla, struktur xüsusiyyətlərinə görə eynicinslidirlər.

Mineral tərkibinin incə dispers hissəsi əsasən müxtəlif gil (montmorillonit, kaolinit, hidroslyuda və onların qarışığı) minerallarından, az miqdarda ilkin relikt minerallardan təşkil olunur.

Orta Asiya lös qruntlarının tərkibinin incə dispers hissəsi Q.A.Mövlyanov (1958) və C.M.Yusubova (1941) görə müxtəlif miqdarda tipik gil minerallarından, kvarsdan, az halda karbonat və digər qeyri-gil minerallarından ibarətdir. Onların mineral tərkibinin kobud dispers hissəsi (alevrit və psammit hissəsi) ilkin relikt (qalıq) minerallardan təşkil olunmuşdur və 40%-dən 85-90%-dək kvars, çöl şpatı, karbonatlar, amfibollar, piroksen, slyuda və s. iştirak edir. Rəngli mineralların miqdarı 4-5%-dək olur.

Lös qruntların səciyyəvi xüsusiyyətlərindən biri də onların tərkibində karbonatlı birləşmələrin miqdarının çox olmasıdır. Misal olaraq Rus düzənliyinin lös qruntlarında əhəngin ümumi miqdarı 22-25%-dək, Orta Asiya löslərində 15-25%-dək olur. Suda

həllolan duzların miqdarı (sulfatların) az (0,6-0,8 %), bəzən (cənub rayonlarda) 1,5-2 %, hətta 5 %-dək olur. A.K.Larionov, V.A.Priklonski və V.A.Ananyev (1959) lős qruntların tərkibində iştirak edən həllolan duzların tərkibinə görə onların aşağıdakı şorlaşma tiplərini fərqləndirmişlər: karbonatlı-sulfatlı-xloridli, sulfatlı-karbonatlı-xloridli, karbonatlı-xloridli-sulfatlı, karbonatlı-sulfatlı, sulfatlı- karbonatlı və karbonatlı- xloridli.

Lös qruntların tərkibində iştirak edən gil minerallarının və başqa incə-dispers mineralların tərkibindən asılı olaraq udma tutumu 100 q quru qrunut üçün 8-10 mq-ekv-dən (milliqram-ekivalent) 35-42 mq-ekv-dək dəyişir. Əsas mübadilə kationları Ca^{2+} və Mg^{2+} , az halda Na^+ , bəzən isə H^+ olur.

Lös qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri, onların təsnifləndirilməsi. Lös qruntları müvafiq dövlət standartında (QOST 25100-82) sementlənməmiş çökmə mənşəli qruntlar qrupunun, gilli və tozlu-qırıntılı yarım qrupuna (əsasən qumca və gilcə) aid edirlər. Bu qrupa daxil olan qruntlardan lös qruntları islanarkən öz strukturlarını itirməsi və təsir edən yük altında qeyri-bərabər, tez, böyük ölçülü batma deformasiyasına məruz qalmaları ilə fərqlənirlər.

Həmin standartda plastiklik ədədinə görə löslər qumca, gilcə və gil qrunut tipinə, sıxlaşma səviyyəsinə görə isə yüksək məsaməli (məsaməlilik əmsalı $\varepsilon_0 > 0,8$) və az məsaməli (məsaməlilik əmsalı $\varepsilon_0 \leq 0,8$, məsaməlilik $n \leq 0,44$) növlərə, şorlaşma səviyyəsinə görə şorlaşmamışlara (asan və orta həllolma qabiliyyətinə malik olan, duzların 100 q qrunut tərkibində miqdarı 5%-dən az olduqda) və şorlaşmışlara (duzların miqdarı 5% və daha çox olduqda) ayrılırlar.

Lös qruntlarının mütləq sıxlığı təyin edilmədiyi halda gillər üçün $\Delta = 2,72 \text{ q/sm}^3$, gilcələr üçün $\Delta = 2,70 \text{ q/sm}^3$, qumcalar üçün $\Delta = 2,68 \text{ q/sm}^3$ götürülə bilər.

Təbii şəraitdə onların sıxlığı dərinlik üzrə artır, MDB məkanında intişar tapmış lös qruntları üçün $1,32-2,05 \text{ q/sm}^3$ həddində dəyişdiyi tədqiqatçılar tərəfindən qeyd edilir.

Quru qrunutun sıxlığı əsasən $1,13-1,78 \text{ q/sm}^3$ həddində dəyişir. Onların təbii şəraitdə nəmliyi 3 %-dən 25-28 %-dək dəyişir. Qrunut suları səviyyəsindən aşağıda yerləşən lös qruntların nəmliyi 28-30 %, su ilə doyma həddi 0,80-0,83 arasında dəyişir. Qapalı

məsəmələrdə qalan qaz molekulları ilə əlaqədar olaraq əksər hallarda islanma tam getmir.

Lös qruntlarında batmanın baş verdiyi minimal nəmlik (nisbi batma $\varepsilon_{sl}=0,01$ olduqda) başlanğıc batma nəmliyi adlanır.

Bu qruntlarda daxili sürtünmə bucağı (φ , dərəcə) və xüsusi ilişkənlik (c , MPa) onların struktur xüsusiyyətləri, sıxlığı, gərginlik-deformasiya vəziyyəti, nəmliyindən və s. asılıdır. Müxtəlif ərazidə təşəkkül tapmış qruntlarda $c=0,01-0,025$ MPa, $\varphi=23-32^\circ$ olur. Maksimal nəmlənmə zamanı isə xüsusi ilişkənlik 3-10 dəfə, daxili sürtünmə bucağı isə 1,1-1,4 dəfə azalır.

Batan lös qruntlarında nəmlənmiş vəziyyətdə üfüqi istiqamətdə sıxlaşma həddi şaquli istiqamətdə sıxlaşma həddindən 1,2-2 dəfə çox olur. Ona görə də, çöl şəraitində nümunənin götürülməsi zamanı qrunnun şaquli vəziyyətinə diqqət yetirilməlidir.

Lös batan qruntları **nisbi batma həddi və başlanğıc batma təzyiqi** ilə səciyyələnilrlər. Onların nisbi batma həddi batmanın kəmiyyət göstəricisi olub, aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_{t,p} - h_{sat,p}}{h_{t,g}}, \quad (3.171)$$

burada ε_{sl} - nisbi batma; $h_{t,p}$ və $h_{sat,p}$ - müvafiq olaraq təbii nəmlikdə və su keçdikdən sonra yana genişlənmə olmadıqda, qurğunun və üstə yatan layların ağırlığı cəminə bərabər təzyiq altında sıxılmış qurunt nümunəsinin qalınlığı, sm; $h_{t,g}$ - təbii nəmlikdə, yana genişlənmə olmadıqda, təbii təzyiqə bərabər təzyiqə sıxılmış həmin qrunn nümunəsinin qalınlığı, sm.

Su ilə tam islanarkən lös qruntlarında batma deformasiyası ($\varepsilon_{sl} \geq 0,01$) yaradan təzyiqin minimal həddi başlanğıc batma təzyiqi (P_{sl}) adlanır.

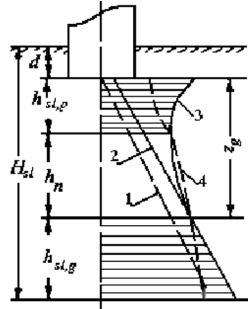
Batan lös qruntlarının batma deformasiyası baş verdikdən sonra suyun süzülmə təsiri ilə sıxlaşma xarakteristikası kimi **batmadan sonra nisbi çökməsi** (ε_{wt}) təyin edilir. Batmadan sonra nisbi çökmənin hesablanması kompressiya sınaqları əsasında aşağıdakı düsturla aparılır [14].

$$\varepsilon_{wt} = \frac{h_{sat,p} - h_{w,t}}{h_{t,g}}, \quad (3.172)$$

burada h_{wt} -hesabi təzyiqin təsiri altında batmadan sonra uzun müddət (1,5-2 ay) qruntdan su keçdikdən (süzüldükdən) sonra qrunnt nümunəsinin qalınlığı; h_{satp} və h_{tg} (3.172) düsturu ilə eynidir. Kompressiya sınağı 10 sutka ərzində batmadan sonra nisbi çökmənin (ϵ_{ot}) azalması 0,001-dən kiçik olanadək davam etdirilməlidir.

Lös qruntlarında batma xüsusiyyətinə malik olan təbəqənin qalınlığının təyini xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Həmin təbəqə **batma təbəqəsi** adlanır. Batma təbəqəsi (H_{sl}) batan qruntların şaquli kəsiliş üzrə yer səthindən batma xüsusiyyətli təbəqənin dabanınadək (batma olmayan dərinliyədək) və yaxud qrunnt suyu səthinədək qalınlığını əhatə edir.

Batma təbəqəsində dərinlik boyu başlanğıc batma təzyiqinin (P_{sl}) və təsir edən sıxıcı (σ_z) təzyiqin (təbii- σ_{zg} və yaxud qurğunun birlikdə yaratdığı gərginlik σ_{zp}) qarşılıqlı münasibətindən asılı olaraq ümumi halda 3 xarakterik zona əmələ gələ bilər (şəkil 3.86).



Şəkil 3.86. Qurğu əsaslarında batma zonaları. $h_{sl,p}$ - yalnız xarici təzyiqdən batmanın üst zonası; $h_{sl,z}$ - qrunntun öz ağırlığından batmanın alt zonası; h_n - batma olmadıqda, üst və alt zona qovuşmadıqda, neqtrəl zona; H_{sl} - batma təbəqəsinin qalınlığı; 1 - isladılan qrunntun öz ağırlığından yaranan gərginlik epürü (qurğun çalasınn dibindən hesablanmaqla); 2 - tökmə qrunnt qatının ağırlığından və kapilyar təzyiqdən yaranan gərginlik epürü; 3 - cəm yükün təsirdən yaranan gərginlik epürü; 4 - başlanğıc batma (P_{sl}) təzyiqinin dərinlik boyu paylanması.

- *Üst zona.* Bu zonada batma deformasiyası xarici yükün və qrunntun öz ağırlığından yaranır və onun dərinliyi (qurğunun özülünün altından) ümumi sıxıcı təzyiqin başlanğıc batma təzyiqinə bərabər olan dərinliyədəkdir. Həmin zonanın qalınlığı (H_{slp}) qurğu özülünün dabanından zonanın alt sərhədinədək olan məsafəyə bərabərdir. Zonanın alt sərhədi ümumi gərginlik epürü ilə başlanğıc batma təzyiqi (P_{sl}) epürünün kəsişməsinə görə təyin edilir və $\sigma_z = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} = P_{sl}$ bərabərliyinə əsaslanır.

- *Aralıq zona.* Passiv (qalınlığı h_{pas}), batma baş verməyən zona olub, dərinlik üzrə $\sigma_z < P_{sl,z}$ olur.

- *Alt zona.* Bu zonanın ($H_{sl,g}$ qalınlıqlı) hüdudunda batma qrunntun öz ağırlığından da baş verir və onun üst sərhədi $\sigma_z = P_{sl,z}$ bərabərliyi ödənilməsi z_g dərinliyindən başlanır. Alt sərhədi batma təbəqəsinin dabanından keçir.

Bünövrənin və yaxud qurğunun ölçülərindən, hesabi təzyiqdən və batma təbəqəsinin qalınlığından asılı olaraq batma zonasının qalınlığı aşağıdakı kimi qəbul olunur:

-Qruntun öz ağırlığından batma baş vermədikdə, xarici yükün təsirindən batma baş verən üst zonanın qalınlığına (h_{slp}) bərabər (batmaya görə I tip grunt şəraiti üçün); qurğu bünövrəsi altında batan qruntların qalınlığı az olduqda, $\sigma_{min} > P_{slz}$ olarsa, σ_z minimal olan dərinliyədək zona davam edir.

-Qurğu olmadıqda, kiçik ölçüyə malik olduqda və yaxud nəzərə alınmayacaq dərəcədə az təzyiq yaratdıqda alt zonanın qalınlığına bərabər ($h_{sl} = h_{sl,g}$); Qurğu nəzərə alınmayacaq təzyiq yaratdıqda, $\sigma_{zmin} > P_{sl}$ və yaxud $\sigma_{zg} > P_{sl}$ (batma qrunտun öz ağırlığından yarandığı zaman) olduqda, batma zonası σ_z minimal olduğu dərinlikdən başlanır.

-passiv zonanın qalınlığı nəzərə alınmadan, üst və alt zonanın qalınlıqları cəminə bərabər;

-tam batma təbəqəsinə $h_{sl} = H_{sl}$ bərabər. Bu hal qurğu böyük ölçülərə və təzyiqə malik olduqda qəbul edilir. Bu zaman üst və alt zona birləşir və batma bütöv dərinlik boyu baş verir. Zonanın qalınlığı bu halda tam batma təbəqəsinə bərabər olur. Qruntun öz ağırlığından şiddətli batan grunt massivlərində (batmaya görə II tip) 1-2 m dərinlikdən sonra batma baş verir. Bu qruntlarda batma təzyiqi (P_{sl}) nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olur.

Dərinlik boyu fərqləndirilmiş genetik təbəqənin və şəraitin eynicinsliliyi nəzərə alınmaqla, qrunտun hesabi qatının qalınlığının həmin təbəqənin tavan və dabanında ümumi təzyiqin qiymətinin 0,1 MPa-dan çox fərqlənməsinə görə təyin edilməsi tövsiyə olunur. Yəni hesabi qatın qalınlığının təyini müvafiq qaydada fərqləndirilmiş təbəqənin tavanı və dabanında ümumi təzyiqin fərqinin 0,1 MPa-dan az olması şərtinə görə yerinə yetirilir.

Lös batan qruntlarda qurğu əsaslarının layihələndirilməsi həmin qruntların səciyyəvi xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla aparılmalıdır. Öz ağırlığından və ya xarici təzyiqin təsiri altında gərginlik şəraitində olan grunt, isladılan zaman əlavə batma yerdəyişməsinə məruz qaldığından, lös qruntlarının təşəkkül tapdığı ərazilərdə batmanı proqnozlaşdırmaq üçün hədd müəyyənləşdirilməlidir. İslatma zamanı batma yerdəyişməsi nisbi batmanın qiyməti $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ olduqda nəzərə alınır, müvafiq dövlət

standartında (İN və Q 2.02.01-83) $\varepsilon_{sl} < 0,01$ olduqda lős qrunut batmayan qrunut hesab edilir.

İslatma zamanı öz ağırlığından yaranan batma yerdəyişməsinə görə (İN və Q 2.02.01-83-ə əsasən) lős qrunutların təşəkkül tapdığı ərazilərin qrunut şəraiti iki tipə bölünür:

I tip – bu şəraitdə batma əsasən xarici təzyiqin təsirindən ola bilər, qrunutun öz ağırlığından batma isə ya baş vermir, ya da 5 sm-dən az olur;

II tip - bu şəraitdə batma istər xarici təzyiqin təsiri altında, istərsə də qrunutun öz ağırlığından baş verir və 5 sm-dən çox olur.

Batmaya qarşı mübarizə tədbirinin yerinə yetirilməsi ilə əlaqədar isladıldıqda qrunutun öz ağırlığından batmasının gözlənilən qiymətinə (mütləq deformasiyasına) görə lős qrunutları aşağıdakı kimi təsnifləndirilir:

- zəif batanlar – 0,15 m-dək;
- orta batanlar – 0,15-0,50 m;
- şiddətli batanlar – 0,50 m-dən çox.

Lős qrunutlarında batma xüsusiyyətlərinə görə onlar cədvəl 3.23-dəki kimi sistemləşdirilmişdir /14/.

Cədvəl 3.23

Batmaya görə lős qrunutlarının sistemləşdirilməsi

Tikinti norma və qaydalarına (SNiP 2.02..01-83) görə qrunut şəraitinin tipi	Kategoriya	Qrunutların adı	Başlangıç batma təzyiqi, P_{sl} , MPa	P (MPa) təzyiqi altında qrunutun nisbi batması, ε_{sl}				Təbii təzyiqdə batma S_{sl} , sm
				0,1	0,2	0,3	0,4	
I II	1	Praktiki batmayan	-	-	0,01÷0,015	0,01÷0,02	0,03÷0,05	5
	2	Zəif batan	$\geq 0,1$	$< 0,01 \div 0,015$	0,01÷0,02	0,02÷0,04	0,04÷0,06	6÷15
	3	Orta batan	0,1÷0,05	0,015÷0,03	0,02÷0,05	0,03÷0,07	0,06÷0,08	16÷50
		Şiddətli batan	$\leq 0,05$	$\geq 0,03$	$\geq 0,05$	$\geq 0,07$	$\geq 0,10$	≥ 50

Fəal islanma zamanı qrunutun batmasının gözlənilən qiyməti (S_{sl}) lay-lay cəmləmə metoduna əsasən aşağıdakı düstur ilə təyin olunur:

$$S_{sl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} \cdot h_i \cdot K_{sl,i}, \quad (3.173)$$

burada S_{sl} - qrunnun batmasının gözlənilən qiyməti; $\varepsilon_{sl,i}$ – i -ci layın mövcud metodika əsasında təyin olunan nisbi batması; h_i - islanmaya məruz qalan i -ci qrunn layının qalınlığı; $K_{sl,i}$ -batma zamanı lős qrunnun (əsasın) gərginlik-deformasiya xüsusiyyətlərini müəyyən edən əmsaldır. Qrunn üzərində tikilmiş qurğu özülünün eni $b \geq 12$ m olduqda, batma zonasında bütün təbəqələr üçün 1-ə bərabər, $b \geq 3$ olduqda $K_{sl,i} = 0,5 + 1,5(P - P_{sl,i})/P_0$, burada P -özül dabanında orta təzyiq, kPa (kQ/sm²); $P_{sl,i}$ - i -ci qrunn təbəqəsinin başlanğıc batma təzyiqi, kPa (kQ/sm²); P_0 -100 kPa-a (1 kQ/sm²) bərabər olan təzyiq; $3 < b < 12$ m olduqda, $K_{sl,i}$ -in qiyməti $b = 3$ m və $b = 12$ m-ə uyğun gələn qiymətlərdən interpolasiya ilə təyin edilir.

Təbiətdə lős qrunn layı bəzən su ilə tam doyma həddinədək nəmlənmir. Ona görə də, tikinti norma və qaydalarına (İNvəQ 2.02.01-83) əsasən batmanın qiyməti nəmlənmə həddi nəzərə alınmaqla, lős qrunnlarının nisbi batması kimi aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\varepsilon'_{sl} = 0,01 \frac{W_{sat} - W}{W_{sat} - W_{sl}} + \varepsilon_{sl} \frac{W - W_{sl}}{W_{sat} - W_{sl}}, \quad (3.174)$$

burada W -qrunnun təbii nəmliyi; W_{sat} - qrunnun su ilə tam islanmasına müvafiq nəmlik; W_{sl} - qrunnun başlanğıc batma nəmliyi; $\varepsilon_{sl,i}$ - su ilə tam islanmış qrunnun (3.171) düsturu ilə təyin olunan nisbi batması.

Qeyd: Başlanğıc batma nəmliyi (W_{sl}) təbii nəmlikdən (W) az olduqda (3.174) düsturunda W_{sl} əvəzinə W -nin qiymətindən istifadə olunmalıdır.

Müəyyən standart təzyiq altında lős qrunnlarının batmasını səciyyələndirən müxtəlif təsnifatlar mövcuddur.

Bu təsnifatlar içərisində prof. Y.M.Abelev tərəfindən hazırlanmış təsnifat inşaat norma və qaydalarına (İNvəQ) daxil edilərək 1966-cı ilədək, yəni yeni İN və Q çıxanadək geniş istifadə edilirdi. Həmin təsnifata görə 0,3 MPa təzyiq altında islanmış qruntda nisbi batma olarsa, həmin qrunn batan, kiçik qiymətlər alarsa batmayan hesab edilirdi.

Adətən laboratoriya şəraitində batma həddi strukturu pozulmamış qrunn nümunələrinin kompressiya cihazında tədqiqi ilə, çöl şəraitində isə təzyiq altında islatma metodu ilə təyin edilir.

Lös qruntlarının batma xüsusiyyətləri onların fiziki göstəriciləri əsasında təyin edilərək, P.S.Əlişzadə /2/ tərəfindən Azərbaycan ərazisində təşəkkül tapmış lös qruntları aşağıdakı kimi təsnifləndirilmişdir (cədvəl 3.24).

Cədvəl 3.24

Azərbaycan Respublikasının ərazisində təşəkkül tapmış lös qruntlarının təsnifləndirilməsi (P.S.Əlişzadəyə görə, 1980)

Batma həddinə görə lös qruntların kateqoriyası	Təbii nəmlik, %	Qrunտ skeletinin sıxlığı, q/sm ³	Təbii məsaməlilik, %	Plastiklik, ədədi, %	Süzülmə əmsalı, m/sut
	W	δ	n	W_n	K_s
Şiddətli batan	4-8	1,10-1,30	48-55	2-8	0,5-0,8
Orta batan	6-12	1,25-1,40	45-50	6-15	0,3-0,5
Zəif batan	12-20	1,30-1,50	42-45	8-17	0,05-0,1
Batmayan	≥20	1,40-1,60	38-42	10-20	≤0,05

Həmçinin 0,3 MPa təzyiq altında batma həddinin təyini üzrə aparılmış çoxlu miqdarda təcrübələrin nəticələrindən istifadə edilərək Azərbaycan Respublikasının ərazisində təşəkkül tapmış lös qruntlarının batma həddi aşağıdakı kimi təsnifləndirilmişdir /2/:

$\epsilon_{sl} < 0,02$ – batmayan;

$0,02 \leq \epsilon_{sl} < 0,06$ – zəif batan;

$0,06 \leq \epsilon_{sl} < 0,10$ – orta batan;

$\epsilon_{sl} > 0,10$ – şiddətli batan.

Başlanğıc batma təzyiqinə (P_{sl}) görə lös qruntları aşağıdakı kimi təsnifləndirilmişdir /2/:

$P_{sl} < 0,04$ MPa – şiddətli batan;

$0,04 \leq P_{sl} < 0,08$ MPa – orta batan;

$0,08 \leq P_{sl} < 0,12$ MPa – zəif batan;

$P_{sl} > 0,12$ MPa – praktiki batmayan.

Təsir edən təzyiqdən asılı olaraq, Azərbaycan Respublikasının ərazisində təşəkkül tapmış lös qruntlarının batma həddinin qiymətinə dair məlumatlar cədvəl 3.25–də verilmişdir.

Cədvəl 3.25

**Azərbaycan Respublikasının ərazisində təşəkkül tapmış lös
qruntlarının batma həddinə görə kateqoriyalara ayrılması
(P.S.Əlişzadəyə görə, 1980)**

Batma həddinə görə lös qruntlarının kateqoriyaları	(P, MPa) təzyiq altında nisbi batma (ε_s)			
	0,05	0,10	0,20	0,30
Şiddətli batan	0,03-0,02	0,06-0,04	0,10-0,07	>0,06
Orta batan	0,02-0,01	0,04-0,01	0,07-0,04	0,10-0,06
Zəif batan	0,0	<0,01	0,04-0,01	0,06-0,02
Praktiki olaraq batmayan	0,0	0,0	<0,01	<0,02

Batma hadisəsinə qarşı mübarizə tədbirləri. Batan qruntlar üzərində qurğuların tikilməsi zamanı bu qruntlar üçün səciyyəvi olan xüsusiyyətlər diqqət mərkəzində olmalıdır. Həmin qruntlar üzərində müxtəlif qurğuların layihələndirilməsi zamanı batmanın gözlənilən qiyməti düzgün hesablanmalı və ona qarşı müvafiq mübarizə tədbirləri nəzərdə tutulmalıdır. Bu tədbirlərin yerinə yetirilməməsi ilə əlaqədar olaraq respublika ərazisində lös qruntlarının üzərində tikilmiş qurğularda çoxlu xoşagəlməz hadisələr baş vermişdir. Misal olaraq Qazax rayonunun keçmiş Caparidze, Vidadi, Krupskaya, Dimitrov adına kolxozlarında və Mehdi Hüseyn sovxozunda, həmçinin Tovuz rayonunun Ceyrançöl düzündə tikilmiş suvarma şəbəkələrinin, Yevlax rayonunun 28 May sovxozunda asılqan beton kanalın və s. grunt bünövrələrində islanma zamanı yaranan batma deformasiyasının təsirindən müvafiq qurğu və obyektlərin dağılması, istismarının çətinləşməsi qeydə alınmışdır. Mehdi Hüseyn adına sovxozda isə nasos stansiyası qəza nəticəsində tamamilə sıradan çıxmışdır.

Buna görə də, qurğuların batan lös qruntları üzərində layihələndirilməsi və tikintisi zamanı normal istismar şəraitinin təmini üçün qrunzun inşaat xassələrinin yaxşılaşdırılması üzrə səmərəli tədbirlər seçilməlidir. Məxsusi şərait və istismar tələbləri hərtərəfli nəzərə alınmaqla müvafiq tədbirlər yerinə yetirilməlidir.

Azərbaycan Respublikası ərazisində batan lös və lösvari qruntlar geniş təşəkkül tapmışdır və ümumi ərazinin 20 %-dən çoxunu təşkil edir [2]. Bu qruntların nisbi batma həddi və layının qalınlığı müxtəlif yerlərdə fərqli olub, layının qalınlığı 5-20 m hüdudunda dəyişir, bəzən isə çox olur. Başlanğıc batma təzyiqi

əsasən 0,02-0,10 MPa hüdudunda dəyişir. Ona görə də, qrunun və qurğunun xüsusiyyətlərindən asılı olaraq, batmaya qarşı müvafiq mübarizə tədbirindən istifadə etmək lazımdır.

Batmaya qarşı tətbiq edilən mübarizə tədbirlərinin seçilməsi zamanı birinci növbədə qrun şəraiti və layihələndirilən qurğunun məxsusiliyi nəzərə alınmalıdır.

Hal-hazırda tədqiqatçılar tərəfindən batma hadisəsi ilə mübarizə aparmaq üçün çoxlu metodlar hazırlanmışdır. Bu metodlardan *grun layının əvvəlcədən isladılmasını, ağır döyəclərlə qrun səthinin sıxlaşdırılmasını, qurğuların bünövrə qrunlarının dəyişdirilməsini (grun döşəkcəsi), svaylar ilə dərinlik sıxlaşdırılmasını, qrunların kimyəvi bərkidilməsini, partlayış enerjisi ilə qrunun sıxlaşdırılmasını və bunların birgə istifadəsini* misal göstərmək olar.

Süni yolla batma deformasiyası yaratmaq məqsədi ilə qrunların əvvəlcədən isladılması metodu əsasən batan qrun layının böyük qalınlığında istifadə olunur.

Böyük kütləli su təsərrüfatı obyektləri tikilərkən, batma hadisəsinin baş verməsi təkcə qrun təbəqəsinin ağırlığından deyil, həm də qrunun ağırlığından yarandığına görə, yalnız əvvəlcədən islatma metodunun tətbiqi yararlı deyil. Bu halda qrun bünövrənin sıxlaşan təbəqəsi hüdudunda qrunun sıxlaşdırılması tələb olunur. Batan qrun təbəqəsinin qalınlığı 5-6 m-dən az olduğu hallarda, qrunun özünün yaratdığı təzyiqin az olması nəticəsində əvvəlcədən islatma apardıqda batma baş vermədiyindən, həmin metodun tətbiqi öz mənasını itirir. Bu halda qrun bünövrənin yüklətmə qabiliyyətinin artırılması məqsədi ilə ağır kipləşdiricilərlə səth sıxlaşdırılması aparmaq lazımdır.

Daha əhəmiyyətli qurğuların böyük qalınlıqlı batan lős qrun təbəqəsi üzərində tikintisi zamanı hidropartlayış-dərinlik sıxlaşdırılması metodundan istifadə etmək faydalıdır. Çünki bu üsul həmin halda yaxşı nəticələr verir.

Batma deformasiyası yaratmaq məqsədi ilə qrunların qabaqcadan isladılması. Lős qrunlarının isladılması ilə qurğuların əsaslarının batma deformasiyasının aradan qaldırılması metodu praktikada çox istifadə olunur.

Qabaqcadan islatma yolu ilə batan qrunların sıxlaşdırılması, lős qrun layının çox qalın olduğu halda (əsasən 8-10 m-dən çox) məqsədəuyğundur. Bu metodun mahiyyəti, qurğunun

tikintisindən əvvəl qrunun ilkin strukturunun pozulması və üstdə yatan layların ağırlığından onun sıxlaşması üçün şəraitin yaradılması məqsədi ilə uzunmüddətli isladılmasından ibarətdir. Qrunun isladılması adətən xəndəklərin, bəzən də çökək, çala və quyuların köməyi ilə aparılır.

Xəndəklərin hazırlanması ilə bağlı torpaq işləri qurtardıqdan sonra, islatma müddətində qrunun batmasına nəzarət etmək üçün nəzarət nöqtələri təyin edilir. İslatmanın başlanğıcına qədər nəzarət nöqtələrinin nivelirlənməsi aparılır və müvafiq reperlə əlaqələndirilir. Nivelirlənmənin məlumatı xüsusi jurnalda qeyd edilir.

Xəndəklərə suyun verilməsi mövcud imkandan və yerin relyef şəraitindən asılı olaraq, nasos qurğusunun köməyi ilə, boru kəməri ilə, öz axını ilə, sudaşıyanla və s. yolla həyata keçirilir. Qrunun isladılması batma deformasiyasının praktiki olaraq sabitləşməsinə qədər davam etdirilir. İslatma zamanı batma deformasiyasının 10 sutka ərzində 1 sm-dən az dəyişkənliyə uğraması zamanı şərti sabitləşmiş hesab edilir.

Qabaqcadan islatma müddəti batan qrun layının qalınlığından və onun su keçiriciliyindən (süzülmə əmsalından) asılıdır və aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$T = \gamma_g \cdot \frac{H}{K}, \quad (3.175)$$

burada T-qabaqcadan islatma müddəti, sutka ilə; H- isladılan qrun layının qalınlığı, m; K- isladılan qrun layının hüdudunda şaquli istiqamətdə süzülmə əmsalının minimal qiyməti, m/sut; γ_g -qruna görə etibarlılıq əmsalı olub, 1,1-ə bərabər qəbul olunur;

Təcrübə işlərinin nəticəsinə əsasən demək mümkündür ki, qabaqcadan islatmanın müddəti böyük qalınlıqlı batan qrunlar üçün təxminən 3 ay, az qalınlıqlı qat üçün isə hər 10 m qalınlıq üçün 1 ay təşkil edir.

AzETHvəMİ-də aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələrinə əsasən batmanın sabitləşməsi üçün sərf olunan suyun miqdarı hər 1 m² səth üçün 12 -15 m³ təşkil edir /2/.

Batmaya görə II-tip lős qrunlarında fasiləsiz islatma zamanı başlanğıc batma təzyiqindən və islatma mənbəyinin ölçülərindən asılı olaraq, batmanın yaranması 1-5 sutka ərzində baş verir. Lős qrunlarında batma aşağıda göstərilən bərabərsizlik şəraitində baş verir.

$$P_z > P_{sl}, \quad (3.176)$$

burada P_z - z dərinliyində qrunnun təbii təzyiqi, MPa; P_{sl} - başlanğıc batma təzyiqi, MPa.

Qrunnun öz ağırlığından batmanın hansı dərinlikdən başlanmasını aşağıdakı riyazi ifadə ilə təyin etmək olar.

$$H = \frac{P_{sl}}{\gamma_w}, \quad (3.177)$$

burada H –batmanın başlanma dərinliyi, m; γ_w – su ilə nəmlənmiş qrunnun sıxlığı, t/m³.

Lös qruntlarının qabaqcadan isladılması zamanı drenaj quyularının tətbiqi batma deformasiyasının əmələ gəlməsini və inkişafını sürətləndirir, tikintinin tamamlanma müddətini qısaldır. Eyni qrunn şəraitində drenaj quyularının dərinliyinin artırılması ilə batmanın miqdarı artır [2]. Bu, quyuların dərinliyinin artması hesabına qrunn layının böyük qalınlığının islanması və eyni vaxtda daha böyük qalınlıqda batma deformasiyasının baş verməsi ilə əlaqəlidir.

Qruntların qabaqcadan isladılması metodu ilə aparılan sıxlaşdırma başlanğıc batma təzyiqindən asılı olaraq lös qrunn layının 3-6 m qalınlığının alt hissəsində baş verir. Layın üst qatı isə təbii təzyiqin kifayət qədər olmaması ilə əlaqədar olaraq batma xüsusiyyətini saxlayır. Buna görə də, üst təbəqə ağır döyəclər vasitəsi ilə sıxlaşdırılmalıdır.

Qurğu əsaslarının qruntlarında ağır döyəclərlə səth sıxlaşdırılması. Qrunn səthinin ağır döyəclərlə sıxlaşdırılması dedikdə, müəyyən hündürlükdən buraxılan ağır döyəclərin təsirindən baş verən sıxlaşdırma nəzərdə tutulur. Böyük qalınlıqlı layların qabaqcadan isladılması yolu ilə sıxlaşdırılmasından sonra qrunnun səth hissəsinin sıxlaşdırılmasında, həmçinin I tip batmaya malik olan az qalınlıqlı lös qrunn laylarının sıxlaşdırılmasında bu metoddan istifadə etmək olar.

Batan qruntlar başqa qruntlarla əvəz edildikdə və batan qruntlar üzərində torpaq bəndləri tikildikdə də bu metoddan istifadə edilir. Sıxlaşdırmanın keyfiyyəti qrunnun sıxlığının artması ilə müəyyən edilir.

Qrunnun batma xüsusiyyətinin aradan qaldırılması üçün sıxlaşdırılacaq təbəqənin qalınlığının təyini hidromeliorasiya qurğuları əsaslarının hazırlanmasında başlıca məsələdir.

Zərbə təzyiqinin təsiri ilə nəzərdə tutulan dərinliyədək, tələb edilən keyfiyyətlə qrunzun sıxlaşdırılması üçün onu optimal nəmliyədək islatmaq lazımdır. Bu nəmlik isə lős qruntları üçün aşağıdakı asılılıq ilə müəyyən oluna bilər:

$$W_0 = W_p + (1-3)\%, \quad (3.178)$$

burada W_0 – qrunzun optimal nəmliyi, %; W_p –plastikliyin aşağı həddinə müvafiq gələn nəmlik, %.

Optimal nəmlik həddinədək qrunzun isladılması üçün lazım olan suyun miqdarı müvafiq olaraq aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$V = (W_0 - W) \cdot \frac{\delta}{\rho_{su} \cdot 100} \cdot h_s \cdot F, \quad (3.179)$$

burada V –nəmlənməyə sərf olunan suyun həcmi, m^3 ; W_0 - qrunzun optimal nəmliyi, %; W - qrunzun təbii nəmliyi, %; δ - sıxlaşdırılan qrunz skeletinin sıxlığı, t/m^3 ; ρ_{su} - suyun sıxlığı, t/m^3 ; h_s -sıxlaşma dərinliyi, m ; F - islatma aparılan səthin sahəsi, m^2 :

Qruntların sıxlaşdırılması yastı plitə və ya kəsilmiş konus şəklində olan beton döyəçlərin müəyyən yüksəklikdən, ardıcıl olaraq, tələb olunan sayda düşərək, yaratdığı zərbə təzyiqi hesabına baş verir.

Sıxlaşdırma əməliyyatı zamanı qrunz səthi aşağı çökür. Sıxlaşma nüvəsinin ölçüsü, sıxlaşma təbəqəsinin qalınlığı və qrunz səthinin batma həddi qrunzun fiziki – mexaniki xüsusiyyətlərindən və zərbə təzyiqinin göstəricilərindən asılıdır.

Zərbə təzyiqinin göstəricilərinin (döyəcin kütləsi, düşmə hündürlüyü və bir nöqtəyə düşən zərbələrin sayı) qrunzun xüsusiyyətindən və tələb olunan sıxlaşma qatının qalınlığından asılı olaraq təyin olunur.

Sərbəst düşən yükün təsirinə əsaslanan qrunzsıxlaşdırıcı mexanizmlərdə düşmə hündürlüyünü dəyişməklə zərbə təzyiqinin enerji göstəricilərini dəyişmək mümkündür.

Lős qruntlarının zərbə təzyiqi ilə sıxlaşdırılması zamanı birinci zərbələrin təsiri ilə qrunzun müəyyən hissəsində yerdəyişmə cəmləşərək sıxlaşma nüvəsini yaradır. Sonrakı zərbələrin təsirindən bu sıxlaşan qat alt qatla birlikdə yerdəyişmə yaradır, yəni batma alt qatda baş verir. Nəticədə qrunzun səthi təzədən çökür. Bu çökmə, zərbə təzyiqinin enerjisi sıxlaşma nüvəsindən qrunz həcmnin yerdəyişməsinə sərf olunanadək davam edir.

Sıxlaşdırma zamanı qrunut səthinin çökməsi döyəçin hər zərbəsindən sonra, sıxlığın dərinlik üzrə dəyişməsi isə müvafiq sayda zərbə təzyiqinin təsirindən sonra ölçülür.

Batan lös qruntlarının hidropartlayış metodu ilə sıxlaşdırılması. Hidropartlayış metodu ilə sıxlaşdırma aparılan zaman qrunut isladılaraq dəyanətsiz vəziyyətə gətirilir və sonra güclü partlayış yaradılır. Qrunutun isladılması drenaj və drenaj-partlayış quyuları, çala və xəndəklər vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Partlayışdan sonra isladılmış qruntda struktur rabitənin pozulması və batma deformasiyası baş verir, yəni batan qrunut intensiv sıxlaşır.

Qabaqcadan islatmaqla birlikdə partlayış enerjisinin köməyi ilə dərinlik sıxlaşdırılması batan təbəqənin böyük qalınlıqlarında (10 m-dən çox) tətbiq edilə bilər.

Batan lös qruntlarında tətbiq edilən dərinlik sıxlaşdırılmasının hidropartlayış metodunun əsas göstəriciləri drenaj-partlayış quyularının dərinliyi, aralarındakı məsafə, islatma üçün verilən suyun miqdarı, islatma müddəti və partlayıcı maddənin (PM) birinin kütləsindən ibarətdir. Bütün bu göstəricilər qrunut şəraitinə (qrunutun batma həddi, batan qatın qalınlığı, yerin relyefi) uyğun olaraq təyin olunur.

Qruntların isladılmasından əvvəl hazırlıq işləri görülür. Sıxlaşdırma aparılacaq sahədə yerin relyefindən asılı olaraq, müəyyən hesablama aparılmaqla ölçüsü müəyyən edilən çalalar qazılır. Sıxlaşdırılacaq sahənin səthində hamarlaşdırma işləri aparılaraq müxtəlif hissələrə (islatma xəritəsi) bölünür.

Sıxlaşma aparılacaq layın qalınlığına (H) əsasən $2/3 \cdot H$ qədər dərinliyə malik olan şaquli drenaj və drenaj-partlayış quyuları qazılır.

Quyuların qazılmasını quru qazıma üsulu ilə aparmaq lazımdır. Drenaj-partlayış quyuları arasındakı məsafə bir çox amillərdən – sıxlaşdırılacaq qrunutun təbii şəraitdə sıxlığı və nəmlik həddi, hər bir partlayıcı maddənin yerləşdirilmə dərinliyi və onun kütləsindən asılı olub, bütün götürülən sahənin sıxlaşdırılmasının təmin edilməsi üçün aşağıdakı ifadələrlə hesablanır [6].

$$\text{- kvadratik şəbəkə halı üçün } L = R_n \cdot \sqrt{2}, \quad (3.180)$$

$$\text{-şahmat şəbəkəsi üçün } L = R_n \cdot \sqrt[3]{3}, \quad (3.181)$$

burada L - drenaj-partlayış quyuları arasındakı məsafə; R_n -qruntun strukturasının pozulma zonasının radiusu olub, aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$R_n = r_n \cdot \sqrt{\frac{K_\sigma}{P_n}}, \quad (3.182)$$

burada r_n - partlayıcı maddə toplusunun radiusu; K_σ - isladılmış lös qruntları üçün əmsal, qumcalar üçün 40 000, gilcələr üçün 25000-32000 qəbul olunur; P_n -su ilə isladılmış lös qruntlarının struktur möhkəmliyi.

Əgər sıxlaşdırma aparılacaq ərazi yaşayış sahələrindən aralıda yerləşərsə, partlayıcı maddənin miqdarını və müvafiq olaraq təsir gücünü də çox götürmək olar. Bu zaman drenaj-partlayış quyuları arasında olan məsafəni artırmaq lazımdır. Bununla qazıma işlərinin həcmi azaltmaq və materiala qənaət (boru, drenaj materialı) etmək olar. Adi halda drenaj-partlayış boruları arasında olan məsafə 4 m-dən 8 m-dək götürülür. Yəni quyular 4x4-8x8 m şəbəkə şəklində yerləşdirilir. Hər bir şəbəkənin ortasında partlayıcı maddə doldurulmamış, diametri adətən 0,4 - 0,5 m olan və qrunտun sıxlaşdırılan qatının isladılması əməliyyatını sürətləndirən drenaj quyuları qazılır.

Sıxlaşdırılacaq ərazilərdə qrunտun sıxlaşma keyfiyyətinə və islanma həddinə ardıcıl nəzarət etmək məqsədi ilə səth, dərinlik radioizotop nəmlikölçən (VPQR-1) və sıxlıq ölçən (PPQR-1) cihazlarından və yaxud onların analoqlarından istifadə etmək lazımdır.

Drenaj-partlayış quyularına metaldan və ya plastmasdan hazırlanmış, dibi kip qapanmış boru salınır. Borunun uzunluğu quyunun dərinliyindən çox olmalıdır ki, qrunտun isladılması zamanı boruya su dolmasın. Boru bütöv və ya ayrı-ayrı hissələrin birləşməsi şəklində götürülə bilər. Boru ilə quyu divarları arasında qalan boşluq drenaj materialları vasitəsi ilə (qum, çınqıl, çaqıl və s.) doldurulur. Həmçinin drenaj quyuları da həmin materiallar ilə doldurulur. Bu zaman süzülmə əmsalı aşağıdakı şərti ödəməlidir.

$$K_{d.s} = K_s \cdot \frac{F_{y.s.}}{F_{e.k}}, \quad (3.183)$$

burada $K_{d.s.}$ -doldurucunun süzülmə əmsalı (dren materialı), m/sut; K_s -sıxlaşdırılan qrunտun süzülmə əmsalı, m/sut; $F_{y.s.}$ və $F_{e.k.}$

quyunun və yaxud çalanın müvafiq olaraq yan səthinin və eninə kəsiyinin su udma sahəsi, m².

Drenaj materiallarının süzülmə əmsalını aşağıdakı kimi qəbul etmək olar:

- iri dənəli qum üçün – 30...50 m/sut;
- xırda çınqıl və ya xır üçün – 50....200 m/sut.

Aşağıdakı riyazi ifadəyə uyğun olaraq quyunun diametrini və dərinliyini artırıb-azaltmaq olar:

$$K_{d.s} \geq 4K_s \cdot \frac{h}{d}, \quad (3.184)$$

burada h – quyunun dərinliyi, m; d – quyunun diametri, m.

Sıxlaşdırılan qrunun isladılması drenaj-partlayış və drenaj quyularına uyğun şəkildə yerləşdirilən çalalar vasitəsi ilə aparılır. Qrunun isladılmasından əvvəl çalaların səthində kolmatasiya hadisəsinin baş verməməsi üçün onların dibinə 10-20 sm qalınlığında drenlilik qabiliyyətinə malik materiallar (qum və yaxud xırda çınqıl) tökülür. Suyun təmizliyinə nəzarət etmək lazımdır. Bulanıq su quyu divarının və çalanın dib səthinin kolmatasiyaya məruz qalmasına səbəb olur ki, bu da onların sukeçiricilik qabiliyyətini azaldır.

Sıxlaşdırılan layın axıcılıq konsistensiyası həddinə qədər isladılmasına sərf olunan suyun miqdarı aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$Q=0,85 \cdot m \cdot n \cdot V_{qr} \cdot (1-G), \quad (3.185)$$

burada Q–islatma üçün lazım olan suyun miqdarı, m³; m–qrunun qeyri-bərabər su uduculuq əmsalı olub, qumça və gilcələr üçün müvafiq olaraq 1,2-yə bərabərdir; n–qrunun məsaməliliyinin orta qiyməti, %; V_{qr}–nəmlənən qrunun həcmi, m³; G–təbii şəraitdə qrunun nəmlik həddinin orta qiyməti.

İslatma üçün istifadə olunan suyun optimal həcmi hər 1,0 m³ sıxışdırılan qrun üçün 0,3-0,5 m³ arasında dəyişir.

Batan qrunun sıxlaşdırılacaq təbəqəsinin islanma müddəti aşağıdakı düstur ilə təyin edilir:

$$t = m_d \cdot \frac{H_b}{K_{min}}, \quad (3.186)$$

burada t- batma baş verən qatın islanma müddəti, süt; m_d – çalada drenlilik qabiliyyətinə malik qatın iştirak etdiyi halda, isladılmanın aparılması zamanı 1,0-ə bərabər qəbul edilən əmsal. Quyu və çalalar vasitəsi ilə isladılma aparılan zaman quyuların

diametrinin və aralarındakı məsafənin dəyişdirilməsindən asılı olaraq minimuma qədər azala bilər. Bu halda batan qatın islanması 10 sutka ərzində başa çata bilər. H_b - batan qrunut qatının qalınlığı, m; K_{min} - batan təbəqəyə aid qrunut qatının süzülmə əmsalının minimal qiyməti, m/sut.

İslanma başa çatdıqdan, yəni sıxlaşdırılan təbəqə tələb olunan nəmlənmə həddinədək islandıqdan sonra partlayış borularının dibinə suyadavamlı, 6-12 kq kütləli (quyunun dərinliyindən və qrunut şəraitindən asılı olaraq) partlayıcı maddələr qoyularaq, hər biri yer səthində elektrik partladıcıları ilə birləşdirilir. Partlayıcı maddə quyuya kəndir vasitəsi ilə salınır. Partlayıcı maddələrin partladılmasında ən üstün üsul T-400 kubikləri və detonasiya qaytanları vasitəsi ilə təchiz edilmiş qığılcım üsuludur. Bu üsulun istifadəsi zamanı detonasiya gilizləri yer səthində yerləşdirilməlidir ki, istifadə zamanı qığılcım yaratmazsa, yenisi ilə əvəz edilməsi mümkün olsun /2/.

Partlayıcı maddə quyuya yerləşdirildikdən sonra su tökməklə bərabər boru qumla tıxanır. Borunun drenaj materialları ilə doldurulması zamanı ehtiyatlı olmaq lazımdır ki, elektrik detonasiya qaytanları zədələnməsin.

Partlayıcı maddələrin partladılması prosesi bir quyudan o birinə keçməklə, 3-10 saniyə müddətinə aparılmalıdır. Bu vaxt sıxlaşma prosesinin keyfiyyəti yaxşılaşır və hər quyuda baş verən partlayışa nəzarət etmək mümkündür.

Partlayış işləri qurtardıqdan sonra quyularda borular özüyəriyən yükqaldırıcılar vasitəsi ilə çıxarılmalıdır.

Müşahidə nöqtələrində PPQR-1 cihazı vasitəsi ilə qrunutun sıxlığını ölçməklə sıxlaşmanın keyfiyyətinə nəzarət etmək olar.

Partlayış işləri aparıldıqdan sonra suyun islanmaya tələb olunan miqdarından artıq olan hissəsi sıxlaşan qatdan səthə doğru yerdəyişməyə məruz qalır. Qrunutun 2-3 m-lik səth təbəqəsinin sıxlaşdırılmasını sürətləndirmək üçün 0,3-0,5 m dərinlikli açıq drenlər qazılır və qrunutun islanmasından artıq qalan sular həmin drenlər vasitəsi ilə axıdılaraq, sıxlaşdırılan qrunutun yerləşdiyi ərazidən aralı qurulmuş dərin, suyıqıcı drenlərə tökülür. İslanmadan artıq qalan su axıdıldıqdan və qrunut səthi quruduqdan sonra ağır döyəcələrlə qrunutun üst təbəqəsi sıxlaşdırılır.

ƏDƏBİYYAT

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах. М.: Стройиздат, 1979. 32 С.
2. Алиш-заде П.С. Некоторые особенности подготовки оснований ирригационных сооружений на лессовых просадочных грунтах в зависимости от степени их просадочности. Сборник научных трудов АзНИИГиМ, М.: 1980. с 80-87.
3. Балаев Л.Г., Царев П.В. Лессовые породы Центрального и Восточного Предкавказья. М.: «Наука», 1964. 234 с.
4. Лессовые породы СССР: В двух томах. Том I. Инженерно-геологические особенности и проблемы рационального использования. /Под ред. Е.М.Сергеева, А.К.Ларионова, Н.Н. Комиссаровой.- М.: «Недра», 1986.-232 с.
5. Лессовые породы СССР: В двух томах. Том II. Региональные особенности. /Под ред. Е.М.Сергеева, В.С.Быковой, Н.Н. Комиссаровой.- М.: «Недра», 1986.-276 с.
6. Литвинов И.М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов. Киев, «Будевельник», 1969.
7. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра», 1977. 479 с.
8. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: «Недра», 511 с.
9. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М.: Изд.-во Литературы по строительству, 1977. 341 с.
10. Сергеев Е.М. Генезис лессов в связи с их инженерно-геологическими особенностями. Вестник МГУ. Сер. геол., 1976, № 5, С. 3-1
11. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд.-во МГУ, 1978. 382 с.
12. Строительные нормы и правила (СНиП 2.02.01-83).
13. Физико-механические свойства и вопросы формирования лессовых пород Сибири. М.: «Наука», 1968. 156 с.
14. Фролов Н.Н. Проектирование гидросооружений оросительных систем на просадочных грунтах. М.: ВО Агропромиздат, 1988, 224 с.

3.2. ENDOGEN-GEODİNAMİKİ PROSES VƏ HADİSƏLƏR

Endogen geodinamiki hadisələrə yerin daxilində gedən proseslərin təsiri ilə yaranan geodinamiki hadisələr aiddirlər. Bunlara misal olaraq **tektonik, seysmik hadisələri, vulkanların baş verməsini** və s. göstərmək olar.

3.2.1. TEKTONİK HƏRƏKƏTLƏR

Tektonik hərəkətlər dedikdə yerin daxilində gedən proseslərlə əlaqədar olaraq yer qabığının müxtəlif istiqamətli hərəkəti nəzərdə tutulur. Yer qabığının müxtəlif dəyişikliyə məruz qalmasında, onun bütövlüyünün, formasının dəyişikliyə uğramasında, bir sözlə mühəndisi-geoloji şəraitin formalaşmasında tektonik hərəkətlər xüsusi təsirə malikdir. Tektonik hərəkətlərin baş verməsinə və ümumilikdə yerin geoloji inkişafına aid müxtəlif hipotezlər mövcuddur. Bu hipotezlər içərisində daha çox maraq doğuranı «kontinental massiv hipotezi»dir. Həmin hipotezə görə Yer planeti inkişafı qurtarmamış ulduz (ulduz «embrionu») kimi qəbul edilir və onun inkişafının tamamlanmaması kosmik cisim kimi ölçülərinin böyük olmaması (kiçik olması) səbəbindən, atom reaksiyalarının tam getməməsi ilə izah olunur. Yerin nüvəsində gedən sıxlaşmanın onun həcmnin azalmasına, radioaktiv parçalanma hesabına ayrılan istiliyin təsirindən həcmnin genişlənməsinə səbəb olan, bir-birinə əks iki prosesin getdiyi qəbul edilir.

Radioaktiv proseslər yer daxilində getdiyindən ayrılan istilik toplanaraq tədricən yer səthinə doğru yayılır. İstiliyin toplandığı hissələrdə həddindən çox qızmış kütlə əriyərək xüsusi vəziyyət alır, **maqmaya** çevrilir. Həmin hissədə təzyiq azaldıqda ərinti halında olan həmin kütlə (maqma) təzyiqin azaldığı istiqamətdə hərəkətə gəlir. Bu o zaman baş verir ki, temperaturun artması və Yer kürəsinin həcmnin böyüməsi ilə əlaqədar olaraq onun qabığının müəyyən hissələrində çatlar, qırılmalar, parçalanmalar, pozulmalar və digər deformasiyalar yaranmış olur.

Yer qabığının sıxlığı az olduğundan (sıxlığı $2,7 \text{ q/sm}^3$) kontinental massiv öz «kökləri» ilə birlikdə sıxlığı çox olan ($3-3,5 \text{ q/sm}^3$) ərimiş qabıqaltı təbəqə üzərində sanki üzür. Bu, ərimiş çuqun üzərində üzən şlaka bənzəyir.

İstidən genişlənmə zamanı yer qabığının alt təbəqəsi (bazalt təbəqəsinin) sıxlığı azaldığından, qabıq (kontinental massiv) ərimiş bazalt təbəqəyə daha da çox batır. Bununla əlaqədar olaraq, yaranmış qırılma və çatlarla lavanın kütləvi şəkildə yer qabığına doğru hərəkəti baş verir ki, bu da böyük ərazilərdə bazalt örtüyünün yaranmasına səbəb olur.

Kontinental massivə bazalt təbəqəsinə daha dərin batması yer səthinin həmin hissəsinin enməsinə, qurunun okean və dənizlərlə basılmasına (**dənizlərin transqressiyası**) səbəb olur. Kontinental massivə su ilə basılması iqlimin mülayimləşməsinə, orta illik temperaturun artmasına səbəb olur. Yer inkişafında istilik rejiminin artması ilə ifadə olunan həmin dövr **evolyusiya** və yaxud **sakitlik dövrü** kimi qəbul edilir.

Yer kürəsində toplanmış istilik sərf olunduqdan sonra yeni **faza-tektonik inqilab** dövrü başlayır. Bu dövrdə yerin soyuması ilə əlaqədar olaraq onun həcmi azalması, **sıxılması (kontraksiyası)** baş verir. Yer qabığı az bərkliyə malik olduğundan, həcmi azalması zamanı hissələrə parçalanma, deformasiyaya uğrama, qırıqlıq əmələgəlmə (orogenez dövrü) müşahidə edilir. Qurunun su altında qalmış ərazilərinin çox hissəsi su altından çıxır, dənizin **reqressiyası** baş verir. Kontinentlərin yuxarıya doğru hərəkəti və dağəmələgəlmə nəticəsində relyefdə mürəkkəbləşmə yaranır.

Yer kürəsinin soyuması ümumi soyuqlaşmaya səbəb olur. Dənizlərin geri çəkilməsi ilə əlaqədar olaraq qurunun sahəsinin artması nəticəsində daha sərt qışın və isti yayın olması üçün şərait yaranır. Bu andan başlayaraq ekzogen-geoloji proseslər inkişaf etməyə başlayır. Nəticədə denudasiya prosesi intensivləşir, relyefin hamarlaşması, yatıqlaşması istiqamətində dəyişiklik gedir. Aşınmış qrunt hissəcikləri yerüstü axınla və külək vasitəsi ilə nəql olunaraq su hövzələrində çökdürülür.

Bu hipotezə görə Yer inkişafında sakitlik və tektonik inqilab dövrləri zaman ərzində biri-birini əvəz etmişdir.

Tektonik hərəkətlər yer qabığının inkişafında hər bir tsiklə uyğun müxtəlif ərazilərdə qırıqlıq əmələgəlmə, denudasiya, çöküntü toplanma və s. proseslərin formalaşmasında xüsusi rol oynamışlar. Yer inkişafında 900-1000 mln il bundan əvvəl dağəmələgəlmə hərəkətlərinin olduğu və onların isə dövrü olaraq (tsikllərlə) baş verdiyi müəyyən edilmişdir. Yer indiki xarici görünüşünün formalaşmasınadək 9-11 qırıqlıq tsikllərinin baş

verdiyi hesablanmışdır və Yer kürəsinin müasir xarici görünüşünün formalaşmasında əsas dağəmələgəlmə tsiklləri kimi aşağıdakı tsikllər xüsusi ilə fərqləndirilmişdir:

- Kaledon (erkən paleozoy) dağəmələgəlmə tsikli-kembridən silura qədər davam etmişdir. Altay-Sayan və Qərbi Qazaxıstan bu dağəmələgəlmə tsiklində formalaşmışdır.

- Hersin (gecikmiş paleozoy) dağəmələgəlmə tsikli-permdən-alt triasa qədər davam etmişdir. Bu dağəmələgəlmə tsiklində Ural sıra dağları, Şərqi Qazaxıstan, Tyan-Şan dağı əmələ gəlmişdir.

- Mezazoy dağəmələgəlmə tsikli-əsasən yura dövründə baş vermişdir. Bu tsikldə Verxoyan, Şərqi-Baykalarxası-Amurətrafı, Oxot-Çukot və s. qırıxıqlığı formalaşmışdır.

- Alp dağəmələgəlmə tsikli əsasən Kaynazoy erasında baş vermişdir. Qafqaz, Pamir, Karpat, Krım və Kopetdağ bu dağəmələgəlmə tsiklində əmələ gəlmişlər.

Tektonik hərəkətlər öz xarakterlərinə görə **rəqsi, qırıxıqlıq əmələgətirici və parçalayıcı** xarakterli olurlar.

Rəqsi tektonik hərəkətlər yer qabığının eyni hissəsində tədrici olaraq (yavaş sürətlə) qabığın qalxması və ya enməsi şəklində baş verir. Bu zaman qalxma baş verən ərazilərdə müəyyən müddət keçdikdən sonra qalxma enmə prosesi ilə müşayiət edilir. Rəqsi hərəkətlər qruntların yatım şəraitini dəyişdirmir. Tektonik rəqsi hərəkətlər baş vermə əlamətlərinin xarakterinə (müddətinə, davamiyyətinə) görə 3 yerə bölünürlər: 1) **müasir rəqsi hərəkətlər**; 2) **erkən (yeni) rəqsi hərəkətlər**; 3) **qədim dövrlərdə baş vermiş rəqsi hərəkətlər**.

Müasir rəqsi hərəkətlər dedikdə əvvəl baş vermiş və hal-hazırda davam edən rəqsi hərəkətlər nəzərdə tutulur. Bunlara misal olaraq Xəzər dənizi səviyyəsinin tərəddüdünə səbəb olan tektonik rəqsi hərəkətləri göstərmək olar.

Bu tektonik hərəkətlərin baş verməsi, istiqaməti və amplitudu haqqında tarixi sənədlərdən, arxeoloji materiallardan, geodezik müşahidələrdən alınmış nəticələr əsasında məlumat toplamaq olar. Müasir tektonik rəqsi hərəkətlər digər rəqsi hərəkətlərə nəzərən mühəndisi-geoloji baxımdan daha çox tədqiq edilməlidir və müvafiq mühəndisi fəaliyyətin geoloji mühitdə layihələndirilməsi zamanı diqqət mərkəzində olmalıdır.

Erkən rəqsi hərəkətlərə neogenin sonu-IV dövrdə baş verən rəqsi hərəkətləri aid edirlər. Erkən rəqsi hərəkətlər haqqında

əsasən dəniz terraslarının hündürlüyünə, çayların mənsəbinin dəniz ilə basılmasına (limanlara), çay məcrasının dərinləşməsinə görə mülahizə yürütmək olar.

Keçmiş geoloji dövrlərdə baş vermiş tektonik rəqsi hərəkətlər barəsində qruntların litoloji kəsilişi üzrə şaquli və üfüqi istiqamətdə çöküntü toplanma prosesinin ümumi qanunauyğunluğunun dəyişməsinə görə mülahizə yürütmək olar. Çöküntü toplanma prosesində yaranan fasilə **stratigrafik** uyğunsuzluq adlanır. Litoloji kəsiliş üzrə stratigrafik uyğunsuzluğun müşahidə edilməsi tektonik rəqsi hərəkətlərin baş verməsi nəticəsində çöküntü toplanma zonasının quru ilə əvəz olunması deməkdir.

Qırıxıqlıq əmələgətirici və dağıdıcı hərəkətlər kiçik ərazilərdə, çox tez (sürətlə) və böyük amplitudla baş verir. Bununla əlaqədar olaraq layların ilkin yatım şəraiti, bütövlüyü, fiziki-mexaniki xassələri dəyişikliyə uğrayır, qırıxıqlıq əmələ gəlir, laylar parçalanaraq mürəkkəb qırılmalar yaranır. Qruntların ilkin yatım şəraitinin bu şəkildə pozulması **dislokasiya** (plikativ və dizyunktiv) adlanır. Güclü dislokasiya prosesinin inkişafı ilə dağ və dağ sistemi yaranır. Ərazidə dislokasiyanın varlığı tikintilərin mühəndisi-geoloji şəraitini kəskin şəkildə dəyişdirir. Bu hərəkətlərin tektonik rəqsi hərəkətlərdən fərqi əsasən aşağıdakılardan ibarətdir.

Rəqsi tektonik hərəkətlər zamanı layların bütövlüyü pozulmur. Ancaq qırıxıqlıq əmələ gətirmə və dağıdıcı hərəkətlər zamanı layların bütövlüyü pozulur, onların yatım şəraiti dəyişikliyə uğrayır, süxurlarda çatlılıq böyüyür, dinamometamorfizm müşahidə olunur. Süxurların fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri dəyişikliyə uğrayır, qeyri-uyğun yatım forması yaranır.

Mühəndisi-geoloji fəaliyyət zamanı ərazilərin tektonikası xüsusi ilə diqqət mərkəzində olmalıdır. Belə ki tektonik hərəkətlərin baş verməsi zamanı bəzən böyük şəhərlər, müxtəlif mədəni abidələr suyun altında qalmışdır. Misal üçün Xəzər dənizinin səviyyəsində baş verən tərəddüd tarixdə böyük əks-səda yaratmış, Xəzər imperiyasının suyun altında qalmasına səbəb olmuşdur. Son 800 il müddətində Xəzər dənizi səviyyəsində 16 m-dək qalxma baş vermişdir. 1990-cı ildən bəri Xəzər dənizi səviyyəsində 1 m-dən çox qalxma müşahidə olunmuşdur. Bununla əlaqədar olaraq dənizin ətrafındakı ərazilərin bir hissəsi suyun

altında qalmış, yeraltı suların drenlənməsində (Xəzərə tökülən hissəsində) şişmə baş verdiyindən, əksər hissələrdə durğunlaşmış rejim formalaşmışdır. Kollektor-drenaj şəbəkəsinin mənsəblərində axın sürəti kəskin azalmışdır. Bununla əlaqədar olaraq respublikamızın Kür-Araz ovalığında qrunut sularının səviyyəsi yer səthinə daha çox yaxında yerləşmişdir.

3.2.2. SEYSMİK HADİSƏLƏR

Qəflətən, kəskin təkanlar, yer qabığının rəqsi hərəkəti müşahidə edilən, insanların həyatı və fəaliyyəti üçün təhlükəli olan, yəni zəlzələnin təsirinə məruz qalan ərazilər seysmik ərazilərə aid edirlər.

Yer üzərində il ərzində 100 minədək zəlzələ baş versə də, onlardan 100-ü dağıdıcı, 1-i isə fəlakətli olur. Seysmiklik daha intensiv şəkildə Sakit okean vulkanik qurşağında və Aralıq dənizi sahillərində müşahidə olunur.

Tarix boyu güclü zəlzələlərin baş verməsi çoxlu insan ölümü, qurğu və tikililərin dağılması ilə nəticələnmiş, maddi və mədəni abidələrin məhv olmasına səbəb olmuş və öz dağıdıcı təsirinə görə tarixi yaddaşlarda öz əksini tapmışdır. Belə zəlzələlərə misal olaraq 1737-ci ildə Kəlkütdə baş verən zəlzələ 300000-dən çox insanın ölümünə, 1755-ci ildə Lissabonda baş verən zəlzələ şəhərin tam dağılmasına, zəlzələdən sonra (birinci təkandan sonra) çox böyük su dalğasının şəhərə hücumuna və dağılmış şəhərin qalıqlarının, canlı aləmin su ilə yuyulub aparılmasına, 50 mindən çox insanın məhvinə səbəb olmuşdur.

1 sentyabr 1923-cü ildə Tokio və İokoqamada (Yaponiya) baş verən zəlzələ Tokioda 100 mindən çox adamın ölümünə, 300 mindən çox binanın zədələnməsinə, İokoqamada isə 11 min binanın dağılmasına, 59 min evin yanmasına səbəb olmuşdur. 1950-ci ildə Himalayda baş verən zəlzələnin (ən güclü zəlzələlərdən biri) enerjisi 100 min atom bombasının partladılması zamanı yaranan enerjiyə bərabər olmuşdur.

4 dekabr 1956-cı ildə Monqolustanda və keçmiş SSRİ ilə Çinin qarışıq ərazilərində baş verən zəlzələ zamanı dağın yüksək zirvəsi iki yerə bölünmüş, dağın 400 m hündürlüklü hissəsi dərəcə uçaraq, uzunluğu 18 km, eni 800 m olan çökəklik yaranmışdır.

Yer səthində 20 m-dək enində və 250 km uzunluğunda çatlar əmələ gəlmiş, zəlzələnin 11 bala yaxın olduğu ehtimal edilmişdir.

1960-cı ildə Çilidə baş verən zəlzələ zamanı 200 min km²-dən çox ərazi təsirə məruz qalmış, çox böyük ölçülü sürüşmələr qeydə alınmışdır.

Yer üzərində baş vermiş bəzi güclü zəlzələlər haqqında məlumatlar cədvəl 3.26 -da öz əksini tapmışdır.

Cədvəl 3.26

Yer üzərində baş vermiş güclü zəlzələlərə dair məlumat

Zəlzələnin baş verdiyi tarix	Zəlzələnin baş verdiyi ərazi	12 ballıq şkala ilə zəlzələnin balı
1	2	3
01. 11. 1775	Lissabon (Portuqaliya)	9-10
02.07. 1895	Türkmənbaşı (Türkmənistan Resp.)	9
13. 02. 1902	Şamaxı (Azərbaycan Resp.)	8
16. 12. 1902	Əndican (Özbəkistan Resp.)	9
18.06. 1906	San-Fransisko (ABŞ)	9
21.10. 1907	Qaradağ (Tacikistan Resp.)	9
11.10. 1908	Messin (İtaliya)	10
03.01. 1911	Kemin (Qazaxıstan Resp.)	9-10
18.02. 1911	Sarez (Tacikistan Resp.)	9
20.02. 1920	Qori (Gürcüstan Resp.)	8
01.09. 1923	Kvant (Yaponiya)	9-10
26.06. 1927	Krım (Ukrayna Resp.)	8
27.04. 1931	Zəngəzur (Ermənistan Resp.)	8
20.04. 1941	Qarm (Tacikistan Resp.)	8
02.11. 1946	Qazancık (Türkmənistan Resp.)	8
05.10. 1948	Aşgabad (Türkmənistan Resp.)	9
10.07. 1949	Xait (Tacikistan Resp.)	9
04.12. 1957	Qobi-Altay (Monqolustan)	9
29.02.1960	Aqadır (Mərakeş)	9
22.05. 1960	Çili (Çili)	8-9
26.07. 1963	Skople (Yugoslaviya)	9
16.07. 1963	Çxaltin (Gürcüstan Resp.)	9
28.03. 1964	Alyaska (ABŞ)	9
26.04. 1966	Daşkənd (Özbəkistan Resp.)	9
12.07. 1966	Anapa (Rusiya Fed.)	7
14.05. 1970	Dağıstan (Rusiya Fed.)	8
31.05. 1970	Peruan (Peru)	10
05.06. 1970	Sarakamış (Qırğızıstan Resp.)	8
09.02. 2001	Tacikistan Resp.	8,1
10. 01. 2002	Raqun (Tacikistan Resp.)	7,1
02.03.2002	Əfqanıstan	10
31.03. 2002	Tayvan	7
22.01.2003	Meksika	7,6
07.02.2004	İndoneziya	7,1
29.11.2004	Yaponiya	7,1
06.12.2004	Yaponiya	7,0
26.12.2004	Şri-Lanka, Sinqapur, Sumatra, İndoneziya, Tayland, Malaziya	8,7-8,9
29.03.2005	Hind okeanı (Niasa adasında təsiri böyük oldu)	8,3
08.10.2005	Pakistan	7,8

1	2	3
28.01.2006	Şərqi Timur (İndoneziya)	7
16.12.2006	Kuril adası	7-8
25.03.2007	Yaponiya	7,1
02.04.2007	Saloman adası	8,1
12.09.2007	İndoneziya	8,4
30.09.2007	Yeni Zenlandiya	7,4
12.05.2008	Çin	7,5
11.09.2008	Yaponiya	7
08.10.2008	Qırğızıstan	8
02.11.2008	Pakistan	7,8
04.01.2009	İndoneziya	7,6
13.08.2009	Yaponiya	7,0
02.09.2009	Yava (İndoneziya)	7,3-7,5
30.09.2009	Samoa adası (Sakit okean)	8,3
12.01.2010	Haiti	7,2
27.02.2010	Çili	8,8
14.04.2010	Çin	7,1
25.10.2010	Sumatra adası (İndoneziya), 27.10.2010 vulkan püskürməsi	7,1
11.03.2011	Yaponiya, Tokiodan şimali-şərqdə, Sakit okeanda 22,3 km dərinlikdə (dalğanın hündürlüyü 10 m-ə çatan sunami yarandı, Fukusimada AES-da partlayış baş verdi)	8,9-9

Zəlzələlər yer qabığında qəflətən və güclü qırılmalar, müxtəlif deformasiyalar, onun bütövlüyünün pozulması ilə müşayiət olunan dəyişikliklər yaradırlar. Baxmayaraq ki, seysmik impuls və onun yaratdığı rəqsi hərəkətlər bir neçə saniyə ərzində davam edir, zəlzələlər zamanı qısamüddətli silkələnmə belə əksər hallarda fəlakət yaradır. Zəlzələnin yaratdığı rəqsi hərəkətin davam etmə müddəti bəzən bir neçə dəqiqə də ola bilər. Misal olaraq, 1910-cu ildə Alma-Ata zəlzələsi 5 dəqiqə davam etmişdir.

26 dekabr 2004-cü ildə Hind okeanında baş verən zəlzələ (8,7-8,9 bal gücündə) Şri-Lanka, Sinqapur, Sumatra, İndoneziya, Tayland və Malaziyada fəlakətə, bəzi məlumatlara görə 150 minə qədər adamın ölümünə və çoxlu dağıntılara, tədqiqatçıların fikrinə görə Yerın fırlanma oxunun 3-4⁰-dək, adaların isə 20-30 m yerini dəyişməsinə səbəb oldu. Zəlzələnin 5 dəqiqə 20 saniyə davam etdiyi göstərildi.

Zəlzələnin inkişaf etdiyi ərazilər. Bir çox tədqiqatçılar tərəfindən aparılmış tədqiqatlara əsasən müasir zəlzələlər əsasən müasir və erkən tektonik hərəkətlərin təsirinə məruz qalmış geoloji strukturlarla əlaqədardır. Mövcud təsəvvürlərə görə, bu strukturlar yerin aktiv hərəkətdə olan qurşağında- regional-tektonik qırılma zonalarında yerləşirlər.

Yerin fəal, tektonik hərəkətdə olan qurşağında əsasən müasir dağlıq ərazilər yerləşir və həmin ərazilərdə nisbətən qalxma müşahidə edilir. Sakit okean və Aralıq dənizi qurşağı yerin fəal tektonik hərəkətdə olan ərazilərinə aiddirlər.

Keçmiş SSRİ məkanında zəlzələlərin fəal inkişaf etdiyi ərazilərə Karpat, Cənubi Kırım, Qafqaz, Cənubi Türkmənistan, Orta Asiyanın yüksək dağlıq hissələri, Altay-Sayan zonasının dağları, Pribaltika, Saxalin, Kuril adaları, Maqadan vilayətinin və Kamçatkanın dəniz sahilləri, Cənubi Primorye aiddir.

Zəlzələ və onun genezisi haqqında ümumi məlumat. Zəlzələ haqqında ümumi geologiya kursunda ətraflı məlumat verildiyindən, burada yalnız mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda istifadə edilən əsas məlumatlara diqqət yetirilir.

Yerin dərinliyində zəlzələlərin baş verdiyi məntəqə zəlzələnin **ocağı -hiposentri (fokusu)**, onun yer səthinə proyeksiyası **episentri** adlanır.

Zəlzələnin təsiri insanların həyatı, qurğuların və tikililərin bütövlüyü üçün təhlükəli olan, yer səthində dağılmaya məruz qalan sahə **pleystoseyst** oblastı adlanır.

Zəlzələnin episentrindən uzaqlaşdıqca onun dağıdıcı təsiri zəifləyir. Zəlzələnin yer səthində eyni qüvvə ilə təsir yaratdığı məntəqələrin plan üzərində birləşməsindən əmələ gələn xətt **izoseyst** adlanır. Zəlzələnin planda pleystoseyst oblastı izoseystlərlə konturlara ayrılır.

Zəlzələlər fokusunun dərinliyinə görə **normal fokuslu** (hiposentrinin dərinliyi 70 km-dək olanlar), **orta fokuslu** (hiposentrinin dərinliyi 70-300 km hüddudunda olanlar) və **dərin fokuslu** (hiposentri >300 km dərinliklilər) kimi qruplaşdırılır.

Zəlzələlər mənşəcə **tektonik, vulkanik, uçqun (denudasion) və texnogen** xarakterli olurlar. Statistik məlumatlara görə, baş verən zəlzələlərin 90 %-i tektonik, 7 %-i vulkanik, 3 %-i isə uçqun mənşəli olurlar. Brinkmana görə bu zəlzələlərdən 80 %-i dayaz fokuslu, 20 %-i isə orta və dərin fokusludur. Dayaz fokuslu zəlzələlər arasında daha çox fokusu 5-60 km dərinlikdə yerləşən zəlzələlər baş verir.

Seysmik rayonlarda dağlıq və yüksək dağlıq relyefin varlığı erkən və müasir tektonik hərəkətlərdən xəbər verir. Erkən və müasir tektonik hərəkətlərin baş verməsi dağların və çökəkliklərin yaranmasına, litosferi təşkil edən qrunut təbəqəsində uzun müddət

ərzində gərginliyin toplanmasına gətirib çıxarır. Qrunt təbəqəsində toplanan gərginlik qruntun möhkəmlik həddindən çox olduqda litosferin və yaxud onun hissələrinin parçalanması, qırılmaların yaranması müşahidə olunur. Qırılma zamanı əmələ gəlmiş blokların hərəkətə gəlməsi elastiki gərginliyin enerjisinin azalması istiqamətində dəyişikliyin və yer qabığının rəqsi hərəkətinin yaranması ilə nəticələnir. Yer daxilində parçalanma baş verən oblast yaranacaq zəlzələnin ocağı (hiposentri) olur.

Zəlzələlər vulkanların fəaliyyəti, karst mağaralarının, müxtəlif boşluqların uçması, digər uçqunların baş verməsi, həmçinin insanların fəaliyyəti ilə əlaqədar da yarana bilərlər.

Güclü zəlzələlər hiposentrdə və litosferin ocağa yaxın qrunt təbəqəsində elastiki gərginliyin təkrar paylanmasına səbəb ola bilərlər ki, bu da təkrar yeraltı təkanların - **aftershokların** baş verməsi ilə müşayiət edilir.

Seysmik dalğalar. Zəlzələ ocağında yaranan rəqsi hərəkətlər yerin daxilində və litosferdə seysmik dalğalar şəklində yayılır. Bu dalğalar çox böyük sürətlə yayıldığına görə, litosferin qrunt təbəqəsini ideal elastiki mühit kimi, dalğaları isə elastiki qəbul etmək olar. Yəni elastiki mühitdə baş verən deformasiyaların uzaqlara ötürülməsi prosesi kimi ideallaşdırmaq olar.

Seysmik dalğalar yaranan deformasiyaların növünə görə **uzununa, eninə və səthi**, mühitdə yayılmasına görə isə **düzünə yayılan, əks olunan, sınıan** və digərlərinə bölünürlər.

Uzununa dalğalar (P-dalğaları) maksimal sürətlə yayılaraq, daha çox enerjiyə malik olduqlarına görə, çox böyük dağıntı yaradırlar. Bu dalğalar həcmi (sıxılma və genişlənmə) dalğaları olub, mühiti təşkil edən hissəciklərin rəqsi hərəkəti dalğanın yayılma istiqamətində baş verir. Uzununa dalğalar (P dalğaları) **müjdəçi dalğalar** da adlandırılır. Bu dalğalar bərk, maye və qazda yayıla bilər. Elastiki, uzununa dalğaların qeyri-məhdud mühitdə yayılma sürəti - ϑ_p (m/san) muhitin elastiki xarakteristikaları ilə əlaqədar olub, aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər:

$$\vartheta_p = \sqrt{\frac{E_d}{\Delta} \cdot \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (3.187)$$

burada E_d -dinamiki elastiklik modulu, kQ/sm^2 ; μ -eninə deformasiya əmsalı; Δ -qruntun mütləq sıxlığı, kq/m^3 .

Eninə dalğalar (S dalğaları). Bu dalğalar burucu və sürüşdürücü təsir göstərərək, mühitin elementinin həcmi dəyişdirmədən onun formasını dəyişdirirlər. Mühitin hissəciklərinin rəqsi hərəkəti dalğanın hərəkət istiqamətinə perpendikulyar olur və birincilərdən sürətcə gecikir. Dağıtma təsirinə görə əksər hallarda uzununa dalğalardan az təsir effektinə malik olur ki, bu da yerli şəraitdə obyektin konstruktiv xüsusiyyətləri və s. ilə əlaqədar olur.

Eninə dalğalar yalnız bərk mühitdə (qruntlarda) yayılır, maye və qazlarda yayılmırlar. Belə ki maye və qaz forma dəyişikliyinə müqavimət göstərmir. Eninə dalğaların mühitdə yayılma sürəti (ϑ_s) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\vartheta_s = \sqrt{\frac{E_d}{\Delta} \cdot \frac{1}{2(1+\mu)}}, \quad (3.188)$$

Eninə dalğaların mühitdə yayılma sürəti 1,7-1,8 dəfə uzununa dalğaların yayılma sürətindən kiçik olur.

Uzununa və eninə dalğalar Yerın səthinə çıxdıqda səth dalğaları (Reley və Lyav) yaranır.

Səth dalğaları (Reley və Lyav dalğaları) dəniz ləpələrini xatırlatmaqla, bir-birindən müəyyən periodla (15-20 san) gecikən, səthin qrunut kütləsinin yerdəyişməsi ilə müşayiət olunan yer səthinin rəqsi hərəkətidir. Bu dalğalar episentrdən başlayaraq yer səthinin dalğavari yerdəyişməsi şəklində müşahidə olunur. Buna görə də, bəzən təsir effekti daha güclü olur. Elastiki dalğalar iki mühitin (bərk-maye və s.) sərhədini keçdikdə **ikinci dərəcəli-əks olunan, sinan** və s. dalğalar yaranırlar. İkinci dərəcəli dalğalar onları yaradan elastiki dalğalara nisbətən asta sürətlə yayılırlar və az enerjiyə malik olurlar.

Seysmik hadisələr zamanı elastiki uzununa və eninə dalğalar əsas rol oynayırlar. Bu dalğaların qruntda yayılma sürəti qrunutun mexaniki (elastiki) xassələrindən və sıxlığından asılıdır.

Uzununa dalğaların mühitdə yayılma sürəti müxtəlifdir. Massiv süxurlarda sürəti 4-6 km/san, eninə dalğaların sürəti isə 3-4 km/san olur. Əhəngdaşlarında seysmik dalğaların sürəti 2,4 km/san, qumlarda və ya yumşaq qruntlarda təqribən 1 km/san olur. Ancaq bu şəraitdə rəqsi hərəkətin amplitudu daha çox dəyişir ki, bu da öz növbəsində dağıntının daha çox olması təhlükəsini yaradır. Qranit tipli süxurlarda uzununa dalğaların sürəti 5,0-6,0 km/san-dən çox, bazalt təbəqəsində 6,5-7,5 km/san, ultraəsas süxurlarda-hiperbazitlərdə (üst mantiyada) 8,0

km/san-dən çox olur. Elastiki dalğaların qruntlarda yayılma sürəti haqqında məlumat cədvəl 3.27-də öz əksini tapmışdır /19/.

Cədvəl 3.27

Müxəlif qrunnt tiplərində elastiki dalğaların yayılma sürəti və qrunnt tiplərinin seysmiki sərtliyi (seysmiki mikrorayonlaşdırma üzrə tövsiyə, RSM-73)

Qruntların tipi	Qruntların mütləq sıxlığı, (Δ) q/sm ³	Elastiki dalğaların sürəti (ϑ), km/san		Seysmiki sərtlik	
		Uzununa dalğalar, ϑ_p	Eninə dalğalar, ϑ_s	$\vartheta_p \Delta$	$\vartheta_s \Delta$
1	2	3	4	5	6
I. Qayavari: Dərinlik zonalarının qranitləri	2,9	(5,6)	(3,2)	16,2	(9,4)
Təbii nəmlikdə, aşınmamış qranitlər, bazaltlar, qabro və digər qayavari qruntlar	2,5-3,8	2,0-7,0; (3-5,5)	1,0-4,8; (2,8)	5-26,6	(4,5-15,2)
Sıx əhəngdaşı	2,35-3,0	2,4-7,0; (2,8-3,2)	1,1-4; (1,4-1,6)	6-21	(2,6-12,0)
Sıx dolomit	2,4-3,05	3,5-7,0; (4,0-6,5)	1,7-4; (1,8-2)	8,3-21	(4,1-12,2)
Sıx qumdaşı	1,5-2,95	1,4-4,5; (2,5-3,2)	1,1-2; (1,4-1,6)	2,4-13	(1,6-6)
II. Yarımqayavari: Qranitlər, bazaltlar, qabro və digər aşınmış, çatlı, sulu olmayan qayavari qruntlar	1,6- 2,35	1,0-3,3; (1,2-3,0)	0,2-0,6; (0,5)	1,6-7,75	(3,2-1,4)
Sulu olan əvvəlki qruntlar	1,65-2,50	1,6-3,3; (2,2-3,2)	- ; (-)	2,6-8,25	(3,3-1,5)
Gilli şistlər	2,6-2,7	1,6-4,7; (2,4-4,0)	0,6-2,8; (0,7-2)	4,2-12	(1,6-7,5)
Mergellər (təbii nəmlikdə)	1,8-2,8	1,1-6,0; (2,6-3,5)	0,4-3,4; (0,5-0,6)	2-16	(0,7-9,5)
Argillitlər	1,5-2,95	1,4-4,5; (2,5-3,2)	1,1-2; (1,4-1,6)	2,4-13	(1,6-6)
III. Tərkibində doldurucu qumlar iştirak edən, iri ölçülü qaya parçaları olan çaqıllı və xırlı-çınqıllı çökmüntülər:					
Təbii nəmlikdə	1,8-2,2	0,8-1,0 ; (-)	0,3-0,6; (-)	1,4-2,2	(0,5-1,3)
Sulu	1,95-2,35	2,2-3,3; (-)	-; (-)	4,3-7,8	(0,6-1,4)
Qaya parçaları olan çaqıllı və xırlı-çınqıllı, araları gillə doldurulmuş çökmüntülər:					
Təbii nəmlikdə	1,8-2,2	0,8-1,3 ; (-)	0,3-0,8 ; (-)	1,4-2,9	(0,5-1,8)
Sulu	2,0-2,35	2,3-3,4; (-)	-; (-)	4,6-8,0	(0,6-1,9)
Çaqıllı, çınqıllı və qaya parçaları iştirak edən gilli-qum çökmüntüləri:					
Təbii nəmlikdə	1,8-2,3	0,12-0,75; (-)	0,36-0,5; (-)	0,23-1,7	(0,1-1,1)
Sulu	2,0-2,4	2,2-3,3; (-)	-; (-)	5,4-7,9	(0,1-1,1)
Yuyulmuş çaqıllar:					
Təbii nəmlikdə	1,7-2,0	0,5-1,1; (-)	0,3-0,8; (-)	0,85-2,2	(0,6-1,6)
Sulu	1,9-2,3	1,8-3,3; (-)	-; (-)	3,8-7,6	(0,6-1,8)

1	2	3	4	5	6
IV. Qumlu: Müxtəlif dənəli yuyulmuş (təmiz) qumlar:					
Təbii nəmlikdə	1,4-1,6	0,2-1,0; (0,3-0,7)	0,1-0,7; (0,2-0,5)	0,3-1,6	(0,2-1,1)
Sulu	1,85-2,15	1,5-1,8; (-)	-; (-)	2,8-3,7	(0,2-1,5)
Hava şəraitində qurumuş (ovulan)					
Gil qarışıqlı (5 %-dək) qumlar	1,3-1,4	0,1-0,4; (0,1-0,3)	0,04-0,3; (-)	0,06-0,9	(0,1-0,5)
Təbii nəmlikdə	1,4-1,6	0,3-0,8; (-)	0,1-0,6; (-)	0,4-1,3	(0,1-1)
Sulu	1,8-2,1	1,5-1,75; (-)	-; (-)	2,7-3,7	(0,2-1,2)
V. Gilli qruntlar: Qumcalar;					
Təbii nəmlikdə	1,45-1,9	0,3-0,7; (0,4-0,6)	0,1-0,35; (-)	0,44-1,3	(0,1-0,7)
Sulu	1,8-2,0	1,7-1,9; (1,8)	-; (-)	2,8-3,8	(0,2-0,7)
Gilcələr;					
Təbii nəmlikdə	1,65-2,05	0,3-0,9; (0,5-0,8)	0,08-0,45; (-)	0,5-1,8	(0,1-0,9)
Sulu	1,70-2,0	1,6-1,9; (-)	-; (-)	2,8-4,0	(0,1-0,9)
Gillər;					
Təbii nəmlikdə	1,3-2,0	0,85-1,4; (1,1-1,3)	0,2-0,7; (0,3-0,5)	1,4-2,8	(0,3-1,4)
Sulu	1,8-3,25	1,75-2,2 (-)	-; (-)	3,1-7,1	(0,4-2,3)
Lösvari gilcələr və löslər:					
Təbii nəmlikdə	1,16-1,75	0,3-1,0; (0,5-0,7)	0,1-0,7; (0,2-0,4)	0,5-2,5	(0,2-1,2)
Su ilə doymuş	1,60-2,60	0,15-0,5; (-)	0,02-0,08; (-)	0,2-1,3	(0,03-0,2)
Sulu	1,60-2,60	1,5-1,8; (1,6-1,7)	0,1-0,7; (-)	2,4-4,7	(0,2-1,8)
VI. Tökmə qruntlar: Su ilə doymamış	1,30-1,50	0,03-0,3; (0,2-0,3)	0,01-0,2; (0,1-0,2)	0,04-0,5	(0,01-0,5)
Su ilə doymuş	1,50-1,80	1,5-1,7; (-)	-; (-)	2,2-3,0	(0,01-0,5)
VII. Torpaqlar	1,40-1,85	0,04-0,5; (0,08-0,3)	0,01-0,2; (-)	0,06-0,19	(0,01-0,4)
VIII. 4° S-də su		(1,43)			
IX. 0° S-də hava		(0,33)			
Qeyd: elastiki dalğaların minimal, maksimal və orta (mötərizədə) yayılma sürəti və seysmik sərtlilik verilmişdir.					

Zəlzələnin təsirinin qiymətləndirilməsi. Qeyd edildiyi kimi zəlzələnin baş verməsi zamanı seysmik ocaqda toplanmış enerji elastiki dalğalar şəklində ayrılaraq hər tərəfə yayılır. Yəni zəlzələ ocağında gərginlikli vəziyyətdə olan lay gərginlikdən çıxmaq üçün elastiki qüvvələr hesabına dəyişiklik yaratmağa çalışır. Öz enerjisini minimuma endirənədək rəqsi hərəkətin mənbəyinə çevrilir. Bu zaman rəqsi hərəkətlər şəklində ayrılan enerji elastiki dalğaların mühitdə yayılması üçün görülməli işə sərf olunur. Ona görə də, Yer səthinə çatdıqda seysmik dalğaların enerjisi zəifləmiş olur. Seysmik dalğaların enerjisi episentrdən uzaqlaşdıqca da azalır.

Zəlzələ ocağının yerləşmə dərinliyindən, episentrdən olan məsafədən, ərazinin geoloji quruluşundan və qruntların xassələrindən asılı olaraq istənilən məntəqədə zəlzələnin enerjisi təyin oluna bilər. Zəlzələnin intensivliyi zəlzələ ocağında ayrılan

enerjinin miqdarı və seysmik dalğaların enerjisi ilə təyin olunur. Zəlzələlərin dağıdıcı gücü onların enerjilərinə görə müəyyən olunur və bunun təyini üçün müxtəlif cihazlardan istifadə olunur. Zəlzələlər **seysmoqraf və yaxud seysmometr** vasitəsi ilə qeydə alınır və zəlzələ zamanı rəqsi hərəkətin parametrləri ölçülür.

Seysmologiyada zəlzələnin enerjisinin hesablanması üçün müəyyən metodlardan istifadə edilir. Zəlzələnin enerjisi **erq və coul** ilə qiymətləndirilir ($1 \text{ erq} = 1 \text{ dina} \cdot \text{sm}$; $1 \text{ c} = 10^7 \text{ erq}$). Dağıdıcı təsir yaradan zəlzələnin enerjisi 10^{12} - 10^{13} C, fəlakətli zəlzələnin enerjisi isə 10^{17} - 10^{20} C həddində dəyişir. Bu enerji atom bombasının enerjisindən bir neçə milyon dəfə çoxdur. Praktikiada zəlzələnin enerjisinin qiymətləndirilməsi zamanı onun mütləq qiymətindən deyil, onluq loqarifmindən istifadə edilir. Yəni $K = \lg E$ (burada K -nin zəlzələnin energetik sinfini xarakterizə etməsi qəbul olunmuşdur). Ən zəif zəlzələ üçün $K=0$, ən güclü zəlzələ üçün $K=18$ olur.

Zəlzələ ocağından ayrılan enerjini təyin etmək çətin olduğundan, dünya praktikasında **şərti enerji xarakteristikasından-zəlzələnin maqnitudundan (M)** istifadə edilir.

$$M = \lg \frac{A}{A^*} = \lg A - \lg A^*, \quad (3.189)$$

burada A -baş vermiş zəlzələnin seysmoqramı üzrə rəqsin təyin edilmiş maksimal amplitudu, mkm; A^* -etalon kimi seçilmiş (çox zəif) və yaxud standart zəlzələnin baş verməsi zamanı rəqsin amplitudu, mkm. Etalon zəlzələ kimi 100 km məsafədə standart tipli seysmometrlərlə 1 mkm amplitudlu dalğalar qeydə alınan zəlzələnin götürülməsi qəbul edilmişdir.

Maqnitud 0-dan (zəif zəlzələlərdə) $-8,8$ -dək (çox güclü və fəlakətliyə) dəyişir. Kvant zəlzələsi zamanı (1948-ci il) $-8,2$ -yə, Aşğabad zəlzələsində (1948-ci il) $7,3$ -ə, Qobi-Altay zəlzələsində (1957-ci il) $-8,6$ -ya bərabər olmuşdur. Zəlzələnin energetik sinfi (K) ilə maqnitudu arasında əlaqə cədvəl 3.28-də verilmişdir. Eksperimentlərlə müəyyən olunmuşdur ki, zəlzələnin maqnitudu sıfır bərabər olduqda 10^5 C-dək enerji əmələ gəlir. $M=8,5$ olduqda isə enerji 10^{20} C-a qədər olur. Zəlzələnin intensivliyinin $0,5$ M artması onun enerjisinin təqribən 10 dəfə artmasına müvafiqdir. Enerji (erqlə) ilə maqnitud arasında əlaqə aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\lg E = 12 + 1,8M. \quad (3.190)$$

Cədvəl 3.28

K ilə M arasında əlaqə (Q.P.Qorşkova və A.F.Yakuşovaya görə)

K	M	K	M
9	3,1	13	5,6
10	3,7	14	6,2
11	4,4	15	7,0
12	5,5	16	7,5

Yer üzərində zəlzələnin intensivliyi balla ölçülür. Bundan ötrü xüsusi təsnifatlardan-seysmikliyin intensivlik şkalasından istifadə edilir. Keçmiş SSRİ-də zəlzələnin qüvvəsi balla standart seysmometrin (DÜST 6249-52) sferik elastiki kəfkirinin maksimal nisbi yerdəyişməsindən (X_0) asılı olaraq müəyyən olunmuşdur. Seysmometrin kəfkirinin (rəqqasının) məxsusi rəqs periodu $T=0,25$ saniyə, məxsusi rəqsin sönmə dekrementi isə $d=0,50$ -yə bərabərdir. Rəqsin sönmə dekrementi (d) rəqsin sönməsinə xarakterizə edir və bir rəqs periodu (T) qədər bir-birindən fərqlənən zaman anlarında baş verən rəqs amplitudlarının nisbətinin natural loqarifminə bərabərdir, yəni

$$d = \ln \frac{A_t}{A_{t+T}} = \delta \cdot T, \quad (3.191)$$

burada A_t -t zaman anında rəqsin amplitudu; A_{t+T} -t+T zaman anında rəqsin amplitudu; δ —rəqsin sönmə əmsalıdır və sönən rəqsin amplitudunun azalma sürətini ifadə edir.

Zəlzələnin qüvvəsi yer səthinin yerdəyişmə sürətinin vahid zamanda dəyişməsinə ifadə edən zəlzələnin təcili (a) əsasında da qiymətləndirilir. Seysmik təcil **akselerometr** vasitəsi ilə təyin edilir. Rəqsi hərəkət harmonik rəqs kimi qəbul olunarsa, onda onun təcili aşağıdakı düstur ilə təyin olunur:

$$a = -\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot A = -4\pi^2 \cdot \nu^2 \cdot A, \quad (3.192)$$

burada T -rəqs periodu; ν —rəqs tezliyi; A —rəqs amplitudu; $\pi=3,14$.

Seysmik proseslər zamanı seysmik rəqsi hərəkətlərin amplitudu millimetrin hissəsindən 20 sm-dək, bəzən isə ondan da böyük olur. Məsələn 1923-cü ildə Tokioda baş vermiş zəlzələ 9-10 baladək, seysmik dalğanın amplitudu 225 mm-dək, periodu (T)

1,33-4 san, təcili isə 1000-2500 mm/san² arasında dəyişmişdir. Zəlzələnin baş verməsi zamanı yaranan rəqsi hərəkətlərin fiziki xarakteristikaları onların enerjilərindən asılıdır. Zəlzələnin dağıdıcı təsiri onun enerjisindən başqa, həm də ərazinin geoloji şəraitindən asılıdır.

Zəlzələnin qüvvəsini (intensivliyini) balla təyin etmək üçün S.V.Medvedyev (SSRİ EA-nın Yerin Fizikası İnstitutu) tərəfindən cədvəl 3.29 təklif edilmişdir. Bu şkalada 1 yanvar 1953-cü ildən başlayaraq 6-9 bal zəlzələ diapazonu praktika üçün vacib diapazon kimi qəbul edilmişdir.

Cədvəl 3.29

**SSRİ EA-nın Yerin Fizikası İnstitutunun seysmik şkalası
(S.V.Medvedyevə görə)**

Zəlzələnin balı	Zəlzələnin adı	X ₀ , mm	Zəlzələnin təcili, a, mm/san ²	g-nin hissələri ilə zəlzələnin təcili
1	Hiss edilməyən	-	<2,5	-
2	Çox zəif	-	2,6-5,0	-
3	Zəif	-	5,1-10	-
4	Orta	<0,5	11-25	-
5	Qüvvətli təhər	0,5-1,0	26-50	0,025
6	Qüvvətli	1,1-2,0	51-100	0,025-0,05
7	Çox qüvvətli	2,1-4,0	101-250	0,05-0,10
8	Dağıdıcı	4,1-8,0	251-500	0,10-0,20
9	Viranedic	8,1-16,0	501-1000	0,20-0,40
10	Məhvedic	16,1-32,0	1001-2500	>0,40
11	Fəlakətli	>32	2501-5000	-
12	Şiddətli fəlakətli	-	>5000	-

Zəlzələnin təsirinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə keçmiş SSRİ-də 1964-cü ildən başlayaraq, S.V.Medvedyev (SSRİ), V.Şponxoyer (ADR) və V.Karpik (ÇSSR) tərəfindən hazırlanmış 12 ballıq şkaladan (MSK-64) istifadə edilməyə başlamışdır (cədvəl 3.30).

MSK-64 şkalasına görə zəlzələnin dağıdıcı təsiri balla qurğu və binaların zədələnmə səviyyəsinə əsasən də müəyyən olunur (cədvəl 3.31).

Cədvəl 3.30

MSK-64 seysmik intensivlik şkalası

Zəlzələnin balı	Zəlzələnin adlandırılması və onun xüsusiyyətləri
1.	Hiss edilməyən. Rəqs intensivliyi adamların hissetmə həddindən aşağı olur, yerdə silkələnmə yalnız seysmoqraf (cihaz vasitəsi ilə aşkar olunur və qeyd edilir).
2.	Çətinliklə hiss edilən. Rəqsi hərəkət sakit vəziyyətdə dayanmış, binaların əsasən üst mərtəbələrində bəzi adamlar tərəfindən hiss edilir.
3.	Zəif. Tikililərin içərisində olan az adam hiss edir, açıq havada yalnız əlverişli şəraitdə hiss olunur. Rəqsi hərəkət yüngül yük maşınlarının keçməsi zamanı baş verən silkələnməyə bənzəyir. Asılmış əşyaların diqqətli müşahidəçilər tərəfindən zəif, yuxarı mərtəbələrdə isə nisbətən güclü yellənməsi müşahidə edilir.
4.	Hiss edilən. Tikililərin içərisində çoxlu adamlar, açıq havada isə az adamlar hiss edirlər. Bəzi yerlərdə yatmışlar oyanır, heç kəs qorxmıyır. Ağır yüklü yük maşınlarının keçməsi zamanı yaranan silkələnməyə oxşar rəqsi hərəkət baş verir. Pəncərə, qapı və qablar müxtəlif səs yaradır. Divar və döşəmə cırıldayır. Mebellər silkələnməyə başlayır. Asılı əşyalar yüngülcə yellənir. Açıq qablarda su çalxalanır, dayanmış maşınlarda təkan yaranır.
5.	Oyadıcı. Tikililərin içərisində bütün hamı, açıq havada isə bəzi adamlar hiss edirlər. Yatmış çox adam oyanır, bəziləri evdən çölə qaçır. Heyvanlar narahat olurlar. Binalar bütövlükdə silkələnir. Asılmış əşyalar güclü yellənir. Şəkillər yerindən tərpənilir. Nadir hallarda saatın kəfkiri dayanır. Dayanıqlı olmayan bəzi əşyalar yerindən sıçrayırlar və yaxud yerlərini dəyişirlər. Tam örtülməmiş qapı və pəncərələr taybatay açılırlar, yenidən çırpılaraq örtülülər. Tam açıq olmayan qablardan az miqdarda su tökülür. Hiss edilən rəqsi hərəkət binanın içərisində ağır əşyanın düşməsi zamanı yaranan rəqsi hərəkəti xatırladır.
6.	Vahiməli (qorxuducu). Tikililərin içərisində və açıq havada əksər adamlar hiss edirlər. Binaların içərisində olan çoxlu adamlar qorxaraq küçələrə qaçırlar, bəziləri tarazlığını itirirlər. Ev heyvanları sığınacaqlarından bayıra qaçırlar. Bəzi hallarda şüşə qab və əşyalar qırılırlar, kitablar qoyulduğu yerlərindən tökülürlər. Ağır mebellərin hərəkəti mümkündür. Qüllə zənglərindən kiçik zənglərin zəngi eşidilə bilər.
7.	Binaları zədələndirən. Əksər adamlar qorxaraq evlərindən bayıra qaçırlar. Çox adam ayaq üstə çətinliklə dayanır. Maşın sürən adamlar rəqsi hərəkəti hiss edirlər. Böyük ölçülü zənglər silkələnərək səs çıxarır.
8.	Binaları şiddətli zədələndirən. Qorxu və vahimələnmə, hətta avtomobil sürənlərdə də narahatçılıq baş verir. Bəzi yerlərdə ağacların budağı qırılır. Ağır mebellər yerindən tərpənir və bəzən sıçrayırlar. Asılmış lampaların bəziləri zədələnirlər.
9.	Binaları ümumilikdə zədələndirən. Ümumi vahimə. Mebellərdə böyük zədələnmə olur. Heyvanlar vurnuxurlar və bərkdən səs çıxarırlar.
10.	Binaları bütünlüklə dağıdan
11.	Fəlakətli
12.	Relyefi dəyişdirən.

Cədvəl 3.31

**Zəlzələnin təsirindən bina və qurğuların zədələnməsinin təsnifatı
(S.V.Medvedyevə görə)**

Binanın tipi	Bina və qurğuların zədələnmə səviyyəsi	Zədələnmə binaların miqdarı, %-lə
A. Daşdan tikilmiş bina və kənd tikililəri, çiy kərpicdən evlər, gildən hazırlanmış evlər. B. Adi kərpic ev, iri bloklu və panel tipli bina, təbii yonulmuş daşlardan bina V. Karkas dəmir-beton bina, yaxşı tikilmiş ağac ev.	1. Yüngül zədələnmə evin suvağında nazik çatlar və böyük olmayan suvaq parçalarının qopması 2. Orta zədələnmə-divarlarda böyük olmayan çatlar suvağın nisbətən böyük parçalarla qopması, evin örtüyünün keramitinin düşməsi, tüstü borusunda çatlar, tüstü borularının hissələrinin düşməsi 3. Ağır zədələnmə- divarlarda böyük və dərin çatlar, tüstü borularının düşməsi 4. Dağılma-divarın bir tərəfindən o biri tərəfinə keçən çatlar və qırılmalar, binanın ayrı-ayrı hissələri arasında əlaqənin pozulması, daxili divarların və karkası dolduran divarların uçması 5. Uçmalar-binanın tam dağılması	Tək-tək (5 %-dək) Çoxlu (50 %-dək) Əksəriyyəti (75 %-dək)

Bu şkaladan başqa da seysmik şkalalar təklif edilmişdir. Həmin şkalalara misal olaraq 12 ballıq Merkalli-Kankani-Ziberq (1902), Latin Amerikasında istifadə olunan 10 ballıq Rossi-Forel (1883), Yaponiyada istifadə edilən 7 ballıq və amerikan seysmoloqu Ç.F.Rixter (1935) tərəfindən təklif edilən şkalaları göstərmək olar. Rixter şkalası zəlzələnin maqnituduna görə tərtib edilmişdir (cədvəl 3.32).

Cədvəl 3.32

Rixter şkalası

Zəlzələnin maqnitudu (M)	Zəlzələnin adlandırılması
0-4,3	Yüngül
4,4-4,8	Mülayim
4,9-6,2	Orta
6,3-7,3	Güclü
7,4-8,9	Fəlakətli

MSK-64 şkalasına əsasən zəlzələnin balından asılı olaraq yerüstü və yeraltı suların rejimində baş verən dəyişikliyə və qruntlarda yaranan qalıq deformasiyalarının xarakteristikalarına görə zəlzələnin intensivliyi təyin edilə bilər (cədvəl 3.33).

Həmin şkalaya əsasən demək olar ki, 6 bal və altıdan kiçik seysmiklik bina və qurğularda təhlükəli zədələnmə, insanlar üçün təhlükə yaratmır. Ona görə də, ərazinin seysmikliyinin mikrorayonlaşdırılması 6 baldan çox seysmiklik intensivliyinə görə aparılır. Müvafiq tikinti norma və qaydalarına görə (İN və Q II-A. 12-69) seysmikliyi ≥ 7 bal olan ərazilərdə qurğu və binaların

layihələndirilməsinə xüsusi tələblər qoyulur. Həmin tələblər isə seysmik ərazilərin mühəndisi-geoloji şəraitinin məxsusiliyi ilə əlaqədardır.

Cədvəl 3.33

MSK-64 şkalasına görə yerüstü və yeraltı suların rejiminin dəyişməsi və qruntların qalıq deformasiyalarının xarakteristikaları

Zəlzələnin balı	Yerüstü və yeraltı suların rejiminin dəyişməsi və qruntların qalıq deformasiyası
1-4	Oxşar hadisə müşahidə olunmur.
5	Bəzi hallarda su mənbələrinin sərfi dəyişir.
6	Az hallarda yer səthində eni 1 sm-dək olan çatlar, dağlıq rayonlarda isə bəzən sürüşmələr mümkündür. Su mənbələrinin sərfinin və quyularda su səviyyəsinin dəyişməsi müşahidə edilir.
7	Su səthində dalğalar əmələ gəlir, lilin yuxarı qalxması nəticəsində su bulanır. Quyuda su səviyyəsi və mənbədə sərf dəyişir. Bəzən yeni su mənbələri yaranır, köhnələr yoxa çıxır. Çay sahillərində bəzi hallarda sürüşmə baş verir.
8	Qazmaların dik yamaclarında və yolların tökmə qrunnt qatında böyük olmayan sürüşmələr yaranır, qruntlarda çatların eni bir neçə santimetrə çatırlar. Yeni sututarlar yaranırlar. Bəzən qurumuş su quyuları su ilə dolur, istifadə edilən quyular susuzlaşır. Su mənbələrinin sərfi və quyularda su səviyyəsi çox hallarda dəyişir.
9	Düzənliklərdə subasma, tez-tez qum və lildən ibarət gətirmə çöküntüləri qeydə alınır. Qruntlarda çatların eni 10 sm-dək, çayların sahilləri və yamacları boyu 10 sm-dən çox olur, çoxlu nazik çatlar yaranırlar. Qayalar, sürüşmə və tökülmələrin hissələri uçurlar. Su səthində böyük dalğalar yaranır.
10	Qruntlarda çaların eni bir neçə desimetrə, bəzi hallarda 1 m-dək olur. Su axınlarının məcralarına paralel geniş qırılmalar yaranırlar. Dik yamaclardan yumşaq qruntlar tökülür. Çay sahillərində və dənizlərin dik sahillərində böyük sürüşmələr mümkündür. Sahilyanı rayonlarda qumlu və lilli qrunnt kütləsinin yerdəyişməsi müşahidə olunur. Kanallardan, göllərdən, çaylardan və s. su obyektlərindən su kənarlara tökülür. Yeni göllər yaranırlar.
11	Geniş çatlar şəklində yer səthinin böyük deformasiyası, şaquli və üfüqi istiqamətdə qırılmalar, çoxlu uçqunlar yaranır. Silikəlmənin intensivliyinin (balının) təyini məxsusi tədqiqat tələb edir.
12	Yer səthinin radikal dəyişikliyi, qruntlarda geniş şaquli və üfüqi istiqamətdə yerdəyişməli böyük çatlar müşahidə edilir. Çay sahillərində və dağlarda böyük sahədə uçqunlar, göllər yaranır, şələlələr əmələ gəlir, çayların məcraları dəyişir. Silikəlmənin intensivliyinin (balının) təyini məxsusi tədqiqat tələb edir.

Zəlzələnin yer səthində qüvvəsi zəlzələ ocağında yaranan qüvvədən və onun fokusunun dərinliyindən asılıdır və zəlzələnin intensivliyinin onun fokusunun dərinliyindən asılılığı daha aydın şəkildə cədvəl 3.34 – də verilmişdir.

Episentrədə zəlzələnin intensivliyi (J_0) ilə müxtəlif dərinlikdə (h , km) ocağı yerləşən zəlzələnin maqnitudu (M) arasında olan asılılıq aşağıdakı empirik düstur ilə ifadə oluna bilər:

$$J_0 = 1,5M - 3,5 \lg h + 3. \quad (3.193)$$

Maqnitudun iki vahid artması zamanı zəlzələnin intensivliyi 3 bal artır. Bunu yuxarıdakı empirik asılılıq əsasında da demək olar.

Cədvəl 3.34

**Zəlzələnin fokusunda intensivliyindən və onun fokusunun
dərindən asılı olaraq episentrdə zəlzələnin qüvvəsi
(N.V.Şebalinə görə)**

Zəlzələ ocağının yerləşmə dərinliyi h, km	Maqnituddan (M) asılı olaraq episentrdə zəlzələnin intensivliyi (balla)			
	5	6	7	8
10	7	8-9	10	11-12
20	6	7-8	9	10-11
40	5	6-7	8	9-10
80	4-5	6	7-8	9
150	3-4	5	6-7	8
300	-	4	5-6	7
600	-	-	4-5	6

Seysmik ərazilərdə mühəndisi-geoloji şərait. Zəlzələnin yer səthində yaranan intensivliyinə mühəndisi-geoloji şəraitin təsiri böyükdür. Mühəndisi-geoloji şəraitdən asılı olaraq zəlzələ ocağında eyni maqnituda malik olan zəlzələlərin yer səthində intensivliyi fərqli ola bilər. Bu fərqi yaranması seysmik dalğaların müxtəlif qrunut şəraitində yayılma sürəti, mühitin xüsusiyyətləri (qrunutun sıxlığı, növü, su ilə doyma həddi, ərazidə tektonik qırılmanın inkişaf səviyyəsi və s.), zəlzələnin enerjisi və s. ilə əlaqədar olur. Ümumiyyətlə, istər hiposentrdə, istərsə də episentrdə zəlzələnin intensivliyi çoxlu amillərdən asılıdır. Bu amillər isə regional və mühəndisi-geoloji şərait ilə əlaqədar ola bilər.

Yüksək intensivlikli zəlzələlər hər yerdə baş vermir. Yer kürəsində baş verən zəlzələlər üzrə üstünlük təşkil edən tektonik mənşəli zəlzələlərin aktivliyi əsasən aşağıda göstərilən zonalarda qeydə alınır /10, 21/.

1) Müxtəlif intensivlikli şaquli hərəkət edən fərqli quruluşa malik geoloji strukturların birləşmələrində;

2) Böyük sürətlə şaquli hərəkət edən (yəni şaquli hərəkətin yüksək sürət qradiyentinə malik yerlərdə) geoloji strukturların periferiyalarında;

3) Şaquli hərəkətin istiqamətinin dəfələrlə dəyişməsi (tektonik inkişafın ümumi planında enmə qalxma ilə, qalxma isə enmə ilə əvəz olunduqda) müşahidə edilən ərazilərdə;

4) Böyük dərinlikdə ehtimal olunan qırılmalar və yaxud səth üzrə baş verən intensiv diferensiallaşmış tektonik hərəkət zonalarında.

Seysmik rəqslərin yayılmasına aşağıdakı regional amillər təsir edirlər /16, 21/:

1) Yer səthinin üst (örtük təbəqəsi) yumşaq çökmə süxur qatının qalınlığı və altda yatan təbəqənin tərkibi; Bunlar seysmik enerjini müxtəlif səviyyədə udma qabiliyyətinə malikdirlər;

2) Süxurların yatım şəraiti (qırıqlığın, qırılmaların və maili yatıma malik təbəqələrin yatım istiqaməti); episentrdən müəyyən məsafələrdə strukturların uzanma istiqamətinə çarpaz istiqamətdə zəlzələnin intensivliyi episentrdən eyni məsafədə strukturun uzanma istiqamətindəki intensivliyindən 1 bal az olur;

3) Çox iri dərinlik zonalarının və qırılmaların yatım şəraiti; onların yatım istiqamətinə çarpaz yönələn seysmik dalğaların yayılması zamanı zəlzələnin enerjisinin kifayət qədər udulması və həmin istiqamətdə onun intensivliyinin azalması müşahidə edilir.

Zəlzələnin intensivliyinə daha çox yerli mühəndisi-geoloji şərait təsir edir. Misal olaraq 6 oktyabr 1948-ci ildə Bezmeyndə (Türkmənistan) baş verən zəlzələ zamanı təqribən eynicinsli olan gilçə təbəqəsində, qrunut sularının səviyyəsinin yatma dərinliyindən asılı olaraq, zəlzələnin intensivliyinin dəyişdiyi müəyyən edilmişdir /10/. Həmin rayonun çaqıldan təşkil olunmuş sahəsində (gilçələrin təmasında) isə zəlzələnin intensivliyi gilçələrdən təşəkkül tapdığı sahəyə nisbətən 1 bal az olmuşdur.

Bu istiqamətdə aparılan çoxlu seysmometrik müşahidələr əsasında müəyyən olunmuşdur ki, yerli mühəndisi-geoloji şəraitdən zəlzələnin intensivliyinə daha çox aşağıdakılar təsir edirlər:

Qrunutların tərkibi və fiziki vəziyyəti, yeraltı suların səviyyəsinin yatma dərinliyi, relyefin xarakteri və tektonik pozulmaların (qırılmaların) yerləşmə vəziyyəti.

Bununla əlaqədar olaraq, ərazinin seysmikliyinin müəyyənləşdirilməsi zamanı yerli mühəndisi-geoloji şərait nəzərə alınmaqla zəlzələnin balının dəqiqləşdirilməsi (artırılması və yaxud azaldılması) qərara alınmışdır /10, 21/.

Seysmik dayanıqlılığın qiymətləndirilməsi zamanı qrunutların əsas xarakteristikası onların sıxlığı, seysmik dalğaların yayılma sürəti və seysmik sərtlkdir.

Sərtlilik qrunnun onda deformasiyanın yaranmasına qarşı müqavimət xassəsidir. Seysmik sərtlilik isə seysmik qüvvənin təsiri ilə qruntda yaranan deformasiyanın yayılmasına qarşı qrunnun müqavimətini xarakterizə edir və elastiki seysmik dalğaların yayılma sürətinin qrunnun sıxlığına hasili ilə ifadə olunur, yəni

$$\vartheta_{\Delta} = \vartheta_p \cdot \Delta, \quad (3.194)$$

burada ϑ_{Δ} —seysmik sərtlilik; ϑ_p —uzununa dalğaların yayılma sürəti; Δ — qrunnun mütləq sıxlığıdır. Qruntların seysmik sərtliyinin onun növündən, fiziki vəziyyətindən asılı olaraq dəyişməsi uzununa və eninə dalğalara görə cədvəl 3.27-də öz əksini tapmışdır.

Qruntlarda daha çox seysmik sərtlilik qayavari qruntlara xas olduğundan, qayavari qruntların tipik təmsiledicisi olan qranitə görə seysmik bal seysmiklik üçün etalon kimi qəbul edilmişdir /10, 21/. Onda həmin etalona nisbətən qruntlar üçün bal 1-2, bəzən 3 bal artır, bu zaman qruntların sululuğu da balı artırır (cədvəl 3.35).

Seysmik baxımdan müxtəlif qurğu və obyektlərin tikintisi üçün qrunn şəraitini cədvəl 3.35-ə əsasən aşağıdakı kimi qiymətləndirmək olar. Çatlılığı olmayan massiv, qayavari, sıx maqmatik, metamorfik süxurlar daha əlverişli şərait yaradır. Bu qruntlar üzərində tikilmiş tikinti obyektlərinin etibarlılığı seysmik baxımdan yüksək olur. Su ilə doymuş gilli qruntlar, yumşaq əlaqəsiz qruntlar, xüsusi ilə xırda və incə dənəli qumlar, torpaq və tökmə qruntlar təhlükəli hesab olunur.

Əsas süxur qruplarının və növlərinin cədvəl 3.36-da seysmik sərtliyinin müqayisəsi verilmişdir. Həmin cədvələ əsasən demək olar ki, yumşaq qruntların deformasiyaya qarşı müqaviməti qayavari qruntlara nəzərən 10 dəfələrlə azdır.

Əgər tədqiq edilən sahədə dərinlik boyu müxtəlif sıxlıqlı və elastiki dalğalar müxtəlif sürətlə yayılan laylar yerləşərsə, onda müvafiq inşaat norma və qaydalarına (İN və Q II-7-81, RSN 60-86) görə seysmik dayanıqlılığın qiymətləndirilməsi zamanı 20 m-dək dərinlikdə yerləşən layların orta seysmik sərtliyi nəzərə alınmalıdır, yəni

$$(\vartheta_p \cdot \Delta)_{ort} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n h_i} \cdot \sum_{i=1}^n (\vartheta_p \cdot \Delta)_i \cdot h_i, \quad (3.195)$$

burada h_i - yer səthindən 20 m-dək dərinlikdə i -ci layın qalınlığı;
 $(g_p \cdot \Delta)_i$ - i -ci layın seysmik sərtliyi.

Cədvəl 3.35

**Qruntların əsas qrupları üçün seysmik balın artırılması
(S.V.Medvedyevə görə)**

Qruntlar	Seysmik bal
I. Qayavarilər Qranitlər Əhəngdaşlar, şistlər, qneyslər (sıx) Sıx qumdaşlar	0 0,2-0,4 0,5-0,8
II. Yarımqayavarilər Əhəngdaşlar, şistlər, az sıxlıqlı qumdaşlar Mergellər, argillitlər	0,7-1,1 0,7-1
III. İri qırıntılılar Çınqılı və çaqılı Xırlı	0,9-1,3 1-1,5
IV. Qumsallar Xırlı və iri dənəli qumlar Orta dənəli qumlar Tozlu və xırda dənəli qumlar	1,2-1,4 1,3-1,6 1,4-1,8
V. Gillilər Gillər Gilcələr Qumcalar Gilcələr ($\epsilon=1$) və qumcalar ($\epsilon=0,7$)	1,2-1,6 1,3-1,7 1,4-1,8 1,7-2,1
VI. Torpaqlar və tökmə qruntlar Tökmə qruntlar Torpaqlar	2,3-2,6 2,6-3,0
VII. Sulular Çaqılı-çınqılılar Qumsallar Gillilər (qumcalar, gilcələr) Torpaqlar və tökmə qruntlar	1,6-2,0 2,0-2,4 2,4-2,8 3,3-3,9

Cədvəl 3.36

**Qruntların əsas qrup və növlərinin seysmik sərtliyinin müqayisəli
xarakteristikası (S.V.Medvedyevə görə)**

Qruntlar	$g_p \cdot \Delta$	$\frac{g_p \cdot \Delta(\text{qranit})}{g_p \cdot \Delta(\text{qrun})}$
Qranitlər	16,2	1
Əhəngdaşı və qumdaşı	12,6-5	1,29-3,24
Yarımqayavari	7,2-2,9	2,26-5,59
İri qırıntılı	4,2-1,4	3,86-11,55
Qumlar	3,1-1,0	5,22-16,2
Gilli	3-1	5,4-16,2
Tökmə yumşaq	0,9-0,26	20,25-62,3

Y.Q.Konovalov (Belorusiya) tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, ultrasəs dalğalarının təsiri ilə kapilyarimetr cihazında suyun kapilyar qalxma hündürlüyü artır. Yəni adi halda kapilyarimetrdə su səviyyəsi müəyyən həddə qədər qalxırsa, həmin cihaza ultrasəs generatorunu birləşdirdikdə kapilyar qalxma hündürlüyü artır. Bu kəşf elmdə «kapilyar qalxma effekti» adlandırılmışdır. Bununla əlaqədar olaraq Y.Q.Konovalov tərəfindən belə bir qənaətə gəlinmişdir ki, seysmik ərazilərdə zəlzələnin təsirindən əvvəl yeraltı suların səviyyəsində qalxma müşahidə olunmalıdır. Eyni zamanda suların kapilyar qalxma hündürlüyü artmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq Yava və Sumatra adalarında zəlzələ baş verdikdən sonra əvvəl çiçəkləməyən bitkilərin çiçəkləməsinin izahı verilmişdir. Onun qənaətinə görə, seysmik dalğaların təsirindən kapilyar qalxma hündürlüyü artdığına görə və kapilyar borularla yuxarı qalxan su vasitəsi ilə bitki kökləri tərəfindən qəbul olunan bəzi mikroelementlərin su ilə nəql etdirilməsi səbəbindən bitkilər həmin dövrdə çiçəkləyirlər.

Seysmikliyin intensivliyinə təsir edən yerli amillərdən biri də qruntların su ilə doyma səviyyəsidir. Bu amilin təsiri daha çox yumşaq qruntlarda hiss edilir. Bunu nəzərə alaraq ərazinin seysmikliyinin qiymətləndirilməsi zamanı həmin amilin nəzərə alınması məqsədi ilə cədvəl 3.37 tərtib edilmişdir.

Cədvəl 3.37

Qumcalar, gilcələr və xırda dənəli qumlar üçün yeraltı suların səviyyəsinin yatma dərinliyindən asılı olaraq seysmiklik balının artırılması (S.V.Medvedyevə görə)

Yeraltı suların səviyyəsinin yatma dərinliyi	Seysmik bal
0-1	1
1-4	0,5
10	0

Zəlzələlər zamanı yer səthində dağılma, qırılma, sürüşmə, uçqun, tökülmə və sair hadisələr, müxtəlif deformasiyalar baş verir. Yer səthində zəlzələ təsirindən yaranan müxtəlif xarakterli deformasiyaların yaranma intensivliyinə qruntların tərkibi və fiziki vəziyyəti ilə bərabər, ərazinin geoloji quruluşu, qruntların sululuğu və yer səthinin relyefi də təsir edir. Daha çox parçalanmış, dağlıq relyefə, adi halda dayanıqlılığı bir o qədər təmin olunmamış dik yamaclara malik ərazilərdə zəlzələ təsirindən müvafiq geodinamiki

hadisələr (sürüşmə, uçqun, tökülmə) baş verir. Bu şəkildə yaranan geodinamiki hadisələr bəzən seysmogen hadisələr kimi də adlandırılırlar. V.P.Solonenko seysmik təsir ilə əlaqəli yaranan geodinamiki hadisələri (sürüşmə, uçqun və sair) tədqiq edərək belə qənaətə gəlmişdir ki, şiddətli, fəlakətli zəlzələlərin xüsusi ilə dağlıq rayonlarda baş verməsi zamanı çox hallarda insan tələfatının və material itkilərinin çox hissəsi birbaşa zəlzələ ilə deyil, onu müşayiət edən hadisələr (sürüşmə, uçqun, sel və sair) ilə əlaqədar olur.

Süni yaradılmış su anbarlarının ərazinin seysmikliyinə təsiri. Müxtəlif ölkələrdə tikilmiş su anbarları ərazisində seysmikliyin artması, həmin ərazilərdə dağıdıcı intensivliyə malik zəlzələlərin yaranması onların səbəbinin tədqiq edilməsi zərurətini yaratmışdır. N.İ.Nikolayev (1971, 1972), R.R.Tizdel (1972), D.P.Proçuxan (1974) və digər tədqiqatçılar tərəfindən yer səthinin üst təbəqəsində qruntların sululuğunun süni olaraq artırılması (su anbarlarının yaradılması nəticəsində) zamanı seysmikliyin artması səbəbinin öyrənilməsi istiqamətində tədqiqatlar aparılmışdır.

Mövcud məlumatlara əsasən Afina şəhəri (Yunanistan) ərazisində cihazlar və avadanlıqlar vasitəsi ilə aparılmış müşahidələrə görə, şəhər yaxınlığında, Axilos çayı üzərində Kramast bəndi (163 m hündürlüklü) tikilənədək 128 il müddətində yer səthinin zəif silkələnməsi bəzən hiss edilsə də, təsir göstərici zəlzələ qeydə alınmamışdır. Həmin bəndin su ilə doldurulması zamanı (bəndin həcmi $4,7 \text{ km}^3$) 1966-cı ilin yanvarında böyük olmayan yeraltı təkanlar, 5 fevralda isə bənddə basqı 120 m-ə çatdığı zaman 6,5 maqnitudlu güclü zəlzələ baş vermişdir. Yer səthində zəlzələnin intensivliyi təqribən 8 bala uyğun olmuşdur. Zəlzələ vadinin yamaclarında sürüşmələrin və yer səthində açıq çatların yaranması, 21500 tikilinin zədələnməsi ilə müşayiət olunmuşdur. Kramast bəndi filiş çöküntüləri üzərində tikilmişdir. Bu çöküntülər isə stvordan 11 km aralıda fayla mürəkkəbləşmiş tektonik qırılma ilə sərhədlənən yura əhəngdaşlarının təmasında yerləşmişdir.

Oxşar seysmik hadisə Afina şəhəri rayonunda Marafon su anbarı ilə əlaqədar yaranmışdır. 1929-cu ildən 1963-cü ilədək anbarda su səviyyəsinin ən yüksək həddində maqnitudu 6 və 6-dan çox olan 10 zəlzələ baş vermişdir. Hər iki halda zəlzələnin episentri su anbarının yaxınlığında yerləşmişdir.

Hindistanın Konya çayı üzərində tikilmiş bənd və su anbarı ilə əlaqədar seysmikliyin artması da daha çox maraq doğurmuşdur. Konya çayı qalınlığı 2000 m-ə çatan bazaltlardan təşkil olunmuş vulkanik Dekan yaylasını kəsərək keçir. Çay üzərində su anbarı yaradılanadək ərazi zəif seysmikliyə malik olduğundan, bəndin layihələndirilməsi dövründə üfüqi seysmik təcilin qiyməti sərbəstdüşmə təcilinin 5 % qədər (0,05 g) proqnozlaşdırılmışdır. Butobetondan tikilmiş qravitasiya bəndinin hündürlüyü 104 m, su anbarının həcmi isə 2,8 km³ olmuş, 1963-cü ildə anbarın su ilə doldurulmağa başladığı zaman suyun dərinliyi 72 m-ə çatdırıldıqda ərazidə intensivliyi 5-6 bal olan yeraltı təkanlar baş vermişdir. Bənddə heç bir zədələnmə olmamışdır. 1967-ci ildə anbarda su səviyyəsinin layihə göstəricisinədək çatdırılması iki güclü yeraltı təkan ilə müşayiət etmişdir. İkinci yeraltı təkan 10 sentyabrda baş vermiş və zəlzələnin maqnitudu 6,4 olmuşdur. Zəlzələ zamanı seysmik təcilin üfüqi toplananı eninə dalğalar üçün 510 qal (1 qal=1sm/san²), uzununa dalğalar üçün isə 660 qal olmuşdur. Seysmik təcilin şaquli toplananı 360 qal təşkil etmişdir. Zəlzələ təsirindən bəndin aşağı və yuxarı hissələrində üfüqi çatlar yaranmış, drenaj sərfi 2 dəfə artmış (225 l/dəq-dən 450 l/dəq-dək), bənddən 1,5 km aşağıda yerləşən Kaynanaqar şəhəri tamliqla dağılmışdır.

Süni olaraq yer səthində qruntların sululuğunun artırılması hesabına ərazinin seysmikliliyinin artmasına dair hadisələr demək olar ki, dünyanın bir çox yerində-misal olaraq ABŞ-ın Kolorado çayı üzərində Quver bəndi (başqa adla Boulder), İtaliyada Pyavedi Kodore və Vayont bəndləri, Əlcəzairdə Ued-Fodd bəndi, İspaniyada Kanyelyes bəndi, Fransada Monteynar və Qranvil bəndləri, İsveçrədə Kontra və Voqorna bəndləri, Hindistanda Koyna bəndi, Pakistanda Manqli bəndi, Cənubi Afrikada Karib bəndi ilə əlaqədar baş vermişdir.

Süni yaradılmış su anbarlarının ərazinin seysmikliyinə təsirinin öyrənilməsi ilə əlaqədar dünyanın bəzi dövlətlərinin (Hindistan, Pakistan) YUNESKO-nun katibliyinə müraciəti əsasında həmin məsələnin araşdırılması və YUNESKO tərəfindən müvafiq qabaqlayıcı tövsiyənin verilməsi üçün tərkibi mühəndis-geoloq və mühəndis-seysmoloqlardan ibarət olan ekspert qrupu yaradılmışdır (N.İ.Nikolayev, 1972). Ekspert qrupunun tərkibinə

müxtəlif ölkələrin (Fransa, Yaponiya, İngiltərə, Yuqoslaviya, ABŞ, Kanada, Portuqaliya, SSRİ) mütəxəssisləri daxil edilmişdir.

İşçi qrup mövcud materialların araşdırılması əsasında belə qənaətə gəlmişdir ki, həqiqətən bəzi hallarda su anbarlarının su ilə doldurulması seysmikliyin artmasına səbəb olur. Qrupun bəzi ekspertləri (prof. P.Rote, Fransa) belə hesab etmişlər ki, seysmikliyin artmasında su anbarında su sütununun hündürlüyü (100 m-dən çox olduqda) onun həcminə nisbətən daha çox təsirə malikdir. Misal olaraq Vaxş çayı üzərində qurulmuş Nurek (Tacikistan) bəndində (hündürlüyü 300 m) suyun dərinliyi 100 m-dək çatdıqda (dekabr 1972-ci il) 10 gün ərzində zəlzələlərin sayı 3-4-dən 30-40-dək (bir hissəsi dolduqdan sonra) artmışdır (N.İ.Nikolayev, 1974).

Su anbarları su ilə doldurularkən əsasən güclü yeraltı təkanlar çoxlu yeraltı təkanlar təkrarlandıqdan sonra baş verir. Təkanların tezliyi az və ya çox dövr ərzində tədricən artır. Tektonik cəhətdən sakit olan ərazilərdə seysmik aktivlik anbarın su ilə doldurulması dövründə və doldurulduqdan sonra artır, sonra bir neçə il sönür.

Su anbarı ərazilərində seysmik aktivliyin artması üçün seysmikliyə görə əlverişli geoloji şərait olmalıdır:

- 1) suyun dərinliklərə nüfuz etməsi üçün çatlı qruntların daha çox təşəkkül tapması;
- 2) tektonik qırılmaların varlığı;
- 3) basqı altında suyun asan hərəkətinə şərait yaradan altı yatan heterogen qruntlar.

Ekspert qrupu tərəfindən aparılan araşdırmalar zamanı sonradan məlum olmuşdur ki, bəzi su anbarlarının su ilə doldurulması zamanı seysmikliyin artması onun tikildiyi ərazinin ilkin seysmikliyindən (yəni müasir tektonik hərəkətlər baş verən və yüksək seysmiklikli) asılı olmayaraq baş verir. Belə ki qeyd edilən hadisə kembriyədək tektonikalı daha qədim və stabil platformalarda da müşahidə edilir. Prof. N.İ.Nikolayevə (ekspert qrupunun tərkibində SSRİ-dən olan ekspert) görə isə layihələndirən və tikilən qurğuların dayanıqlılığına təsir göstərən mühəndisi-geoloji amil kimi erkən tektonikanı qəbul etmək lazımdır. Ekspertə görə yer kürəsinin yaradılmış ilkin neotektonik xəritə maketi əsasında demək olar ki, gecikmiş kaynozoyda aktiv tektonik (erkən tektonik) hərəkətlər baş vermişdir və yer kürəsində

həmin hərəkətlər qeyri-bərabər paylanmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, intensiv tektonik gərginliyin təzahür etdiyi ərazilərdə aktiv seysmiklik müşahidə olunur və süni zəlzələlər həmin ərazilərdə yaranırlar.

Seysmik rayonlaşdırma. Geoloji mühitdə müxtəlif qurğuların və tikintilərin layihələndirilməsi zamanı ərazinin seysmikliyi nəzərə alınmalı olduğundan, tikinti sahəsinin mühəndisi-geoloji şəraiti nəzərə alınmaqla seysmiklik səviyyəsi məlum olmalıdır. Həmin məlumatın əldə edilməsi üçün daha əlverişli vasitələrdən biri isə seysmik rayonlaşdırma xəritələridir. Keçmiş SSRİ-də tərtib edilmiş seysmik rayonlaşdırma xəritələrində seysmik rayonlar zəlzələnin mümkün intensivliyi (6 baldan 9 baladək) nəzərə alınmaqla iri vilayətlərə və zonalara bölünmüşdür. Müvafiq taksonomik bölgünün aparılması ərazinin orta geoloji şəraiti üçün (gilli-qumlu qruntların iştirak etdiyi və yeraltı suların yer səthindən 6 m və daha çox dərinlikdə yerləşdiyi şərait) müəyyən olunmuşdur. Seysmik rayonlarda yerləşən nisbətən iri yaşayış məntəqələri üçün isə zəlzələnin orta intensivliyi (balla) tikinti norma və qaydalarında (İN və Q II-7-81) verilmiş siyahıdan təyin oluna bilər.

Seysmik rayonlaşdırma xəritələri üzərində ayrılmış hər bir vilayət və zona hüduunda qruntların tərkibi, yatım şəraiti, onların fiziki-mexaniki xassələri, tektonik qırılmaların yayılması və yeraltı suların yatma dərinliyi kəskin fərqlənir. Ona görə də, müxtəlif tikintilərin layihələndirilməsi və inşası zamanı qeyd edilən geoloji şərait nəzərə alınmaqla konkret ərazinin seysmikliyi dəqiqləşdirilməlidir. Bunun üçün seysmik mikrorayonlaşdırma aparılaraq, ərazinin böyüklüyündən asılı olaraq 1:5000; 1: 10000 (xəritənin miqyası müvafiq İN və Q, RSN əsasında təyin oluna bilər) və ya 1:25000 (çox böyük ərazilər üçün) miqyaslı mikrorayonlaşdırma xəritələri tərtib edilir.

S.V.Medvedyevə görə ərazinin seysmikliyinə relyeflə əlaqəli mühəndisi-geoloji şərait də çox təsir göstərir. Ümumiyyətlə, tikintilər üçün seysmiklik baxımdan sakit horizontal relyef və üfüqi yatıma malik qrunut şəraiti, yer səthində sıx, möhkəm qruntların olması, onların sulu olmaması və yaxud yeraltı suların 10 m-dən dərinədə yerləşməsi, qruntlarda qalıq deformasiyasının olmaması və tektonik pozulma zonalarından uzaqda yerləşən ərazilərdəki şərait əlverişli şərait hesab oluna bilər.

Ölverişli olmayan şəraitə isə aşağıdakılar aid edilə bilər:

- Hündür, dik, sıldırımlı yamaclı yarıqlarla, dərələrlə, dərin vadilərlə parçalanmış relyef;
- Az qalınlıqlı yumşaq qruntlar üzərində təşəkkül tapmış, maili səthli qayavari qruntlar;
- Təmas səthlərinin daha çox maili olan hissələrində təbəqələnən qrunnt qatı;
- Aşınmış və parçalanmış qruntlar;
- Yer səthindən yeraltı suların 4 m-dən az dərinlikdə yatması;
- Yamaclarda qruntların dayanıqlılığının adi şəraitdə belə kifayət qədər olmaması, uçqun, sürüşmə, tökülmə, səpəlmə və s. hadisələrin müşahidə edilməsi;
- Dik tektonik qırılmalara, faya və əksfaya bilavasitə yaxın yerləşən ərazi.

Seysmik mikrorayonlaşdırma xəritəsinin tərtibi zamanı ərazinin mühəndisi-geoloji şəraiti bütün amillərlə birlikdə nəzərə alınmalıdır və seysmikliyə müvafiq dəqiqləşdirmə aparılmalıdır. Seysmik mikrorayonlaşdırmanın aparılması üçün müvafiq tikinti norma və qaydaları /5, 16, 17, 19, 20, 21, 22/ və dövlət standartları mövcuddur.

Ərazinin seysmikliyinin mühəndisi-geoloji şəraitə uyğun dəqiqləşdirilməsi müxtəlif metodlarla aparıla bilər. Tikinti norma və qaydalarına görə həmin dəqiqləşdirmə mühəndisi-geoloji tədqiqatlar, seysmik stansiyalar və avadanlıqlar vasitəsi ilə aparılan müşahidələr, nəzəri hesablamalar və etalon qruntların seçilməsi üzrə yerinə yetirilən xüsusi işlər əsasında həyata keçirilir /23, 24, 25, 26 /.

Rusiya Federasiyasında «Seysmik rayonlarda tikintilərin aparılması» üzrə tikinti norma və qaydalarına (İN və Q II-7-81-ə) müvafiq düzəlişlər edilərək həmin inşaat norma və qaydaları təkmilləşdirilmiş və mühəndisi-geoloji şəraitə görə ərazinin seysmikliyinin dəqiqləşdirilməsi aşağıdakı cədvəl 3.38-də öz əksini tapmışdır /5/.

Tikinti meydançalarında 10 m-dək qrunnt təbəqəsində (hamarlanma səviyyəsindən götürülməklə) tökmə qrunntun qalınlığı 5 m-dən çox və müxtəlifcinsli qrunnt olduqda həmin qruntlar seysmiklik baxımından daha çox qeyri-əlvərişli qrunnt kateqoriyasına aid edirlər.

Cədvəl 3.38

Mühəndisi-geoloji məlumatlar əsasında zəlzələnin balla intensivliyinin dəyişdirilməsi (İN və Q II-7-81-ə düzəliş, Rusiya Federasiyası).

Seysmiklikə görə qruntun kateqoriyası	Qruntlar	Seysmik rayonda yerləşən tikinti meydançalarının seysmikliyi, balla			
		6	7	8	9
I.	Aşınmamış və zəif aşınmış bütün növ qayavari qruntlar (o cümlədən daimi donmuş və ərimiş daimi donmuş); tərkibində 30 %-dək gil-qum doldurucu şəklində iştirak edən, maqmatik süxurlardan təşkil olunmuş, az nəmlikli, sıx iri ölçülü qruntr qırıntıları; Aşınmış, çox aşınmış qayavari və -2°S və daha aşağı temperaturlu bərk donmuş (daimi donmuş) qayavari olmayan qruntlar I prinsip üzrə (bünövrə qruntlarını donmuş vəziyyətdə saxladıqda) tikinti və istismar aparıldığı zaman	-	6	7	8
II.	Aşınmış və ya çox aşınmış qayavari, o cümlədən I kateqoriyaya aid olmayan daimi donmuş; I kateqoriyaya aid olmayan iri ölçülü qruntr qırıntılarından ibarət qruntr; iri və orta irilikli sıx və orta səviyyədə sıx, az nəmlikli və nəm çınqıllı qumlar; xırda və tozlu, sıx və orta səviyyədə sıx, az nəmlikli qumlar; axıcılıq həddi $\bar{I}_L \leq 0,5$, məsaməlilik əmsalı gillər və gilcələr üçün $\varepsilon < 0,9$, qumcalar üçün $\varepsilon < 0,7$ olduğu zaman tozlu-gilli qruntlar; donmuş plastik və yaxud donmuş-dənəvər, qayavri olmayan daimi donmuş qruntlar, həmçinin -2°S temperaturdan yüksək temperaturda I prinsip üzrə tikinti və istismar aparıldığı zaman bərk-donmuş qruntlar	6	7	8	9
III.	İriliyindən və nəmliyindən asılı olmadan yumşaq qumlar; Su ilə doymuş, iri və orta irilikli, sıx və orta səviyyədə sıx çınqıllı qumlar; nəm və su ilə doymuş, sıx və orta səviyyədə sıx, xırda dənəli və tozlu qumlar; axıcılıq göstəricisi $\bar{I}_L > 0,5$ olan tozlu-gilli qruntlar; axıcılıq göstəricisi $\bar{I}_L \leq 0,5$ olan, məsaməlilik əmsalı gillər və gilcələr üçün $\varepsilon \geq 0,9$, qumcalar üçün isə $\varepsilon \geq 0,7$ olduğu halda tozlu-gilli qruntlar; II prinsip üzrə (bünövrə qruntlarının əriməsinə imkan verildiyi zaman) tikinti və istismar aparıldığı halda daimi və donmuş və qayavari olmayan qruntlar.	7	8	9	>9

Qruntr sularının səviyyəsinin qalxması və yaxud qurğuların istismarı ilə əlaqədar qruntların sululuğunun artması proqnozlaşdırıldığı zaman (lokal qəza halları istisna olunmaqla) qruntrun seysmiklik baxımından kateqoriyası onun islanmış vəziyyətdə xassələrindən asılı olaraq müəyyən olunmalıdır.

Tozlu-gilli qruntlar (o cümlədən batan qruntlar) gillər və gilcələr üçün məsaməlilik əmsalı $\varepsilon \geq 0,9$, qumcalar üçün $\varepsilon \geq 0,7$

olduqda əgər onların deformasiya modulunun normativ qiyməti $E \geq 12 \text{ MPa}$, qrunb bünövrənin isə istismar zamanı suya basılması istisna olursa, o zaman həmin qruntlar seysmik xassəsi üzrə II kateqoriyalı qruntlara aid edilə bilər.

Əgər I kateqoriyaya aid qruntlar II və III kateqoriyalı qruntlar üzərində yatsarlarsa, I kateqoriyalı qruntların qalınlığı 30 m-dən az olmadığı hallarda (hamarlama səviyyəsindən hesablanmaqla) tikinti meydançasının seysmikliyi (cədvəl 3.38-ə əsasən) azaldıla bilər.

Qayavari olmayan daimi donmuş qruntlar üzərində II prinsip üzrə tikintinin aparılması zamanı, əgər ərimə zonası altda yatan ərimiş qruntlara qədər çatarsa, o zaman bünövrə qruntlarını daimi donmuş (ərimədən sonra faktiki vəziyyətinə görə) kimi qəbul etmək lazım deyil.

Seysmikliyin dəqiqləşdirilməsi zamanı ərazinin relyefi, orada təşəkkül tapan qruntların yatım şəraiti, aşınma və çatlılıq səviyyəsi, tektonik qırılma və pozulmanın əraziyə yaxınlığı və sair amillər də nəzərə alınmalıdır. Aşınmış, çatlı, müxtəlif geoloji proseslərlə dəyişikliyə uğramış, II və III kateqoriyalı batan lős və lősvari qruntlar, uçqun, sürüşmə, tökülmə, səpəlmə, konsolidasiya olunmamış tökmə qruntlar və tökülmələrlə mürəkkəbləşmiş sahələr, plıvunların, karstın yayıldığı ərazilər, dağ qazmaları ilə işlənmiş sahələr seysmik baxımdan qeyri-əlvərişli hesab olunur. Bu ərazilərdə tikintilərin aparılma zərurəti yarandıqda seysmiklik nəzərə alınmaqla tikinti bünövrələri möhkəmləndirilməli və mükəmməl konstruksiyalardan istifadə edilməlidir.

Ərazinin seysmikliyinin dəqiqləşdirilməsi müvafiq avadanlıqlarla aparılan müşahidə məlumatlarının əsasında da yerinə yetirilə bilər. Bu metod əvvəllər qeydə alınmış və baş verən silkələnmə zamanı qrunbun rəqs amplitudunun, onların xassələrinin tədqiq edilmiş kəmiyyət göstəricilərinin ərazinin seysmikliyinin qiymətləndirilməsində istifadəsinə imkan verir.

Xüsusi əhəmiyyət kəsb edən tikinti obyektlərinin layihələndirildiyi ərazilərin seysmikliyi həmin metoddan istifadə edilməklə dəqiqləşdirilməlidir. Bunun üçün ilkin olaraq ərazinin seysmikliyi haqqında məlumatlar seysmik kataloqlardan, bülletenlərdən, fond və arxiv materiallarından əldə edilərək, həmin ərazi üçün zəlzələ xəritəsi tərtib olunur. Həmin ərazidə baş vermiş

və seysmik stansiyalarla qeydə alınmış güclü zəlzələlər, onların dağıdıcı təsiri, qruntlarda yaratdığı deformasiyalar və təsir sahəsi və s. barədə məlumatlar toplanılır. Mövcud izoseyst xəritələrindən istifadə edilir və yaxud yenisi qurulur. Mikrorayonlaşdırma aparılan ərazidə və onun 30 km radiusa malik olan ətrafında relyefdən və qrunnt şəraitindən asılı olaraq zəlzələnin intensivliyinin artması haqqında məlumatlar toplanılır. Bu zaman 7 baldan çox intensivlikli (əsasən 7-9 bal) zəlzələ ocağının yerləşmə xüsusiyyətləri mümkün güclü zəlzələlər haqqında təsəvvür yaratmaq baxımından nəzərə alınmalıdır.

Ərazidə baş vermiş zəlzələlər üzərində seysmik stansiyalar vasitəsi ilə aparılmış lazımi qədər məlumat olmadıqda, o zaman həmin materialların toplanılması üçün dəqiq seysmoloji müşahidələr aparılmalıdır.

Aparılan seysmoloji müşahidələrlə zəlzələ ocağının yerləşmə yeri, onun enerjisi və intensivliyi tədqiq edilməlidir. Ərazidə aparılan mühəndisi-geoloji və geofiziki tədqiqatlar əsasında müxtəlif geomorfoloji və geoloji quruluşa, litoloji tərkibə, fiziki-mexaniki xassələri və vəziyyəti ilə fərqlənən qrunta, tektoniki və hidrogeoloji şəəitə malik fəqli sahələr müəyyən edilməlidir. Aparılacaq seysmoloji tədqiqatların həcmi fərqləndirilmiş sahələrdən öyrəniləcək məlumatlara uyğun müəyyənləşdirilməlidir. Seysmik müşahidə məntəqələrinin 1 km² sahəyə düşən sayı mikrorayonlaşdırma xəritəsinin miqyasından asılı olaraq 1:25000-də -3-5 ədəd; 1:10000 -8-10 ədəd; 1:5000 -12-15 ədəd; 1:2000 -20-25 ədəd götürülməlidir. Xüsusi mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəəitdə isə müşahidə məntəqələrinin sayı 30 % artırıla bilər.

Tədqiqatlar şəhər əraziləri üçün 2-10 ilədək davam etdirilə bilər.

Ərazidə seysmik dəqiqləşdirmənin aparılması zamanı **etalon qruntlar** seçilməlidir. **Etalon qrunnt** kimi rayonlaşdırma xəritəsinin tərtibi zamanı seçilmiş qrunnt götürülməlidir. Yəni həmin ərazinin şərti seysmik intensivlik balına malik qrunnt (seysmik baxımdan orta göstəriciyə malik qrunnt) etalon qrunnt kimi götürülür. Həmin qrunnt kimi adətən yer səthinin üst təbəqəsini təşkil edən, sulu olmayan, İN və Q -II-7-81-də cədvəl 1-ə uyğun olaraq aşağıdakı parametrlərə - $V_p=500-700$ m/san, $V_s=250-350$ m/san, $\rho=1,7-1,8$ q/sm³ (qrunntun təbii yatımda sıxlığı) malik olan qumlu-çınqıl qarışıqlı qumcalı, gilcəli qruntlar və yaxud iri və xırda dənəli

qumdaşı qruntları, ya da seysmik baxımdan II kateqoriyalı qruntlara aid olanlar seçilir /22/.

Seysmik mikrorayonlaşdırma aparılan sahədə parametrləri $V_p=2000-2800$ m/san, $V_s=1000-1400$ m/san, $\rho=2,1-2,3$ q/sm³ olan I kateqoriyalı qayavari qruntların yer səthinə çıxışları rast gəldikdə etalon qrunnt kimi həmin qruntlar götürülür və ilkin seysmiklik (rayonlaşdırma xəritəsində təyin olunmuş) 1 bal azaldılır.

Seysmik stansiyalar və avadanlıqlar vasitəsi ilə aparılan müşahidə metodu ilə seysmik intensivliyin dəqiqləşdirilməsi zamanı seysmik artım (ΔJ) aparılmış müşahidələrin nəticələri əsasında aşağıdakı düsturla hesablanır /17/:

$$\Delta J = 3,3 \lg \frac{\bar{A}_t}{\bar{A}_e}, \quad (3.196)$$

burada ΔJ -seysmik intensivliyin artımı (balla); $\bar{A}_t$ - tədqiq olunan sahədə rəqsi hərəkətin orta amplitudu; $\bar{A}_e$ - etalon sahədə rəqsi hərəkətin orta amplitudu.

Zəlzələnin qeydə alınması üçün ossilloqraflı və yaxud maqnit qeydedicili (yazıya malik) standart mühəndisi-seysmometrik cihazlardan istifadə edilməlidir.

Üstünlük təşkil edən dövrlərdə baş verən maksimal mikrorəqs amplituduna görə güclü zəlzələlərin intensivliyinin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilir /17/:

$$\Delta J = 2 \lg \frac{A_{\max_i}}{A_{\max_e}}, \quad (3.197)$$

burada $A_{\max_i}$ və $A_{\max_e}$ -müvafiq olaraq tədqiq edilən və etalon qruntlarda mikrorəqsın maksimal amplitududur.

Ərazinin seysmik intensivliyinin dəqiqləşdirilməsi üçün seysmik sərtlik metodundan da istifadə edilir. Bu metod digər metodlarla birlikdə tətbiq edilir və müxtəlif mühəndisi-geoloji şəraitə malik olan sahələrdə seysmik intensivliyin nisbi dəyişilməsi kəmiyyətcə qiymətləndirilir. Bunun üçün tədqiq edilən və etalon qruntlarda sululuğun və mümkün rezonans hadisəsinin təsiri nəzərə alınmaqla seysmik sərtliyin qiyməti müqayisə olunaraq seysmik intensivliyin artımı (balla) hesablanır. Bu metodun tətbiqi ilə əlaqədar müvafiq tədqiqatların aparılması zamanı qruntların xassə göstəriciləri (sıxlığı, elastik dalğaların qruntlarda

yayılma sürəti, seysmik sərtlilik) dəqiq öyrənilməlidir. Quru qruntlarda uzununa və eninə dalğaların, sulu qruntlarda isə yalnız eninə dalğaların yayılma sürətləri əsasında seysmikliyin artması tədqiq edilir.

Qruntların orta sərtliliklərinin dəyişməsinə müvafiq olaraq ərazinin seysmikliyinin dəyişməsinə ($\Delta J_{g_s \cdot \Delta}$), yeraltı suların

yatma dərinliyindən asılı olaraq seysmik intensivliyin dəyişməsinə ($\Delta J_{y.s.}$) və tədqiq olunan qruntda rezonans yaradıcı amilin təsirindən seysmik intensivliyin dəyişməsinə (ΔJ_{rez}) nəzərə alaraq tədqiq olunan ərazidə seysmik intensivliyin tam artımı (ΔJ) aşağıdakı düstur əsasında qiymətləndirilir [17] :

$$\Delta J = \Delta J_{g_s \cdot \Delta} + \Delta J_{y.s.} + \Delta J_{rez} \quad (3.198)$$

(3.198) düsturuna daxil olan hədlərin hər birinin təyini müvafiq təlimat əsasında aparılmalıdır.

Aparılmış seysmik mikrorayonlaşdırma əsasında aşağıdakı materiallar tərtib edilməlidir:

- aparılmış işlərin nəticələrini təfsilatı ilə əks etdirən hesabat;
- mətn və qrafiki (qrafiklər, cədvəllər, köməkçi xəritələr və s.) əlavələr;
- seysmik mikrorayonlaşdırma xəritəsi;
- xəritəyə izahedici şərh.

Seysmik rayonlarda tikintilərin aparılması. Seysmik rayonlarda tikintilərin aparılması zamanı ilkin şərt tikinti meydançasının yerinin düzgün seçilməsindən ibarətdir. Tikinti meydançasının yerinin düzgün seçilməsi isə dəqiq seysmik mikrorayonlaşdırma əsasında mümkündür. İkinci əsas şərt isə layihələndirmənin başlanğıc etapında seçilmiş tikinti meydançasında layihələndirilən obyektin ayrı-ayrı elementlərinin düzgün yerləşdirilməsindən ibarətdir.

Şəhər və qəsəbələrin, mülki və sənaye obyektlərinin və s. yerinin təyini üçün seysmik baxımdan əlverişli ərazilər seçilməlidir. Seysmik rayonlarda tikintilərin aparılması inşaat norma və qaydaları («Seysmik rayonlarda tikintilərin aparılması»- İN və Q II-7-81) əsasında yerinə yetirilir.

Seysmik rayonlarda həyata keçirilən müxtəlif mühəndisi fəaliyyət zamanı zəlzələnin təsirinin qiymətləndirilməsi üçün rəqsi hərəkətin təcilinin, tezliyinin və amplitudunun maksimal

qiymətləri, seysmiklik əmsalı, seysmiklik bucağı, seysmik sərtlilik nəzərə alınır. Seysmiklik əmsalı (K_s) dedikdə zəlzələ zamanı yaranan rəqsi hərəkətin maksimal təcilinin (a) sərbəstdüşmə təcilinə (g) olan nisbəti nəzərdə tutulur.

$$K_s = \frac{a_{\max}}{g}. \quad (3.199)$$

Məlum olduğu kimi sərbəstdüşmə təcili yerin mərkəzinə doğru yönəlir, seysmik təcil isə toxunan istiqamətdə yönəlir. Onlar arasında qalan bucaq seysmik bucaq adlanır. Seysmik bucaq dedikdə

$$\delta = \pm \arctg K_s = \pm \arctg \frac{a_{\max}}{g} \quad (3.200)$$

nəzərdə tutulur. Yer kürəsinin fizikası və seysmologiyasının beynəlxalq assosiasiyası 1964-cü ildə beynəlxalq zəlzələ şkalasının hazırlanmasını təklif edərək, müvəqqəti MSK-1964 zəlzələ şkalasını tövsiyə etmişdir. Həmin şkalaya görə seysmik təcil zəlzələnin intensivliyindən (balla) asılı olaraq aşağıdakı kimi dəyişir: 5 balda - 120-250 mm/san²; 6 balda - 250-500 mm/san²; 7 balda - 500- 1000 mm/san²; 8 balda - 1000- 2000 mm/san²; 9 balda- 2000-4000 mm/san²; 10 balda -4000-8000 mm/san².

Seysmik təsir baş verdikdə, qruntların xassə göstəriciləri dəyişikliyə uğrayır. Həmçinin istiqamətini dəyişən əlavə yüklənmə baş verir. Bununla əlaqədar olaraq, müvafiq qurğu və obyektlərin layihələndirilməsi zamanı qruntların hesabi yükəgötürmə qabiliyyəti qurğu və ya obyektin təsirindən və seysmik təsirdən yaranan ağırlığın cəmi ilə müqayisə olunur.

Seysmik rayonlarda layihələndirilən qurğu və yaxud binaların əsaslarının və konstruksiyalarının hesablanması seysmik təsir nəzərə alınmaqla yüklərin birlikdə əsas və xüsusi təsiri üçün aparılır. Qurğu və yaxud binaların (nəqliyyat və hidrotexniki qurğu və tikintilərdən başqa) yüklərin birgə xüsusi təsirinə hesablanması zamanı hesabi yük İNvəQ II-7-81 cədvəl 2- də müəyyən olunan uyğunluq əmsalına vurulmalıdır. Həmin cədvələ əsasən yüklərin növündən asılı olaraq uyğunluq əmsalı (n_u) daimi yüklər üçün 0,9, müvəqqəti -uzunmüddətli yüklər üçün 0,8, qısamüddətli yüklər (dam örtüklərində, taxtapuşlarda yaranan) üçün isə 0,5 götürülür.

Seysmik təsir nəzərə alınmaqla yüklərin birgə xüsusi təsirinə qurğu və yaxud binaların hesablanması iki şəkildə həyata keçirilir:

a) hər hansı bir istiqamətdə və k nöqtəsində, həmçinin qurğu və yaxud binanın məxsusi rəqsinin i-ci tonuna uyğun rəqsi zamanı yaranan seysmik yükün aşağıdakı düstur vasitəsi ilə hesablanması ilə;

$$S_{ik} = \beta_i \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_s \cdot K_w \cdot n_{ik} \cdot Q_k, \quad (3.201)$$

burada S_{ik} - hesabı seysmik yük; β_i -bina və yaxud qurğunun məxsusi rəqsinin i-ci tonuna uyğun olan dinamiklik əmsalı; Q_k - qurğu və yaxud binanın k nöqtəsinə düşən (yüklərin konstruksiyaya birgə təsirini nəzərə almaqla hesablanmış) çəkisi; K_1 – qurğu və yaxud binalarda yol verilən zədələnməni nəzərə alan əmsal (İNvəQ II-7-81-də cədvəl 3-dən götürülür); K_2 – bina və qurğuların konstruktiv həllini nəzərə alan əmsal (İNvəQ II-7-81 cədvəl 4 və yaxud 5-ci hissə); K_s – seysmiklik əmsalı (İNvəQ II-7-81-də A ilə işarə edilmişdir və 7, 8, 9 ballıq hesabı seysmiklik üçün müvafiq olaraq 0,1; 0,2; 0,4 götürülür); K_w -həmin tikinti norma və qaydasında cədvəl və yaxud 5-ci hissə ilə müəyyən edilən əmsal; n_{ik} -məxsusi rəqsi hərəkətin i-ci tonuna uyğun rəqsi hərəkət zamanı bina və yaxud qurğularda yaranan deformasiya formalarından və yükün yerləşmə yerindən asılı əmsal.

b) müvafiq qurğu və yaxud bina üçün daha çox təhlükəli olan zəlzələ zamanı tədqiq olunan obyektin əsasında seysmik təcilin müvafiq cihaz və stansiyalar vasitəsi ilə qeydə alınması, akseleroqramın sintezi ilə. Bu zaman təcilin maksimal həddi 7, 8 və 9 ballıq zəlzələ üçün müvafiq olaraq 100, 200 və 400 sm/san² – dan az götürülməməlidir. Seysmik təsirin bu şəkildə nəzərə alınması xüsusi ilə məsul olan qurğuların və yaxud 16 mərtəbədən böyük mərtəbəli binaların layihələndirilməsi zamanı tətbiq edilir.

Seysmik təsir baxımdan daha böyük təhlükə su hövzələrinin sahillərinə yaxın və yaxud qrunut suları yer səthinə yaxın yerləşən ərazilərdə su ilə doymuş yumşaq əlaqəsiz qruntların üzərində müxtəlif mühəndisi obyektlərin tikilməsi zamanı müşahidə olunur. Zəlzələ zamanı rəqsi hərəkətin təsirindən həmin qruntlar üzərində tikilmiş obyektlərin qrunta batması və yaxud onların tamamilə dağılıb sıradan çıxması baş verir. Rəqsi hərəkət zamanı qruntu təşkil edən hissəciklər arasında daxili sürtünmə bucağı seysmik təsir bucağı qədər azalır.

Əlaqəsiz qruntlardan təşkil olunmuş yamaclarda istinad divarına qrunutun göstərdiyi aktiv təsir qüvvəsi (E_a) seysmik təsirlə

əlaqədar olaraq artır. Seysmik təsirin nəzərə alınması məqsədi ilə həmin qüvvə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi - \delta}{2} \right), \quad (3.202)$$

burada, γ -qruntun təbii yatımda sıxlığı; h -istinad divarının hündürlüyü; φ -qruntun daxili sürtünmə bucağı; δ -seysmik bucaq.

Seysmik təsirlərin müxtəlif obyektlərdə yaratdığı təzahürlər əsasında müəyyən olunmuşdur ki (xüsusi ilə su ilə doymuş, yeraltı sular yer səthinə yaxınlaşan yerlərdə), zəlzələ zamanı əlaqəsiz qruntlar üzərində tikilmiş qurğular qrunta batır. Bu hadisə yer kürəsinin istənilən ərazilərində müşahidə olunur. Misal olaraq 1935-ci ildə Qanq çayı (Hindistanda) vadisində baş vermiş zəlzələ zamanı təkcə yol kənarında yerləşən 360-dan çox qurğu (körpülər və borular), çoxlu mülki tikintilər qrunta batmışdır və bu zaman müvafiq basqı nəticəsində yeraltı sular yer səthinə fəvvarə şəklində çıxmışdır. Məlum olmuşdur ki, xırda və incə dənəli hissəciklərdən təşkil olunmuş təbəqənin qalınlığı 1 km-ə çatır və qrunut suları yer səthinə yaxın (2 m-dək dərinlikdə) yerləşirlər.

Yaponiyada (Niaqata şəhərində) baş vermiş (1964-cü ildə) zəlzələ zamanı binaların qeyri-bərabər çökməsi ilə əlaqədar olaraq bir tərəfi qrunta daha çox batmışdır.

Bununla əlaqədar olaraq aparılmış tədqiqatlarla müəyyən olunmuşdur ki, əlaqəsiz qruntlar üçün rəqsi hərəkətin təcilinin, tezliyinin və amplitudunun buraxıla bilən müvafiq qiyməti mövcuddur və həmin göstəricilər təyin olunmalıdır.

Statik təsir zamanı əlaqəsiz qruntlarda sürüşməyə qarşı müqavimət qrunutun öz ağırlığından yaranan təzyiqin sürtünmə əmsalına hasili ilə ifadə olunur, yəni

$$F_{st} = P_{st} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.203)$$

burada P_{st} -yer səthindən z dərinliyində üstə yatan layların və ya qurğunun ağırlığından yaranan normal gərginlik; φ -qruntun daxili sürtünmə bucağıdır.

Seysmik təsir zamanı şərait dəyişdiyindən, (3.203) düsturunda təşkiledicilər də dəyişir. Əgər bunları nəzərə alsaq, onda seysmik təsir zamanı əlaqəsiz qrunutun sürüşməyə qarşı müqaviməti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$F_{din} = P_{din} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.203)'$$

burada $P_{\text{din}} = \gamma \cdot z - \rho_{\text{su}} \cdot h_z$ dinamik təsir qüvvəsi, ρ_{su} – suyun sıxlığıdır; z -tədqiq olunan qrunnun yer səthindən dərinliyi; h_z -seysmik təsir zamanı yaranan (dinamiki basqı) basqıdır.

Su ilə tam doymuş qruntlarda təbii yatımda qrunnun xüsusi çəkisi dəyişir və aşağıdakı kimi hesablanır,

$$\gamma = \frac{(\Delta - \rho_{\text{su}})}{1 + \varepsilon} = (\Delta - \rho_{\text{su}}) \cdot (1 - n), \quad (3.204)$$

burada γ -qrunnun yüngülləşmiş çəkisi; Δ -qrunnun mütləq sıxlığı; n -qrunnun məsaməliliyi; ε -qrunnun məsaməlilik əmsalı;

Dinamiki basqının qiyməti (eyni sıxlıqlı, eynicinsli qumlarda layın dərinliyi boyu silkələnmə intensivliyi bərabər olduqda) layın dərinliyi boyu aşağıdakı riyazi asılılığa uyğun olaraq azalır:

$$h_z = \frac{v}{K_s} \left(H \cdot z - \frac{z^2}{2} \right) \quad (3.205)$$

burada H -qum layının qalınlığı, m; z -hesabat aparılan lay səthindən nöqtənin dərinliyi, m; K_s -qruntda susüzülmə əmsalı, m/sutka; v -məsaməliliyi n -ə bərabər olan qumun dinamiki sıxlaşma əmsalı olub (ölçü vahidi san^{-1} , dəq^{-1} və sair), aşağıdakı şəkildə ifadə oluna bilər:

$$v_n = \frac{dn}{dt}, \quad (3.206)$$

burada dt -zamanın dəyişməsidir. Dinamiki sıxlaşma əmsalı təcrübi təyin olunan göstərici olub, n məsaməlilikli qumun müəyyən dinamiki rejimli (təcilli, periodlu və amplitudlu) silkələnmə ilə sıxlaşma sürətini xarakterizə edir. Dinamiki sıxlaşma əmsalı aşağıdakı düstur vasitəsi ilə təcrübi olaraq təyin edilə bilər

$$v = \frac{h_z \cdot K_s}{H \cdot z - \frac{z^2}{2}}, \quad (3.207)$$

burada H -qurğunun konteynerində sınaq aparılan qrunn təbəqəsinin hündürlüyü; K_s -həmin qruntda susüzülmə əmsalı; n - qrunnun məsaməliliyi; z -dinamiki basqı (h_z) təyin edilən nöqtənin lay səthindən səviyyəsidir.

Hər bir su ilə doymuş qum üçün dinamiki dayanıqlılıq təyin edilməlidir. Bunun üçün xüsusi cihazda titrəyiş yaradılmaqla su ilə doymuş qrunnun məsaməliliyinin müvafiq qiymətində yaradılan rəqsin tezliyini, təcilini və amplitudunu tələb olunan metodika üzrə dəyişdirməklə hərəkət təcilinin, tezliyin və amplitu-

dun böhran qiymətləri təyin olunmalıdır. Yuxarıda göstərilən düsturla hesablamalar aparılmaqla, qumun məsaməliliyinə uyğun v_n -təyin edilməlidir. Seysmik təcil, tezlik, amplitud hesablanmalıdır. Əgər seysmik təcilin hesabi qiyməti (a_{hes}) qum üçün rəqsi hərəkətin böhran təcilinin (a_{boh}) qiymətindən böyük olarsa ($a_{hes} > a_{boh}$), zəlzələ zamanı həmin ərazidə obyektin dağılması təhlükəsi də böyük olar.

$$F_{din} = (\gamma \cdot z - \rho_{su} \cdot h_z) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.208)$$

riyazi ifadəsinə nəzər salsaq görürük ki, seysmik təsirdən asılı olaraq mühəndisi-geoloji şəraitin dəyişməsi yumşaq əlaqəsiz qruntlarda aşağıdakı qanunauyğunluğa tabedir. Qrunthissəcikləri arasında sürtünmə qüvvəsi seysmik təsir zamanı sıfıra yaxınlaşır. Belə ki xırda və incə dənəli qumlarda (su ilə doymuş vəziyyətdə) seysmik təsir zamanı hidrodinamiki basqının artması nəticəsində qrunthissəcikləri öz çəkisini itirir, yəni $\gamma \cdot z = \rho_{su} \cdot h_z$ olduqda qruntda seyrəkləşmə baş verir, həmçinin hissəciklər arasında sürtünmə qüvvəsi kəskin azalır.

Qruntların silkələnməsi zamanı hissəciklər arasında sürtünmə qüvvəsinin azalmasına misal olaraq aşağıdakı asan müşahidə olunan təcrübəni göstərmək olar. Hər hansı qab içərisinə əlaqəsiz qrunthissəcikləri və yaxud taxıl doldurub, onun üzərinə müəyyən ağırlığa malik metal və ya digər cisim qoyaq. Həmin qaba müəyyən tezlikli rəqsi hərəkət verərək titrəyiş yaratsaq, o zaman səthdə olan həmin cisim qabın dibinə doğru hərəkət edər. Məsaməliliyi böyük olan qruntlarda titrəyişin müəyyən dövrətmə müddəti 1-ci mərhələdə həmin qrunthissəciklərinin sıxlaşmasına səbəb olur. Bunun səbəbi ondan ibarətdir ki, titrəyişin yaradılması zamanı hissəciklər arasında mövcud olan daxili sürtünmə azaldığından həmin hissəciklər öz ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında daha sıx düzülüş əldə etməyə çalışır. 2-ci mərhələdə sıxlaşma əks proseslə əvəz olunur. Bu istiqamətdə D.D.Barkan tərəfindən geniş tədqiqatlar aparılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний. Вопросы инженерной сейсмологии. М.: «Наука», 1973. 206 с. (Труды ин-та физики Земли им. О.Ю.Шмидта, вып.15).

2. Гидрогеохимические особенности подземных вод некоторых сейсмоактивных районов Узбекистана. Ташкент: «Фан», 1973. 95 с. Авт.: Г.А.Мавлянов, Х.К.Касимов, А.Н. Султан-Ходжаев и др.
3. Горшков Г.П., Якушова А.Ф. Общая геология. М.: Изд-во МГУ, 1973. 591 с.
4. Землетрясения в СССР в 1970 г. М.: «Наука», 1973. 214с.
5. Изменения которые вносятся в СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» (Строительные Нормы и Правила Российской Федерации). М.: 2008. 27 с.
6. Кольдер Н. Украшение землетрясений.- «За рубежом», 1972, №21, С. 28-29.
7. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра», 1977. 479 с.
8. Ляцкий В.Б.Землетрясения и геотектоника. Л.: Изд-во Геогр. о-ва СССР, 1967, 22 с.
9. Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология М.: Стройиздат,1971. 341С.
10. Медведев С.В. Инженерная сейсмология. М.: Госстройиздат, 1962. 283 с.
11. Николаев Н.И. Водохранилища и землетрясения.- «Изв. АН СССР. Физика Земли», 1972, №8, С. 113-116.
12. Николаев Н.И. Первый случай вызванных землетрясений во время строительства гидроэлектростанций в СССР. Амстердам, «Инженерная геология», 1974, №8, С.107-108.
13. Николаев Н.И. Тектонические условия, благоприятные для возникновения землетрясений, происходящих в связи с заполнением водохранилищ. Амстердам, «Инженерная геология», 1974, №8, С. 108-114.
14. Пшенников К.В. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры. М.: «Недра», 1965. 87 с.
15. Проектирование сейсмостойких зданий. М.: Стройиздат, 1971. 254 с. Авт.: С.В.Поляков, Ф.В.Бобров, Ю.Д.Быченков и др.
16. Республиканская Строительные Нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Нормы производства работ. РСН 60-86. Госстрой РСФСР.

17. Республиканская Строительные Нормы. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. РСН 65-87. Госстрой РСФСР.
18. Сейсмические исследования для строительства. Вопросы инженерной сейсмологии. М.: «Наука», 1971. 222 с. (Труды Ин-та физики Земли им. О.Ю.Шмидта, вып.14).
19. Сейсмическое микрорайонирование. В кн.: Вопр. инж. сейсмологии. Под. ред. С.В. Медведева. М.: «Наука», 1965. 200 с. (Труды Инт-та физики Земли им. О.Ю.Шмидта, вып.10).
20. Сейсмическое микрорайонирование площадей гидротехнических сооружений. Ташкент: «Фан», 1974. 154 с. Авт.: С.М.Касымов, Н.М.Джураев, И.Х.Тимбеков, В.М.Мирзаев.
21. Сейсмическое районирование СССР. М.: «Наука», 1968. 476 с.
22. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».
23. Солоненко В.П. Оползни и обвалы в сейсмических зонах и их прогноз.- «Докл. сов. геологов к XXV сессии Международ. геол. конгр. в Австралии». М.: «Наука», 1976, С. 172-181.
24. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. Ташкент: «Фан», 1971. 672 с.
25. Тиздель Р.Р. О сейсмических явлениях, вызванных созданием водохранилищ-«Гидротехн стр-во», 1972, №8, С. 51-53.
26. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: «Наука», 1974, 54 с.

3.3.GEODİNAMİKİ PROSESLƏRƏ TEXNOGEN TƏSİR (ANTROPOGEN-GEODİNAMİKİ PROSESLƏR)

Yer üzərində texniki təkamül ilə əlaqədar olaraq insanların geoloji mühitə təsiri güclənmiş və bununla əlaqəli şəkildə müxtəlif endogen və ekzogen geodinamiki proseslərin təsiri yer qabığının üst hissəsində intensivləşmişdir. İnsanların fəaliyyətinin geoloji mühitə təsiri ilə əmələ gələn geodinamiki proseslər **antropogen**

geodinamiki proseslər adlandırılır. Yer səthi müxtəlif tikinti obyektlərinin əsasına və meydançalarına çevrildikcə, müxtəlif təbii ehtiyatlardan istifadə səviyyəsi artdıqca antropogen geodinamiki proseslər daha da intensivləşirlər. Bu proseslərin təsiri ilə qrunnt massivlərinin gərginlikli vəziyyətində, qruntların tərkibində, yerüstü və yeraltı suların rejimində, biosferdə, tikinti obyektlərinin əsaslarında və meydançalarında müvafiq dəyişikliklər baş verir.

Təbii geodinamiki proseslərdə olduğu kimi antropogen proseslərin də təsiri altında qruntların sıxlaşması, yumşalması, parçalanması, çöküntülərin toplanması, subasmalar, qrunnt kütlələrinin yerdəyişməsi və s. kimi müvafiq dəyişikliklər əmələ gəlir.

Geodinamiki proseslərin fəallığı insanların fəaliyyətinin təsiri ilə artır. Misal olaraq faydalı qazıntı yataqlarının istismarı, tikinti işlərinin aparılması və s. aşınmanın intensivləşməsi üçün şərait yaradır. Xüsusi ilə duz yataqlarının istismarı, karst süxurları təşəkkül tapdığı ərazilərdə hidrotexniki tikintilərin (su anbarları, kanallar və s.) inşası ərazidə karstlaşmanı sürətləndirir. Meşələrin qırılması eroziya və yarpaqlaşmanı intensivləşdirir. Neft-qaz yataqlarının və yeraltı suların istismarı yer səthinin çökməsinə, suffoziyanın inkişafına, yeraltı və yerüstü boşluqların, çökəkliklərin əmələ gəlməsinə şərait yaradır.

Antropogen proseslərin təsnifatı. Ümumi qəbul edilmiş təsnifat yoxdur. Mövcud təsnifatlar isə aşağıdakı əlamətlər əsasında aparılır:

1. insanların fəaliyyətinə proseslərin təsirinin xarakterinə görə (misal olaraq dağılmaya görə);
2. təsirin iqtisadi qiymətləndirilməsinə görə (misal olaraq, torpaqların şorlaşması, şorakətləşməsi, bataqlaşması, suya basılması və s.);
3. yaranan fiziki və kimyəvi amillərin nəzərə alınması ilə (misal olaraq, yer səthinin çökməsi, uçması, sürüşməsi və s.);

Proseslərin inkişafının səbəbinin tədqiqi geotexnikada istifadə olunan xarakteristikalarla aparıldığından, fiziki-mexaniki meyarlara görə hazırlanmış təsnifatlar müəyyən üstünlüyə malikdir. Belə ki həmin təsnifatlara görə antropogen proseslər daha yaxşı öyrənilmiş təbii proseslərlə müqayisə edilə bilər.

İnsanların fəaliyyətinin geoloji mühitə təsiri aşağıdakı istiqamətlərdə dəyişikliklər yaradır:

Qruntların gərginlikli vəziyyətinin dəyişikliyə uğraması. Bu dəyişikliklər faydalı qazıntı yataqlarının istismarı ilə əlaqədar yerinə yetirilən işlərin, tikinti işlərinin, əlavə yüklənmənin və yaxud yüksüzləşmənin təsiri ilə yaranır. Oxşar hadisənin digər təsnifatı həmin hadisənin yaranma səbəbinə və yükün təsir xarakterinə görə ola bilər.

Qrunnun tərkibinin dəyişməsi. Kənd təsərrüfatı işlərinin və müxtəlif torpaq işlərinin aparılmasının, sənaye tullantılarının (bərk, maye və qaz halında) və s. qrunta təsiri onun mineraloji tərkibinin dəyişikliyə uğramasına səbəb olur. Bu dəyişiklik isə qruntların fiziki-mexaniki xassələrinin pisləşməsinə, tikinti obyektlərinin qrunn bünövrələrində və obyektin özündə əlavə deformasiyaların yaranmasına, qrunn massivlərində sürüşmə, uçqun və s. hadisələrin intensivləşməsinə səbəb olur.

Yerüstü və yeraltı suların rejiminin dəyişməsi. Qrunn sularının rejiminin dəyişməsi birinci və ikinci dərəcəli hadisələrin yaranmasına səbəb olur. Bu hadisələr müxtəlif proseslərin pozulması, landşaftın xüsusiyyətlərində müvafiq dəyişikliklərin yaranması şəklində baş verə bilər. Məsələn, əvvəllər səhra və yarımsəhraların otlaq sahələri kimi suvarılmasının əlverişli tədbir kimi tətbiq edilməsi sonradan göstərmişdir ki, həmin tədbir deflyasiyanın güclənməsinə səbəb olur (A.V.Sidorenko). Bu onu göstərir ki, hər hansı tədbirin planlaşdırılması onun tətbiqindən mühitdə baş verən dəyişiklik proqnozlaşdırılmaqla yerinə yetirilməlidir. Hər bir tədbirin tətbiqindən ətraf aləmdə baş verən bütün dəyişiklik kompleks şəkildə proqnozlaşdırılmalıdır.

Faydalı qazıntıların istismarı zamanı yeraltı suların səviyyəsinin aşağı salınması tədbiri istismar şəraiti üçün əlverişli olsa da, suffoziyanın, plivunun, karstın, həllolmanın və s. fəallaşmasına səbəb olur.

Kənd təsərrüfatı sahələrində qrunn sularının səviyyəsinin aşağı salınması torpaq qruntlarda duzsuzlaşma üçün şərait yaradaraq təkrar şorlaşmanın qarşısını alsın da, torpaqəmələgəlmə prosesinə də öz təsirini göstərir.

Yeraltı suların səviyyəsinin aşağı salınması suffoziya, plivun və karstlaşmanı sürətləndirdiyi halda yer səthinin çökməsi, uçması, dağılması müşahidə edilir. Neft və təbii qaz yataqlarının istismarı zamanı da oxşar hadisələr (yer səthinin çökməsi, boşluqların yaranması və s.) baş verir.

Biosferdəki dəyişikliklərlə əlaqədar olaraq yaranan proseslər. Bu proseslərə insanların fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yaranan texnogen proseslər aiddirlər. Onlar yerüstü hidrosferdə, bitki və heyvanat aləmində baş verir. Onların yaratdığı dəyişikliklərin qarşısının alınmasında, nəticələrinin aradan qaldırılmasında mühəndisi-bioloji tədbirlərdən istifadə etmək faydalı olur.

Tikinti meydançalarını və bünövrələrini təşkil edən qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması məqsədi ilə xüsusi tədbirlər. Müxtəlif qurğu və obyektlərin mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəraitdə tikilməsi, həmçinin mürəkkəb və iri ölçülü tikintilərin inşası zamanı tikinti meydançalarında və bünövrələrində qrunտun fiziki-mexaniki xassələrinin yaxşılaşdırılması lazım gəlir. Qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması onların yüklənmə qabiliyyətlərinin artırılmasına xidmət edir.

Bu məqsədlə qrunт məsamələrinə, onların strukturlarına müxtəlif kimyəvi maddələr və ya qarışıqlar daxil edilir və yaxud müvafiq nəmlənmə həddinə gətirilərək sıxlaşdırma aparılır. Yerinə yetirilən tədbir tikiləcək obyektin dayanıqlılığı üçün şərait formalaşdırmalıdır.

Geoloji mühitin mühafizəsi tədbirləri. İnsanların fəaliyyətinin təsiri geoloji mühitdə müəyyən dəyişiklik yaratdığından, geoloji mühitin maksimal dərəcədə qorunması üçün müvafiq tədbirlərin yerinə yetirilməsi lazım gəlir. Həmin tədbirlər iki istiqamətdə - geoloji mühitdən səmərəli istifadə edilməsi və geoloji mühitin mühafizəsi üçün nəticəsi əvvəlcədən proqnozlaşdırılmış tədbirlərin yerinə yetirilməsi istiqamətində aparılmalıdır.

İnsanların geoloji mühitdə yerinə yetirdiyi müxtəlif mühəndisi fəaliyyət tikinti norma və qaydaları, müvafiq standartlar əsasında olsa da, yenə də geoloji mühitə öz təsirini göstərir. Baxmayaraq ki, müvafiq tikinti norma və qaydaları, dövlət standartları geoloji mühitdə mühəndisi fəaliyyətin (tikinti işləri, təbii ehtiyatların axtarışı, layihələndirilməsi, istismarı və s. ilə əlaqəli) düzgün yerinə yetirilməsini təmin etməklə bərabər, mühitin qorunmasının əsas tələblərini də nəzərə alır, ancaq bunlar təbii-geoloji mühitin maksimal dərəcədə mühafizəsinə şərait yaratmır. Ona görə də, obyektlərin tikilməsi, tikinti materiallarının, faydalı qazıntı yataqlarının və yeraltı suların istismarı səmərəli şəkildə aparılmalı, geoloji mühitin mühafizəsi, yenidən bərpası təmin edilməlidir. Bunun üçün kompleks mühafizə tədbirləri yerinə yetirilməli,

landşaftın bərpası istiqamətində dəyişikliyə nail olunmalıdır. Bu məqsədlə bioloji tədbirlərdən istifadə oluna bilər.

Dağ-sənaye müəssisələri tərəfindən ərazilərin istifadəsi zamanı yamacların dayanıqlılığının təmini, yer səthinin hamarlaşdırılması, keçid və magistral yolların tikilməsi, yeraltı suların drenlənməsi, yerüstü axın arteriyasının təbii vəziyyətinin bərpası istiqamətində tədbirlər yerinə yetirilməlidir.

Antropogen proseslərin proqnozlaşdırılması və qarşısının alınması üçün müvafiq mübarizə tədbirlərinin hazırlanması məqsədi ilə tədqiqi təbii geodinamiki proseslərin tədqiqi zamanı istifadə edilən metodlarla aparıla bilər.

3.3.1.DAĞ QAZMALARINDA YARANAN MÜHƏNDİSİ- GEOLOJİ HADİSƏLƏR

Qrunt massivlərində üstə yatan laylar altı yatan laylara öz ağırlıqları qədər təzyiq göstərir. Ona görə də, dağ qazmaları tikilənədək yer qabığında qruntlar təbii gərginlikli vəziyyətdə olurlar. A.Heym (1878) nəzəriyyəsinə görə qruntlarda təbii şəraitdə yaranan gərginlik onların yer səthindən yatma dərinliyinə mütənəsbidir, yəni qrunտun təbii yatımda çəkisinin yer səthindən yatma dərinliyinə hasilinə bərabərdir. Qəbul edilmişdir ki, gərginlik hidrostatik qanuna tabedir və yer səthindən h dərinliyində yerləşən qruntda üstə yatan layların ağırlığından yaranan gərginliklər müvafiq olaraq aşağıdakı düsturlarla ifadə oluna bilər:

$$\sigma_z = \gamma_w \cdot h, \quad \sigma_x = \sigma_y = -\xi \cdot \gamma_w \cdot h \quad (3.209)$$

burada γ_w -təbii şəraitdə qrunտun sıxlığı; ξ -yana təsir əmsalı (şaquli təzyiqin yana ötürülmə səviyyəsini ifadə edir).

Bərk-qayavari qruntlar üçün $\xi = \frac{\mu}{1-\mu}$, yumşaq-əlaqəsiz

qruntlar üçün isə $\xi = \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$, burada μ -Puasson əmsalıdır.

Dağ işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı aparılmış çoxlu tədqiqat və müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, bərk-qayavari qruntlarda üfüqi istiqamətdə yönələn qüvvələrin təsirindən gərginlikli vəziyyət yaranır. Bu gərginlik daha çox cavan tektonik zonalarda qeydə alınmışdır və qeyri-bərabər paylanır. Horizontal

gərginliyin böyük qiymətə malik olması cavan tektonik zonalardan uzaqlarda da müşahidə olunur, ancaq həmin ərazilərdə nisbətən bərabər paylanır. Gərginliyin paylanma qanunauyğunluğu qruntların yatım şəraitindən asılı olub, geoloji strukturların müxtəlif hissələrində müxtəlif olur və hələ də kifayət qədər öyrənilməmişdir.

Qruntların möhkəmliyindən, digər fiziki-mexaniki xassələrindən, dağ-qazıma işlərinin aparılma dərinliyindən, qruntların tərkibinin müxtəlifcinsliliyindən, onların dislokasiyaya uğramasından və çatlılığından, dağ qazmalarının ölçülərindən, bərkidilmə növündən asılı olaraq gərginliyin yenidən paylanması dağ işlərinin aparıldığı zonada qruntlarda deformasiyanın yaranmasına səbəb ola bilər.

Yeraltı qazmalar yaradılarkən müəyyən olunmuşdur ki, qazmaları əhatə edən qruntlarda yaranan təzyiq böyük qiymətə malik olur və bununla əlaqədar olaraq gərginlikli vəziyyət yaranır. Dağ qazmalarının qazılması zamanı onu əhatə edən qruntlarda yaranan həmin təzyiq **dağ təzyiqi** kimi adlandırılır. Dağ təzyiqinin təsiri ilə qazmalarda yaranan deformasiyanın qarşısının alınması məqsədi ilə müvafiq bərkitmə işləri aparılır. P.N.Panyukova görə qazmaya doğru qruntların hərəkətini yaradan, qazmanın bərkidilməsini zərurətə çevirən təzyiq dağ təzyiqidir.

Dağ təzyiqinin qiymətinin vahid hesablanma metodu hələ də olmadığına görə müxtəlif düsturlardan istifadə edilir.

Dağ təzyiqinin təzahürü üzərində müşahidələrin aparılması məqsədi ilə şaxtalarda şaxta xidməti (geoloji və markşeyder) vəzifələri olur.

Şaxtalarda dağ təzyiqini ölçmək üçün müxtəlif metodlar (seismo-akustik metod, qazılmış quyularla yüksüzləşdirmə metodu və s.) mövcuddur.

Bəzən dağ təzyiqinin təsiri ilə yeraltı qazmaların qazılması və faydalı qazıntıların istismarı asanlaşır. Bunun üçün qazmanın və faydalı qazıntının bir hissəsi işlənilməmiş saxlanılır və dağ təzyiqinin təsiri ilə qruntların və faydalı qazıntıların parçalanması, əzilməsi, xırdalanması baş verir.

Dağ təzyiqinin təsiri ilə dərin qazmalarda, xüsusi ilə 500 m-dən böyük dərinliklərdə yerləşənlərdə bəzi mühəndisi-geoloji hadisələr:- «**dağ zərbələri**», **partlayışları**, «**süxur sıçrayışları**»,

qruntun köpməsi, yerdəyişməsi, kömür yataqlarında isə qaz püskürməsi baş verir.

Dağ zərbələri xüsusi ilə massiv süxurların təşəkkül tapdığı ərazilərdə gərginlikli vəziyyətdə olan süxur massivinin elastiki deformasiyasının potensial enerjisinin ani olaraq kinetik enerjiyə çevrilməsi ilə baş verir. Nəticədə qazmanı əhatə edən qrunt massivində güclü titrəyişlə, səs ilə və qazmada hava dalğası ilə müşayiət olunan süxur kütləsinin qazmaların divarlarından kütləvi şəkildə qazmanın içinə doğru sıçraması baş verir və əksər hallarda fəlakətlə nəticələnir.

Massiv qruntlarda dağ zərbələrinin proqnozu üçün akustik müşahidələrdən istifadə edilir. Hadisənin baş vermə təhlükəsinin əlaməti ilkin qazılmış quyulardan çıxan kernaların (monolitlərin) çökük-qabarıq diskilər (üst və alt səthi qabarıq-çökük olan silindrik monolitlər) şəklində olmasıdır.

Kömür şaxtalarında qəflətən **kömür və qaz püskürməsi** müşahidə olunur. Bu hadisə əksərən 200-300 m dərinlikdə möhkəm qruntlar (qumdaşı, şistlər və s.) arasında yerləşən qazlı kömür yataqları üçün səciyyəvidir. Az dərinliklərdə püskürmə güclü dislokasiyaya uğramış qruntlarda baş verir.

Qruntların köpməsi dağ qazmalarının yanlarından və döşəməsindən onun içərilərinə doğru qruntun təzyiq göstərməsi şəklində baş verir. Bu hadisə qruntlarda əsasən dağ təzyiqi ilə, müəyyən qədər də şişmə ilə əlaqədar həcm artımının baş verməsi nəticəsində yaranır. Şişmə bəzən elə həddə çatır ki, ağac bərkidiciləri, bəzən isə metallik və dəmir-beton bərkidiciləri sınırlar və qazmanın içi qruntla dolur. Daha intensiv şişmə hadisəsi gillərdə, yüksək səviyyədə litifikasiyaya uğramış gilli qruntlarda (argillitlərdə) müşahidə olunur.

Bərk qayavari qruntlarda **atılma (sıçrama)** da müşahidə edilir. Gərginlik altında olan süxur təbəqələrindən süxur qəlpələri qoparaq qazmanın içərisinə doğru böyük sürətlə və zərbə ilə atılır. Dağ təzyiqi ilə əlaqədar gözlənilən təhlükələr qabaqcadan qazılmış quyulardan götürülmüş süxur nümunələrinin qabarıq və yaxud çökük olmasına görə proqnozlaşdırıla bilər.

Yerdəyişmə dedikdə, qazmaların üstündə yerləşən qruntların deformasiyası nəzərdə tutulur. Yerdəyişmə zamanı ümumi şəkildə (S.Q.Averşinə görə) bir neçə zonanın yaranması səciyyəvidir. İşlənmiş layın üzərində yerləşən laylar asılı

qaldıqlarına görə uçaraq **nizamsız uçma zonasını** əmələ gətirirlər. Həmin zonanın hündürlüyü (h) təqribən aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər:

$$h = \frac{m}{K-1}, \quad (3.210)$$

burada m-çıxardılmış (işlənilmiş) layın qalınlığı; K-uçma zamanı qruntların yumşalma əmsalıdır.

Yumşalma əmsalının qiyməti az öyrənilmişdir və o, S.Q.Averşinə görə qruntların fiziki-mexaniki xassələrindən, işlənmiş layın qalınlığından, uçma zamanı açılmış boşluğun ölçülərindən, dibinin hərəkət (yerdəyişmə) sürətindən asılıdır və 1,0-1,5 həddində dəyişir. V.D.Slesaryeva görə gilli şistlər üçün yumşalma əmsalının qiyməti cədvəl 3.39-da verilmişdir.

Qruntların çox möhkəm və monolit olduğu halda qazmanın aşırımı böyük olduqda belə onun uçması baş vermir. Dayanıqlı aşırımın ölçüləri qruntların xüsusiyyətlərindən asılıdır. Qazmanın tavanında plastik deformasiya qabiliyyətinə malik qalın gil təbəqəsi yerləşdikdə, qruntların bütövlüyü pozulmadan səlis şəkildə çökür. Qazmanın tavanında şiddətli çatlığa malik təbəqəli qruntlar yerləşdikdə isə onun uçması tökülmə və künbəz əmələ gəlmə şəklində baş verir. Yəni qazmanın üstündə qruntlar uçaraq **təbii künbəz (tağ)** yaradırlar. Bu hadisə yumşaq qruntlarda, yumşaq filiz və yaxud qumlu-gilli təbəqədə baş verir. Yerdəyişmə zonası və bucağı qruntların yatım şəraitindən asılıdır. Qazmaların qazılması zamanı yer səthinin yerdəyişməyə məruz qalmış hissəsi **yerdəyişmə kəsəsi** adlanır. Həmin kəsənin ölçülərinin və yerdəyişmə bucaqlarının təyini üçün yer səthində reperlər basdırmaqla, xüsusi müşahidələr aparılır. Reperlərin çökməsi və planda yerdəyişmə trayektoriyası əsasında profillər qurularaq deformasiyanın hesablanması müvafiq metodlarla yerinə yetirilir.

Cədvəl 3.39

Gilli şistlər üçün yumşalma əmsalının qiyməti (V.D.Slesaryeva görə)

İşlənmiş layın qalınlığı, m	Şistlərin möhkəmliyi	Yumşalma əmsalı, K
1-dək	Zəif	1,15-1,20
	möhkəm	1,20-1,25
1-dən 2-dək	Zəif	1,25-1,30
	möhkəm	1,30-1,35
2-dən 3-dək	Zəif	1,30-1,35
	Möhkəm	1,35-1,40

Mali yatımlı laylarda faydalı qazıntıların tam işlənməsi şəraitində yer səthinin ən böyük çökməsinin hesablanması aşağıdakı empirik düsturlarla aparıla bilər:

$$\eta_0 = \frac{a}{a + \sqrt{H}} \cdot m, \quad (3.211)$$

burada η_0 -yer səthinin ən böyük çökməsi; H -qazmanın orta dərinliyi, m -çıxarılmış (işlənmiş) layın qalınlığı; a -empirik qiymət (misal olaraq Donbas üçün 25-ə bərabərdir).

$$\eta_0 = 2t \cdot e \cdot m, \quad (3.212)$$

burada t və e -əmsallardır və aşağıdakı düsturlarla təyin olunurlar:

$$t = \frac{\operatorname{ctg} \psi}{\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \delta}, \quad e = \frac{F}{m \cdot S}, \quad (3.213)$$

burada F -əsas istiqamət üzrə kasanın kəsiyinin sahəsi; S -işlənmiş qazmanın kəsiminin sahəsi; ψ -tam işlənmə bucağı; δ -yerdəyişmə bucağı.

ƏDƏBİYYAT

1. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: Недра. 1983, 528 с.
2. Славянов В.Н., Фандеева В.И. Влияние горных работ на природные условия КМА. В кн.: Инженерно-геологические процессы и явления, их значение для строительства. М.: 1963, с. 75-82.
3. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп./Под. ред. М.В.Чуринова. М.: Недра, 1981. 325 с.
4. Тиздель Р.Р. О сейсмических явлениях, вызванных созданием водохранилищ-«Гидротехн стр-во», 1972, №8, С. 51-53.

FƏSİL 4. MÜHƏNDİSİ-GEOLoji ŞƏRAİTİN TƏDQİQİ METODLARI

Geoloji mühitdə müxtəlif mühəndisi fəaliyyətin yerinə yetirilməsi məqsədi ilə aparılan mühəndisi-geoloji kəşfiyyat-axtarış işləri, mühəndisi-geoloji və digər xəritələrin tərtibi zamanı daha asan, az əmək sərfi ilə həyata keçirilən tədqiqat metodlarından istifadə olunmasına üstünlük verilir.

Müxtəlif tikintilərin layihələndirilməsi, faydalı qazıntı yataqlarının kəşfiyyatı-axtarışı və istismarı zamanı mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilməsi məqsədi ilə müvafiq çöl tədqiqatı metodlarından geniş şəkildə istifadə edilir. Həmin metodlar tədqiq olunan ərazinin fiziki-coğrafi şəraitinin, geoloji quruluşunun, hidrogeoloji şəraitinin və qruntların su-fiziki-mexaniki xassələrinin, ərazidə müvafiq xassə və əlamətlərdə dəyişkənliyin və s. tədqiqi zamanı tətbiq edilir. Həmin tədqiqat metodlarından bəziləri haqqında qısa şəkildə aşağıdakıları qeyd etmək olar.

4.1. LANDŞAFT İNDİKASIYASI METODU

Əksər hallarda mühəndisi fəaliyyətin həyata keçirildiyi ərazinin geoloji şəraiti haqqında məlumatların əldə edilməsi üçün mühəndisi-geoloji planalmaların aparılması olduqca vacib geoloji iş hesab olunur. Həmin planalmaların aparılması zamanı adətən aerokosmiki metodlardan və aeroplanalmadan geniş şəkildə istifadə olunur və bununla əlaqədar olaraq mühəndisi-geoloji planalmaların aparılması və müvafiq mühəndisi-geoloji xəritənin tərtibi asanlaşır. Bu zaman landşaft indikasiyası metodundan daha geniş şəkildə istifadə özünü doğruldur.

Mühəndisi-geoloji planalma dedikdə, mühəndisi-geoloji şərait haqqında məlumatların əldə edilməsi məqsədi ilə kompleks çöl, laboratoriya və kameral tədqiqatların aparılması başa düşülür.

Ərazinin xarici görünüşü və yaxud onun aerofototəsviri əsasında təbii şəraitin, o cümlədən, mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilməsinə imkan verən tədqiqat metodu **landşaft indikasiyası** adlanır.

Yerin landşaft təbəqəsini əmələ gətirən təbii qarşılıqlı əlaqəli sistemlər, biosferin genetik eynicinsli hissəsi hüdudunda təbii

şəraitlə qarşılıqlı asılı şəkildə formalaşan ekosistemin bütöv obyektləri olub, **təbii ərazi kompleksləri** (TƏK) adlandırılır.

Təbii ərazi kompleksinin (TƏK) əsas təşkilədiciləri **litogen** (süxurlar və yeraltı sular, tektonika, geokimyəvi şərait və geoloji quruluşun bütün əlamətləri və xüsusiyyətləri ilə birlikdə) **tərkib, iqlim, relyef, hidroloji şəbəkə, torpaq, canlı aləm və süni obyektlərdir**.

Təbii ərazi kompleksinin bütün təşkilədiciləri bir-biri ilə sıx qarşılıqlı əlaqəyə malikdirlər. Həmin təşkilədicilərin hər hansı birində baş verən dəyişiklik qarşılıqlı əlaqəli şəkildə digər təşkilədicilərə də öz təsirini göstərir ki, bu da bütöv sistemdə müvafiq dəyişikliklərlə nəticələnir. TƏK tədqiqat və aeroşəkilçəkmə baxımından öyrənilərkən müşahidəsi asan həyata keçirilə bilənlərə (**fizionomik təşkilədicilərə**) və çətin müşahidə olunanlara (**desipient təşkilədicilərə**) ayrılır. Beləliklə, təbii ərazi kompleksinin təşkilədiciləri asan müşahidə olunan və çətin müşahidə olunan təşkilədicilərə ayrılır. Əsas fizionomik təşkilədicilər dedikdə, relyef, bitki örtüyü, hidroqrafik şəbəkə, bəzi süni obyektlər nəzərdə tutulur. Desipient təşkilədicilərə isə TƏK-nin litogen əsası (süxur kompleksi, geoloji quruluş, yeraltı sular və sair), iqlim, torpaq (çətin müşahidə olunan hissəsi) aiddir.

TƏK-nin fizionomik təşkilədiciləri **indikatorlar**, desipient təşkilədiciləri isə **indikasiya obyekt**i adlandırılırlar. Indikatorlar **geomorfoloji** (relyefin elementləri), **geobotaniki** (bitkilər və bitki fəsilələri), **antropogen** (qurğular, insan tərəfindən yaradılan TƏK-nin müxtəlif xarici görünüşə malik təşkilədiciləri), **hidroloji** (su hövzələri, çaylar və sair), **kompleks və yaxud landşaft** (bir neçə qeyd edilən indikatorların birgə iştirakı) təşkilədicilər ola bilərlər.

Landşaft indikasiyası təbii ərazi kompleksinin desipient təşkilədicilərinin fizionomik təşkilədicilərin köməyi ilə təyin edilməsi metodu kimi də qəbul oluna bilər. Landşaft indikasiyasında aerometodlardan geniş istifadə edildiyindən, onu **aerolandşaft indikasiyası** da adlandırırırlar.

Mühəndisi-geoloji şərait üçün landşaft indikasiyası obyekt kimi müxtəlif süxurlar (xüsusi ilə aşınma qatını təşkil edən və ana süxurları örtən) və ekzogen-geoloji proseslər götürülür. Tektonik quruluşun, xüsusi ilə erkən və müasir tektonik proseslərin landşaft indikasiyası daha çox yerinə yetirilir. Antropogen proseslərin

aşkar edilməsi məqsədi ilə aerolandşaft indikasiyasından istifadə edilir.

İndikator və indikatların tədqiq olunan ərazi üzrə birgə təsadüf olunma səviyyəsi çoxlu tədqiqatlarla müəyyən edilir. İndikatorlarla indikatlar arasında əlaqənin davamlılığına görə indikatorlar dəqiqlik səviyyəsi üzrə fərqləndirilir. Müxtəlif dəqiqlik səviyyəsi şkalası mövcuddur.

İndikatorlarla indikatlar arasında mövcud olan qarşılıqlı əlaqənin xarakterinə görə indikatorlar **birbaşa** və **biləvasitə** əlaqəlilərə ayrılırlar. Birbaşa əlaqəli indikator dedikdə, indikatlarla əlaqənin sıx olduğu, yəni indikatorların həmin indikatın göstəricisi olması başa düşülür.

Biləvasitə əlaqəli indikatorlar dedikdə, əlaqə aralıq əlaqələndirici vasitəsi ilə olan indikatorlar nəzərdə tutulur. Məsələn olaraq, hər hansı ərazidə qamışların iştirakı zamanı qrunut suyunun yer səthinə yaxın olması məlumdur, yəni qrunut sularının yer səthinə yaxın olması ilə qamışların bitməsi arasında birbaşa əlaqə mövcuddur. Bəzi bitkilər isə yer səthinin nəmlənməsini və qrunutun şorluluğunu göstərirlərsə də, qrunut sularının yer səthinə yaxın olmasını dəqiq deməyə imkan vermirlər. Çünki bu hal ola da, olmaya da bilər. Yəni tədqiq olunan ərazidə həmin bitkilərin inkişafı ilə qrunut suları səviyyəsi arasında əlaqə biləvasitə xarakter daşıyır.

Ərazi üzrə öz indikatorluq xüsusiyyətinin davamlılığına görə indikatorlar **panareal**, **regional** və **lokal** olurlar. Panareal indikatorlar təsadüf etdiyi arealın ərazisi üzrə öz dayanıqlı indikatorluq funksiyasını rast gəldiyi ərazidə qoruyub saxlayırlar və indikatlarla əsasən birbaşa əlaqəyə malikdirlər. Regional indikatorlar özünün müəyyən indikatorluq xüsusiyyətini bir və ya bir neçə fiziki-coğrafi ərazi üzrə saxlayırlar. Lokal indikatorlar müəyyən rayon daxilində dayanıqlı indikatorluq funksiyasını qoruyub saxlayırlar. Regional və lokal indikatorlar indikatlarla çox vaxt biləvasitə əlaqəyə malikdirlər.

İndikat kimi təkcə təbii ərazi kompleksinin (TƏK) ayrı-ayrı təşkilədiciləri, onların xassələri deyil, həm də onlarda gedən proseslər də götürülə bilər. Bu zaman indikator kimi genetik-landşaft sırası və yaxud təbii ərazi kompleksinin **ektomərtəbələ-rindən** əmələ gələn, bir-birini zaman ardıcılığı ilə əvəz edən təbii sıra götürülə bilər. Təbii ərazi kompleksinin adı sırasına misal

olaraq su hövzələrinin quruması, ərəzilərin bataqlaşması, həmin sahələrin qurudulması və sair ilə əlaqədar meydana gələn yaşıllaşma ardıcılığı, çılpqlaşmış süxurların aşınma sırası və sair ola bilər. Landşaft-genetik sıraya görə prosesin indikasiyasının mümkünlüyü sıranın yaranmasının prosesin gedişi ilə əlaqədar olmasından irəli gəlir.

Proses və sıra arasında mövcud əlaqənin aşkar edilməsi, bitkilərin zaman üzrə genetik şərtlənən növbələşməsi gedişində formalaşan, bitki fəsilələrinin müxtəlif sıralarının analizi əsasında həyata keçirilir. Ona görə də, bu və ya digər proseslərlə əlaqəli olan ekoloji-genetik bitki fəsilələri sırası həmin proseslərin indikasiyasında istifadə edilir. TƏK müxtəlif dərəcədə mürəkkəbliyə malikdir və N.A.Solntsev (1949) tərəfindən təklif edilmiş taksonomik sistemdə daha sadə, elementar TƏK **fasiyanı** əmələ gətirir.

Litogen əsasın eynicinsliliyi zamanı eyni torpaq örtüyünü və mikrorelyefin (və yaxud relyefin mezoformasının) elementlərindən birini tutmuş bir bitki fəsiləsindən təşkil olunan fasiya öz strukturunun tam eynicinsliliyi ilə səciyyələnir. Fasiyanın əhatəsi bitki və relyefə görə təyin edilir. Çünki fasiyanın xarici hüdudlarını müvafiq bitki fəsiləsinin relyefin mikroforması ilə birgə təzahürünə görə müəyyən etmək olur. Relyef forması zəif fərqlənən olduqda, fasiya bitki fəsiləsinin sərhədinə görə ayrılır.

Fasiyanın miqyası haqqında təsəvvür yaratmaq üçün fasiya kimi yamacın müxtəlif hissələrini (müxtəlif bitki və torpaq örtüyünə malik), çalaların dibini, kiçik çökəkliklərin kənar və mərkəzi hissələrini, keçmiş çay terrasını, qumlarda küləyin fəaliyyəti nəticəsində yaranmış qobuları və sair misal göstərmək olar.

Bir neçə tip fasiyanın qanunauyğun növbələşməsi **uroçişləri** (təbii sahələr) əmələ gətirir. Onlar üçün süxurların eyni litoloji tərkibi, relyefin müvafiq mikroformasının təkrarı, onlarla paralel olaraq torpaq və bitki fəsilələrinin təkrarı xarakterikdir. Bu təbii sahələrə (uroçişlərə) tirələri, yarıqları, yastı suayırıcıları (eyni örtük çöküntülü, dərəli, müxtəlif yaşlı bataqlıq massivli, səhralıqlı və sair) və sair aid etmək olar. Bu bölgə vahidi (uroçiş) 1:25000-1:200000 miqyaslı xəritələrin hazırlanması zamanı fərqləndirilir.

Uroçişlər **mürəkkəb** və **sadə** ola bilərlər. Sadələrə, relyefin hər bir mikroforması və ya mezoformasının elementi yalnız bir fasiya

ilə örtüldükdə aid edilir. Müxtəlif relyef formasının elementləri bir neçə fasiya ilə örtüldükdə, mürəkkəb uroçiş adlandırılır. Bu, xüsusi ilə relyefin daha kiçik forması kəskin fərqləndikdə, nanorelyef adlandırılan relyef formalarında olur. Mürəkkəb uroçişə daxil olan fasiyanın bu qrupu **yarım uroçiş** adlanır. Beləliklə, yarım uroçiş dedikdə fasiya ilə uroçiş arasında aralıq mövqe tutan, yer səthinin bir hissəsində bir neçə fasiyanın birgə iştirakı təsadüf edilən təbii ərazi kompleksinin elementi nəzərdə tutulur.

Təbii ərazi kompleksinin daha mürəkkəb taksonomik bölgü vahidi **landşaft** olub, qanunauyğun təkrarlanan uroçişdən təşkil olunur. Landşaftın litogen əsasını, eyni genezisli, litoloji tərkibcə müxtəlifcinsli olan, vahid stratigrafiq-genetik süxur kompleksi təşkil edir. Uroçiş landşaftın tərkibinə daxil olaraq, qarşılıqlı əlaqəli sıralar əmələ gətirir. Landşaft böyük əraziləri əhatə edir. Onun sərhədləri, əsas əlamətlər əsasında uzunmüddətli tədqiqatlarla çöl şəraitində müəyyən edilir. Əsas əlamət, uroçişin ektoyaruslarının müəyyən uyğunluğunun təkrarıdır. Landşaft-mürəkkəb təbii sistem olub, böyük əraziləri tutur. Misal olaraq Rus platformasının mərkəzi hissəsində moren düzənliklərini, eroziya, vadi-qobu düzənliklərini və s. göstərmək olar. Landşaft orta və kiçik miqyaslı xəritələrdə ayrılı bilər.

Ərazilərdə mürəkkəb parçalanmış relyef formaları iştirak etdikdə təbii ərazi kompleksinin aralıq taksonomik bölgü vahidlərinin ayrılması məqsədəuyğundur. Uroçiş ilə landşaft arasında belə aralıq bölgü vahidi kimi **yer** seçilir. Bu bölgü vahidi uroçişlər qrupunu relyefin oxşar parçalanmasına görə birləşdirir.

Mühəndisi-geoloji və hidrogeoloji planalmalar zamanı aerokosmiki və kosmiki metodlardan istifadə etdikdə təbii ərazi kompleksinə tipoloji baxımdan yanaşma vacibdir. Çünki bu zaman planalmanın ekstrapolyasiya əsasında aparılmasına imkan yaranır. Bu halda tədqiqat işlərinin aparılmasında mürəkkəblilik ondan ibarətdir ki, çöl-yerüstü işlər və ona uyğun işlər müəyyən bir sahədə (sonradan etalon kimi qəbul olunan) yerinə yetirilir və həmin sahə təbii ərazi kompleksinin müvafiq tipi üçün nümunə («**açar**») rolu oynayır. Həmin obyektə alınmış nəticələr aeromaterialların deşifrəlməsi zamanı, planalma aparılan bütün ərazi üzrə, ekstrapolyasiya ilə tətbiq edilir. Bu üsul «**açar**» **metodu** adı almışdır və mühəndisi-geologiyada aerometodlardan

istifadədə, landşaft-indikasiya xəritələrinin tərtibində əsas rol oynayır.

Landşaft-indikasiyası tədqiqatının qarşısında əsas iki məsələ dayanır:

- Bu və ya digər litoloji, mühəndisi-geoloji və digər şəraitlərin indikatorlarının təyin edilməsi;

- Landşaft indikasiyası xəritələrinin tərtibi zamanı aşkar olunmuş indikatorlardan istifadə edilməsi.

İndikatorların aşkar edilməsi işləri üç dövrə-**kameral hazırlıq, çöl və yekun kameral** mərhələlərə ayrılır. Birinci mərhələdə fond və ədəbiyyat məlumatlarının toplanılması və sistemləşdirilməsi həyata keçirilir. Əsas diqqət landşaftın müxtəlif təşkilədiciləri arasında qarşılıqlı əlaqələrə aid məlumatlar içərisindən indikator və indikat ola bilənlərin seçilməsinə yönəldilir.

Toplanmış məlumatlar əsasında ilkin landşaft indikasiya sxemi tərtib edilir. Sonra **«açar»** rolu oynayan sahələr seçilərək, həmin sahələrdə çöl tədqiqatları həyata keçirilərək, hər bir «açar» sahədə bütün uroçışlar, yarım uroçışlar, iri miqyaslı xəritələrin tərtibi zamanı isə fasiya və yaxud mikrolandşaftlar haqqında məlumatlar toplanılır.

Yekun mərhələdə yekun landşaft-indikasiyası sxemi, açar sahələrdə toplanılmış desipient göstəricilərlə fizionomik göstəricilər arasında olan əlaqə analiz və təsvir edilməklə tərtib edilir. Bunun nəticəsində cədvəl tərtib edilir ki, bir hissədə əlamətlərin xarakteristikası, digər hissədə landşaftın desipient göstəricilərinin xarakteristikası uyğun şəkildə verilir. Tərtib edilmiş yekun landşaft indikasiyası ilkin tərtib edilmiş sxem ilə müqayisə edilir. Yekun sxem landşaft indikasiyası xəritəsi üçün məlumat mənbəyi olur.

4.2. AEROKOSMİKİ METODLAR VƏ DEŞİFRƏLƏMƏ

Aerokosmiki metodlar dedikdə Yer səthinin və qabığının tədqiqi məqsədi ilə süni peyklər, orbital stansiyalar, kosmik gəmilər, raket, təyyarə, vertolyot və digər kosmik obyektlər vasitəsi ilə uzaq məsafələrdən aparılan kompleks tədqiqat (**distansion tədqiqat**) metodları nəzərdə tutulur.

Aerokosmiki tədqiqat metodlarının mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı tətbiqi tərtib edilən xəritələrin keyfiyyətinin

yüksəlməsinə, tədqiqatların effektivliyinin artmasına, onların daha sürətlə aparılmasına və maya dəyərinin azalmasına imkan verir.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı istifadə edilən aerokosmiki materiallar müxtəlif aerokosmiki planalmalar, şəkillər, sxemlər, planlar və xəritələrdən ibarətdirlər.

Aerokosmiki təsvirlərin ümumiləşdirilmiş xüsusiyyətləri və məlumat imkanları ilə onların miqyasları arasında sıx əlaqə mövcud olur. Empirik olaraq müəyyən olunmuşdur ki, digər şəraitlər eyni qalmaq şərti ilə yer səthinin təsvirinin miqyası 3-5 dəfəyədək dəyişdiyi zaman həmin təsvirin məlumat imkanının keyfiyyətcə dəyişməsi baş verir. Ona görə də, aerokosmiki təsvirlərin 5 ümumiləşdirilmiş səviyyəsi ayrılır:

- *Ümumiləşdirmənin global səviyyəsinin şəkilləri* 1:100 000 000 miqyaslı olub, aerokosmiki təsvirin çəkilməsi zamanı planetin bütün hissəsini əhatə edir. Bu cür şəkillərdə daha böyük geostruktur zonalar aşkar edirlər.

- *Ümumiləşdirmənin kontinental səviyyəsinin şəkilləri* 1:10000000-1:15 000 000 miqyaslı olub, kontinentləri və yaxud onların hissələrini əhatə edir. Bu cür şəkillər I və II dərəcəli geoloji strukturları, qruntların mühəndisi-geoloji formasiyalarını və ekzogen proseslərin əsas genetik qruplarını müəyyən etməyə imkan verirlər. Onların deşifrələnməsi zamanı iri ərazilərin ümumi mühəndisi-geoloji şəraitini formalaşdıran müxtəlif genetik tipli qırılma və pozulmaları aşkara çıxarmağa diqqət yetirilir.

- *Ümumiləşdirmənin regional səviyyəsinin şəkilləri* 1:2500 000 – 1:3500 000 miqyaslı olurlar və regionları və yaxud onların hissələrini əhatə edirlər. Bu cür şəkillər qırıqlıq və qırılma tektonikasını müəyyənləşdirməyə, dördüncü dövr çöküntülərinin genetik və yaş qruplarını və ekzogen-geoloji proseslərin paragenetik komplekslərini ayırmağa imkan verirlər.

- *Ümumiləşdirmənin lokal səviyyəsinin şəkilləri* 1:1000 000 və iri miqyaslı olurlar və həmin şəkillər onlarla kvadrat kilometr sahəyə malik iri əraziləri əhatə edirlər. Bu cür şəkillər çöküntülərin litoloji-petroqrafik tərkibi, qrunut sularının yatma dərinliyi və minerallığı, ekzogen-geoloji proseslərin təzahürü və s. haqqında məlumat əldə etməyə imkan verirlər. Orta miqyaslı mühəndisi-geoloji və rayonlaşdırma xəritələrinin tərtibi prosesində bu şəkillərdən istifadə edilir.

-Ümumiləşdirmənin əsaslı səviyyəsinin şəkilləri 1:100 000-dən böyük miqyaslı olub, əsasən aeroplanalma materiallarına aiddirlər. Bu şəkillərlə məhdud ölçülü sahələr öyrənilir. Bu şəkillərdə təsvirlər daha dəqiq olduğundan, mühəndisi-geoloji şəraitin ayrı-ayrı elementlərini (yeraltı suların yer səthinə çıxışını, torpaq-qruntların bataqlaşmış sahələrini, ekzogen-geoloji proseslərin təzahür formalarını, süxurların litoloji müxtəlifliyini və s.) ayırmaq asan olur. Bu isə ekzogen-geoloji proseslərin xüsusi məsələlərinin həllinə və onların dinamikasının tədqiqinə, orta və iri miqyaslı xəritələrin tərtibinə imkan verir.

Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda aerokosmiki metodların kompleks şəkildə tətbiqi daha məqsədəuyğundur. Bu zaman məlumatlar daha dolğun və etibarlı olur.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda aerokosmiki metodların tətbiqi zamanı müxtəlif miqyaslı şəkillərin və müxtəlif planalma növlərinin (infraqırmızı, fotoqrafik, radiolokasiya və s.) birgə istifadəsi lazımdır. Optimal miqyas sırasının aşağıdakı kimi seçilməsi məqsədəuyğundur. İstifadə olunan aeroşəkillərin əsas miqyasının mühəndisi-geoloji planalmanın miqyasına bərabər, yardımçı şəkillərin miqyaslarının isə əsas miqyasdan 3-5 dəfə böyük və kiçik olması lazımdır.

Müxtəlif növ planalmaların birgə tətbiqi zamanı şəkildə göstərilən əsas tədqiqat növü, xüsusi məsələlərin həlli üçün isə tətbiq edilən məxsusi planalmalar (infraqırmızı, radioistilik, radar) yardımçı tədqiqat növləri hesab edirlər.

İnfracırmızı və radioistilik planalmalar sulu, nəmlənmiş və bataqlaşmış sahələrin, çoxillik donuşluq qruntlarının, ada şəkilli donuşluqların, qruntların nəmlənməsi, temperaturu və onların şorlaşması ilə əlaqəli ekzogen-geoloji proseslərin tədqiqində istifadə olunurlar. Bir sözlə, bu planalmalar dalğa uzunluğunun müvafiq diapazonunun fon əks olunmasından fərqli əks olunmasını yaradan təbii təzahürlərin tədqiqində istifadə edirlər.

Radiolokasiya planalması çökmə qat altında yerləşən tektonik qırıqlıq və qırılmaların, üst qatın qalınlığının və ana süxurlarla qarşılıqlı əlaqənin, həmçinin qruntların mexaniki tərkibinin təyində istifadə edilir.

Spektrin müxtəlif zonalarında çəkilmiş çox zonallı aeroşəkillərdən istifadə mühəndisi-geoloji şəraitin müxtəlif elementləri,

həmçinin mühəndisi-geoloji şərait haqqında tam, keyfiyyətə yeni və daha dolğun məlumatın əldə edilməsinə imkan verir.

Mühəndisi-geologiyada aerokosmiki planalma materiallarından istifadə etmək üçün həmin materiallar deşifrəlməlidirlər. Aerokosmiki materialların mühəndisi-geoloji deşifrəlməsi dedikdə, aerokosmiki şəkillərin analizi və interpretasiyası yolu ilə tədqiq edilən ərazinin mühəndisi-geoloji şəraiti haqqında məlumatların əldə edilməsi nəzərdə tutulur. Mühəndisi-geoloji deşifrəlmənin əsasını **landşaft indikasiyası metodu** təşkil edir.

Mühəndisi-geoloji deşifrəlmə mövcud fond, arxiv materiallarının, ədəbiyyat mənbələrindəki məlumatların, həmçinin əvvəllər aparılmış tədqiqat və təcrübə nəticələrinin öyrənilməsi əsasında aparılır və **deşifrəlmə əlamətlərindən, landşaft indikatorlarından və deşifrəlmə meyarlarından** istifadə edilir.

Deşifrəlmə əlaməti dedikdə, landşaftın həndəsi və optiki xüsusiyyəti ilə əlaqəli xarici görünüşünün aerokosmiki təsviri başa düşülür. Deşifrəlmə əlamətlərinə görə aerokosmiki şəkillərdə təsvir olunan obyektlər aşkar edilir.

Landşaft–indikatorları dedikdə, landşaftın desipient təşkildiciləri ilə korelyasiya əlaqəsinə malik xarici təşkildiciləri başa düşülür.

Deşifrəlmə meyarları dedikdə, aerokosmiki şəkillərdə öz əksini tapmayan, landşaft daxili əlaqənin xarakterini və yaxud təsvirin məxsusiliyini müəyyən edən amillər və şərait nəzərdə tutulur. Bu **meyarlar təbii, atmosfer-optiki, texniki, psixofizioloji** ola bilərlər.

Mühəndisi-geoloji deşifrəlmə **birbaşa və dolay** (biləvasitə) aparıla bilər. Birinci halda mühəndisi-geoloji şəraitin aerokosmiki şəkillərdə təsvir olunan təşkildiciləri deşifrəlmə əlamətlərinə görə tanınır. Dolay yolla deşifrəlmə isə mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiq edilən təşkildiciləri aerokosmiki şəkillərdə təsvir olunmadıqda və biləvasitə müşahidə edilmədikdə tətbiq olunur. Deşifrəlmə bu halda deşifrəlmə əlamətləri → indikator → mühəndisi-geoloji şəraitin təşkildiciləri sxemi üzrə aparılır. Hər iki halda deşifrəlmə meyarlarının düzgün tətbiqi deşifrəlmə prosesinin effektivliyini artırır.

4.3. DAĞ QAZMALARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ ŞƏRAİTİN TƏDQIQI

Mühəndisi-geoloji çöl tədqiqatları zamanı müxtəlif dağ qazıma işlərinin aparılması və dağ qazmalarının (şurf, quyu, lağım, xəndək, ştolna, çala və s.) qazılması lazım gəlir.

Həmin qazmalar qruntların şaquli istiqamətdə litoloji kəsilişinin və yatım şəraitinin təyin edilməsi, çöl tədqiqatlarının aparılması (qruntların su-fiziki-mexaniki xassələrinin təyini və s.), laboratoriya tədqiqatlarının aparılması üçün lazım olan qrunnt nümunələrinin götürülməsi üçün və s. istifadə edilir.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar üçün qazmaların quru qazıma üsulu ilə qazılması, qruntların təbii şəraitdə mövcud olan vəziyyətinin maksimal səviyyədə qorunub saxlanması məqsədəuyğundur.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı şurf və quyulardan daha çox istifadə edilir. Bu qazmalar geoloji kəsilişin dəqiq və dolğun tədqiqi, strukturu pozulmamış qrunnt nümunələrinin götürülməsi və müxtəlif təcrübə-sınaq işlərinin aparılması üçün qazılır.

Şurflar düzbucaqlı və dairəvi en kəsikli olurlar. Dairəvi en kəsiyinə malik şurfların diametri 0,7 m-dən, düzbucaqlı en kəsiyinə malik şurfların en kəsiyinin ölçüləri isə 1,25x1m-dən az olmamalıdır.

Quyular təyinatına görə kəşfiyyat, zondla tədqiq etmək üçün, hidrogeoloji və xüsusi təyinatlı qazıla bilərlər. Dərinliyindən asılı olaraq kəşfiyyat quyularının diametri (qoruyucu boruya görə) 127 mm-dək və 168 mm-dək, texniki quyuların isə diametri 168 mm-dək və 219 mm-dək ola bilər.

Zondla tədqiq etmək üçün qazılmış quyular (diametri 36-156 mm) geoloji kəsilişin, qruntların sıxlığının və nəmliyinin tədqiqi, kəşfiyyat quyuları isə geoloji kəsilişin dəqiq və dolğun öyrənilməsi, dağ işlərinin sınaqdan çıxarılması və yeraltı suların tədqiqi üçün qazılır.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı qazılan hidrogeoloji quyuların diametri (qoruyucu borunun standart diametrinə görə) 108-426 mm; məxsusi təyinatlı quyuların diametri isə eyni qayda ilə 325-2000 mm ola bilər.

Hidrogeoloji quyular təcrübi suçəkmə işlərinin və hidrogeoloji sənədləşmənin aparılması, məxsusi quyular isə müxtəlif təcrübi işlərin aparılması, iri monolitlərin götürülməsi məqsədi ilə qazılır.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması üçün dağ-qazıma işləri müxtəlif qazıma dəzgahlarından istifadə etməklə aparılır. Bu zaman aparılacaq tədqiqatın xarakterindən asılı olaraq seçilmiş qazıma və nümunənin götürülmə üsullarından asılı olaraq qazıma üsulunun və dəzgahının tipi seçilir. Mühəndisi-geoloji təyinatlı quyuların qazılmasında fırlanma (kolonkalı, şnekli, bütöv quyu dibli asta fırlanan, bütöv quyu dibli rotorlu), zərbə (dairəvi quyu dibli zərbə-kanatlı, bütöv quyu dibli zərbə-kanatlı, qreyferli, dairəvi quyu dibli pnevmatik zərbəli) və kombinə edilmiş (dairəvi quyu dibli zərbə-vibrasiyalı, dairəvi quyu dibli vibrasiyalı fırlanan) qazıma üsulları tətbiq edilir. Bunlar içərisində mühəndisi-geoloji təyinatlı qazıma işlərinin aparılmasında «quru» kolonkalı, dairəvi quyu dibli zərbə-kanatlı və zərbə-vibrasiyalı qazıma üsulları daha məqsəduyğun hesab edilirlər. Bunlardan zərbə-vibrasiyalı qazıma üsulu daha məhsuldar (I növbədə 70 m-dək) hesab olunur.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı qazılmış quyulardan götürülən qrunnt nümunələrinin keyfiyyətinə görə qazıma üsulları 3 qrupa ayrılırlar:

1. Təbii struktur və tekstur xüsusiyyətləri lazımi qədər qorunub saxlanmış, layların litoloji ardıcılığı gözlənilməklə, strukturu nisbətən pozulmamış təbii yatıma malik qrunnt nümunələri (silindrik) götürməyə imkan verən qazıma üsulları; Bu qrupa kolonkalı, dairəvi quyu dibli şnekli, dairəvi quyu dibli zərbə-kanatlı, vibrasiyalı (titrəyişli), pnevmatik zərbəli, vibrasiyalı-fırladıcılı qazıma üsulları aiddirlər.

2. Təbii yatımda malik olduğu xüsusiyyətdən kəskin fərqlənən, strukturu pozulmuş, əzilmiş qrunnt nümunəsi götürməyə imkan verən qazıma üsulları; Bu qrupa zərbəli-fırladıcılı əl ilə qazıma, asta-fırladıcılı şnekli, vintvari qazıma üsulları aiddirlər. Bu üsulla qazıma zamanı götürülən qrunnt nümunələri əsasında layların yatma dərinliyinin təyini çətinləşir.

3. Yalnız xırdalanmış qrunnt hissəcikləri götürməyə imkan verən qazıma üsulları. Bu qazıma üsulu ilə yalnız xırdalanmış qrunnt hissələrini (şlamı) götürmək mümkündür. Bu qrupa bütöv quyu dibli zərbə-kanatlı (qreyferli və rotorlu) qazıma üsulu aiddir.

Qumlu-gilli qruntlarda qazıma zamanı layların sərhədlərinin təyininin dəqiqlik səviyyəsi qazıma üsullarından asılı olaraq cədvəl 4.1-də verilmişdir.

Quyulardan qrunnt nümunələrinin götürülməsi üçün müxtəlif növ qrunnt nümunəsini götürücü avadanlıqlardan istifadə edilir. Nümunəni götürən həmin avadanlığın (silindrşəkilli borunun) daxili diametri (nümunənin hündürlüyü diametrinin bir mislindən az, iki mislindən çox olmadığı) 94 mm-dən az olmamalıdır.

Nümunəni götürücü (qruntonos) vasitəsi ilə qrunnt nümunəsinin götürülməsi fırladılma, qruntgötürücünün qrunta basılması, vurulması və vibrasiya üsulu ilə yerinə yetirilə bilər.

Cədvəl 4.1

Müxtəlif qazıma üsulları ilə qazıma zamanı geoloji kəsilişdə layların sərhədlərinin təyin olunma dəqiqliyi

Qazıma üsulları	Götürülən qruntların vəziyyəti	Layların sərhədlərinin qeyd olunma dəqiqliyi, m	Arada buraxılmış layın orta qalınlığı, m
Zərbə-vibrasiyalı		$\pm 0,11$	0,10
Dairəvi quyu dibli zərbə-kanatlı (vurulan)	Qrunnt sütuncuqları şəklində nümunələr	+0,20	0,18
Quru kolonkalı		+0,22	0,22
Asta fırladıcı	Pozulmuş düzlüklü qrunnt kəsəkləri	+0,34	0,33
Reysli şnekli		+0,36	0,20
Konveyerli şnekli		+0,53	0,38

Qrunnt nümunələri strukturu pozulmamış və pozulmuş, təbii nəmliyin qorunduğu və qorunmadığı halda götürülə bilər. Mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması məqsədi ilə təbii halda nümunələrin götürülməsi zamanı bəzən dairəvi dibli qazıma metodundan istifadə olunur. Bunun üçün qrunntun götürülməsi zamanı 1 və ya 2 silindrik borudan ibarət qruntgötürücüdən istifadə edilə bilər.

Yüksək dəqiqlik tələb olunan hallarda 2 silindrik borudan ibarət qruntgötürücüdən istifadə edilir. İki borudan istifadə edildikdə qruntgötürücüdə qrunntun təbii yatımda malik olduğu xüsusiyyətlərinin qorunub saxlanması üçün xarici boru fırladılaraq kəsici ucluqlu hissə vasitəsi ilə qrunntu kəsir və daxilə qalan qrunntun strukturunun pozulmaması, sıxlaşmaması üçün şərait yaradır. Bu zaman kəsilmiş qrunnt daxili boruya daxil olur.

Müxtəlif qruntların götürülməsi zamanı strukturu dəyişikliyə uğramış təbəqənin qalınlığı 1 sm-dən çox olmamalıdır. Götürülmüş nümunələrin diametri laborator tədqiqatının həyata keçirilməsində istifadə edilən cihazın halqasının daxili diametrindən nümunələrin götürülməsi zamanı strukturu pozulmuş təbəqənin qalınlığının ən azı 2 misli qədər böyük olmalıdır. Götürülmüş nümunənin hündürlüyünün diametrinin 2 misli qədər olması məqsədəuyğundur.

Nümunənin üst hissəsinə və yan səthinə üzərində quyunun nömrəsi və yerləşmə yeri, nümunənin götürülmə dərinliyi, götürülmə tarixi, nümunəni götürənin imzası qeyd olunan etiket yapışdırılmalıdır. Nümunə cuna ilə sarınmalı, əridilmiş parafinə salınaraq parafinlənməlidir. Etiketlər parafinləmədən sonra nümunənin üst və yan səthinə yapışdırılmalıdır. Misal olaraq etiket aşağıdakı kimi yazılır:

- 1) Obyekt- Bakı şəh., avtomobil yolu;
- 2) Quyu (şurf)- № 1;
- 3) Nümunənin götürülmə dərinliyi - 0-10sm;
- 4) Qrunnun tipi və fiziki vəziyyəti (misal olaraq bərk gil);
- 5) Nümunəni götürənin imzası;
- 6) Götürülmə tarixi.

Quyuların diametri aparılacaq tədqiqat üsulundan asılı olaraq müəyyənləşdirilir. Diametri 3 sm-dən böyük olmaqla qazılır. Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı ilkin tədqiqatlardan laylanma göstəriciləri (layların qalınlığı, uzanma istiqaməti, yatım bucağı və sair) təyin olunmalıdır. Qruntların xassə göstəriciləri çöl və laboratoriya şəraitində tədqiq edilə bilər. Çöl şəraitində su-fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri təyin olunur. Mühəndisi fəaliyyətin səciyyəviliyinə uyğun olaraq müvafiq səciyyəvi tədqiqatlar aparıla bilər. Misal olaraq avtomobil yollarının tikintisində, kanalların dambasının, bəndlərin və sair obyektlərin tikintisi üçün tökmə qrunnun optimal sıxlaşma həddinin təyini tələb olduğundan, çöl şəraitində tökmə qruntların optimal sıxlaşma həddi təyin olunmalıdır.

Çöl tədqiqatları ilə ərazinin hidrogeoloji şəraiti, qruntların sukeçiricilik xüsusiyyətləri, onların sıxılmaya və kəsilməyə qarşı müqaviməti təyin edilir. Tədqiqatlar şurflarda, çalalarda, yeraltı dağ qazmalarında və quyularda ola bilər. Şurflarda qruntların sıxlaşma qabiliyyəti hazırlanmış prizmalar üzərində preslər,

şamplar, quyularda isə pressiometr adlanan cihaz vasitəsi ilə təyin edilir. Tədqiqatın aparılması metodu istər şurflarda, istərsə də quyularda layihənin texniki tapşırıqlarına müvafiq olaraq seçilməlidir.

4.4. QRUNTLARIN SULULUQ VƏ SUKEÇİRİCİLİK XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏYİNİ METODLARI

4.4.1. ÇÖL TƏCRÜBƏ - SÜZÜLMƏ İŞLƏRİNİN ƏSAS NÖVLƏRİ, MƏSƏLƏLƏRİ VƏ TƏTBİQ ŞƏRAİTİ

Mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi zamanı ərazinin hidrogeoloji şəraiti, qruntların sukeçiricilik xüsusiyyətləri də tədqiq edilməlidir. Bunun üçün ərazinin geoloji kəsilişində layların litoloji xüsusiyyətləri, sulu layları, horizontları, su ilə doymuş zonanın və aerasiya zonası qruntlarının hidrogeoloji parametrləri tədqiq edilməlidir. Bu parametrləri təyin etmədən yeraltı suların rejiminin tənzimlənməsi ilə əlaqədar məsələlərin həlli, qrunnt massivinin yük altında konsolidasiyasının proqnozu və s. məsələlərin həlli çətinlik törədir. Həmin məsələlərin həllində çöl təcrübə - süzülmə işləri böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Çöl təcrübə-süzülmə işlərinə qruntlarda su süzülmə xassələrinin təyini üzrə hidrodinamik çöl işləri daxildir. Bunlara müxtəlif növ suçəkmələr, quyulara və şurflara sutökmə, təzyiqlə suvurma, ekspres-suçəkmə, ekspres-suvurma və s. aiddir.

Təcrübə-süzülmə işləri prosesində qarşıya qoyulan məsələlərin həllindən asılı olaraq, aşağıdakı əsas hidrogeoloji parametrlər təyin olunur: su süzülmə əmsalı k (və ya sukeçiricilik $T=k \cdot m$ və $T=k \cdot h_{or}$), nisbi təsir radiusu - R_n , təzyiqkeçiricilik (pyezokeçiricilik) əmsalı - a^* (və ya qrunnt suları üçün səviyyəkeçiricilik əmsalı a), qruntların suvericilik əmsalı μ , axının eni - B , yeraltı suların hərəkət sürəti - g , quyunun daxili su süzülmə müqaviməti (ξ_q) və s.

Təcrübə-süzülmə işlərinin nəticələrinin araşdırılması üçün yeraltı suların qərarlaşmış və qərarlaşmamış hərəkəti nəzəriyyəsinədən istifadə olunur ki, bununla da yeraltı su axınının parametrləri haqqında daha tam məlumat almaq mümkündür.

Təcrübə-süzülmə işlərinin daha geniş yayılmış və əsas növlərindən biri su təchizatı, qurutma və drenaj məqsədi ilə aparılan tədqiqatlar zamanı tətbiq olunan *suçəkmə* hesab olunur.

Sulu horizontların dərinədə yatdığı və suçəkmənin aparılması üçün əlverişli şəraitin olmadığı hallarda hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün quyulara və şurflara suvurma və s. tətbiq olunur.

Quyulardan suçəkmə - əsas, daha etibarlı, lakin baha başa gələn çöl təcrübə-süzülmə işi hesab olunur. Bu səbəbdən onun növünün, həcmnin və aparılma metodikasının əsaslandırılması qarşıya qoyulan məsələlərin daha effektiv həllini müəyyən edir.

4.4.1.1. SUÇƏKMƏLƏRİN NÖVLƏRİ VƏ TƏYİNATI

Mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi zamanı tədqiqatın təyinatından asılı olaraq suçəkmələr sınaq, təcrübi, qrupşəkilli və təcrübi-istismar suçəkmələr şəklində aparılırlar. Suçəkmənin həmin növləri təcrübə işlərinin davamətmə müddəti və təcrübə qrupunun konstruksiyasına görə bir-birindən fərqlənir. Bununla əlaqədar olaraq, çöl təcrübə işlərinin aparılması məqsədi ilə təcrübi-süzülmə tədqiqatının təyinatı müəyyən olunmalıdır.

Sınaq suçəkmə hidrogeoloji şəraitin tədqiqi zamanı daha geniş tətbiq olunur və demək olar ki, hidrogeoloji tədqiqat prosesində qazılmış bütün quyularda (axtarış, kəşfiyyat, müşahidə) aparılır. Suçəkmənin məqsədi susaxlayan qruntların susuzdurmə qabiliyyətini, yeraltı suların keyfiyyətini əvvəlcədən qiymətləndirməkdən və müxtəlif zonalar üzrə onların müqayisəli xarakterini aşkar etməkdən ibarətdir. Belə suçəkmə qısa vaxt (1-2 sutka) ərzində aparılır və bu zaman quyuda su səviyyəsinin bir pillə enməsi ilə onun sərfi öyrənilir.

İlkin və dəqiq kəşfiyyat mərhələlərində süzülmə işlərinin əsas növü-*təcrübi suçəkmədir* ki, bu da aşağıdakı məsələlərin həlli məqsədi ilə aparılır: 1) sulu horizontun əsas hidrogeoloji parametrlərinin (sərf, səviyyə düşümü, süzülmə, sukeçiricilik, təzyiqkeçiricilik və səviyyəkeçiricilik əmsalları, nisbi təsir radiusu və s.) hesablanması; 2) sulu horizontun planda və kəsilişdə sərhəd şərtlərinin öyrənilməsi (yeraltı və yerüstü suların qarşılıqlı əlaqəsi, sulu horizontların bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəsi və s.);

3) quyunun su sərfi ilə səviyyə düşümü arasındakı asılılığın müəyyənləşdirilməsi; 4) qarşılıqlı əlaqədə olan bir neçə istismar quyusunun birgə fəaliyyəti zamanı sugötürücünün yerləşdiyi sahədə səviyyə düşümünün təyini.

Təcrübi suçəkmənin toplum quyularda və tək quyuda suçəkmə növləri ayrılır. *Tək quyuda suçəkmə* quyunun xüsusi su sərfinin təyini və su sərfinin su səviyyəsinin enməsindən asılılığını müəyyənləşdirmək üçün aparılır. Bununla əlaqədar olaraq (sınaq suçəkmədən fərqli olaraq), tək quyuda təcrübi suçəkmə səviyyənin 2 – 3 və daha çox pillə enməsi ilə aparılır. Bu suçəkmə əsasında süzülmə əmsalını dəqiq təyin etmək mümkün deyildir. Çünki suçəkmə zamanı quyuya yaxın zonada axın rejimi pozulduğundan, süzülmə əmsalını hesablamaq üçün müvafiq hesablama düsturunu seçmək olmur.

Toplum quyularda suçəkmə təcrübi suçəkmə işlərinin əsas növü olub, hidrogeoloji parametrlərin təyini, sulu layın sərhəd şərtlərinin öyrənilməsi, digər sulu laylarla və yerüstü sularla əlaqənin müəyyənləşdirilməsi məqsədi ilə aparılır.

Qrup şəklində suçəkmə işləri toplum quyularda istifadə edilən təcrübi suçəkmə metodikası əsasında aparılır. Eyni zamanda iki-üç həyacanlandırılmış quyuda, bir pillə səviyyə düşümü ilə (böl sulu horizontlarda) yerinə yetirilir. Bu zaman tələb olunan səviyyə düşümü təmin edilməlidir və suçəkmənin məqsədi toplum quyularda suçəkmənin məqsədi ilə eynidir.

Təcrübi-istismar suçəkmə yalnız dəqiq kəşfiyyat mərhələsində, hesabi sxem şəklində əks etdirilməsi mümkün olmayan mürəkkəb hidrogeoloji və hidrokimyəvi şəraitlərdə bir və ya bir neçə kəşfiyyat-istismar quyusunda aparılır. Bu suçəkmədə məqsəd layihədə nəzərdə tutulan maksimal sərfə 1-4 ay müddətində suçəkmə zamanı yeraltı su səviyyəsinin və suyun keyfiyyətinin təcrübi olaraq dəyişmə qanunauyğunluqlarının öyrənilməsidir. Suçəkmənin aparılma müddəti sulu horizontun qidalanmadığı və ya qidalanmasının az olduğu dövrü əhatə etməlidir. Əgər hidrogeoloji tədqiqatlar tikinti məqsədi ilə aparılırsa, onda suçəkmə yeraltı su səviyyəsinin ən yüksək olduğu vaxtda həyata keçirilməlidir. Suçəkmədən alınan məlumatların etibarlı və düzgün olması üçün işə başlamazdan əvvəl quyu təmiz yuyulmalıdır. Ona görə də quyuların süzgəcinin hazırlanmasına xüsusi diqqət yetirilməlidir. Quyuda aşağı salınan səviyyənin hər

pilləsinin ölçüsü tələbata əsasən qəbul olunur. Bütün hallarda aşağı salınmış səviyyənin minimal qiyməti 1 m-dən az olmamalıdır. Quyuda dinamik səviyyə stabiləşdikdən sonra suçəkmə 1–2 sutka davam etdirilməlidir.

Suçəkmə məlumatlarına əsasən hidrogeoloji parametrlərin hesablanması «Yeraltı suların dinamikası» kursunda ətraflı şərh edilir.

Təcrübi toplum quyular sxeminin hesablanması. Təcrübi toplum quyular sxemi dedikdə, quyuların sayı, onların planda və kəsilişdə biri-birinə nəzərən yerləşmə xarakteri başa düşülür.

Sxem hesabi müddətdə (6–15 sutka) həyəcandırılan (suçəkmə aparılan) quyularda səviyyənin 3–4 m-dən az olmayan enməsinə və bütün müşahidə quyularında su səviyyəsi ilə yaranmış depressiya qıfının təmsiledici dairəsini təmin etməlidir. Bu zaman daha uzaqda yerləşən quyularda səviyyə düşümü 20 – 30 sm-dən az olmamalıdır.

Suçəkmələrin aparılacağı yerin seçilməsi onların məqsədindən və xüsusiyyətlərindən asılıdır. Hidrogeoloji parametrlərin təyini zamanı, imkan daxilində, quyular sulu horizontun təsir sərhədi hüdudunda deyil, daha xarakterik sahələrdə yerləşdirilməlidir.

Təcrübi toplum quyular sistemində müşahidə quyularının minimal sayı B.V.Borevski və başqalarına (1979) görə, aşağıdakı kimi qəbul edilə bilər: 1) eynicinsli horizontlarda 2–3; 2) müxtəlifcinsli horizontlarda 3–4; 3) xüsusi ilə müxtəlifcinsli horizontlarda 4–10.

Uzaqda yerləşən müşahidə quyuları suçəkmə aparılan quyudan $r \leq 0,6 - 0,8l$ (l -horizontun sərhədinə qədər olan məsafə) məsafədə olmalıdır. Dərinliyi 150–300 m-dən çox olan sulu horizontlarda müşahidə quyuları minimum sayda qazılır.

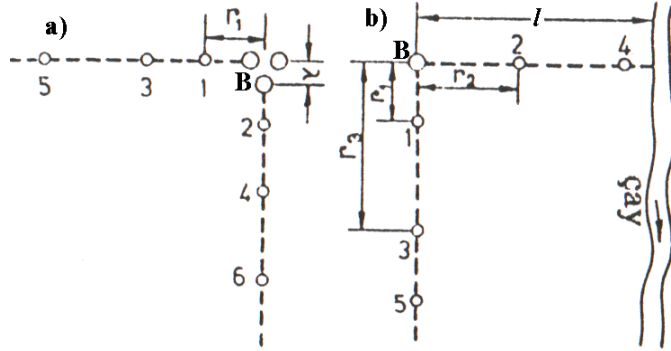
Təcrübi toplum quyular bir, iki və üçşüalı olur ki, onlarda da suçəkmə aparılan quyular müşahidə quyuları şəbəkəsinin başlanğıcında yerləşdirilir (şəkil 4.1). İkişüalı toplum quyular sistemi anizotrop və məhdud sulu horizontlarda, üçşüalı isə müxtəlifcinsli və mürəkkəb sərhədli horizontlarda qurulur.

Müşahidə quyularının şüalarını hidrogeoloji şəraitin müəyyən edilmiş və ya mümkün dəyişmə istiqamətində (qruntlarda su süzülmə xüsusiyyətinin dəyişməsi istiqamətində və ya horizontun keçirici və qeyri-keçirici sərhədlərinin istiqamətində və s.) yerləşdirmək lazımdır. Suçəkmə aparılan quyudan müvafiq

müşahidə quyusuna qədər olan məsafə (r_n) B.Q.Samsonova (1969) görə aşağıdakı yarımempirik düsturla təyin edilir:

$$r_n \approx r_1 \cdot \alpha^{n-1}, \quad (4.1)$$

burada r_n -hesabi müşahidə quyusuna qədər olan məsafə; n -müşahidə quyusunun sıra nömrəsi; α -əmsal olub, təzyiqsiz sular üçün- 1,5; təzyiqli sular üçün isə 2,5 qəbul edilir.



Şəkil 4.1. Təcrübi toplum quyular sisteminin sxemi: a- qeyri- məhdud layda; b-çayla əlaqəsi olan yarımməhdud layda; B-təcrübə (həyəcanlandırılan) quyuları: 1- 6 - müşahidə quyuları; λ -təcrübə quyuları arasındakı məsafə ($\lambda = 0,3r_1$ -təzyiqsiz sular üçün; $\lambda = 0,5r_1$ - təzyiqli sular üçün); l-təcrübə quyusundan çaya qədər olan məsafə (b sxemi üçün $r_3 \leq l$); r_1 , r_2 , r_3 -təcrübə quyusundan, uyğun olaraq, birinci, ikinci və üçüncü müşahidə quyularına qədər olan məsafə.

Bir şüada quyuların sıra nömrəsi-tək, digər şüada isə cüt rəqəmlərlə göstərilir. Səviyyənin enməsinə quyunun natamamlığının təsirinin azaldılması üçün birinci müşahidə quyusuna qədər olan məsafəni $r_1 \approx (0,7 \div 1) \cdot m$, horizontun kifayət qədər böyük qalınlığında (m) və dərin yatımında $r_1 \approx (1,5 \div 2,0) \cdot m$ qəbul etmək lazımdır. Daha uzaqda yerləşən quyuya qədər olan maksimal məsafə təzyiqsiz sulu horizontlarda 150 m-dən, təzyiqli sulu horizontlarda isə 1500 m-dən artıq olmamalıdır. Toplum quyularda suçəkmə zamanı (şəkil 4.1) suçəkmə aparılan quyular arasındakı məsafə təzyiqsiz laylarda $\lambda = 0,3r_1$, təzyiqli sular üçün isə $\lambda = 0,5r_1$ qəbul edilir.

Səviyyə düşümünün və suçəkmənin davamətmə müddətinin seçilməsi. Həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyuda buraxıla bilən maksimal səviyyə düşümü aşağıdakı kimi təyin olunur:

təzyiqsiz sular üçün;

$$S_{bb} \approx (0,6 \div 0,8)H_e - \Delta h_0 - \Delta h_1, \quad (4.2)$$

təzyiqli sular üçün

$$S_{bb} \approx H_e - (0,3 \div 0,5)m - \Delta h_0 - \Delta h_1, \quad (4.3)$$

burada Δh_0 -quyuda nasosun suqəbuledici hissəsinin suya batırılma dərinliyi; Δh_1 - süzgəcin müqaviməti ilə əlaqədar olaraq, suyun quyuya daxil olması zamanı təzyiq itkisi; H_e - qrunut suyu axınının qalınlığı və ya təzyiqli sular üçün altdakı sukeçirməyən lay üzərindəki təzyiqdir (basqıdır).

Sulu horizontun qərarlaşmamış rejimində suçəkmələr səviyyənin bir pillə səviyyə düşümü, qərarlaşmış rejimində isə iki, üç pillə səviyyə düşümü ilə aparılır; hər iki halda suçəkmə müəyyən olunmuş səviyyə düşümünə uyğun olan daimi sərfə aparılmalıdır. Qruntların növündən asılı olaraq, suçəkmələri səviyyənin maksimal və ya minimal enməsi ilə (2–3 pillə enmə) başlamaq olar. Çatlı və kobud dənəli qrunut qırıntılarından ibarət qruntlarda suçəkmə maksimal sərfə maksimal səviyyə düşümü ilə (süzgəc olmadıqda), qumlu qruntlarda minimal səviyyə düşümü ilə (təbii süzgəcin yaradılması üçün) başlanılır.

Suçəkmənin davamətmə müddəti onun növündən və sulu horizontun xüsusiyyətlərindən asılıdır (B.V.Borevski və b., 1979) və müxtəlif ola bilər. Yumşaq-əlaqəsiz qruntlarda təzyiqli horizontdan suçəkmənin davamətmə müddəti 16 sutka, çatlı qruntlarda təzyiqsiz və təzyiqli horizontlarda, yeraltı və yerüstü suların qarşılıqlı əlaqəsinin təyini zamanı 15 sutka təşkil edir. Çoxlu təbəqədən ibarət olan sulu horizontlarda sulu layların biri-biri ilə hidravliki əlaqəsi ilə əlaqədar olaraq suçəkmə 40 günə qədər davam etdirilə bilər.

Suçəkmənin davamətmə müddəti elə seçilməlidir ki, təcrübi toplum quyular sistemi hüdudunda kvazistasionar rejim yaransın və belə rejimin başlanma vaxtının (t_k) isə aşağıdakı asılılıq əsasında təyin edilməsi təklif olunur:

$$t_k \leq \frac{r^2}{0,4a^*}, \quad (4.4)$$

burada r -daha uzaqda yerləşən müşahidə quyusuna qədər olan məsafə; a^* - təzyiqkeçiricilik əmsəlidir.

Suçəkmənin ümumi davamətmə müddəti aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$t=t_k+t_t, \quad (4.5)$$

burada $t_t = 0,5 t_k$ bərabər olan zamandır.

Təcrübi suçəkmələrin aparılma metodikası. Təcrübi suçəkmələrin təşkili və aparılma metodikasına aşağıdakılar daxildir: 1) quyunun hazırlanması (nasosun, cihaz və avadanlıqların quraşdırılması, cihazların işçi vəziyyətə gətirilməsi); 2) suçəkmənin aparılması; 3) suçəkmənin gedişində sənədləşdirmə.

Nasos suçəkmə zamanı su səviyyəsinin maksimal düşümlü nəzərə alınmaqla layihə dərinliyində yerləşdirilir. Suçəkməyə başlamazdan əvvəl, quyudan su quraşdırılmış erlift və yaxud digər avadanlıqlar vasitəsi ilə quyuda suyun tam durulmasına qədər çıxarılır və sonra suçəkməyə keçilir. Bu zaman əsas şərt bütün proses ərzində suçəkmənin (həyəcanlanmanın) daimi sərfə, xarakterini dəyişmədən aparmaqdan ibarətdir.

Su səviyyəsinin iki - üç pillə aşağı salınması ilə suçəkmələr sərfin səviyyə düşümündən asılılığını öyrənmək üçün axının qərarlaşmış rejimi şəraitində aparılır.

Suçəkmə (həyəcanlandırma) həddinin qabaqcadan (ilkin) seçilməsi sulu layların xarakterinə və onların sukeçiricilik əmsalına (T) görə (B.V.Borevski və b. , 1979) aşağıdakı kimi aparılır:

I grup. Qumlar, zəif qumdaşlar, karstlaşmamış çatlı sulu qruntlar; $T=50-500 \text{ m}^2/\text{sut}$ olduqda 5–25 l/san sərfə malik ola bilirlər.

II grup. Allüvial və allüvial-prolüvial qumlu-çınqıllı, çatlı-məsaməli sulu qruntlar; $T= 500-1000 \text{ m}^2/\text{sut}$ olduqda, 25–50 l/san sərfə malik ola bilirlər.

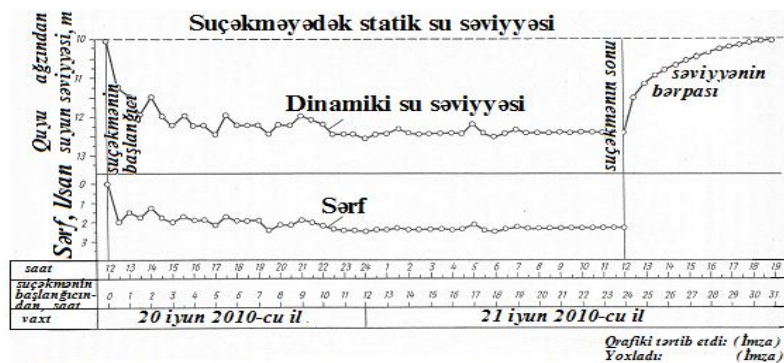
III grup. Aralarına qumlu-çınqıl dolmuş çaqıllar və çatlı-karst massivləri. $T=1000-3000 \text{ m}^2/\text{sut}$ olduqda, 50–150 l/san sərfə malik ola bilirlər.

Suçəkmə prosesinin ilkin dövründə (layihə səviyyə düşümü alınana qədər) səviyyə hər 1, 5, 10, 20 və 30 dəqiqədən bir ölçülür. Sonralar, qərarlaşmış sərfdə səviyyənin ölçülməsi 30 dəq; 1 saat, daha sonra suçəkmənin sonuna qədər 2–3 saatdan bir aparılır. Bərpa prosesində səviyyənin ölçülməsi ilk 15–20 dəqiqədə 1–2 dəqiqədən bir, sonrakı 2 saat ərzində hər 3–10 dəqiqədən bir, daha sonra statik səviyyənin bərpasına qədər 1 saatdan bir aparılır. Bu ardıcılıqla, eyni zamanda müşahidə quyularında da

səviyyə üzərində müşahidələr aparılır. Səviyyənin ölçülməsi ilə eyni zamanda hər 0,5–3 saatdan bir sərf də ölçülür. Suyun temperaturu hər növbədə 2–3 dəfə qeyd alınır. Müxtəlif analizlər üçün su nümunələri suçəkmənin sona çatmasından əvvəl, zərurət olduqda daha tez–tez quyudan çıxarılan su axınından götürülür.

Təcrübi suçəkmələrin sənədləşdirilməsi. Suçəkmə prosesinin qeyd alınması üçün jurnal tərtib edilir və həmin jurnalda qabaqcadan sulu horizon, quyuların konstruksiyası, süzgəclər, nasos, müşahidə üçün istifadə olunan bütün cihaz və alətlər haqqında bütün məlumatlar göstərilir. Suçəkmənin gedişində sənədləşdirmə ölçülərin vaxtının, nasosun qəbuledici klapanının quyunun ağzından olan yerləşmə dərinliyinin, sərfin, statiki və dinamiki səviyyələrin, su səviyyəsinin düşümünün və s. qeydiyyatından ibarətdir. Suçəkmə başa çatdıqdan sonra jurnalda quyuda su səviyyəsinin bərpa gedişi sənədləşdirilir. Həmin jurnalda müşahidə quyularında səviyyə haqqında məlumatlar qeyd olunur.

Jurnalda qeyd edilən məlumatlar əsasında səviyyənin və sərfin zamandan asılılıq qrafiki (şəkil 4.2) qurulur.



Şəkil 4.2. Tək quyudan suçəkmə zamanı dinamik su səviyyəsinin və sərfin dəyişməsi qrafikinə sxematik təsviri.

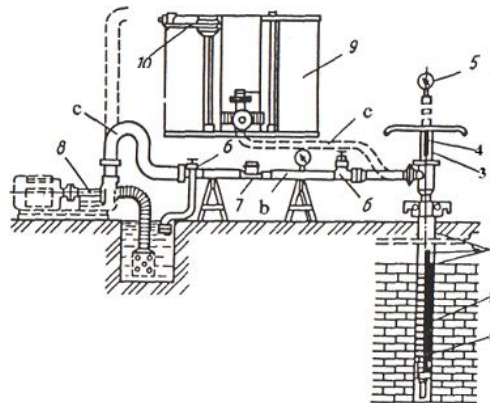
Bundan əlavə, müşahidə quyuları üçün səviyyənin zamandan asılı olan yarımloqarifmik qrafiki $S=f(\lg t)$, əgər sərf dəyişəndirsə, xüsusi səviyyə düşümünün zamandan asılılıq qrafiki ($\frac{S}{Q}=f(\lg t)$ asılılığı) qurulur. Qərarlaşmış rejimdə səviyyənin iki–üç pillə enməsi ilə suçəkmədə sərfin və xüsusi sərfin enmədən asılılıq qrafikləri (sərfin əyriləri) qurulur.

4.4.1.2. QUYULARA TƏZYİQ ALTINDA SUVURMA VƏ SUTÖKMƏ

Hidrotexniki tikintilərin layihələndirilməsi, sənaye və çirkab sularının basdırılması ilə əlaqədar olaraq aparılan tədqiqatlar zamanı (öyrənilən qrunտ layının üst sərhədində izafi basqı şəraitində qruntların hidrogeoloji parametrlərinin təyini üçün) quyulara təzyiq altında təcrübi suvurma məlumatlarından istifadə edilir. Bu metod sulu və sulu olmayan çatlı-qayavari, bəzi hallarda isə yumşaq-əlaqəli qruntlarda tətbiq edilir.

Təzyiqlə təcrübi suvurma. Bu metodla xüsusi hazırlanmış quyulara təzyiq altında suyun vurulması unifikasiya edilmiş (vahid şəkllə salınmış) avadanlığın köməyi ilə həyata keçirilir (şəkil 4.3).

Təzyiqlə təcrübi suvurmanın *tam təzyiqlə suvurma* (açılmış bütün qat hüdudunda) və ya *hissə-hissə təzyiqlə suvurma* (layın müvafiq hissələri hüdudunda) növləri ayrılır. Hissə-hissə təzyiqlə suvurmanı aşağıdan yuxarıya (sonradan quyunun sınaqdan çıxarılmış hissələrinin sementlənməsi ilə) və yuxarıdan aşağıya doğru (quyu qazıldıqca sınaqdan keçirilən hissələrin sementlənməsi ilə) aparılır. Adətən təzyiqlə suvurma tək quyularda təzyiqin üç-dörd pilləsində daimi sərlflə və ya hər pillədə enmə ilə aparılır. Sınaq 8–10 saat davam etdirilir. Sınaq prosesində suçəkmədə tətbiq edilən dövrürlüklə suyun sərfi və təzyiqin qiməti (manometrlə) üzərində müşahidələr aparılır, sınaq jurnalı tərtib olunur, sərfin və təzyiqin zamandan asılılıq qrafiki qurulur. Hər pillə üçün qərarlaşmış sərfin və təzyiqin qiymətini təyin edib, sərfin təzyiqdən və nisbi sərfin təzyiqdən asılılıq qrafiki qurulur: $q_0 = f(H)$. Nisbi sərf qərarlaşmış sərfin (Q , $l/dəq$) sınaqdan çıxarılan intervalın uzunluğuna (l_0 , m) olan nisbəti ilə təyin edilir.



Şəkil 4.3. Təzyiqlə təcrübi suvurma üçün unifikasiya edilmiş cihaz və avadanlıq destinin (UKN- 1M) sxemi: a-tampon; b-paylayıcı qurğ; c-nasos və ya ölçü çənlərinin köməyi ilə quyuya təzyiqlə suvurma üçün təzyiqli qol (şlang); 1- xüsusi tampon (rezin halqa); 2-dəyag boruları sütunu və ya dartılıb taxılan şlang; 3-tamponun başlığı; 4-domkrat (ağır yükləri qaldıran mexanizm); 5-manometr; 6-ventillər (borularda, cihazlarda mayenin, qazın, buxarın yolunu açıb-bağlamaq üçün siyirtmə); 7- suqəç; 8 - nasos; 9 - ölçü çənləri; 10- səviyyə tənzimləyicisi

Xüsusi suudma (q') aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$q' = \frac{Q}{l_0 \cdot H_0}, \quad (4.6)$$

burada H_0 -təzyiqlə suurma zamanı quyudakı suyun statik səviyyəsi üzərində basqının artmasıdır, m.

Xüsusi suudma sınaqdan keçirilən intervalların sukeçiriciliyini müqayisə etməyə və onların süzülmə xüsusiyyətini V.D.Babuşkin düsturuna görə təxmini qiymətləndirməyə imkan verir:

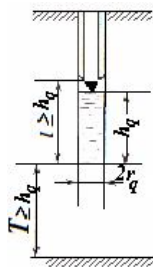
$$k = 0,525q' \lg \left(\frac{\alpha \cdot l_0}{r_q} \right), \quad (4.7)$$

burada α -əmsaldır və əgər sınaqdan keçirilən interval yaxınlıqdakı sukeçirməyən laydan sınaq intervalının uzunluğundan kiçik olmayan məsafədə yerləşirsə $\alpha = 0,66$; əgər sınaqdan keçirilən interval sukeçirməyən laya toxunursa $\alpha = 1,32$ qəbul olunur; r_q -quyunun radiusudur.

Sulu olmayan laylarda təzyiqlə təcrübi suurma nəinki texniki çətinliklə, həm də böyük zaman sərfi, dəqiq nəticələrin kifayət qədər olmaması ilə fərqlənir. Suyun təzyiqlə qrunut məsamələrinə vurulması zamanı məsamə və çatların kolmatasiyası (dolması) baş verir.

Quyularla açılmış sukeçirici qruntların süzülmə xüsusiyyətinin təyində təzyiqlə hava vurmada da istifadə edilir. Bunun üçün sukeçirici qruntların izole edilmiş intervallarına su əvəzinə təzyiqlə hava vurulur. ONV-1 (Hidrolayihə) dəstindən istifadə edilir. Sınaq prosesində havanın sərfi, təzyiqi, temperaturu üzərində müşahidələr aparılır, təzyiqin hər pilləsində (3–4 pillə) sərfin daimiliyi təmin edilir. Sınaq məlumatlarına görə qruntlarda su süzülmə əmsalı, təzyiqkeçiricilik və fəal məsaməlilik təyin olunur.

Quyulara təcrübi sutökmə. *Quyulara təcrübi sutökmə* əsasən aerasiya zonasında yumşaq-əlaqəli və çatlı qruntlarda tətbiq olunur, təzyiqlə suurma kimi aparılır (lakin izafi basqı olmadan), yəni quyuda suyun səviyyəsi yer səthindən



Şəkil 4.4. V.N.Nasberg üsulu ilə sulu olmayan qruntlara təcrübi sutökmənin sxemi. h_q -sutökmə zamanı quyuda su təbəqəsinin qalınlığı ($h_q = \text{const}$); r_q -quyunun radiusu; l -quyunun dibindən bərkitmə (qoruyucu) borularının hündürlüyü; T -quyunun dibindən sukeçirməyən layadək olan məsafə.

müəyyən qədər dərinlikdə saxlanılır (şəkil 4.4). Təcrübi sutökmə üçün tampon və digər mürəkkəb avadanlıqlar (cihazlar) tələb olunmur. V.M.Nasberq üsulu ilə sulu olmayan qruntlara təcrübi sutökmə işlərinin aparılması zamanı su səviyyəsi süzgəcin üst hissəsindən yuxarı olmamalıdır. Sınaq, müşahidələr və sənədləşdirmə təzyiqlə suvurma və suçəkmədə olduğu kimi aparılır. Süzülmə əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$k = \frac{0,423Q}{h_q^2} \cdot \lg\left(\frac{2h_q}{r_q}\right), \quad (4.8)$$

burada h_q -sutökmə zamanı süzgəcin dabanından su təbəqəsinin qalınlığı ($h_q = \text{const}$).

Şurflara təcrübi sutökmə. Aerasiya zonasının 15 m dərinliyində qruntların sukeçiricilik xüsusiyyətlərinin təyində şurflara təcrübi sutökmə üsullarından istifadə olunur. Bu üsullardan A.K.Boldirev, N.S.Nesterov, N.K.Qirinski və N.N.Bindeman üsullarını misal göstərmək olar. Bu üsulların mahiyyəti şurfun dibindən daimi infiltrasiyanı, müəyyən müddət ərzində suyun səviyyəsi və sərfi üzərində müşahidələri təmin etməkdən ibarətdir. Sınaqların aparılması zamanı ümumi tələblər aşağıdakılardan ibarətdir.

1) yuyulmadan qorunması üçün şurfun dibi çınqılla (2 sm qalınlığında) örtülməlidir;

2) qrunut sularının səviyyəsi şurfun dibindən 4-5 m-dən az olmayan dərinlikdə yerləşməlidir;

3) təcrübənin davam etmə müddəti daimi infiltrasiya sərfinin bərpa edilmə müddəti (2 saat müddətində sərfin 4-5 ölçüsü orta qiymətdən 10 % -dən az fərqlənən) ilə müəyyən olunur;

4) səviyyənin və sərfin ölçülməsi təcrübənin başlanğıcında 10-15 dəqiqədən bir, sonra 0,5-1 saatdan bir (səviyyənin bərpası üzrə) aparılmalıdır;

5) təcrübə zamanı jurnal tərtib edilərək, sərfin zamana görə dəyişmə qrafiki ($Q=f(t)$) qurulur;

6) eyni şurfda sutökmənin təkrarı yol verilməz hesab edilir;

7) təcrübədə istifadə edilən su şəffaf (mexaniki qarışıq olmayan) olmalıdır;

8) təcrübədən sonra şurf doldurularaq torpaq qatı bərpa edilməlidir.

A.K.Boldırev üsulu. Tədqiq olunan qruntda (çaqıl, qum və çatlı qruntlarda) tələb olunan dərinliyə (qrunnt suyuna çatmamaq şərti ilə) qədər şurf qazılır. Onun qaşında qədərənmiş və həcmi 10 – 20 l olan iki su qabı qoyulur. Həmin su qablarına birləşdirilmiş nazik rezin boru vasitəsi ilə şurfun dibinə su verilir. Şurfda suyun səviyyəsinin sabit qalması, su təbəqəsinin qalınlığının 10 sm olması təmin edilməlidir. Su təbəqəsinin qalınlığı xətkəş vasitəsi ilə təyin olunur.

Vahid zamanda şurfa daxil olan suyun miqdarı (Q) şurfun qaşında qurulmuş qədərənmiş (ölçülü) su qablarından axan suyun həcminə bərabər olduğundan, qablardan şurfa axan suyun miqdarının müvafiq zaman anlarında ölçülməsi ilə təyin edilir. Vahid zamanda şurfa daxil olan suyun həcmi (infiltrasiya baş verdikdən sonra) infiltrasiya gedən səthin sahəsinə (F-şurfun dibinin sahəsinə) bölsək, orta infiltrasiya sürətini təyin etmiş olarıq, yəni

$$g = \frac{Q}{F}. \quad (4.9)$$

Darsi qanuna görə vahid təzyiq qradiyentində (J=1 olduqda) su süzülmə əmsalı süzülmə sürətinə bərabərdir, yəni

$$k = g = \frac{Q}{F}, \quad (4.10)$$

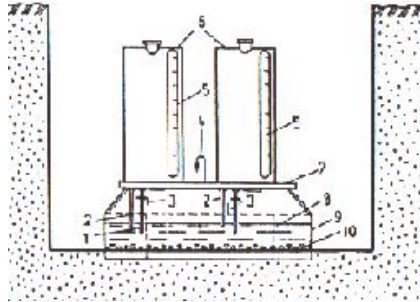
burada Q-təcrübə prosesində stabilləşmiş su sərfidir.

A.K.Boldırevə görə şurfun dibində su təbəqəsinin qalınlığı 10 sm olduqda yaranan basqı qradiyenti vahidə bərabərdir. Ona görə də, orta infiltrasiya sürətini sukeçiricilik əmsalına bərabər qəbul etmək olar.

A.K.Boldırev üsulu ilə təyin edilmiş qruntlarda su süzülmə əmsalının qiyməti təqribi alınır, çünki bu üsulda yan axım və kapilyar sormaya sərf olunan su nəzərə alınmır. Bu üsulun tətbiqi qumdaşı və çatlı qruntlarda (kapilyar qüvvələrin təsiri və yan axım yox dərəcəsində olan qruntlarda) süzülmə əmsalını təyin etmək üçün məqsədəuyğundur.

N.S.Nesterov üsulu. N.S.Nesterov üsulu gilli qruntlarda su süzülmə əmsalının təyini üçündür və A.K.Boldırev üsulunu bir növ tamamlamışdır. Belə ki o, xarici halqanın köməyi ilə daxili halqadan suyun kənarlara axımını azaltmağa müvəffəq olmuşdur. Bu məqsədlə, şurfun dibinə 5–8 sm dərinliyə qədər, qruntların təbii strukturunu (bütövlüyünü) pozmadan, hündürlüyü 20 sm,

biri digərindən diametrinə görə kiçik olan (daxili diametri 25 sm və 50 sm olan) iki polad silindir (şaquli olmaqla) yeridilir (şəkil 4.5).



Şəkil 4.5. N.S.Nesterov üsulu ilə təcrübi sütök-mənin sxemi: 1-suaşırın borular; 2-hava boruları; 3-kranlar; 4-taraz; 5-şkala; 6-Mariotta qabı; 7- althıq; 8-daxili halqa; 9- xarici halqa; 10-çınqıl.

Hər iki silindrə su tökülür (su təbəqəsinin qalınlığı $h=10$ sm) və onun səviyyəsi bütün təcrübə müddətində su ilə doldurulmuş iki Mariotta qabı vasitəsi ilə sabit saxlanılır.

Təcrübə su sərfinin stabiləşməsinə qədər davam etdirilir. Belə nəticəyə gəlmək olar ki, su xarici silindrik halqadan sızmaya, yan axıma və kapilyar sorulmaya, daxili halqadan isə şaquli istiqamətdə infiltrasiyaya sərf olunur (bu halda infiltrasiya axınının en kəşik sahəsini daxili silindrin daxili dairəsinin sahəsinə bərabər götürmək olar).

Təcrübənin sonunda suyun sızma dərinliyi təyin edilir. Bunun üçün əl buru ilə kiçik dimetrlə iki quyu-biri şurfun qaşından 3–4 m məsafədə, digəri isə daxili halqanın mərkəzində, təcrübənin qurtarmasından sonra qazılır. Suyun sızma dərinliyi qruntların nəmliyinə görə müəyyən edilir. Bunun üçün qazılmış quyularda hər 25 sm-dən bir qrunnt nümunəsi götürülərək nəmliyin dərinlik boyu paylanması təyin edilir və yaxud nəmlik geofiziki metodlarla təyin edilir. Süzülmə əmsali k aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$k = \frac{Q \cdot l}{F \cdot (h_k + z + l)}, \quad (4.11)$$

burada Q -daxili halqadan qərarlaşmış sərf, $m^3/saat$; l -suyun sızma dərinliyi, m; h_k -islanma konturunun sərhədində maksimal kapilyar qalxma hündürlüyünün yarısına bərabər olan kapilyar qalxma hündürlüyü, m; z -daxili halqada suyun qalınlığı, m.

N.S.Nesterov üsulu zəif sukeçiriciliyə malik qruntlarda, xüsusi ilə gilli qruntlarda və löslərdə yaxşı nəticələr verir. Bu

üsulün çatışmayan cəhəti kapilyar axımın təxmini qeydiyyatı və təcrübənin uzun müddət davam etməsidir.

N.K.Qirinski üsulu. Bu üsul qumlu və gilli qruntlarda tətbiq edilir, təcrübə zamanı infiltrasiya axınının paylanması, kapilyar qüvvələrin təsiri və infiltrasiya zamanı islanmış qruntların məsələlərində qalan sıxılmış havanın təsiri nəzərə alınır. Təcrübə aparılacaq dərinliyə qədər qazılmış şurfa 1–3 sm dərinliyə qədər yeridilmiş, hündürlüyü 20 sm olan silindrə su tökülür. Silindrin diametri 35 sm–dən 50 sm–dək ola bilər. Silindrə suyun verilməsi onun səviyyəsinin stabil saxlanılmasını təmin etməlidir. Bu E.V.Simonov tərəfindən təklif edilmiş avtomatik tənzimləyici ilə həyata keçirilir.

Təcrübə prosesində infiltrasiyaya gedən suyun sərfi qeydə alınır. Təcrübəyə nəzarət etmək üçün $Q=f(t)$ qrafiki qurulur. Suyun sərfi stabilləşənədək (2–3 saat ərzində orta sərfdən fərq 10%-dən çox olmamalıdır) təcrübə davam etdirilir. Təcrübənin davam etmə müddəti xırda dənəli qumlarda və qumlu gillərdə 5–10 saat, gilli qruntlarda daha çoxdur.

Süzülmə əmsalının (k) qiyməti suyun qərarlaşmış sərfindən Q və təcrübənin aparılma şəraitindən asılı olaraq, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$k = a \cdot \xi \cdot Q, \quad (4.12)$$

burada a -halqanın qrunta yeridilmə dərinliyindən (l_0) və onun diametrindən (d) asılı olan əmsal (l_0/d nisbətinin qiyməti 0,03–ə qədər olduqda $a=1,06$; $l_0/d=0,04$ olduqda $a=1,08$; $l_0/d=0,05$ olduqda $a=1,10$ qəbul edilir); ξ - halqanın diametrindən və h_k+z qiymətindən asılı olan əmsaldır (z -halqada su təbəqəsinin qalınlığı, sm); ξ -nin qiyməti sorğu kitablarında öz əksini tapmışdır, 0,9-dan 5,5-dək dəyişir.

N.N.Bindeman üsulu. Bu üsul praktikada daha tez-tez tətbiq edilir və qərarlaşmamış infiltrasiya rejimində də şurflarda süzülmə əmsalının təyininə imkan verir.

Şurfa təcrübəni sutökmə N.S.Nesterov üsulu ilə aparılır. Təcrübənin nəticələrinə əsasən infiltrasiya rejimi qərarlaşmamış kimi qəbul edilir. Sərfin zamana görə stabilləşməsinə gözləmədən müxtəlif zaman anları üçün süzülmə əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$K = \frac{\beta \cdot V}{\omega \cdot t}, \quad (4.13)$$

burada V -təcrübənin əvvəlindən keçən t zaman müddətində sərf olunan suyun həcmi; β -əmsal olub, $\beta = 1 - \frac{z+h_k}{l} \ln \left[1 + \frac{l}{z+h_k} \right]$ düsturu və yaxud $\beta = f\left(\frac{l}{t_1}\right)$ yardımçı qrafiki əsasında təyin edilir. t_1 -təcrübənin əvvəlindən keçən t zaman müddəti ərzində infiltrasiyaya sərf olunan suyun həcmnin yarısı qədər sərf olunan suyun həcminə uyğun zaman.

(4.13) düsturu və təcrübi məlumatlar əsasında müvafiq hesablamalar aparılmaqla, müxtəlif zaman müddətləri üçün $k=f(t)$ asılılığının qrafiki qurulur. Qrafik üzrə k -nın həddi qiyməti süzülmə əmsalı kimi qəbul edilir. $\frac{l}{z+h_k} = f\left(\frac{t}{t_1}\right)$ asılılığının qrafiki qurularaq $\frac{l}{z+h_k}$ -nin qiymətinə görə l -n qiymətini bilərək h_k -nı və yaxud h_k -nin qiymətini bilərək l -i təyin etmək olar. l , h_k və z -müvafiq olaraq (4.11) düsturundakılarla eynidir.

Nəmlənmənin çatışmazlığı aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\mu = \frac{V}{\omega \cdot t}, \quad (4.14)$$

burada ω -daxili halqanın daxili dairəsinin sahəsidir.

Yeraltı suların hərəkət istiqamətinin və sürətinin təyini. Tədqiq edilən sulu horizontlar üzrə hidroizogips (və ya hidroizopyez) xəritəsi olduqda yeraltı suların hərəkət istiqamətini asanlıqla təyin etmək mümkündür. Belə xəritələr üzrə yeraltı suların hərəkət istiqaməti hidroizogipsin qiymətinin (və yaxud təzyiqin) azalması istiqamətində hidroizogipsə (və yaxud hidroizopyezə) endirilmiş perpendikulyarla təyin edilir.

Yeraltı suların sərbəst və ya pyezometrik səviyyəsinin vəziyyətini əks etdirən xəritələr olmadıqda onların hərəkət istiqamətini təyin etmək üçün üçbucaq formasında yerləşdirilən üç quyu məlumatından istifadə edilir. Üçbucağın tərəflərinin uzunluğu 50–200 m olmalıdır (axının mailliyi nə qədər az olarsa, quyular arasındakı məsafə bir o qədər böyük olmalıdır). Quyular üzrə yeraltı su səviyyəsinin müəyyən edilmiş mütləq qiymətləri əsasında interpolyasiya yolu ilə sərbəst və ya pyezometrik

səthin izoxətlərinin planı qurulur və cərəyan xətləri üzrə axının hərəkət istiqaməti təyin edilir.

Yeraltı suların hərəkət sürətini təyin etmək üçün indikator üsullarından istifadə edilir. Bu haqda vəsaitin 4.6 başlıqlı hissəsində məlumat verilir.

Sulu horizontlar arasındakı hidravlik əlaqənin təyini. Sulu horizontlar arasında hidravlik əlaqəni təyin etmək üçün qrup halında yerləşən quyularda suçəkmə işi aparılır. Bu zaman bir təcrübə və bir neçə müşahidə quyusu qazılır. Həmin müşahidə quyuları təcrübə quyusundan müəyyən istiqamətlərdə olan şüalar üzrə yerləşdirilir. Şüaların və onlar üzrə quyuların yerləşdirilməsi işin məqsədindən, yeraltı suların yatım dərinliyindən və s. amillərdən asılı olaraq, 1, 2, 3, 4 şüa üzrə ola bilər. Material və vəsaitə qənaət etmək üçün əksər hallarda təcrübə quyusundan iki istiqamətdə olan şüalar üzrə yerləşmiş müşahidə quyularından istifadə olunur. Bu halda birinci şüa üzrə quyular yeraltı su axınının əksi istiqamətində, digər şüa üzrə quyular isə axına perpendikulyar istiqamətdə qazılır. Hər iki şüa üzrə müşahidə quyularının sayı 2–4 qəbul edilir.

Sulu horizontların bir–biri ilə hidravlik əlaqəsini öyrənmək üçün onların sayından asılı olaraq, müxtəlif dərinliklərdə quyular qazılır və həmin quyularda müvafiq sulu horizontların qarşısı bağlanır. Hər quyuyu bir horizontu təmsil edir. Hər hansı bir quyuda uzunmüddətli fasiləsiz suçəkmə prosesi başlanır. Eyni zamanda digər quyularda yeraltı suların səviyyəsi üzərində müşahidələr aparılır. Alınmış məlumatlar sulu horizontlar arasındakı hidravlik əlaqəni öyrənməyə imkan verir. Belə ki əgər ikinci quyuda suçəkmə işi apararkən birinci quyuda suyun səviyyəsi aşağı düşərsə, onda birinci və ikinci sulu horizontlar arasında hidravlik əlaqənin olması müəyyən olacaqdır. Əgər bu zaman üçüncü quyuda səviyyə dəyişməzsə, deməli, üçüncü sulu horizontun birinci və ikinci sulu horizontlarla hidravlik əlaqəsi yoxdur.

Təcrübə göstərir ki, sulu horizontlar arasındakı hidravlik əlaqə nə qədər sıx olarsa, suçəkmə zamanı quyularda su səviyyəsinin enməsi daha böyük məsafələrdə müşahidə olunur.

4.4.2. HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN HESABLANMASI

Hidrogeoloji parametrlərin hesablanması «Yeraltı suların dinamikası»nın mühüm məsələlərindən biridir. Sulu horizontun hidrogeoloji parametrləri dedikdə, sulu mühitin tutum və süzülmə xüsusiyyətini xarakterizə edən parametrlər nəzərdə tutulur. Bu parametrlər su təchizatı, suvarma və qurutma, mineral suların istismarı, dağ–filiz müəssisələrinin layihələndirilməsi və istismarı, neft istehsalı, hidrotexniki və digər tikintilərlə bağlı məsələlərin həlli zamanı aparılan hidrogeoloji hesablamalar üçün əsas hesab olunur. Bu parametrlər çöl təcrübə–süzülmə işlərinin (suçəkmə, sutökmə, təzyiqlə suvarma və s.) aparılması nəticəsində təyin edilə bilər. Quyulardan suçəkmə və onlarda su səviyyəsinin bərpası üzərində aparılan müşahidələr öz tətbiqini daha çox tapır. Parametrlərin hesablanması üçün yeraltı suların sugötürücü qurğulara əsas hərəkət tənliklərindən istifadə olunur, yəni əksinə məsələlər həll olunur, parametrlər «həyəcanlanmaya» (suçəkməyə) qarşı reaksiyaya görə təyin olunur.

Suçəkmə zamanı quyuların ətrafında depressiya qığı yaranır. Kvaziqərarlaşmış süzülmənin başlanğıcında depressiya qığının ölçüləri sulu qruntların litoloji tərkibindən, onların hidravlik xüsusiyyətlərindən və suçəkmənin davam etmə müddətindən asılıdır. N.N.Bindeman və L.S.Yazvinə (1970) görə, suçəkmənin 1–2 sutka davam etməsi zamanı depressiya qığının radiusu təzyiqsiz horizontlarda 20–100 m, təzyiqli horizontlarda isə 200–1500 m intervalında dəyişir. Suçəkmə uzun müddət davam edərsə, depressiya qığının ölçüləri çox böyük qiymətə malik olur və onun formalaşmasına altdakı və üstdəki horizontlardan su axımı, o cümlədən planda sulu horizontların sərhədləri təsir göstərir.

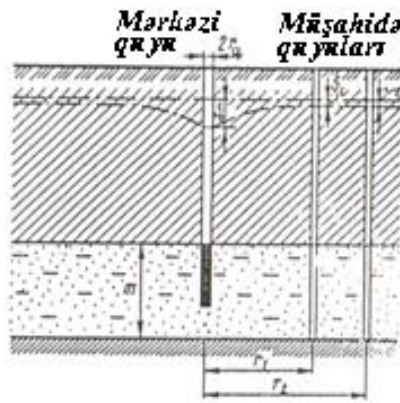
Həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyularda (qrunտ suyu və təzyiqli su quyularında) suçəkmə zamanı səviyyə bəzən kifayət qədər çox dəyişir və bu hadisə heç də az müşahidə olunmur. Təzyiqsiz quyularda «hidravlik sıçrayış» və skin–effekt (səth effekti) müşahidə olunur. Müşahidə quyularında bu hala təsadüf edilmir, ona görə də, suçəkmə məlumatlarının işlənilməsi zamanı müşahidə quyularından alınmış nəticələrə üstünlük vermək lazımdır.

Sulu horizontların əsas hidrogeoloji parametrlərinə süzülmə əmsalı (k), sukeçiricilik (T), təzyiqkeçiricilik (a^*) və ya səviyyəkeçiricilik (a), o cümlədən quyunun daxili süzülmə müqaviməti (ξ_q), nisbi təsir radiusu (R_n) və s. aiddir.

4.4.2.1.YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMIŞ HƏRƏKƏTİ ZAMANI HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

Suçəkmə prosesində sərf və səviyyə düşümlü haqqında məlumatları əldə edərək, Düpi düsturlarını k -ya görə həll etməklə, süzülmə əmsalını hesablamaq olar.

Artezian su quyularında (şəkil 4.6):



Şəkil 4.6. Artezian su quyusundan suçəkmə zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyininə aid sxem: r_q -mərkəzi quyunun radiusu, r_1 və r_2 -mərkəzi quyunun mərkəzi oxundan, uyğun olaraq, birinci və ikinci müşahidə quyularına qədər olan məsafə, S , S_1 və S_2 -uyğun olaraq, mərkəzi, birinci və ikinci müşahidə quyularında səviyyə düşümlü, məsuli horizontun qalınlığı.

- mərkəzi quyuyu üçün

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{R_n}{r_q}}{m \cdot S_q}, \quad (4.15)$$

- mərkəzi və müşahidə quyusu üçün

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q}}{m \cdot (S_q - S_1)}, \quad (4.16)$$

- iki müşahidə quyusu üçün

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}}}{m \cdot (S_{n-1} - S_n)}, \quad (4.17)$$

Qrunt suyu quyularında (şəkil 4.7):

-*mərkəzi quyu üçün*

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{R_n}{r_q}}{(2H_e - S_q) \cdot S_q}, \quad (4.18)$$

-*müşahidə quyusu üçün:*

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q}}{(2H_e - S_q - S_1)(S_q - S_1)}, \quad (4.19)$$

-*iki müşahidə quyusu üçün:*

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}}}{(2H_e - S_{n-1} - S_n)(S_{n-1} - S_n)}, \quad (4.20)$$

burada Q və r_q - mərkəzi quyunun, uyğun olaraq, sərfi və radiusu; r_1 , r_{n-1} , r_n - mərkəzi quyudan, uyğun olaraq, birinci, $n-1$ və n -ci müşahidə quyularına qədər olan məsafə; H_e - sulu horizontun qalınlığı; S_q , S_1 , S_{n-1} , S_n - uyğun olaraq, mərkəzi, birinci, $n-1$ və n -ci müşahidə quyularında səviyyə düşümüdür.

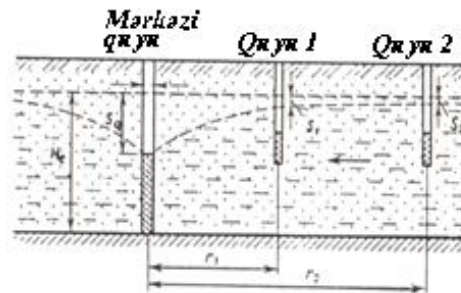
Əgər natamam quyulardan suçəkmə aparılırsa, onda düsturlara N.N.Verigin tərəfindən alınmış quyuların natamamlığına düzəliş əmsalı daxil edilir.

Artezian quyularında :

-*mərkəzi quyu üçün*

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{R_n}{r_q} + 0,217\zeta_q}{m \cdot S_q}, \quad (4.21)$$

- *mərkəzi və müşahidə quyusu üçün*



Şəkil 4.7. Qrunt suyu quyusundan suçəkmə zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyininə aid sxem.

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q} + 0,217(\zeta_q - \zeta_1)}{m \cdot (S_q - S_1)}, \quad (4.22)$$

-iki müşahidə quyusu üçün

$$k = 0,366Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}} + 0,217(\zeta_{n-1} - \zeta_n)}{m \cdot (S_{n-1} - S_n)}. \quad (4.23)$$

Qrunt suyu quyularında (şəkil 4.7):

-mərkəzi quyu üçün

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{R_n}{r_q} + 0,217\zeta_q}{(2H_e - S_q)S_q}, \quad (4.24)$$

-mərkəzi və müşahidə quyusu üçün

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_1}{r_q} + 0,217(\zeta_q - \zeta_1)}{(2H_e - S_q - S_1)(S_q - S_1)}, \quad (4.25)$$

-iki müşahidə quyusu üçün

$$k = 0,732Q \frac{\lg \frac{r_n}{r_{n-1}} + 0,217(\zeta_{n-1} - \zeta_n)}{(2H_e - S_{n-1} - S_n)(S_{n-1} - S_n)}, \quad (4.26)$$

burada $\zeta_q, \zeta_1, \zeta_{n-1}, \zeta_n$ - uyğun olaraq, mərkəzi, birinci, n-1 və n-ci müşahidə quyularının natamamlığını nəzərə alan daxili süzülmə müqavimətidir və qrafiklərdən təyin olunur (şəkil 4.8 və şəkil 4.9).

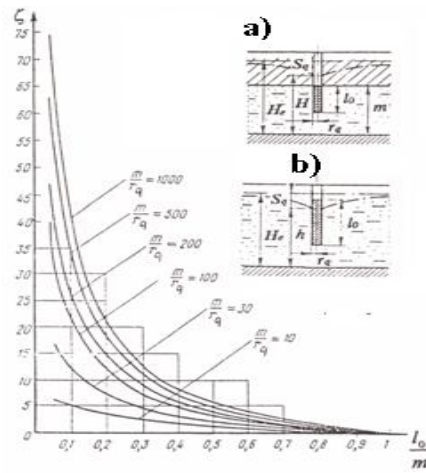
Əgər müşahidə quyuları ilə mərkəzi quyu arasındakı məsafə horizontun qalınlığından böyük olarsa, onda müşahidə quyularının süzülmə müqavimətini nəzərə almamaq olar. İki müşahidə quyusundan istifadə edildikdə, artezian suları üçün mərkəzi quyunun ümumi müqavimət göstəricisi (ζ_q) aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$\zeta_q = \frac{S_q - S_1}{S_1 - S_2} \left(\ln \frac{r_2}{r_1} - \ln \frac{r_1}{r_q} \right), \quad (4.27)$$

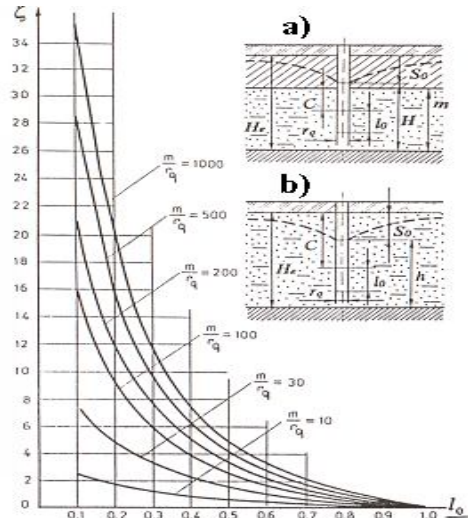
Yuxarıda göstərilən düsturlarla süzülmə əmsalını (k) təyin edib, onu sulu horizontun qalınlığına vursaq, sukeçiricilik

əmsalını (T) alarıq. Təzyiqli sulara T -ni aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$T = km = 0,366Q \frac{\lg \frac{R_n}{r_q}}{S_q}, \quad (4.28)$$



Şəkil 4.8. Artesian (a) və qruñt suyu (b) quyusunun natamamlığı zamanı əlavə müqavimətin ζ təyin edilməsi üçün qrafik (süzgəc sulu horizontun tavanına toxunur).



Şəkil 4.9. Artesian (a) və qruñt suyu (b) quyusunun natamamlığı zamanı əlavə müqavimətin ζ təyin edilməsi üçün qrafik (süzgəc sulu horizontun orta hissəsində yerləşir).

İki müşahidə quyusundan istifadə etdikdə:

$$T = 0,366Q \cdot \frac{\lg \frac{r_2}{r_1}}{(S_1 - S_2)}, \quad (4.29)$$

Suçəkmə zamanı iki müşahidə quyusu olduqda sınaq suçəkmə məlumatlarına görə nisbi təsir radiusu (R_n) aşağıdakı kimi təyin olunur:

-artezian suları üçün

$$\lg R_n = \frac{S_1 \cdot \lg r_2 - S_2 \cdot \lg r_1}{S_1 - S_2}, \quad (4.30)$$

-qruñt suları üçün

$$\lg R_n = \frac{(2H_e - S_1) \cdot S_1 \cdot \lg r_2 - (2H_e - S_2) \cdot S_2 \cdot \lg r_1}{(2H_e - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)}, \quad (4.31)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, mərkəzi quyuda səviyyə düşümü sulu horizontun qalınlığının 20%-i qədər olarsa, artezian suları üçün nəzərdə tutulmuş düsturlardan qrun suları üçün də istifadə etmək olar.

4.4.2.2. YERALTI SULARIN QƏRARLAŞMAMIŞ HƏRƏKƏTİ ZAMANI HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

Yeraltı suların qərarlaşmamış hərəkətinə aid təcrübi məlumatlar əsasında hidrogeoloji parametrlərin təyininə dair çoxlu metodlar mövcuddur. Təcrübi məlumatların xarakterindən asılı olaraq həmin metodları iki qrupa bölmək olar. Birinci qrupa aid metodlarda (etalon qrafiklər, xarakterik nöqtələr, seçmə, qrafoanalitik metodlar və s.) suçəkmə zamanı sulu horizontun tutum və süzülmə xüsusiyyətləri əsasında təyin edilmiş rejim qanunauyğunluqlarından istifadə edilir. Bu metodlarla əsas hesabi parametrlər təyin edilirlər.

İkinci qrupa aid metodlarda (F.M.Boçever, Y.L.Minkin, M.Xantuş və başq. tərəfindən təklif edilmiş metodlarda) sulu horizontun tutum, süzülmə və sərhəd şəraitinə aid təcrübi qanunauyğunluqlardan istifadə edilir. Bu metodlarda əsas hidrogeoloji parametrlərlə bərabər, səciyyəvi parametrlər (yeraltı su hövzələrinin dibinin müqaviməti və yaxud axının hidravliki müqaviməti və s.) də təyin edilir.

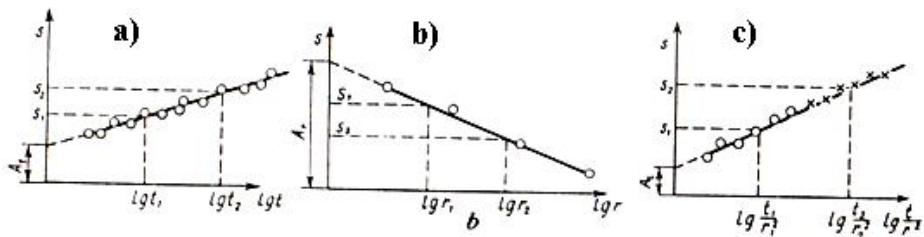
Qrafoanalitik metoda (Ceykob metodu) hidrogeoloji parametrlər aşağıdakı kimi təyin olunur. Bu metodda istifadə edilən əsas düstur koordinat sistemini dəyişməklə xətti asılılıq (xəttiləşdirmə metodu) şəklinə çevrilir. Təcrübi suçəkmə məlumatlarından istifadə etməklə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün qurulmuş qrafiklər əsasında müvafiq asılılıqlar alınır.

Artezian sulu horizontlarının hidrogeoloji parametrlərinin hesablanması. Artezian suları üçün qrafoanalitik üsulda əsas düstur (4.32) düsturu hesab olunur.

$$S = \frac{Q}{4\pi \cdot k \cdot m} \ln \frac{2,25a^* \cdot t}{r^2} = \frac{0,183Q}{k \cdot m} \lg \frac{2,25a^* \cdot t}{r^2}, \quad (4.32)$$

burada S-suçəkmə aparılan quyudan r məsafəsində suçəkmənin başlanğıcından keçən t zaman müddətində basqı düşümü; Q-

Kombinə olunmuş izlənilmə üsulunda zaman etibarilə səviyyənin dəyişməsi bir neçə müşahidə quyası üzrə qeydə alınır $[S; \lg(t/r^2)]$. Məlumatların işlənilməsinin bütün üsulları (4.32) düsturuna görə müxtəlif koordinat sistemlərində düz xətt tənliyi kimi araşdırılır (şəkil 4.10).



Şəkil 4.10 . Kvaziqərarlaşmış süzülmədə izlənilmə qrafikləri:
a- zamana görə izlənilmə; b-sahəvi izlənilmə; c-kombinə olunmuş izlənilmə.

Şəkil 4.11. Müxtəlif hidrogeoloji şəraitlərdə sığacmada zamana görə izlənmə qrafikləri: a-təzyiqli horizon; b-təzyiqsiz horizon

(4.33) eksponensial riyazi asılılığına uyğundur, onun ikinci hissəsi (II') kvaziqərarlaşmış süzülmə üçün xarakter olan loqarifmik asılıqla xarakterizə olunur.

Ç.V.Teys (C.V.Theis, 1935) naqildə istiliyin yayılması ilə yeraltı suların hərəkəti arasındakı analogiyadan istifadə edərək, tam artesian quyuları üçün aşağıdakı riyazi asılılığı müəyyən etmişdir:

$$S = \frac{Q}{4\pi \cdot k \cdot m} \left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4a^* \cdot t} \right) \right], \quad (4.33)$$

burada S -suçəkmənin başlanğıcından keçən t zaman müddətində suçəkmə aparılan quyudan r məsafəsində təzyiqin enməsi; Q -suçəkmə zamanı sərf; k -sulu layda su süzülmə əmsalı; m -sulu layın qalınlığı; a^* -təzyiqkeçiricilik əmsalı; $-E_i(-\frac{r^2}{4a^* \cdot t})$ -integral göstərici funksiya.

II əyri sabit basqıda qidalanma şəraitində olan laydan və ya sabit basqılı məhdud konturlu laydan suçəkməyə uyğun gəlir. Zaman keçdikcə basqının azalması prosesi dayanır və süzülmə qərarlaşmış xarakter alır. III əyri də II əyri kimi, qidalanma şəraitində, lakin qidalanan layda basqının azalması ilə müşayiət olunan suçəkməyə uyğun gəlir. Bunu da həmin layda basqının azalması təsdiq edir (IV əyri). V əyrinin düzxətli hissəsi zəif sukeçirici ara laylardan suyun sıxışdırılması nəticəsində əlavə qidalanma alan basqılı horizontu xarakterizə edir. IV düz xətt qeyri – keçirici sərhədli yarımməhdud basqılı laya uyğun gəlir.

Belə interpretasiyalar sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə qrafiklərinə də şamil edilməlidir.

Hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün uyğun qrafiklər əsasında müəyyən edilmiş düsturlar cədvəl 4.2-də verilmişdir.

Cədvəl 4.2-də verilmiş düsturlara daxil olan parametrlər aşağıdakı kimidir: t - suçəkmənin davam etmə müddəti; r - baxılan quyudan mərkəzi quyuya qədər olan məsafə; Q və r_q - mərkəzi quyunun, uyğun olaraq, sərfi və radiusu; B_t , B_r və B_k - uyğun olaraq, zamana görə sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə üsulları üçün bucaq əmsalları; A_p , A_r və A_k uyğun olaraq, zamana görə, sahəvi və kombinə olunmuş izlənilmə üsulları üçün (şəkil 4.10) ordinat oxunda düz xətlə kəsilən parçalardır.

Sukeçiricilik (T) və təzyiqkeçiricilik (a^*) əmsallarını təyin etməklə, layın elastik suvericilik əmsalını (μ_e) hesablamaq olar:

$$\mu_e = \frac{T}{a^*}, \quad (4.34)$$

Layın elastik suvericilik əmsalı (μ_e) təzyiqli layın vahid sahəsindən vahid pyezometrik səviyyə düşümü zamanı alına bilən suyun miqdarını xarakterizə edir.

Bir quyu üzrə təcrübi məlumatların işlənilməsi zamanı zamana görə izlənilmə üsulundan istifadə edilir. Əgər quyuların sayı üçdən çox olarsa, onda məlumatların işlənilməsi bütün üsullarla aparıla bilər.

Göstərilən düsturlar üzrə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması aşağıdakı qaydada aparılır. İstənilən üsul üçün şəkil 4.10-da göstərilən qrafikdən biri qurulur, qrafik düz xətt formasında təsvir edilir. Həmin qrafikdə düz xətt üzərində iki

Cədvəl 4.2

Artezian sulu horizontunun hidrogeoloji parametrlərinin təcrübi suçəkmə nəticələri əsasında grafoanalitik metodla hesablanılma düsturları

Zamana görə izlənilmə üsulu	Səhəvi izlənilmə üsulu	Kombinə olunmuş izlənilmə üsulu
$S = f(\lg t)$ $S = \frac{0,183Q}{k \cdot m} \cdot \left[\lg \frac{2,25a^*}{r^2} + \lg t \right]$ $B_r = \frac{S_2 - S_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$ $T = k \cdot m = \frac{0,183Q}{B_r}$ $k = \frac{T}{m} = \frac{0,183Q}{m \cdot B_r}$ $\lg a^* = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_r}{B_r}$ $R_n = 1,5 \sqrt{a^* \cdot t}$	$S = f(\lg r)$ $S = \frac{0,366Q}{k \cdot m} \cdot \left[\frac{1}{2} \lg 2,25a^* \cdot t - \lg r \right]$ $B_r = \frac{S_1 - S_2}{\lg r_2 - \lg r_1}$ $T = k \cdot m = \frac{0,366Q}{B_r}$ $k = \frac{T}{m} = \frac{0,366Q}{m \cdot B_r}$ $\lg a^* = \frac{2A_r}{B_r} - 0,35 - \lg t$ $R_n = 1,5 \sqrt{a^* \cdot t}$	$S = f \left[\lg \left(\frac{t}{r^2} \right) \right]$ $S = \frac{0,183Q}{k \cdot m} \left[\lg 2,25a^* + \lg \frac{t}{r^2} \right]$ $B_k = \frac{S_2 - S_1}{\lg \left(\frac{t}{r^2} \right)_2 - \lg \left(\frac{t}{r^2} \right)_1}$ $T = k \cdot m = \frac{0,183Q}{B_k}$ $k = \frac{T}{m} = \frac{0,183Q}{m \cdot B_k}$ $\lg a^* = \frac{A_k}{B_k} - 0,35$ $R_n = 1,5 \sqrt{a^* \cdot t}$

ixtiyari nöqtə götürülür, həmin nöqtələrin koordinatları təyin edilərək B bucaq əmsalı hesablanır. Sonra müvafiq düsturlarla sukeçiricilik əmsalı (T) hesablanır ki, onu da sulu horizontun qalınlığına (m) bölüb, süzülmə əmsalını (k) alırıq. Daha sonra qrafikdən A -nın qiyməti ölçülüb götürülür. A -nı təyin etməklə təzyiqkeçiricilik əmsalını (a^*) təyin etmək olar. Təzyiqkeçiricilik əmsalının (a^*) təyindən sonra nisbi təsir radiusu (R_n) hesablanır. Göstərilən üsulla hesablamada suçəkmənin sərfinin daimiliyi vacib şərtidir.

Əgər suçəkmə natamam quyularda aparılırsa, hidrogeoloji parametrlərin hesablanması metodikası dəyişmir. Təzyiqkeçiricilik əmsalının (a^*) hesablanması üçün düstur bir qədər dəyişilir. Həmin düstura- 0,434 ζ əlavə edilir:

$$\lg a^* = 2 \lg r_q - 0,35 + \frac{A_t}{B_t} - 0,434\zeta, \quad (4.35)$$

burada ζ - quyuların natamamlığını nəzərə alan əmsal olub, şəkil 4.8 və şəkill 4.9-da göstərilən qrafiklərdən təyin edilir.

Müşahidə quyuları üçün ζ -nin qiyməti çox kiçik olduğundan onu nəzərə almamaq olar.

Bəzən suçəkmə prosesində səviyyənin stabilləşməsinin həqiqətən baş verdiyi və yaxud onun fərz edildiyi məsələsi sual altında qalır. Bu məsələnin aydınlaşdırılması üçün Düpinin müvafiq düsturunu S -ə görə həll etməklə alınmış

$$S = 0,366 \frac{Q}{k \cdot m} \lg \frac{R_n}{r_q}, \quad (4.36)$$

(4.36) düsturu əsasında səviyyə düşümünü hesablamaq lazımdır. Əgər səviyyə düşümünün hesablanmış qiyməti suçəkmə zamanı müşahidə olunan qiymətindən çoxdursa, onda səviyyənin stabilləşməsi həqiqətdir, ona bərabər və ya ondan azdırsa, stabilləşmə fərz ediləndir.

Qrunt suyu horizontunun hidrogeoloji parametrlərinin hesablanması. Qrunt suyu horizontunun qalınlığı suçəkmə zamanı dəyişən kəmiyyətdir. Lakin suçəkmənin sonuna səviyyə düşümü grunt suyu horizontunun ilkin qalınlığının 20 %-dən artıq deyildirsə, onda təcrübədə qəbul edilən (buraxılabilən) xəta ilə artezian suları üçün nəzərdə tutulan dusturlarla hidrogeoloji parametrləri hesablamaq olar. Əgər bu şərt ödənmirsə, onda grunt suları üçün artezian sularına analoji qrafiklər qurulur, lakin absis oxunda S əvəzinə $(2H_e - S) \cdot S$ qeyd olunur.

Qrunt suları üçün səviyyənin dəyişmə qanunauyğunluğu sadə və mürəkkəb şəraitlərlə xarakterizə olunur. Kəsilişdə izole olunmuş və planda qeyri-məhdud laydan səviyyə düşümünün kiçik qiymətində (sulu layın ilkin qalınlığının 20 %-i qədər) suçəkməni xarakterizə edən VII düz xətt sadə şəraiti əks etdirir. VII düz xətt-kvaziqərarlaşmış süzülmədə loqarifmik asılılıqdır. Mürəkkəb şəraitlər üçün səviyyə düşümünün böyük qiymətində suvericiliyin uzadılmış prosesi ilə (Bolton effekti) VIII qrafik

xarakterikdir. Qrafikin birinci hissəsi (VIII') elastik suvericilik zamanı Teys tənliyinə uyğun gəlir, ikinci hissəsi isə (VIII'') səviyyənin enmə tempinin kəskin yavaşması ilə xarakterizə olunur. Bundan sonra loqarifmik asılılıqla (VIII''') kvaziqərarlaşmış süzülmə başlayır.

İzlənilmə üsulları ilə hidrogeoloji parametrlərin hesablanması üçün düsturlar cədvəl 4.3-də verilmişdir.

Qrunt suları üçün parametrlərin hesablanması gedışı artezian suları üçün olan hesablamalarla analojidir. Süzülmə əmsalını (k), səviyyəkeçiricilik əmsalını (a) və horizontun orta qalınlığını (H_e) bilməklə, qruntun suvericiliyini (μ) hesablamaq olar:

$$\mu = \frac{k \cdot H_e}{a} . \quad (4.37)$$

Cədvəl 4.3

Qrunt suyu horizontunun hidrogeoloji parametrlərinin təcrübi suçəkmə nəticələri əsasında qrafoanalitik metodla hesablanma düsturları

Zamana görə izlənilmə üsulu	Səhəvi izlənilmə üsulu	Kombinə olunmuş izlənilmə üsulu
$(2H_e - S) \cdot S = f(\lg t)$ $B_1 = \frac{(2H_e - S_2) \cdot S_2 - (2H_e - S_1) \cdot S_1}{\lg t_2 - \lg t_1}$ $k = \frac{0,366Q}{B_1}$ $\lg a = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_1}{B_1}$ $R_x = 1,5 \sqrt{a \cdot t}$	$(2H_e - S) \cdot S = f(\lg r)$ $B_r = \frac{(2H_e - S_1) \cdot S_1 - (2H_e - S_2) \cdot S_2}{\lg r_2 - \lg r_1}$ $k = \frac{0,732Q}{B_r}$ $\lg a = \frac{2A_r}{B_r} - 0,35 - \lg t$ $R_x = 1,5 \sqrt{a \cdot t}$	$(2H_e - S) \cdot S = f\left[\lg\left(\frac{t}{r^2}\right)\right]$ $B_k = \frac{(2H_e - S_2) \cdot S_2 - (2H_e - S_1) \cdot S_1}{\lg\left(\frac{t}{r^2}\right)_2 - \lg\left(\frac{t}{r^2}\right)_1}$ $k = \frac{0,366Q}{B_k}$ $\lg a = \frac{A_k}{B_k} - 0,35$ $R_x = 1,5 \sqrt{a \cdot t}$

Əgər həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyu natamamdırsa, hesablama metodikası əvvəlki kimidir. Yalnız səviyyəkeçiricilik əmsalını (a) təyin etmək üçün tənliyə $-0,434\zeta$ əlavə edilir. Beləliklə, kombinə olunmuş izlənilmə üçün həmin düstur aşağıdakı kimi yazılır:

$$\lg a = \frac{A_k}{B_k} - 0,35 - 0,434\zeta , \quad (4.38)$$

burada ζ -quyunun natamamlığını nəzərə alan hidravlik müqavimətdir və artezian suları üçün olan qrafiklərdən təyin

olunur. ζ - nın qiyməti müşahidə quyuları üçün cüzidir və onu nəzərə almamaq olar.

4.4.2.3. REJİM-MÜŞAHİDƏ MƏLUMATLARINA GÖRƏ HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

Rejim-müşahidə məlumatları əsasında hidrogeoloji parametrləri hesablamaq olar. Belə məsələlər «əksinə» (tərsinə) məsələlər adlandırılır və onların həlli zamanı yeraltı su axınının təzyiqi və sərfi təyin olunur. Təbii şəraitin mürəkkəbliyindən asılı olaraq, əksinə məsələlər analitik asılılıqların köməyi ilə (sadə hidrogeoloji şərait üçün) və kənar hədlər tənlikləri ilə (daha mürəkkəb hidrogeoloji şərait üçün) həll olunur. Əgər hidrogeoloji şərait çox mürəkkəb olarsa, onda məsələlərin həlli modelləşdirmə metodları ilə aparılır.

Rejim-müşahidə məlumatlarını bilməklə, aşağıdakı hidrogeoloji parametrlərin hesablanması nəzərdən keçirək.

Horizontal sukeçirməyən lay üzərində yerləşən eynicinsli layda yarımməhdud axında səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) təyini üçün $\Phi(\lambda)$ funksiyasından istifadə edilir.

$$\Phi(\lambda) = 1 - \frac{(y_x^2 - h_x^2)}{y_1^2 - h_1^2}, \quad (4.39)$$

burada $\Phi(\lambda)$ -şəkil 4.12-də təsvir edilmiş qrafik üzrə təyin olunan funksiya (bu haqda «Yeraltı suların dinamikası» fənnindən ətraflı məlumat almaq olar); h_1 və y_1 -birinci müşahidə quyusunda uyğun olaraq, müşahidənin başlanğıcında və sonunda sulu horizontun qalınlığı; h_x və y_x -birinci müşahidə quyusundan x məsafəsində yerləşən ikinci müşahidə quyusunda, uyğun olaraq, müşahidənin başlanğıcında və sonunda sulu horizontun qalınlığıdır.

Müşahidə quyuları çayın və ya su anbarının sahilinə perpendikulyar olan xətt üzrə yerləşdirilir. Quyuların sıra nömrəsi çaydan (su anbarından) başlayaraq qeyd olunur.

$\Phi(\lambda)$ funksiyasını (4.39) düsturu əsasında hesablamaqla, şəkil 4.12-də təsvir edilmiş qrafik üzrə ölçüsüz λ argumenti təyin edilir və səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$a = \frac{x^2}{4\lambda^2 \cdot t}, \quad (4.40)$$

burada x -birinci və ikinci müşahidə quyuları arasındakı məsafə;
 λ -ölçüsüz argument; t -müşahidə quyularında müşahidənin
 başlanğıc və son anları arasındakı zamandır.

Səviyyəkeçiricilik əmsalının (a) qiyməti-
 ni bilməklə (4.37) düsturuna görə suvericilik
 əmsalı (μ) təyin olunur. Üç rejim quyusunda
 səviyyənin dəyişməsinə aid məlumatları əldə
 etməklə, $\frac{W}{k}$ nisbətini və müşahidə dövrünün
 istənilən anı üçün infiltrasiyanın (W)
 miqdarını təyin etmək olar. Bu məqsədlə
 aşağıdakı düsturlardan istifadə olunur:

$$\frac{W}{k} = \frac{h_3^2 - h_1^2}{(L_{1-2} - x) \cdot x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L_{1-2} - x) \cdot L_{1-2}}, \quad (4.41)$$

$$W = k \left[\frac{h_3^2 - h_1^2}{(L_{1-2} - x) \cdot x} + \frac{h_1^2 - h_2^2}{(L_{1-2} - x) \cdot L_{1-2}} \right], \quad (4.42)$$

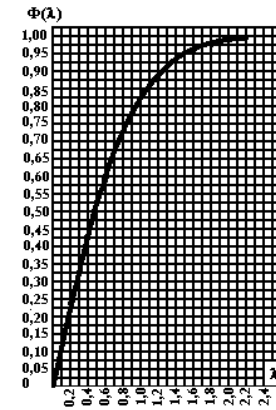
burada x -birinci quyudan tədqiq olunan kəsiyədək məsafə (həmin
 məsafədə sulu layın qalınlığı h_x olur) olub, (4.41) və (4.42)
 düsturlarında 1 quyusundan 3 quyusunadək məsafəni ifadə edir;
 h_1 və h_2 -uyğun olaraq birinci və ikinci quyularda sulu horizontun
 qalınlığı; h_3 -birinci və ikinci quyular arasında yerləşən üçüncü
 quyuda sulu horizontun qalınlığı; L_{1-2} -1 və 2 quyuları arasındakı məsafə;
 k -qruntlarda su süzülmə əmsalıdır.

Rejim-müşahidə məlumatlarına görə infiltrasiyanın
 hesablanması birölçülü qrunut suyu axını üçün Q.N.Kamenskinin
 kənar hədlər fərqi düsturu ilə də aparıla bilər.

4.4.2.4. ÇATLI VƏ KARSTLAŞMIŞ QRUNTLARDA HİDROGEOLOJİ PARAMETRLƏRİN TƏYİNİ

Çatlı və karstlaşmış qruntlarda hidrogeoloji parametrlərin
 hesablanması «Yeraltı suların dinamikası»nın mürəkkəb və
 kifayət qədər öyrənilməmiş sahələrindən biridir. Belə qruntların
 süzülmə və tutum xüsusiyyətlərində daha çox müxtəlifcinslilik və
 anizotropluq xarakterikdir.

Karstlaşmış və çatlı qruntlarda boşluqların müxtəlif tiplərini
 nəzərə alaraq Q.İ.Barenblatt və Y.P.Jeltov (1960) elmə «ikiqat



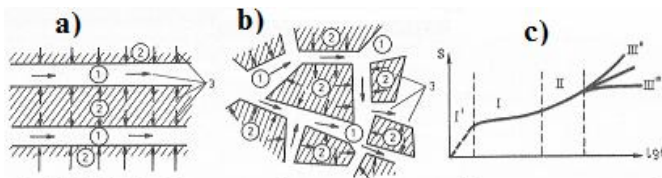
Şəkil 4.12. $\Phi(\lambda)$ funksiyasının
 qrafiki.

məsaməli mühit» anlayışını daxil etmişlər. Müxtəlifcinsli çatlı və karstlaşmış qruntlar bir-birinin üzərində yerləşən iki sukeçirici mühitdən ibarət heterogen struktur şəklində fərz edilir. Yeraltı suların hərəkəti iki mühitdə baş verir. Çatlarda, kanallarda, kifayət qədər keçiriciliyə malik zonada (şəkil 4.13, mühit 1) və zəif sukeçirici qruntlar blokunda (şəkil 4.13, mühit 2) İ.Y.Jernova görə (1982) heterogen-laylı (şəkil 4.13, a) və heterogen-bloklu (şəkil 4.13, b) strukturlar ayrılır.

İkiqat məsaməli qruntlarda mayenin hərəkət mexanizmi aşağıdakı kimidir. Suçəkmə zamanı mühit 1 yüksək sukeçiriciliyə malik olduğundan təzyiqin kifayət qədər dəyişməsi baş verir. Mühit 2 zəif sukeçiriciliyə malik olduğundan təzyiq ilkin vəziyyətini uzun müddət saxlayır. Nəticədə mühit 1 və 2 -də yerləşən yeraltı suların təzyiqləri arasında sıçrayış yaranır. Bu sıçrayış suçəkmənin əvvəlində baş verir. Zaman keçdikcə suyun mühit 2-dən mühit 1-ə axımı və təzyiqlərin yenidən paylanması müşahidə olunur. Son halda mühitlərdə təzyiqlər arasındakı sıçrayış

ləğv olunur. Mühit 1 və 2-dəki sukeçiriciliklər arasındakı fərq nə qəgər böyük olarsa, ləğv prosesi bir o qədər uzun müddət davam edir.

İkiqat məsaməli qruntlar üçün zamana görə izlənilmə qrafikini nəzərdən keçirək (şəkil 4.13, c). Qrafikin birinci hissəsi (I') həyəcanlandırılan (suçəkmə aparılan) quyuya suyun mühit 1-dən daxil olması halı üçün suçəkmə müddətinə uyğun gələn dik artıma müvafiqdir. Bəzən suçəkmənin əvvəlində səviyyənin kəskin sıçrayışı baş verir və bu halda qrafikin I' hissəsi müşahidə olunmur. Sonra dik hissə yatıqlaşaraq (I hissə) bəzən düz xəttə keçir. Bu, suyun mühit 2-dən mühit 1-ə axıb gəlməsi ilə izah olunur. Proses bir neçə dəqiqədən on sutkalara qədər davam edə bilər. Mühit 1 və 2-də təzyiqin bərabərləşməsi ilə qrafikdə əyrinin dikliyi artır (II hissə). Bu hissədə adətən qrafik düzxətli olub,



Şəkil 4.13. Qrunun heterogen strukturunun sxemi (ikiqat məsaməlilik sistemi). a-heterogen-təbəqəli; b-heterogen-bloklu; c-ikiqat məsaməlilikli qruntda suçəkmənin tipik izlənilmə qrafiki; 1-keçirici mühit; 2-zəif keçirici bloklar; 3-suçəkmə zamanı suyun hərəkət istiqaməti.

mühitlərdəki təzyiqlər arasında sıçrayışın ləğvi dövrünə və adi məsaməli mühitdə isə süzülməyə uyğundur. Suçəkmənin əvvəlindən mühitlərdəki təzyiqlər arasındakı sıçrayışın ləğvinə qədər olan zaman müddəti (t_3) Q.İ.Barenblatt və Y.P.Jeltova görə (1960) aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$t_3 = \frac{k_1 \cdot l^2}{k_2 \cdot a^*}, \quad (4.43)$$

burada k_1 və k_2 -uyğun olaraq, mühit 1 ilə 2 bloklarının süzülmə əmsalları; l -blokun orta ölçüsü; a^* -təzyiqkeçiricilik əmsalıdır (qrunt suları üçün səviyyəkeçiricilik əmsalı (a)).

Qrafikin III hissəsi mühit 1–n müxtəlifcinsliliyi və ya əyrinin dikliyinin dəyişməsinə gətirib çıxaran axının yan sərhədlərinin təsiri ilə əlaqədardır. III'' əyrisi qeyri – keçirici sərhədlərin təsiri və ya zəif sukeçirici qruntların mövcudluğu ilə, III''' əyrisi isə depressiya qıfı hüdudunda olan zəif sukeçirici qruntların təsiri ilə şərtlənir. Beləliklə, qrafikdə (şəkil 4.13, c) iki hissə (I' və II) istifadə olunur. I' hissə məlumatlarına görə mühit 1-n sukeçiriciliyi, II hissə məlumatlarına görə isə mühit 1 və 2 üçün orta hidrogeoloji parametrlər alınır.

Sınaq məlumatlarının nəticələri qrafoanalitik metodla işlənir. B.V.Borevski və b.–na görə (1979), qrafiklərin hesabi hissələrinin təhlilində daha yaxşı nəticələr kombinə olunmuş izlənilmə üsulu ilə alınır.

4.5. QRUNTLARIN DEFORMASIYA VƏ MÖHKƏMLİK

XASSƏLƏRİNİN ÇÖL TƏDQIQATI METODLARI

4.5.1. STATİKİ SİNAQ YÜKÜ TƏTBİQ ETMƏKLƏ QRUNTLARIN SİXILMAYA QARŞI MÖHKƏMLİK VƏ DEFORMASIYA XASSƏLƏRİNİN TƏYİNİ METODU

Qruntların fiziki-mexaniki və deformasiya xassələri çöl şəraitində müxtəlif metodlarla təyin edilir. Tikintilərin aparılması ilə əlaqədar olaraq əsasən xarici yükün təsirindən qrunտun çökməsi, yüklənmə qabiliyyəti, deformasiya modulu, kəsilməyə qarşı müqavimət göstəriciləri (c və φ) və sair təyin edilir.

Geoloji mühitdə aparılan mühəndisi fəaliyyətin səciyyəviliyinə uyğun olaraq qruntların çöl şəraitində təyin olunacaq xassə göstəriciləri əvvəlcədən müəyyənləşdirilir.

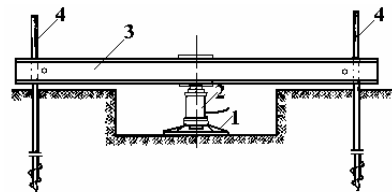
Qruntların möhkəmlik xüsusiyyətlərinin çöl şəraitində təyini üçün şurf (şəkil 4.14), quyu və özül çalalarından (tikinti aparılarkən), yeraltı qazmalardan (şəkil 4.15) istifadə edilir.

Qruntların sıxılmaya qarşı müqavimətinin, çökmə

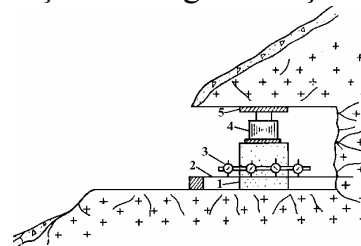
deformasiyasının təyini məqsədi ilə sınaq aparılacaq dağ qazmasının ölçülərinə müvafiq ölçüdə seçilmiş ştamplardan istifadə edilir. Məsələn üçün dağ qazmalarının ölçülərinə görə seçilən ştampların minimal ölçüləri aşağıdakı kimi ola bilər.

En kəsik ölçüləri 225x225 sm olan şurflar üçün diametri 798 mm, en kəsik sahəsi 5000 sm² olan dairəvi, tərəfləri 707 mm, en kəsik sahəsi 5000 sm² olan kvadrat ştamp, diametri 325 mm olan quyularda diametri 277 mm (en kəsiyi 600 sm²) olan dairəvi (quyu üçün) ştamptan istifadə edilə bilər.

Qruntların sıxılmaya qarşı müqavimətinin təyini məqsədi ilə sınaqların aparılması zamanı qrunт üzərinə ötürülən yük, qruntda baş verən çökmə deformasiyası nisbi stabilləşdikdən sonra pilə-



Şəkil 4.14. Statiki sınaq yükü ilə şurfda qrunտun sıxılmaya qarşı müqavimətinin təyini üçün qurğunun sxemi. 1-sahəsi 5000 sm² olan dairəvi ştamp; 2-hidravliki domkrat; 3-üfüqi dayaq tiri; 4-vintli anker svay.



Şəkil 4.15. Yeraltı qazmalarda qruntların statiki sınaq yükü ilə sınağı üçün qurğunun sxemi. 1-ştamp (beton massiv); 2-indikatoru bərkitmək üçün dayaq; 3-çökməni ölçmək üçün saat tipli indikator; 4-hidravliki domkrat; 5-dayaq plita.

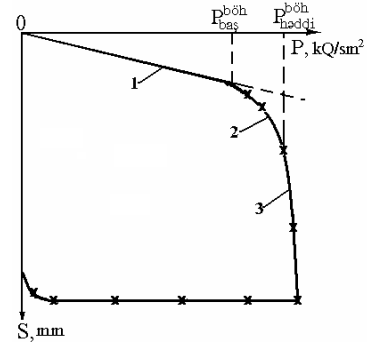
pillə artırılır. Qruntda çökmə deformasiyası o zaman nisbi stabilləşmiş hesab edilir ki, 1 sutka ərzində baş verən deformasiya 1 mm-dən çox olmur.

Qrunnt üzərinə ötürülən yükün maksimal miqdarı qrunntun növündən asılı olaraq müəyyən edilir. Misal olaraq qrunnta ötürülən maksimal yük sıx olan ($\epsilon \leq 0,5 \div 0,6$) və yaxud nəmliyi plastikliyin aşağı həddinə (W_p) yaxın, ondan 1,4 W_p qədər çox olmayan qrunntlar üçün 0,3-0,5 MPa, az sıxlıqlı və çox nəm qrunntlar üçün isə 0,1-0,3 MPa hüdudunda olur. Ştamp üzərinə pillə-pillə artırılan yükün hər pillədə miqdarı da qrunntun xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla müəyyən edilir. Misal olaraq ilkin üç-dörd pillədə yük artımının hər bir pillədə miqdarı sıx qumlu, bərk və bərk-plastik gilli qrunntlarda 0,10 MPa, orta sıxlıqlı qumlu, yumşaq plastik gilli qrunntlarda 0,05 MPa, yumşaq qumlu və axıcı-plastik gilli qrunntlarda 0,02 MPa hüdudunda olur. Sonrakı pillələrdə yük artımı ilkin yük artımının yarısı qədər götürülür.

Qrunnt üzərinə ötürülən yükədən yaranan çökmə deformasiyasını qeydə almaq üçün ölçmə dəqiqliyi 0,01-0,005 mm olan 2 ədəd saat tipli indikatorlardan istifadə edilir. Qruntda baş verən çökmə deformasiyasını düzgün qeydə almaq üçün indikatorlar ştampın sağ və sol tərəfində tərpənməz şəkildə bərkidilməlidir.

Qrunntun yükləmə qabiliyyətinin təcrübi olaraq təyini zamanı qrunnt üzərinə ştamp vasitəsi ilə ötürülən yük həddi-böhran vəziyyəti yaranadək artırılır. Bu zaman həddi-böhran vəziyyətinin yaranması ştamp ətrafında çatların yaranmasına və yaxud qrunntun səthdən qabarmasına, qruntda 1 sutkadan az olmayaraq davam edən sabit sürətli deformasiyanın əmələ gəlməsinə, yükün cüzi artırılması zamanı çökmənin kəskin artmasına (əvvəlki çökməyə nəzərən 5 dəfə və daha çox) görə müəyyən edilir.

Qrunntun yüksüzləşdirilməsi də pillə-pillə aparılır. Yükün hər pilləsi götürüldükdən sonra 1 saat ərzində qrunntun yüksüzləşməsi prosesi üzərində müşahidə aparılır. Təcrübi



Şəkil 4.16. Təsir edən yükədən asılı olaraq ştampın çökməsi qrafiki (S=f(P)).
1-qrunntun sıxlaşması üstünlük təşkil edən faza; 2-qruntda nəzərə alınacaq sürüşmə və dağılma hiss edilən faza; 3-qruntda sürüşmənin inkişafı fazası-onun tam dağılması.

(sınaq) yüklərin nəticələri əsasında çökmə ilə təsir edən yük arasında qrafiki asılılıq ($S=f(P)$) qurulur (şəkil 4.16).

Mütənasiblik həddi daxilində çökmə deformasiyası ilə yük arasında riyazi asılılıq aşağıdakı kimi olur:

$$S=c \cdot (P-P_0), \quad (4.44)$$

burada S -şampın çökməsi; P - şampa ötürülən xüsusi yük; P_0 – başlanğıc sıxlaşma təziqi ($S=f(P)$ düz xəttinin absis oxu ilə kəsişməsinə uyğun təzyiq); c -mütənasiblik əmsalı.

Şamp üzərində təzyiq hidravlik domkrat vasitəsi ilə yaradılsa, o zaman monometrin göstərişi əsasında təzyiqin sabilliyi nəzarət altında saxlanılmalıdır. Qruntda çökmə baş verdiyi zaman domkratın silindrinə təzyiq azaldığına görə təzyiqin bərpası istiqamətində tədbir görülməlidir. Avtomatik domkratlardan istifadə zamanı buna ehtiyac qalmır. Ancaq domkratın silindrinə təzyiqin düşküsi germetikliyin pozulması ilə əlaqəli ola bilər. Hidravliki domkrat vasitəsi ilə yaradılan xüsusi təzyiq aşağıdakı düsturla hesablanır:

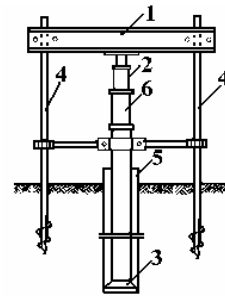
$$P_i = \frac{P_m \cdot F_s}{F_{st}}, \quad (4.45)$$

burada P_i -şampdan qrunta ötürülən xüsusi təzyiq, kQ/sm^2 ; P_m -manometrin göstərişi, kQ/sm^2 ; F_s - domkratın silindrinin porşeninin sahəsi, sm^2 ; F_{st} - şampın sahəsi, sm^2 .

Şampdan qrunta ötürülən təzyiqin hər artımından sonra şampın çökməsi üzərində müşahidələr qrunnun növündən asılı olaraq aşağıdakı kimi aprılır:

İlk birinci saat ərzində iri dənəli əlaqəsiz və qumlu qruntlarda hər 10 dəqiqədən bir, gilli qruntlarda 15 dəqiqədən bir, ikinci saatda isə hər 20 və 30 dəqiqədən bir ölçmə aparılmalıdır. Sonra isə hər saatdan bir çökmə deformasiyası nisbi sabilləşənədək müşahidə davam etdirilməlidir.

Qrafik üzrə çökməyə düzəliş (S_0) təyin edilir. S_0 -n təyini zamanı yüklənməmiş şampın təsirindən çökmə, qrunn səthinin



Şəkil 4.17. Quyuda statiki sınaq yükü ilə qrunnun sıxılmaya qarşı müqavimətinin təyini qurğusunun sxemi. 1-dayaq tiri; 2-dinamometr; 3-şamp; 4-vintlilik anker svay; 5-qoruyucu boru; 6-domkrat.

qeyri-hamar olması səbəbindən qrunnun əzilməsi nəzərə alınır. Çökmənin təcrübi qiymətində S_0 nəzərə alınaraq dəqiqləşdirmə aparılır.

Sınaqlar quyuda aparıldıqda (şəkil 4.17) ştanqın əzilməsinə görə düzəliş aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta = \frac{L \cdot P}{F \cdot E}, \quad (4.46)$$

burada L -ştanpa yükü ötürən ştanqın uzunluğu, sm; P -yükləmə platformasında təzyiq, N; F - ştanqın en kəsik sahəsi, sm²; E - ştanq materialının elastiklik modulu, MPa.

Qruntların deformasiya modulu dairəvi ştamplar üçün Büssineskin aşağıdakı düsturu ilə təyin edilə bilər:

$$E = (1 - \mu^2) \cdot \frac{P}{S \cdot d}, \quad (4.47)$$

burada E -qruntun deformasiya modulu, MPa; P -ştap üzərinə ötürülən tam təzyiq ($S=f(P)$ qrafikin düzxətli hissəsinə görə təyin edilir), N; d -dairəvi ştapın və yaxud düzbucaqlı və kvadrat şəkilli ştampların sahəsinə bərabər sahəli dairəvi ştapın diametri:

Ştapın sahəsi, sm ²	600	2500	5000	10000
Dairənin diametri, sm	27,7	56,2	79,8	112,6

S - qrunnt üzərinə ötürülən P təzyiqinə uyğun qrunnun son çökməsi, sm; μ - qrunnun yana genişlənmə (Puasson) əmsalı, onun qiyməti qayavari qruntlar üçün 0,15, yarımqayavarilər üçün 0,25, iri dənəli qrunnt qırıntıları üçün 0,27, qum və qumcalar üçün 0,30, gilçələr üçün 0,35, gillər üçün 0,42 qəbul olunur.

$S=f(P)$ qrafikində müxtəlif bucaq əmsalına malik hissələr olduqda qrunnun deformasiya modulunu aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$E = (1 - \mu^2) \cdot \frac{P_{n+1} - P_n}{(S_{n+1} - S_n) \cdot d}, \quad (4.48)$$

burada P_n və P_{n+1} -müvafiq hissədə başlanğıc və son təzyiq; S_n və S_{n+1} - müvafiq təzyiqlərə uyğun çökmə deformasiyaları.

Qrunnun deformasiya modulu Şleyxerə görə aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$E = (1 - \mu^2) \cdot \frac{\omega \cdot P \cdot \sqrt{F}}{S}, \quad (4.49)$$

burada F-şampın sahəsi; ω - şampın altının formasından asılı olan əmsaldır və cədvəl 4.4 üzrə müəyyən edilir. (4.49) düsturunda digər parametrlər müvafiq olaraq (4.47) düsturundakılarla eynidir.

Cədvəl 4.4

ω əmsalının qiyməti

Yüklənmiş sahənin forması	ω -nin qiyməti	Yüklənmiş sahənin forması	ω -nin qiyməti
Dairə	0,96		
Kvadrat	0,95	Düzbucaqlı-tərəflərinin nisbəti uyğun olaraq	
Düzbucaqlı-tərəflərinin nisbəti uyğun olaraq		10,0	0,71
1,5	0,94	50,0	0,45
2,0	0,92	100,0	0,37
5,0	0,82	1000,0	0,16

Qruntların deformasiya modulu NİİOSP tərəfindən təklif edilən aşağıdakı düsturla da hesablanı bilər:

$$E = a \cdot k \cdot \frac{P}{S}, \quad (4.50)$$

burada S-çökmə deformasiyası; a-quyuda və şurfda aparılan sınaqlar zamanı deformasiya fərqi nəzərə alan düzəliş əmsalı;

$$k = \frac{\sqrt{2\pi}}{2} \cdot \frac{(1-\mu^2)}{\sqrt{F}}; \quad F\text{-şampın sahəsi, sm}^2; a \text{ və } k \text{ əmsalları cədvəl 4.5 üzrə təyin edilə bilər.}$$

Cədvəl 4.5

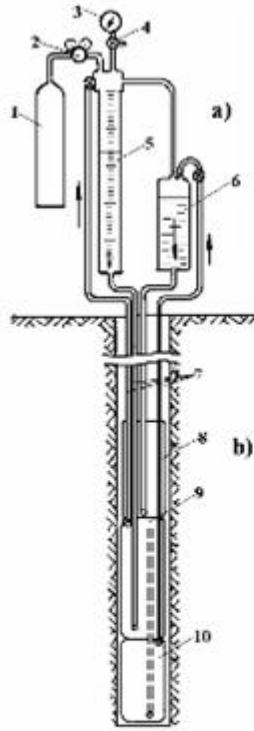
a və k əmsallarının qiyməti

Sınağın aparılma şəraiti və şampın ölçüləri	Qum		Gil	
	a	k	a	k
Sahəsi 5000 sm ² olan kvadrat şampli şurf	1,0	0,0115	1,0	0,0103
Sahəsi 600 sm ² olan dairəvi şampli quyularda	0,7	0,0331	0,7	0,2970

Qumlu-gilli və çınqıllı-gilli (çınqıl <30 % təşkil edən) qruntların quyularda deformasiya və möhkəmlik xassələrini təyin etmək üçün **pressiometriyadan** da istifadə edilir.

Pressiometriya quyularda quraşdırılmış pressiometr vasitəsi ilə aparılır (şəkil 4.18). Quyu divarına ötürülən təzyiq hesabına divarda yaranan çökmə deformasiyasının ölçülməsi ilə qrunnun müvafiq xassə göstəriciləri təyin edilir. Bunun üçün pressiometrin qurğusu quyuda tələb olunan dərinliyə salınır. Həmin qurğu bir-

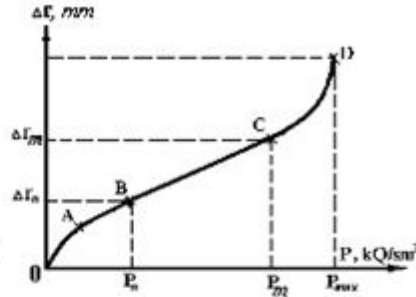
birindən elastik divarla ayrılmış 3 kameradan (1 işçi, 2 yardımçı kamera) ibarətdir.



Şəkil 4.18. Pressiometrin sxemi (L. Menar konstruksiyası).
a-ölçü cihazı; b-pressiometr; 1-qaz balonu; 2-reduktor; 3-monometr; 4-kran; 5-pressiometrin işçi kamerasında mayenin həcm artımını ölçmək üçün ölçü silindri; 6-başok; 7-rezin boru; 8-işçi kamera; 9-işçi kamera ətrafında bərabər gərginlik sahəsi yaratmaq üçün əlavə yükləyici kamera; 10-yardımçı kamera.

Sınağın aparılması zamanı qurğunun elastiki divarına təzyiq verilərək quyunun divarına ötürülür və qrunun deformasiyası ölçülür. Sürətli yükləmə sxemi ilə sınağın aparılması zamanı deformasiya 10 saniyədən bir, asta yükləmə sxemi üzrə sınaq zamanı isə deformasiya 1 dəqiqədən bir ölçülməklə, nisbi stabilləşmə baş verənədək davam etdirilir.

Qrunun yüklənməsi pillərlə aparılır və qrunun konsistensiyası nəzərə alınmaqla pillələr üzrə yük artımı cədvəl 4.6 əsasında təyin edilir.



Şəkil 4.19. Pressiometrlə sınaq zamanı təsir edən təzyiqdən asılı olaraq qrunun deformasiyası. OA-pressiometrin kamerasının quyunun divarlarına toxunana-dək genişlənməsi; AB-quyu divarının qeyri-hamar çıxıntılarınun sıxılması; BC-yana təzyiqə qrunun sıxlaşması (sıxlaşma fazası); CD-qruntda sürüşmənin inkişafı fazası; $\Delta \epsilon_r$ və ϵ_r təzyiq ilə deformasiya arasında mütənasiblik gözlənilən anadək, müvafiq olaraq quyunun radiusunun və təzyiqin artımı.

Qrunta ötürülən təzyiq pillələrinin sayı 6-8-dən az olmamalı, sonuncu təzyiq artımı (deformasiya artımı sıçrayışlı olduqdan sonra) əvvəlki təzyiq artımından 25-50 % az olmalıdır.

Cədvəl 4.6

Qruntun konsistensiyasından asılı olaraq təzyiq artımı

Qruntun konsistensiyası	Konsistensiya göstəricisi	Təzyiqin pillə-pillə artımı, MPa
Yumşaq və axıcı-plastik	$1 > I_L > 0,5$	0,025-0,05
Yarım bərk və bərk-plastik	$0,5 > I_L > 0$	0,05-0,1
Bərk	$I_L < 0$	0,1-0,2

Sınağın nəticələri əsasında çökmə deformasiyası ilə təzyiq arasında olan asılılığın qrafiki qurulur (şəkil 4.19). Qruntun deformasiya modulunun təyini üçün təklif edilmiş Lyame düsturu aşağıdakı kimidir:

$$E = (1 + \mu) \cdot r_o \cdot \frac{dP}{dr}, \quad (4.51)$$

burada dP -mütənasib deformasiya hissəsində təzyiq artımı; dr -təzyiq artımına müvafiq radial deformasiya artımı; r_o -quyunun ilkin radiusu; μ -Puasson əmsalı.

Pressiometrlə qrunut üzərində sınaq aparıldığı zaman, radial istiqamətdə yaranan deformasiya işçi mayenin həcm artımına (ΔV) görə hesablanaraq müəyyən edildiyi halda, qrunutun deformasiya modulunu aşağıdakı düsturla hesablamaq əlverişlidir:

$$E = (1 + \mu) \cdot \lambda \cdot \frac{\Delta P}{\Delta V}, \quad (4.52)$$

burada λ -cihazın qədərnlənməsi zamanı təyin olunan, qurğu üçün sabit; ΔV -qurğunun kamerasında işçi mayenin həcm artımı.

Qruntun möhkəmlik göstəriciləri S.L.Korenova tərəfindən təklif edilən aşağıdakı təqribi düsturla təyin edilə bilər: 5 m-dən dərin olduqda;

$$\left. \begin{aligned} C &= \left(\frac{P_t}{P_e} - 1 \right) \cdot P_{m\ddot{a}i\ddot{s}} \cdot tg \varphi, \\ \varphi + ctg \varphi &= \pi \cdot \left(\frac{P_{m\ddot{a}i\ddot{s}}}{P_e} + 0,5 \right) \end{aligned} \right\}, \quad (4.53)$$

5 m-dən az dərinlikdə;

$$\frac{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}{\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \pi} = \frac{P_{\text{məiş.}}}{P_e}, \quad (4.54)$$

burada C -qruntun ilişkənliliyi, MPa; φ -daxili sürtünmə bucağı, dərəcə; $P_{\text{məiş.}}$ -təbii təzyiq, MPa; P_e -mütənasiblik həddi, MPa; P_t -möhkəmlik həddi, MPa.

Ümumi deformasiya modulunun çöl tədqiqatları ilə aparılmış sınaq zamanı təyin edilmiş qiyməti laboratoriya tədqiqatlarına nəzərən həqiqətə daha yaxın olur. Ancaq çöl tədqiqatlarının aparılması böyük zəhmət və vəsait tələb etdiyindən, əksər hallarda laboratoriya tədqiqatlarına üstünlük verilir. Bu halda təyin edilmiş laboratoriya nəticələrinin həqiqətə uyğunluğunun təmin edilməsi üçün deformasiya modulunun həmin qiymətlərini qrunտun növündən asılı olaraq müəyyən edilən m əmsalına vurmaq lazım gəlir. Həmin əmsal qrunտun növü nəzərə alınaraq cədvəl 4.7 üzrə təyin edilə bilər.

Cədvəl 4.7

Müxtəlif növ qrunտlar üçün m əmsalının qiyməti

Qrunտların növləri	Qrunտların məsaməlilik əmsallarının (ϵ) müxtəlif qiymətlərində m əmsalının qiyməti						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Qum	4,0	3,6	3,2	3,0	2,0	-	-
Gilli qum	4,0	4,0	3,5	3,0	2,0	-	-
Qumlu gil	5,0	5,0	4,5	4,0	3,0	2,5	2,0
Gil	-	-	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5

4.5.2. QRUNTLARIN SÜRÜŞMƏYƏ QARŞI MÜQAVİMƏTİNİN ÇÖL ŞƏRAİTİNDƏ TƏDQIQI METODLARI

Qrunտların sürüşməyə qarşı müqavimətinin çöl şəraitində tədqiqi üçün müxtəlif metodlar mövcuddur. Onlardan müstəvi sürüşmə metodunu, fırlanan kəsmə metodunu, dağ qazmalarında təbii vəziyyətdə saxlanılmış bütöv qrunտ nümunələrini yük altında basaraq əzmə və sıxaraq parçalama metodunu, dairəvi kəsmə metodunu və s. misal göstərmək olar.

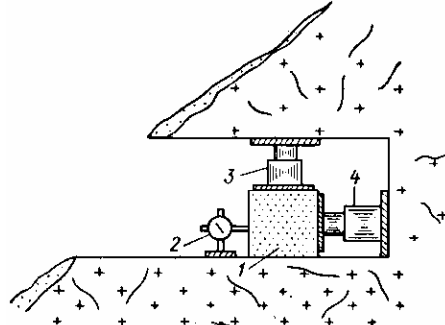
Müstəvi sürüşmə metodu. Bu metod əksər qruntların sürüşməyə qarşı möhkəmlik xüsusiyyətlərini təyin etməyə imkan verir. Müstəvi sürüşmə metodunun qayavari və yarımqayavari qruntlara tətbiqi onların qəlpələnməsi, yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlara tətbiqi isə onların bir hissəsinin digər hissəsi üzrə sürüşməsi şəklində baş verir.

Çöl tədqiqatları zamanı yeraltı dağ qazmalarında sınaqlar təbii şəraitdə saxlanılmış daha böyük ölçülü prizma və ya silindr şəkilli qrunut nümunələri və ya bloklar (monolitlər) üzrə aparılır (şəkil 4.20).

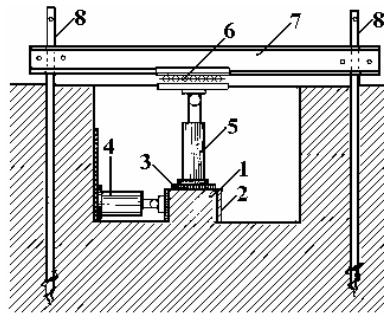
Qayavari və ya yarımqayavari qrunut bloklarının sürüşməyə qarşı müqavimətinin çöl şəraitində təyini qrunut təbəqələri, təbəqələrin, çatların və qırılmaların səthi üzrə və ya bütöv monolitlər üzrə aparıla bilər. Çöl tədqiqatlarından alınmış nəticələr laboratoriya nəticələrinə nisbətən daha dolğun olub, təbii şəraiti düzgün qiymətləndirir.

Qruntların sürüşməyə qarşı müqaviməti müxtəlif normal təzyiqlər altında üç qrunut nümunəsi üzrə aparılmış sınağın nəticələri əsasında təyin edilir. Sınaqlar adətən qrunut nümunələrinin əvvəlcədən tam sıxlaşdırılmasından (konsolidasiya başa çatdıqdan) sonra asta sürüşdürülməsi sxemi üzrə aparılır.

Çöl şəraitində qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini məqsədi ilə sınaqlar müxtəlif dağ qazmalarında (şurf, çala, quyu və sair) aparılır (şəkil 4.21). Sürüşdü-



Şəkil 4.20 . Yeraltı dağ qazmalarında qruntların sürüşməyə qarşı müqaviməti sınağının aparılma sxemi. 1- beton blok-ştamp; 2-sürüşmə deformasiyasını ölçmək üçün saat tipli indikator; 3-normal sıxıcı təzyiq yaratmaq üçün hidravliki domkrat; 4-üfqi sürüşdürücü təzyiq yaratmaq üçün hidravliki domkrat.



Şəkil 4.21. Şurfda saxlanılmış bütöv qrunut monolitinin sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini sxemi. 1-bütöv qrunut; 2-oboyma (halqa); 3-ştamp; 4-dinamometrli horizontal domkrat; 5-dinamometrli şaquli domkrat; 6-müstəvi şarık oboyması; 7-dayaq tiri; 8-vintlı svay.

rücü təzyiq nümunələrə pillə-pillə artırılır və hər pillədə təzyiq artımı normal təzyiqin 0,1 hissəsini təşkil edir. Əvvəlki yükün təsirindən baş verən deformasiya nisbi stabilləşdikdən sonra sürüşdürücü təzyiq müvafiq təzyiq artımı qədər artırılır. Sürüşdürücü təzyiqin artırılması qruntda kəsilmə baş verənədək davam etdirilir. Nümunələrdə yaranan sürüşmə deformasiyası saat tipli indikator (ölçmə 0,01-0,005 mm dəqiqliyədək olan) vasitəsi ilə 3 dəqiqədən bir qeydə alınır. Hər pillədəki yük artımına uyğun sürüşmə deformasiyası o zaman nisbi stabilləşmiş hesab edilir ki, yük artımından 2 dəqiqə sonra 1 dəqiqə ərzində sürüşmə deformasiyasının artımı 0,01 mm-dən böyük olmasın.

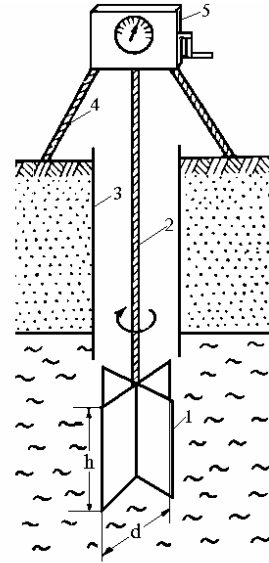
Qrunt nümunəsinin sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini üzrə çöl sınağı zamanı təzyiq hidravliki domkrat vasitəsi ilə yaradıldıqda monometrin və ya dinamometrin göstərişi müşahidə altında olmalıdır. Qruntun sürüşməsi zamanı sürüşdürücü təzyiq azaldığından domkratda təzyiqi lazım olan həddə qədər artırmaq lazımdır. Təsir edən normal təzyiqin hər bir pilləsində qruntda sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini üzrə sınaq o zaman başa çatmış hesab edilir ki, monolitdə mütləq sürüşmə deformasiyası 2-4 sm-ə çatsın və yaxud fasiləsiz (kəsilməz) sürüşmə yaransın. Sınağın sonunda hər bir kəsilmiş monolitə (müxtəlif normal təzyiq altında) sürüşmə zonasından müvafiq laboratoriya tədqiqatları üçün nümunələr götürülür. Sürüşmə səthlərinin forması, xarakteri təcrübə jurnalında yazı və ya qrafiki təsvir edilir.

Hər bir normal təzyiq altında qruntda sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini üzrə aparılmış çöl sınaqlarının nəticələri əsasında normal təzyiqlə sürüşdürücü təzyiq arasında asılılığın ($\tau=f(p)$) qrafiki qurulur. Həmin qrafik əsasında qruntda daxili sürtünmə bucağı (φ , dərəcə) və əlaqəli qruntlarda ilişkənlik (C , kQ/sm²) aşağıdakı düsturlarla təyin edilir:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{\tau_2 - \tau_1}{P_2 - P_1}; \\ C &= \tau_1 - P_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi = \tau_2 - P_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \end{aligned} \right\}, \quad (4.55)$$

Qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin quyularda fırladıcı kəsmə metodu ilə tədqiqi. Bəzi qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin müstəvi sürüşmə metodu ilə təyini bəzən ya böyük çətinliklə yerinə yetirilir, ya da heç mümkün olmur. Belə qruntlara

dəyanətsiz konsistensiyalı yumşaq gilli qruntları, incə və xərdadənəli-sulu-az sıxlıqlı qumları, torfları, humuslaşmış və torflu, zəif möhkəmlikli, qumlu və gilli qruntları, lilləri və s. yumşaq qruntları aid etmək olar. Bu qruntlardan laboratoriya şəraitində onların sürüşməyə qarşı müqavimətlərini təyin etmək məqsədi ilə qrunnt nümunələri götürmək çətinlik törədir, bəzən isə mümkün olmur. Ona görə də, onların sürüşməyə qarşı müqavimətinin tədqiqi çox vaxt quyularda pərli cihazların tətbiqi ilə aparılır (şəkil 4.22).



Şəkil 4.22. Pərli cihaz vasitəsi ilə quyuda qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini sxemi. 1-pərli cihaz; 2-ştanq; 3-qoruyucu boru; 4-dayaqlar; 5-pərlərin fırlanması üçün ötürücü ölçü cihazı.

Bu metod vaxtı ilə ilk dəfə İsveçdə, sonra Kanadada tətbiq edilmişdir və **Vane test** metodu adı ilə məşhurdur. Keçmiş SSRİ-də də zəif möhkəmlikli qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin tədqiqində pərli cihazlardan istifadə etməklə bu metod geniş şəkildə tətbiq edilmişdir.

Metodun mahiyyəti dörd pərli cihazın qrunta batırılmış pərlərinin silindrik səth üzrə fırladılması üçün lazım olan maksimal fırladıcı qüvvə momentinin ölçülməsindən ibarətdir. Ona görə də, bu metod fırladıcı kəsmə metodu adlandırılır. Cihazın yumşaq qrunta batırılmış pərləri qüvvə momentinin təsiri altında fırladılarkən qrunnt hündürlüyü h və diametri d olan silindrik səth üzrə kəsilir. Bu zaman qrunntun sürüşməyə qarşı müqaviməti (toxunan gərginlik) aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{K}, \quad (4.56)$$

burada τ -sürüşməyə qarşı qrunntun müqaviməti, kQ/sm^2 ; $M_{\max}$ -fırladıcı qüvvənin maksimal momenti, $kQ \cdot sm$; K -pərlərin hündürlüyü (h) və diametrindən (d) asılı olan sabit, sm^3 .

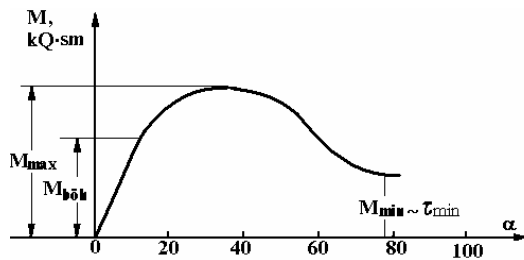
$$K = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{2} \cdot \left(1 + \frac{d}{3h}\right), \quad (4.57)$$

burada $\pi=3,14$.

Bu metodla qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin təyini zamanı daxili sürtünmə bucağını (φ) və ilişkənliliyi (c) təyin etmək mümkün olmur. Ancaq yumşaq gilli qruntlarda sürüşməyə qarşı müqavimət ilişmə qüvvəsi (daxili sürtünmə bucağı çox kiçik olduğundan) hesabına, qumlu qruntlarda isə ilişkənlilik sıfıra yaxın olduğundan daxili sürtünmə hesabına yaranır.

Fırladıcı kəsmə metodu ilə sürüşməyə qarşı qrunnun müqavimətinin təyini zamanı cihazın pərləri fırlanmağa başladıqca fırladıcı qüvvənin momenti tədricən artaraq, qrunnun təbii şəraitdə sürüşməyə qarşı müqavimətinin maksimal həddində maksimal qiymət alır (şəkil 4.23).

Cihazın pərlərinin fırlanması silindrik səth üzrə baş verir. Əgər həmin səth üzrə yumşaq-əlaqəli qruntlarda (misal olaraq gilli qruntlarda) ilişmə qüvvəsi zəifləyərsə, fırladıcı qüvvə momenti minimal olar. Çünki qrunnun fırlanarkən bu halda sürüşməsi zəifləmiş silindrik səth üzrə baş verdiyindən kəsilməyə qarşı müqaviməti zəif olur.



Şəkil 4.23 . Pərlə cihaz vasitəsi ilə qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin quyuda tədqiqi zamanı pərlərin dönmə bucağından asılı olaraq fırladıcı momentin (M) dəyişmə qrafiki. $M_{böhl}$ -mütənasiblik həddinə uyğun fırladıcı moment; M_{max} -təbii şəraitdə qrunnun sürüşməyə qarşı maksimal müqavimətinə (τ_{max}) təqribən bərabər olan maksimal fırladıcı moment; M_{min} - qrunnun pozulmuş strukturda sürüşməyə qarşı müqavimətinə (τ_{min}) təqribən bərabər olan fırladıcı moment.

Ona görə də, gilli qruntların təbii şəraitdə vəziyyətinin dəyişkənliyə uğramasının və struktur rabitəsinin pozulmasının onların möhkəmliyinə təsirinin tədqiqi lazım olur. Bunun üçün qruntların həssaslığı qiymətləndirilir. Gilli qruntların həssaslıq meyarı (indeksi) kimi onların təbii şəraitdə malik olduqları möhkəmliyin strukturu pozulmuş halda malik olduqları möhkəmliyə nisbətindən istifadə edilir.

$$I_F = \frac{\tau_{max}}{\tau_{min}} = \frac{M_{max}}{M_{min}}, \quad (4.58)$$

burada I_F -gilli qruntların həssaslıq göstəricisi (indeksi); τ_{max} -təbii şəraitdə qrunnun sürüşməyə qarşı müqaviməti; τ_{min} - strukturu pozulmuş qrunnun sürüşməyə qarşı müqaviməti; M_{max} və M_{min} -fırladıcı qüvvə momentlərinin müvafiq olaraq maksimal və minimal qiyməti.

K.Tertsagi və R.Pek (1958) əksər gilli qruntlarda $I_F=2\div4$, həssas qruntlarda $I_F=4\div8$, çox həssas gillərdə isə 10 və 100-dək olduğunu qeyd etmişlər.

Q.K.Bondarik (1967) isə gilli qruntların təbii vəziyyətinin dəyişikliyə uğramasının onların möhkəmliyinə təsirini qiymətləndirmək üçün həssaslıq meyarına əks göstəricidən istifadə etməyi təklif etmişdir.

$$I_s = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}}, \quad (4.59)$$

burada I_s -qrunzun struktur möhkəmliyi göstəricisi, digər göstəricilər isə həssaslıq meyarındakı göstəricilərlə eynidir.

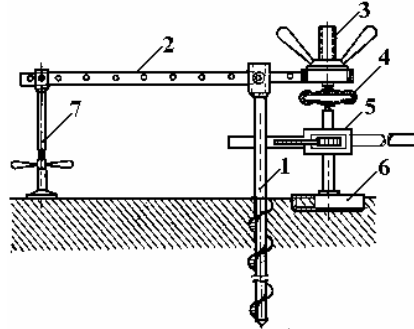
Struktur möhkəmliyinə görə gilli qruntlar 4 qrupa ayrılırlar:

1. Çox kiçik struktur möhkəmlikli - $I_s=1$;
2. Kiçik struktur möhkəmlikli - $I_s=0,5\div1$;
3. Orta struktur möhkəmlikli - $I_s=0,2\div0,5$;
4. Yüksək struktur möhkəmlikli - $I_s=0\div0,2$.

Fırladıcı kəsmə metodunun tətbiqi zamanı pərlərin dönmə bucağı (α) ştanqın deformasiyasına (xüsusi ilə ştanqın uzunluğu 15 m-dən çox olduqda) təsir edir. Bu amilin aradan qaldırılması üçün düzəliş ($\Delta\alpha$) cihazın dərəcələnməsində nəzərə alınmalıdır. 10-15 m dərinliyədək bu metodla zəif möhkəmlikli qruntların sürüşməyə qarşı müqaviməti lazımi dəqiqliklə (düzəliş etmədən) təyin edilə bilər.

Şurflarda və yer səthində bütöv qrunzun dairəvi kəsilmə metodu. Bu metod Q.K.Bondarik tərəfindən təklif edilmişdir. Metodun mahiyyəti qrunta batırılmış dönmə halqanın müxtəlif normal təzyiqlər altında və halqanın qruntsuz fırladılması zaman tələb olunan fırladıcı qüvvə momentlərinin təyininə əsaslanır.

Qrunzun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini üzrə sınaq aşağıdakı kimi aparılır (şəkil 4.24). Cihazın dayaq rolu oynayan ankeri qrunta daxil edilir. Bunun üçün ankerin vintvari hissəsi



Şəkil 4.24. VSEQİNQEO-nun universal dairəvi kəsmə qurğusu vasitəsi ilə qrunzun kəsilməyə qarşı müqavimətinin sınağı sxemi. 1-dayaq anker; 2-üfüqi dayaq tiri; 3-yük yaradıcı vint; 4-dinamometr; 5-dinamometrli dönmə niçağı; 6-dönmə halqa, pər və yaxud kəsici halqa; 7-autrigger.

burularaq qrunta yerləşdirilir. Cihazın lingi (dayaq tiri) ankerə bərkidilərək yükəradıcı vasitədən istifadə edilməklə, dönücü halqa sınaq aparılacaq qrunta sıxılaraq daxil edilir. Dönən halqa üzərində P' normal təzyiqi yaratmaqla, halqa fırladılaraq onun daxilində olan qrunut kəsilir. Qrunutla birlikdə halqanın fırladılması üçün tələb olunan ümumi fırladıcı moment (M_0') qeyd edilir. Ümumi fırladıcı moment dairəvi səth üzrə qrunutun kəsilməsinə, dönən halqa ilə qrunut arasında yaranan sürtünməyə sərf olunur.

Qrunut kəsildikdən sonra dönücü halqanın qapağı açılır, içərisindəki qrunut boşaldılaraq qapağı örtülür. Halqa əvvəlki yuvasına yerləşdirilərək fırladılır və onun fırlanması üçün lazım olan (dönən halqanın xarici səthi ilə qrunut arasında yaranan sürtünməyə sərf olunan) fırladıcı moment (M_s) qeyd edilir. Yenidən həmin yerdə (əvvəlkinə yaxın) qrunutun kəsilməsi başqa şaquli təzyiq altında (P'') sınaqdan keçirilərək, ümumi fırladıcı moment (M_0'') qeyd edilir.

Normal (P' və P'') təzyiq altında dairəvi kəsilməyə sərf olunan qüvvə momentləri $M_d' = M_0' - M_s$ və $M_d'' = M_0'' - M_s$ riyazi ifadəsi əsasında hesablanır.

Qrunutun kəsilməyə qarşı müqavimət parametrləri aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{M_d'' \cdot P' - M_d' \cdot P''}{B \cdot (P' - P'')} \\ \operatorname{tg} \varphi &= \frac{A \cdot (M_d' - M_d'')}{d \cdot (P' - P'')} \end{aligned} \right\}, \quad (4.60)$$

burada M_d' və M_d'' - müvafiq olaraq P' və P'' normal təzyiqləri altında qrunutun dairəvi kəsilməsinə sərf olunan qüvvə momentləri;

B-dönən halqa sabiti olub, kövrək tipli kəsilmə zamanı $\frac{\pi \cdot d^3}{16}$ -ya,

plastik tipli kəsilmə zamanı isə $\frac{\pi \cdot d^3}{12}$ -yə bərabərdir; d-halqanın diametri; A-kövrək və kövrək-plastik tipli dağılmada 4-ə, plastik tipli dağılmada isə 3-ə bərabər olan əmsəldir.

4.5.3.DİNAMİKİ VƏ STATİKİ TƏSİRLİ ZONDLA TƏDQIQAT METODU

Bu metod dinamiki və statiki yükün təsiri ilə zondun iti ucluğunun qrunta daxil olması zamanı müxtəlif fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərə malik olan qruntların göstərdikləri müqavimətlərin müxtəlifliyinə əsaslanır. Bu metod qumlu-gilli qruntların tədqiqi zamanı tətbiq edilir.

Zondun iti ucluğunun (kəsici hissəsinin) qrunta batırılması üsulundan asılı olaraq bu metodun **dinamiki və statiki** təsirli zondla tədqiqat metodları fərqləndirilir. Dinamiki təsirli zondla tədqiqat zamanı zondun başlığına (zindanına) çəkil vasitəsi ilə vurulan zərbələr hesabına, statiki təsirli zondla tədqiqat zamanı isə zondun başlığına müxtəlif vasitələrlə ötürülən statiki yük hesabına onun iti ucluğu qrunta daxil edilir.

Dinamiki təsirli zondla tədqiqat metodu. Dinamiki zərbələrlə qrunta daxil edilən zonda qrunnun müqaviməti penetrasiyanın dinamiki müqaviməti adlandırılır. Onun qiyməti zondun qrunta vurulması zamanı onun ucluğuna qrunnun göstərdiyi müqavimətin və zondun səthi ilə qrun arasında yaranan sürtünmə qüvvəsinin cəmindən ibarətdir.

Penetrasiyanın dinamiki müqaviməti iki şəkildə ifadə edilir:

- a) nisbi qiymət-zondun vahid uzunluğunun qrunta daxil edilməsi üçün çəkicin standart zərbələrinin tələb olunan sayı (N);
- b) qrunta zərbə təsiri göstərən və qüvvə impulsu yaradan qüvvə (R).

Birinci halda penetrasiya göstəricisi kimi zondun qrunta 10 sm daxil olması üçün çəkicin lazım olan zərbələrinin sayından (N) istifadə edilir:

$$N=10 \frac{n}{s}, \quad (4.61)$$

burada n-zondun başlığına (zindanına) vurulan zərbələrin sayı; s- zərbələrin təsirindən zondun çökməsi.

Qrunn layının tədqiq edilmə dərinliyi artdıqca zondun ştanqının ağırlığı, zondla qrun arasında sürtünmə də artdığından N-nin qiymətinə düzəliş etməyə ehtiyac yaranır. (4.61) düsturuna müvafiq düzəliş edildikdən sonra, zərbələrin sayı aşağıdakı düsturla hesablanı bilər.

$$N_1 = 10 \cdot \frac{n}{s} \cdot \frac{1}{\alpha + \beta - 1}, \quad (4.62)$$

burada N_1 -zərbələrin dəqiqləşdirilmiş sayı; α -sürtünməyə düzəliş; β -dərindən asılı olaraq ağırlıq qüvvəsinin artmasına görə düzəliş (müvafiq sorğu kitablarındakı cədvəllərdən götürülür).

Müvafiq təlimat və sorğu kitablarında zərbələrin dəqiqləşdirilmiş sayının $N_1 = N \cdot k$ düsturu ilə hesablanması təklif edilmişdir. Düstura daxil olan k əmsalının (dərindən asılı olaraq ştanqın ağırlığını və sürtünmənin artmasını nəzərə alan əmsal) təyini üçün cədvəl və nomogram mövcuddur.

Penetrasiyanın dinamik müqavimət intensivliyi, yəni zondun ucluğunun vahid en kəsiyinə düşən qüvvə, **penetrasiyanın xüsusi dinamik müqaviməti** adlandırılır.

Qumlu-gilli qruntlar üçün penetrasiyanın xüsusi dinamik müqaviməti Q.K.Bondarik və İ.Voytsexovski tərəfindən təklif edilmiş aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$\omega = \frac{P_1 \cdot H}{\left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right) \pi \cdot r^2 \cdot S} + \frac{P_1 + P_2}{\pi \cdot r^2} - \frac{F}{\pi \cdot r^2}, \quad (4.63)$$

burada ω -penetrasiyanın xüsusi dinamik müqaviməti, MPa; P_1 -çəkic ağırlıq qüvvəsi, N; P_2 -zondun ağırlıq qüvvəsi, N; H -çəkic düşmə hündürlüyü, m; r -zondun en kəsiyi çevrəsinin radiusu, m; S -bir zərbədən zondun çökməsi, m; F -zondun yan səthi boyu sürtünmə, N (plastiki, gilli və su ilə doymuş qumlu qruntların tədqiqi zamanı nəzərə alınır).

Penetrasiyanın dinamik müqavimətinin hesablanması R.Xeyfeli, Q.Amberq və A.Moos tərəfindən təklif edilən aşağıdakı düstur ilə aparıla bilər:

$$R = \frac{n \cdot P \cdot H}{S} + (P + Q), \quad (4.64)$$

burada R -penetrasiyanın dinamik müqaviməti, MPa; P -çəkic ağırlıq qüvvəsi, N; H -çəkic düşmə hündürlüyü, m; Q -zondun ağırlıq qüvvəsi, N; n -zondun zindanına (başlığına) vurulan zərbələrin sayı; S -zərbədən zondun zindanının çökməsi, m.

Az dərinlik (7 m-dək) üzrə, sürtünmə olmadığı halda penetrasiyanın xüsusi dinamik müqavimətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$\omega = \frac{N}{10} \cdot \frac{P \cdot H}{F} \quad \text{və} \quad \omega = \frac{P \cdot H \cdot n}{F \cdot \Sigma S}, \text{ MPa}, \quad (4.65)$$

burada n-litoloji eynicinsli qruntların müəyyən dərinlik intervalının tədqiqi zamanı vurulan çəkil zərbələrinin sayı; ΣS -zondun zindanına vurulan n zərbədən onun çökməsinin cəmi; F-zondun ucluğunun en kəsiyinin sahəsi; H-çəkicin düşmə hündürlüyü; P-zondun və çəkicin ağırlıq qüvvəsi; N-zondun vahid uzunluğunun qrunta batması üçün lazım olan standart zərbələrin sayı.

Qruntların zondla tədqiq edilməsinin nəticələri zamanı nəticələr adətən qrafiki şəkildə ifadə olunur. Absis oxunda penetrasiyanın dinamik müqaviməti (N_1 , R və yaxud $\Sigma N_1(R)$) və yaxud penetrasiyanın xüsusi dinamik müqaviməti (ω), ordinat oxunda isə zondun qrunta batma dərinliyi göstərilir. Zondla tədqiq etmə üzrə aparılmış eksperiment nəticələri əsasında qurulmuş qrafiki təsvir (əyri və yaxud qırıq-qırıq xətt) həmin intervalda müqavimətin orta qiymətinə uyğun olub, **indikasiya xətti** adlandırılır.

Qumlu qruntların deformasiya modulunun bu metodla təyini zamanı aşağıdakı empirik düstur vasitəsi ilə deformasiya modulu hesablanıla bilər:

$$E = n \cdot \omega, \quad (4.66)$$

burada ω -penetrasiyanın xüsusi dinamik müqaviməti; n-ölçüsüz əmsal olub, cədvəl 4.8 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 4.8

Ölçüsüz əmsal (S.A.Şaşkova görə)

n-nin qiyməti	Qumlar
14-16	Təbii şəraitdə iri və orta irilikli, çınqıllı (nəmliyindən asılı olmayaraq)
10-12	Təbii şəraitdə xırda dənəli, az nəmlikli
6-8	Təbii şəraitdə xırda dənəli su ilə doymuş
8-10	Tozlu, az nəmlikli
5-6	Tozlu, çox nəm
3-4	Tozlu, su ilə doymuş

Bu metodla aparılmış tədqiqatların nəticələri əsasında qumlu qruntların xüsusiyyətlərinin tədqiqi üçün onların müxtəlif təsnifləndirilməsi mövcuddur və bu haqda ətraflı məlumat tikinti norma və qaydalarında, mühəndisi-geologiyaya aid sorğu

kitablarında verilmişdir. Misal olaraq, flüvioqlyasial müxtəlif dənəli qumlar üçün Q.K.Bondarik tərəfindən tərtib edilmiş təsnifat cədvəl 4.9-da öz əksini tapmışdır.

Statiki təsirli zondla tədqiq etmə metodu. Bu metod yumşaq əlaqəsiz qruntların xassə göstəricilərinin və litoloji kəsilişin təyini (müxtəlif təbəqələrə ayrılması) üçün tətbiq edilir. Zondun qrunta daxil olmasına qarşı qrunnun göstərdiyi müqavimət **penetrasiyanın ümumi müqaviməti** adlandırılır. Zondun ucluğunun daxil olmasına qarşı qrunnun reaksiya qüvvəsi hesabına yaranan müqaviməti isə **penetrasiyanın statiki müqaviməti** (Q) adlandırılır və o, penetrasiyanın ümumi müqavimətinin bir hissəsini təşkil edir. Ümumi müqavimətin digər hissəsi isə zondun ucluğunun qrunta daxil olması zamanı onun səthi ilə qrunn arasında yaranan sürtünmə hesabına formalaşır. Penetrasiyanın statiki müqaviməti nyutonla ifadə edilir. Penetrasiyanın statiki müqavimət intensivliyi, yəni zondun ucluğunun vahid en kəsik sahəsinə düşən qüvvə penetrasiyanın **xüsusi statiki müqaviməti** (q) adlandırılır və MPa ilə ifadə edilir.

Cədvəl 4.9

Zondun qrunta 10 sm batması üçün vurulan zərbələrin sayına görə müxtəlif dənəli flüvioqlyasial qumların təsnifləndirilməsi (Q.K.Bondarikə görə)

Qumun mütləq sıxlığı, q/sm ³	Xassə göstəricisi	Sıx	Orta sıxlıqlı	Dağınıq (yumşaq)
2,63	Zərbələrin sayı Məsaməlilik əmsalı	>9,2 <0,55	0,4÷9,2 0,55÷0,70	<0,40 >0,70
2,64	Zərbələrin sayı Məsaməlilik əmsalı	>9,4 <0,55	0,7÷9,4 0,55÷0,70	<0,70 >0,70
2,65	Zərbələrin sayı Məsaməlilik əmsalı	>9,6 <0,55	0,9÷9,6 0,55÷0,70	<0,9 >0,70

Qumların deformasiya modulunu bu metodla aparılmış sınaqların nəticələri əsasında hesablamaq üçün de-Beyerin empirik düsturundan istifadə etmək olar:

$$E=1,5 q, \quad (4.67)$$

burada q-penetrasiyanın xüsusi statiki müqavimətidir.

4.6. MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLARIN GEOFİZİKİ METODLARI

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda geniş istifadə edilən tədqiqat metodlarından biri kimi geofiziki tədqiqat metodlarını göstərmək olar. Geofiziki tədqiqat metodları ilə tədqiqatlar yer üzərində, quyularda, su akvatoriyalarının şelf zonasında, kosmik və aerokosmiki metodlardan istifadə etməklə, çöl və laboratoriya şəraitində nümunələr üzərində aparıla bilər.

Mühəndisi-geofizikanın əsas metodlarından olan elektrik kəşfiyyatı və seysmik kəşfiyyat metodları mühəndisi-geologiyada geniş şəkildə, qravimetriya və maqnit kəşfiyyatı metodları isə məhdud şəkildə tətbiq edirlər. Quyularda aparılan tədqiqat metodları məsələli mühitdə maye axınlarının dinamik parametrlərinin, qruntların vəziyyətinin və xassələrinin təyini zamanı tətbiq edirlər.

Tikinti ərazisinin geoloji quruluşunun öyrənilməsi. Tikinti aparılması nəzərdə tutulan sahədə geofiziki işlərin aparılması zamanı əsas məsələ ilkin olaraq geometrik modelin qurulmasıdır. Bunun üçün tədqiq olunan sahənin şaquli kəsilişinin öyrənilməsi zamanı dəyişən və sabit cərəyanlı **şaquli elektrik zondlamadan** (şaquli elektrik zondı ilə tədqiq etmə-ŞEZ) və sınaq dalğalar metodu (**SDM**) ilə seysmik kəşfiyyatdan istifadə edilir.

Mühəndisi-geoloji şəraitin daha geniş şəkildə öyrənilməsində istifadə olunan metodlardan biri olan **elektrik zondlama (zondla tədqiq etmə)** ilə tədqiqat metodunun mahiyyəti müxtəlif keçiriciliyə malik olan laylarda xüsusi elektrik müqavimətinin dəyişməsinin tədqiqinə əsaslanır. Belə ki bir layın sərhədindən digər laya keçərkən xüsusi elektrik müqaviməti dəyişir. Bu da layların sərhədlərinin yatma dərinliyinin təyininə imkan verir. Xüsusi elektrik müqavimətinin dəyişməsi ilə layların mühit üzrə izlənilməsi bu metodun köməyi ilə müəyyən olunur.

Elektrik keçirməyə görə ərazidə **3 şərait-adi və ya sadə, mürəkkəbləşmiş və mürəkkəb** mühit ayrılabilir.

Adi şəraitdə-tədqiq olunan ərazinin geoloji kəsilişində az maillikli yatıma malik 2-3 lay iştirak edir. Onların sərhədlərində elektrikkeçiricilik kəskin fərqlənir. Layların qalınlığı dərinlik artdıqca artır.

Mürəkkəbləşmiş şəraitdə-sahə üzrə xassələrinin dəyişməsinə görə ayrılan layların sayı 5-6-ya çatır. Bəzən ümumi qanunauyğunluqdan kənara çıxma baş verir, yəni layların sahə üzrə izlənilməsində qarışıqlıq yaranır.

Mürəkkəb şəraitdə isə geoloji kəsilişdə aydın şəkildə laylanma müşahidə edilmir. Müxtəlif litofasiyal dəyişiklik baş verdiyindən, tektonik pozulmalar müşahidə olunduğundan, bu kəşfiyyat metodunun köməyi ilə layların sərhədlərinin təyini çətinlik törədir. Elektrikkeçiriciliyə görə horizontlar mürəkkəb sərhədə malik geoloji elementlərdən (misal olaraq qum laylarında gil linzaları və yaxud gil laylarında qum linzaları və sair şəkildə) təşkil olunurlar. Elektrik parametrlərinin dəyişməsində aydın şəkildə anizotropluq və qradiyentlilik müşahidə edilir.

Elektrik zondlamasının nəticələrinin interpretasiyası zamanı nəzəri qrafiklərdən-paletkalardan istifadə edilir və tədqiqat zamanı alınmış nəticələr həmin paletkalar ilə müqayisə edilir. Ərazidə şaquli-litoloji kəsiliş məlumatlarına malik quyular (dayaq quyuları) olduqda və elektrik zondlamanın nəticələri müqayisə edildikdə təqribi xəta azalır. Bu metodun tətbiqi zamanı tədqiqat nəticələrinin kompüterlə işlənilməsi məqsədəuyğundur.

Geoloji xəritəalma zamanı zondlama işlərinin azaldılması üçün profilləmədən istifadə edilir. Bu metod kəskin fərqlənən ayrılma sərhədlərinin vəziyyətinin təyininə imkan verir. Ona görə də, bu metoddan tektonik pozulmaların və çatlı zonanın izlənilməsində, dördüncü dövr çöküntülərinin və ana süxurların planda xassə və vəziyyətlərinin dəyişməsi xarakteristikasının təyində istifadə edilir.

Sıman dalğalar metodu ilə seysmik kəşfiyyat öz elastiklik xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqlənən qruntların sərhədlərinin yatma dərinliyini təyin etməyə imkan verir. Seysmik dalğaların yayılma sürətinin artması müşahidə edilən sərhədlərin təyini bu metodla mümkündür. Seysmik dalğaların sınımasına görə **şiddətli və zəif sındıran lay sərhədləri** fərqləndirilir. Seysmik dalğaları şiddətli sındıran lay sərhədlərinə yumşaq qruntlar altında yatan qayavari qruntların tavanını, donuşluğun ərinti suları altında yatan donmuş qrunտun tavanını və yumşaq qruntların su ilə tam doyma zonasının sərhədini misal göstərmək olar. Şiddətli sındıran sərhədlər seysmik kəşfiyyat zamanı çox dəqiq şəkildə qeydə alınır və interpretasiya etibarlı olur.

Yumşaq qruntlarda isə seysmik dalğaların sınması zəif olur, müşahidələrin nəticələrinin interpretasiyası çətinliklə üzləşir, dəqiqlik səviyyəsi aşağı olur.

Sahəvi su obyektlərinin akvatoriyasında dib çöküntülərinin geoloji kəsilişinin öyrənilməsi zamanı **seysmoakustik müşahidələrdən** istifadə edilir. Müşahidələr kater və digər üzən obyektlərdə aparılır, müxtəlif sıxlıqlı qrunտ sərhədlərindən əks olunan akustik dalğaların qeydə alınmasına əsaslanır. Bu metodla lazımi dərinlikdə (on metrərlə) yerləşən nazik təbəqənin ayrılması, quruda və akvatoriyada tədqiqatların aparılması zamanı eyni vaxtda şaquli və üfüqi kəsilişlərin öyrənilməsi mümkün olur.

Hidrogeoloji şəraitin tədqiqi. Mühəndisi-hidrogeoloji tədqiqatların aparılması zamanı geofiziki metodlar qruntların sufiziki xassələrinin qiymətləndirilməsi, yeraltı suların yatım şəraitinin təyini, onların dinamikasının və minerallaşma dərəcəsinin öyrənilməsi üçün istifadə olunurlar.

Yeraltı suların yatım şəraiti elektrik və seysmik kəşfiyyat metodları ilə öyrənilir. Çatlı qayavari və yumşaq qruntlarda qrunտ sularının yatma dərinliyi elektrik zondlaması ilə, yəni xüsusi elektrik müqaviməti (ρ_k) və süni yaradılmış potensiallar (η_k) metodları ilə təyin edilir. Xüsusi elektrik müqaviməti su ilə doyma zonasında az, aerasiya zonasında isə çox olur. Bu isə ρ_k əyrisinin azalmasına görə su ilə doyma zonasının sərhədinin dərinliyini təyin etməyə imkan verir.

Süni yaradılmış potensial isə su ilə doyma zonasında çox, aerasiya zonasında az olur. Qrunտ sularının səviyyəsi η_k əyrisinin artmasına görə təyin edilir. Bu eyni ilə sınaq dalğalar metodu ilə (seysmik kəşfiyyat vasitəsi ilə) də təyin oluna bilər. Aerasiya və su ilə tam doyma zonalarının sərhədində (yumşaq çöküntülərdə) elastiki-uzununa dalğaların yayılma sürəti 1,3-1,4 dəfə artır, bu zaman eninə dalğaların yayılma sürəti demək olar ki, dəyişməz qalır. Bununla əlaqədar olaraq bir neçə metodun eyni zamanda tətbiqi ilə su ilə tam doyma və aerasiya zonaları arasındakı sərhədi, aerasiya zonasının qalınlığını dəqiq təyin etmək olar.

Yeraltı suların dinamikasının öyrənilməsində elektrik kəşfiyyatı metodları və quyularda istifadə edilən geofiziki metodlar tətbiq edilir. Süzülmə mənşəli elektrik sahəsi üzərində

müşahidələr aparmaqla dayaz yerləşən yeraltı su axınlarını izləmək, intensiv infiltrasiya yerini və yeraltı suların boşalma zonalarını təyin etmək mümkündür. Çoxillik donuşluq zonalarında donuşluqaltı və donuşluqarası suların boşalma sahələrində yerüstü suların elektrik müqaviməti az olur.

Müxtəlif minerallaşma dərəcəsinə malik yeraltı suların elektrikkeçiriciliyi müxtəlif olduğundan, fərqli minerallaşma dərəcəsinə malik yeraltı suların sərhədləri elektrik zondlaması və profilləmə (profilin təyin edilməsi) ilə müəyyən edilir. Bu üsulla arid zonalarda minerallaşmış sularla əhatə olunmuş şirin su linzalarının təyini və dəniz sahillərində duzlu su sərhədinin xəritələşdirilməsi mümkün olur.

Geodinamiki hadisələrin geofiziki metodlarla tədqiqi. Geofiziki metodlar karst, sürüşmə və çoxillik donuşluğun tədqiqi zamanı geniş şəkildə tətbiq edilir.

Karstın tədqiqi zamanı geofiziki müşahidələr yer səthində, quyuda və karst boşluqlarında aparıla bilər. Karstlaşmaya məruz qalmış qruntlar öz fiziki xassələrinə görə ətraf qruntlardan fərqlənirlər. Geofiziki metodlarla tədqiqat zamanı praktiki olaraq maraq doğuran əlamət onların xüsusi elektrikkeçiriciliyinin, sıxlığının və seysmik uzununa dalğaların karstlaşmış qruntlarda yayılma sürətinin fərqli olmasıdır.

Karstlaşmış və dəyişikliyə uğramamış qruntlarda fiziki parametrlərin fərqliliyi onların sahə üzrə yayılma həddlərini və yatım şəraitini təyin etməyə imkan verir.

Yer səthi ilə əlaqəli karst boşluqları su, hava və kontinental mənşəli, müxtəlif ölçülü qrunnt hissəcikləri ilə dola bilər. Bu halda geofiziki metodlarla tədqiqat zamanı aparılan ölçmənin nəticələri boşluğu doldurucunun fiziki xassələrinə müvafiq olur. Ona görə də, boşluğun bu halda xassə göstəriciləri çox geniş intervalda dəyişir. Bununla əlaqədar olaraq geofiziki metodlarla karst boşluqlarının bu halda təyini çətinləşir. Aerasiya zonasında hava, quru qum və buz yüksək elektrik müqaviməti, su ilə doyma zonasında isə boşluğu doldurucu alçaq elektrik müqaviməti ilə səciyyələnir. Seysmik uzununa dalğaların yayılma sürəti həm aerasiya, həm də su ilə doyma zonalarının karst boşluqlarını doldurucularda, ətraf qruntlara nisbətən, aşağı olur.

Karst boşluqlarının fiziki sahələrlə tədqiqinin dəqiqliyi əsasən üç amillə müəyyən olunur: 1) karst boşluğunu doldurucu ilə

ətrafdakı qruntların fiziki xassələrinin fərqliliyi; 2) karst boşluğunun ölçüsü və yatma dərinliyi; 3) öyrənilən qrunտ həcmində karst boşluğunun həcmi və forması.

Karst boşluğunun öyrənilməsində elektrik kəşfiyyatı (zondlama və profilləmə) daha yaxşı nəticə verir. Karst boşluğunun mərkəzinin yer səthindən dərinliyi boşluğun diametrinin iki mislindən böyük olmadıqda, izometrik karst boşluqlarının ən əlverişli müqavimətləri nisbəti müşahidə edilir. Profilləmə ilə tədqiqatın imkanları karst boşluğu geniş ərazidə təzahür etdikdə artır. Bu halda anomallığın aşkara çıxarılmasına şərait yaranır.

Çatlı karstlaşmış qruntların izlənilməsi dairəvi zondlamanın köməyi ilə profilin çıxarılması zamanı mümkün olur. Bu halda alınmış polyar diaqramın böyük oxu dik yatımlı çatlı zonaya aid mühitin anizotropluğunun uzanma istiqamətini göstərir.

Sürüşmələrin geofiziki metodlarla tədqiqi sürüşmüş kütlənin və ana süxurların fiziki xassələrinin fərqliliyinə əsasən aparılır. Belə ki sürüşmüş kütlədə və ana süxurda xüsusi elektrik müqaviməti, uzununa və eninə dalğaların yayılma sürətləri, ana süxurlarda uzununa və eninə dalğaların sönməsinin effektiv əmsalı dəyişir. Ona görə də, sürüşmələrin tədqiqində, sürüşən qrunտ kütləsinin xəritəyə alınmasında və sürüşmə səthinin təyin edilməsində seysmik və elektrik kəşfiyyatından istifadə edilir.

Sürüşmə yamaclarında yerini dəyişmiş kütlələrin strukturu pozulduğundan, dəyişikliyə məruz qaldığından həmin qruntlarda uzununa və eninə elastiki dalğaların hərəkət sürəti ana süxurlardakı hərəkət sürətindən fərqlənir. Bununla əlaqədar olaraq sürüşmə səthi və yaxud sürüşən kütlə ilə ana süxur arasındakı sərhəd seysmik kəşfiyyat metodu ilə təyin oluna bilər.

Sürüşmə yamaclarında su ilə doymanın təsirinin tədqiqi zamanı ümumi halda qrunտ sularının səviyyəsinin, litoloji kəsiliş gilli qruntlardan təşkil olunduqda isə qruntların mövsumi olaraq nəmlənmə səviyyəsinin təyini lazım gəlir. Bu halda geofiziki metodlardan kompleks şəkildə istifadə edilir. Qrunտ sularının səviyyəsinin təyində seysmik kəşfiyyatdan sınaq dalğalar metodu və elektrik kəşfiyyatından isə şaquli elektrik zondlaması daha effektiv olur. Nəmliyin sürüşmə sahəsi üzrə paylanma xüsusiyyətlərinin təyini zamanı isə xüsusi elektrik müqaviməti, təbii potensiallar və yarımkeçirici termoburlardan istifadə etməklə

termometriya metodlarının tətbiqi faydalı olur. Sürüşmə deformasiyası inkişaf edən sahələr hüdudunda qrunut sularının boşalma sahəsi, bəzən süzülmanın elektrik potensialının intensivliyinin artmasına görə təyin edilir.

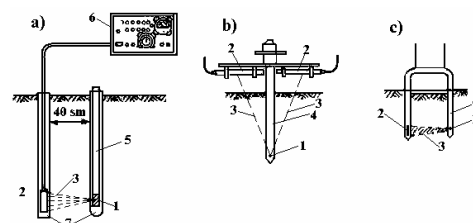
Sürüşmə prosesinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq qrunutların fiziki-mexaniki xassələrində dəyişiklik yarandığından, sürüşmə prosesinin inkişafını və onun xarakterini qrunutun xassələrində baş verən dəyişikliyi tədqiq etməklə təyin etmək olar. Bunun üçün tədqiq olunan yamacda elastiki dalğaların sürətini və sönmə əmsalını sürüşmə deformasiyasının hələ kiçik dəyişikliyi halında ölçmək lazımdır.

Sürüşmə prosesinin sürətini qazıma quyularında yerləşdirilmiş maqnit reperlərinin vəziyyətinin dəyişməsini izləməklə də tədqiq etmək olar. Bunun üçün yer səthindən 10 m-dək dərinlikdə yerləşdirilmiş maqnit reperlərinin 10-15 sm-dən çox yerdəyişməsi qeydə alınır, mikromaqnit planılması aparılır.

Tədqiqatın radioizotop və penetrasiya-karotaj metodları. Nüvə metodları praktikada müxtəlif mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılmasında geniş şəkildə tətbiq olunur. Xüsusi ilə dərinlik üzrə layların litoloji kəsilişinin öyrənilməsində, qrunutların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin, petroqrafik və mineraloji tərkibinin təyini zamanı tətbiq edilir. Mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması zamanı nüvə və penetrasiya metodları birgə tətbiq edilməklə, kompleks tədqiqat aparılır.

Nüvə metodları müxtəlif radioaktiv şüaların **udulması və səpəlməsi, müxtəlif kimyəvi element izotoplarının miqdarının qeydə alınması («nişanlanmış» atom metodu)** metodlarından ibarətdirlər.

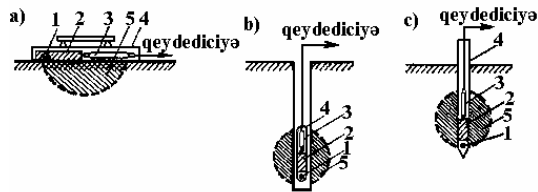
Qamma şüalarının udulması və səpəlməsi metodu. Qamma şüalarının udulması və səpəlməsi (əks olunması) metodlarının hər biri 3 şəkildə (cihazın modifikasiyasından asılı olaraq) tətbiq oluna bilər (şəkil 4.25 və şəkil 4.26). Bu metodların mahiyyəti ondan ibarətdir ki, γ -şüasının mühitdə əks olunması, keçməsi və qruntda udulması mühitin sıxlığından



Şəkil 4.25. Qamma şüalarının udulması metodu ilə qrunutun təbii şəraitdə sıxlığının təyini sxemi: a) -iki paralel qazılmış quyuda qrunut təbəqəsinin üfüqi istiqamətdə şüalanması ilə; b) -yerüstü təbəqənin şaquli istiqamətdə şüalanması ilə; c) -yerüstü təbəqənin çəngələbənzər zondlu vasitə ilə üfüqi istiqamətdə şüalanması; 1-qamma kvantlarının mənbəyi; 2-detektor; 3-qamma kvantları şüası; 4-çəngələbənzər zond; 5-şüalanma mənbəli ştanq; 6-radiometr; 7-quyu.

asıdır. Əks olunan və ya keçən şüalar siqnallarla qeydediciyə ötürülür. Qruntun keçən γ -şüası keçdiyi mühitdə gruntun sıxlığından asılı olaraq az və ya çox dərəcədə udulur. Udulmayan şüalar isə dedektor vasitəsi ilə siqnallar şəklində saygaca ötürülür. Vahid zamanda qəbul olunan siqnalların sayına görə gruntun sıxlığı təyin olunur. Zondun ölçüsündən, şüalanma enerjisindən, tədqiq olunan gruntun sıxlığından asılı olaraq hər bir cihazın tədqiqat imkanları mövcuddur. Misal olaraq gruntun 1q/sm^3 sıxlığındak γ -şüalarının udulması gruntun sıxlığına mütənasib olaraq artır. Sonradan isə inversiya (burada inversiya dedikdə ölçmənin əsaslandığı qanunauyğunluğun pozulması, çevrilməsi başa düşülür) baş verir. Ona görə də, böyük sıxlıqlı qruntların sıxlığını da dəqiqliklə ölçmək üçün zondun ölçüləri tənzimlənir, yəni inversiya həddindən yuxarı həddə ölçmələr aparılır və cihazın qədərilmə əyriləri (qrafikləri) tərtib edilir. Bu metodlardan birincisində γ - şüalarının udulma səviyyəsinə görə, ikincisində isə səpəlməsinə görə alınan siqnalların intensivliyinin qruntların sıxlığından asılı olaraq dəyişməsi müəyyən edilir.

γ - şüalarının udulması və səpəlməsi metodu ilə gruntun sıxlığının təyini zamanı dəqiqlik $0,01\text{ q/sm}^3$ və $0,03\text{ q/sm}^3$ hüdudunda olur. Sıxlıq çoxaldıqca 1q/sm^3 -dək (udulma) səpəlmə mütənasib artır. 1q/sm^3 -dək sıxlıqlı qruntların sıxlığını γ -şüalarının səpəlməsi ilə daha asan təyin etmək mümkündür. Praktikada mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda γ -şüalarının səpəlməsi metodu ilə qruntların təbii yatımda sıxlığının təyini də üç sxem üzrə aparılır (şəkil 4.26).



Şəkil 4.26. Qamma şüalarının səpəlməsi metodu ilə qruntların təbii yatımda sıxlığının ölçülməsi sxemi. Ölçmə: a)-səth sıxlıq ölçməsi ilə; b)-quyuda; c)-zondun qrunta vurulması ilə. 1-şüalanma mənbəyi; 2-ekran; 3-detektor; 4-zondun örtüyü; 5-ölçmə zonası.

$1,3\text{ q/sm}^3$ -dən böyük sıxlıqlı qruntlarda isə inversiya həddindən yuxarı həddə malik zondlardan istifadə olunmalıdır. Hər iki metodda gruntun sıxlığının təyini zamanı ölçmələrin dəqiqliyinə şüalanma mənbəyinin gücü, gruntun kimyəvi tərkibi, nəmliyi, zondun ölçüləri və kalibrilmə şəraiti və praktiki işlər zamanı mümkün olan səhvin qiymətləndirilməsi təsir edir.

Səpələnmiş neytron şüaları metodu. Bu metod qruntların nəmliyinin təyində tətbiq edilir və su iştirak edən mühitin təsirindən sürətlə hərəkət edən neytronların istilik enerjisinə qədər anomal yavaşmasının nəmliyin miqdarından funksional asılılığına əsaslanır. Neytronların qrunnt məsələlərində iştirak edən suyun hidrogen atomu ilə qarşılıqlı təsirinin parametrləri digər elementlərlə qarşılıqlı təsirinin parametrlərinə nisbətən çox yüksək olur. Qarşılıqlı təsirin parametrləri kimi istilik enerjisinə qədər neytronun yavaşması üçün lazım olan zərbələrin sayı, bir qarşılıqlı təsir aktının enerjisi və istilik neytronlarının səpələnmiş kəsiyi götürülür. Bəzi elementlər üçün istilik enerjili neytronların udulma kəsiyi yüksək olur. Müəyyən olunmuşdur ki, bəzi elementlər (bor, natrium, xlor, kalium, manqan, dəmir) istilik enerjili neytronları anomal udma qabiliyyətinə malikdirlər. Ona görə də, həmin elementlər iştirak edən qruntlarda səpələnmiş neytron şüalanması metodundan istifadə iki üsulla həyata keçirilir. Birinci üsul qrunnt tərkibində istilik neytronlarını anomal uducular iştirak etmədikdə tətbiq edilir və istilik neytronlarının qeydə alınmasına əsaslanır. İkinci üsul isə istilikdən yüksək enerjili neytronların qeydə alınmasına əsaslanır və şorlaşmış qruntlarda nəmliyin təyini zamanı tətbiq olunur.

Neytron şüalarının səpələnməsinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, şüalandırıcıdan qrunta daxil olan neytron şüaları həmin mühitdə iştirak edən ağır element atomlarının nüvələri ilə toqquşduqda səpilmə, yüngül element (misal olaraq hidrogen) atomlarının nüvələri ilə toqquşduqda isə sürətinin yavaşması, enerjisinin azalması baş verir. Sürətli neytronların ardıcıl olaraq dəfələrlə toqquşması nəticəsində onların enerjisinin azalması, istilik neytronlarına çevrilməsi, kimyəvi elementlərin atomu tərəfindən udulması baş verə bilər.

Sürətli neytronların su molekullarının hidrogen atomu ilə dəfələrlə qarşılıqlı təsirdə olması nəticəsində onlar hər dəfə porsiyalarla enerji itirərək yavaşyırlar, istilik enerjisi səviyyəsinə qədər öz sürətlərini azaldırlar. Beləliklə də, hidrogen atomu ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq öz sürətini yavaşıtmiş istilik üstü neytronların qeydə alınması ilə mühitdə iştirak edən suyun miqdarını təyin etmək mümkündür. Qruntların sıxlığının təyində istifadə edilən sıxlığın ölçülməsinin hər üç sxeminə uyğun şəkildə bu metodla da nəmliyin ölçülməsi aparıla bilər.

Radioaktiv karotaj metodları. Radioaktiv karotaj (RK) metodlarına **qamma karotaj (QK)**, **neytron karotaj (NK)**, **neytron-neytron karotaj (NNK)**, **qamma-qamma karotaj (QQK)** metodları aiddirlər. Bunların çoxlu modifikasiyalrı mövcuddur. Bu metodlardan istifadə etməklə, az vaxt sərf edərək, böyük dərinlik boyu litoloji kəsilişı, qruntların petroqrafik və mineraloji tərkibini, qruntların təbii yatımda sıxlığını və nəmliyini təyin etmək mümkündür.

Əvvəlki metodlardan karotaj metodunun fərqi odur ki, dərin quyularda qrunun sıxlığının və nəmliyinin təyini çox az vaxtda, az əmək sərf etməklə təyin edilir.

Qamma karotaj qruntların təbii radioaktivliyinin qeydə alınmasına əsaslanır. Qruntların tərkibində U^{235} , U^{238} , Th^{232} , K^{40} və onların parçalanma məhsulları iştirak edirlər. Bu elementlərin qrunun tərkibində miqdarı onların tipindən, mənşəyindən və kimyəvi tərkibindən asılıdır. Bundan istifadə edərək, qamma karotajın məlumatları əsasında dərinlik boyu laylar litoloji tərkibinə görə ayrılır. Misal olaraq, məlumdur ki, karbonatlı qruntlarda gil hissəciklərinin artması həmin qruntlarda torium və radiumun artması, həmçinin torium və kaliumun uran və radiuma olan nisbətlərinin də artması ilə müşayiət edilir. Qruntlarda olan radioaktiv elementlərin tərkibinin müxtəlifliyi gil minerallarının mineraloji tərkibi ilə əlaqədardır. Hidroslyudadan ibarət olan kaliumlu gillərdə radioaktivlik yüksək, toriumun urana nisbəti böyük olur. Kaolinitli gillər uranın miqdarının çox olması ilə fərqlənirlər.

Dördüncü dövr çöküntülərinə aid qumların radioaktivliyi onların tərkibində gil hissəciklərinin miqdarının artması ilə əlaqədardır. Çünki gillərin tərkibində torium və digər radioaktiv elementlər üstünlük təşkil edir.

Qamma-qamma karotaj. Metodun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, qazıma quyusunda hərəkət etdirilən karotaj zondunda yerləşdirilmiş şüalanma mənbəyindən şüalanan qamma kvantları qrunun tərəfindən səpələndikdən sonra qeydə alınır. Quyuda karotaj zonu hərəkət etdirilərkən müxtəlif sıxlığa malik olan qruntlara müvafiq olaraq sıxlığın (təbii yatımda sıxlığın) dərinlik boyu paylanması diaqramı alınır. Qrunun kimyəvi tərkibinin nəticələrə təsirinin qarşısının alınması məqsədi ilə qamma şüalanmanın detektoru qurğusun və ya kadmiumdan hazırlanmış ekranla əhatə

edilir. Bununla da qamma şüalarının yumşaq komponentləri udulmuş olur. Sıxlığın təyini üçün istifadə edilən karotaj zondunun optimal uzunluğu 40 sm təşkil edir.

QQK-nın nəticələrinə əsasən kəsilişdə qruntların petroqrafik tipinin (qumdaşı, əhəngdaşı, dolomit, gips, anhidrit) ayrılması tələb edildikdə, qruntların kimyəvi tərkibinə görə həssas, ətraf mühitin sıxlığına isə qeyri-həssas olan QQK-n selektiv modifikasiyası tətbiq edilir. Bu halda səpələnmiş yumşaq komponentlər qeydə alınır. Karotaj zondunun optimal uzunluğu 10-15 sm təşkil edir. Yumşaq qamma şüalanma mənbəyi kimi Sc-75 və yaxud Hg-203-dən istifadə edilir.

Bu metodla alınmış məlumatlar əsasında sıxlığın interpretasiyası zamanı tədqiqat nəticələrinə qruntlarda olan kavernalar təsir göstərir. Çünki kavernalar karotaj diaqramında müsbət siqnal verir və sıxlığın azalması ilə eyni olur. Bu halda nəticələrin dəqiqləşdirilməsi məqsədi ilə digər geofiziki metodlardan və ya kavernometriyanın əlavə məlumatlarından istifadə edilir.

Neytron-neutron karotaj. Metodun mahiyyəti litoloji kəsiliş boyu quyuda hərəkət etdirilən karotaj zondunda yerləşdirilmiş sürətli neytron mənbəyindən şüalanan sürətli neytronların qruntdan səpələnərkən qeydə alınmasından ibarətdir. NNK metodu ilə aparılmış karotaj nəticəsində quyunun dərinliyi boyu nəmliyin paylanması diaqramı, həmçinin neytronları anomal uducuların miqdarı diaqramı alınır. Neytronu anomal uducuların dərinlik boyu paylanmasının təyini məqsədi ilə inversion karotaj zondundan istifadə edilir. Belə zondların optimal uzunluğu 10-15 sm təşkil edir.

Quyuda qazıma məhlulu olduqda inversiyadan yüksək karotaj zondundan istifadə edilir. Belə karotaj zondlarının optimal uzunluğu 50 sm təşkil edir.

Qeydə alınan şüalanmanın növünə görə neytron karotajın **istilik- neytron, istiliküstü neytron və neytron-qamma karotaj** modifikasiyaları mövcuddur.

Neytron-qamma karotajın (NQK) mahiyyəti qruntu əmələ gətirən elementlərin yavaşımış neytronları udması zamanı onlardan ayrılan qamma şüalarının qeydə alınmasına əsaslanır. Eynicinsli mühitdə ayrılan qamma şüalarının miqdarı istilik neytronlarının sıxlığına mütənasibdir. İstilik neytronlarının sıxlığı

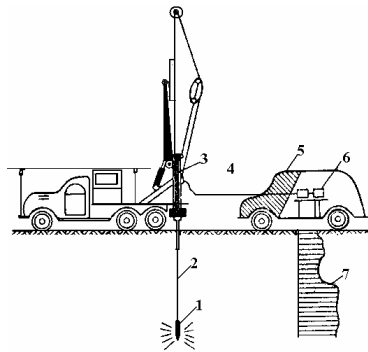
isə mühitin yavaşıtma xassəsindən (suyun miqdarından) asılıdır. Bu metod dərinlik üzrə nəmliyin differensiasiyası üçün tətbiq edilir və quyu şəraiti ona təsir etmir.

Penetrasiya-karotaj metodu. Geofiziki tədqiqat metodlarından biri də **penetrasiya-karotaj metodudur**. Bu metod stansiyalar vasitəsi ilə həyata keçirilir. Belə stansiyalar penetrasiya-karotaj stansiyaları (SPK) adlandırılır (şəkil 4.27). Bu metodun tətbiqi zamanı stansiya üzərində yerləşdirilmiş hidravliki avadanlıq vasitəsi ilə penetrasiya-karotaj zondunu qrunta daxil edilir.

Stansiya üzərində müxtəlif karotaj datçikləri (qeydediciləri), qrunzun zonda göstərdiyi müqaviməti ölçən qurğu quraşdırılmışdır. Zond qrunta vurulduqda, **qamma karotajın (QK)**, **qamma-qamma karotajın (QQK)**, **neytron-neytron karotajın (NNK)** datçikləri, penetrasiya müqavimətlərini ölçən qurğu işə salınır.

Stansiyanın zondunu qrunta vurularkən qrunz tərəfindən zonda göstərilən müqavimətə görə qrunzun müvafiq fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri zondla tədqiq etmə metoduna görə alınmış nəticələr əsasında və yaxud hesablama yolu ilə təyin olunur. Dərinlik boyu 1 neçə karotaj metodu vasitəsi ilə karotaj aparılır. Profil üzrə müxtəlif karotaj metodlarının nəticələri interperetasiya edilərək profil üzrə süxurların litoloji tərkibi, müvafiq fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri və s. təyin olunur.

Bu metodun üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, müxtəlif qazıma texnologiyasından istifadə olunmur, yəni qrunta birbaşa vurulmuş zond vasitəsi ilə müvafiq ölçmə işləri həyata keçirildiyindən təbii mühit daha düzgün şəkildə tədqiq olunur. Belə ki müxtəlif texnologiya ilə qazılmış quyularda qazıma istifadə olunan məhlullar (gil və digər qarışıqlar) quyu divarında müvafiq dəyişiklik yaratdığından, ölçmə aparıldıqda təbii şəraitdən müəyyən qədər fərqli şərait tədqiq olunmuş olur. Ona görə də,



Şəkil 4.27. Qrunzlarda penetrasiya-karotaj metodu ilə tədqiqatın prinsipial sxemi (V.I.Ferronskiyə görə). 1-zond; 2-ştanq; 3-zondun lazım olan dərinliyə vurmaq üçün qurğu; 4-informasiyanı ötürücü kabel; 5-hərəkət edən laboratoriya; 6-yerüstü qeydə edici cihazlar; 7-fasiləsiz diaqramlar şəklində yazılmış informasiya.

qazıma quyularında ölçmə aparılarkən əlavə tədqiqatların da aparılmasına ehtiyac yaranır.

Radioaktiv izotop indikatorları metodu. Müxtəlif kimyəvi elementlərin stabil atomları ilə bərabər onların davamlı izotopları da mövcuddur və izotoplar müvafiq müddətdə davamlı olub, öz xüsusiyyətlərini saxlayırlar. Bu izotoplardan yeraltı suların axım istiqamətinin, sürətinin, qruntlarda diffuziyanın və süzülmə əmsalının təyini zamanı istifadə edilir.

Bu metod eyni elementin radioaktiv və stabil izotoplarının müxtəlif proses və hadisələrin tədqiqi zamanı özlərini fiziki-kimyəvi cəhətdən praktiki olaraq eyni aparmalarına əsaslanır. Metodun mahiyyəti yerüstü və ya yeraltı su axınına daxil edilmiş kimyəvi elementin müvafiq izotopunun miqdarının zaman və məkan üzrə izlənməsinə əsaslanır. Ona görə də, bu izotoplar bəzən «**nişanlanmış**» **atom izotopları** da adlandırılır.

Bu metodun köməyi ilə məsul obyektlərin layihələndirilməsində, tikintisində və istismarında yeraltı suların axın sürətini, sərfini, axın istiqamətini, qidalanma və drenlənmə zonalarını, qruntların aktiv məsaməliliyini, diffuziya əmsalını, süzülmə əmsalını təyin etmək mümkündür. Bunun üçün mərkəzi quyuya «**nişanlanmış**» izotoplar daxil edildikdən sonra müxtəlif məsafədə qazılmış quyularda rejim müşahidələri aparılır. Bu müşahidələr mərkəzi quyuda həmin izotopların miqdarının azalması üzərində, digər quyularda isə miqdarının aşkara çıxarılması üzrə həyata keçirilir. Müvafiq izotopların çatma müddətinə görə süzülmə sürəti (g) müəyyən olunur. Süzülmə sürətinə görə mühitin süzülmə əmsalı hesablanır. Bu məqsədlə mərkəzi və müşahidə aparılan quyularda yeraltı suların səviyyələr fərqi (ΔH) və quyular arasındakı məsafəyə (L) görə hidrodinamiki qradiyenti ($J = \frac{\Delta H}{L}$) hesablanır. Yeraltı suların axın sürətinə və hidrodinamiki qradiyentinə görə isə süzülmə əmsalı $K = \frac{g}{J}$ düsturu ilə hesablanır.

Aktivləşdirmə analizi. Mürəkkəb kimyəvi tərkibə malik olan mühitin nüvə zərrəcikləri ilə şüalanması zamanı müxtəlif zəncirvari nüvə reaksiyaları getdiyinə görə radioaktiv izotoplar əmələ gəlir. Onlar özlərindən qamma, beta şüaları buraxaraq, müəyyən zaman müddətində parçalanırlar. Analizlə radioaktiv

şüaların növünə və enerjisinə görə yaranan radioaktiv izotopu təyin etmək mümkündür. Yaranmış aktivliyin qiymətinə görə isə əmələ gəlmiş hər bir elementin miqdarını təyin etmək olar. Bu şəkildə aparılan analiz aktivləşdirmə analizi adlanır.

Aktivləşdirmə analizi başqa analizlərdən fərqli olaraq az bir vaxt ərzində, eyni zamanda, çox komponentli sistemin bir neçə elementinin təyininə imkan verir. Bu metod yüksək dəqiqliyə malikdir.

Daha çox yayılmış metod neytronla aktivləşdirmədir. Bu onunla əlaqədardır ki, neytron yüksüz zərrəcik olduğuna görə istənilən elementin nüvəsinə asan nüfuz edir və onu aktivləşdirir. Ona görə də, elementlərin neytronla aktivləşdirilməsi ehtimalı digər zərrəciklərlə aktivləşdirilməsi ehtimalına nisbətən yüksəkdir. Reaktorlarda güclü neytron axını yaratmaqla nümunələrin aktivləşdirilməsi yolu ilə kimyəvi elementlərin dövrü sistemi cədvəlinə daxil olan istənilən elementi təyin etmək mümkündür.

Çökmə mənşəli qruntların tərkibində silisium və alüminium elementləri üstünlük təşkil etdiyindən, alüminium və silisiumun aktivləşdirilməsi metodikası geniş şəkildə tətbiq edilir. Aktivləşdirmə analizi etmək üçün çoxlu süni neytron mənbələri, həmçinin idarə edilən mənbələr (neytron generatorları) mövcuddur.

Qruntların petroqrafik, mineraloji və kimyəvi tərkibinin təyin olunması üçün elementlərin neytronla aktivləşdirilməsindən istifadə olunur.

4.7.MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQIQATLAR ZAMANI QRUNTLAR ÜZƏRİNDƏ APARILAN SINAQLARIN NƏTİCƏLƏRİNİN RİYAZİ-STATİSTİK İŞLƏNİLMƏSİ METODLARI

Mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələrinin riyazi-statistik analizinin məqsədi məlumatların dəqiqliyinin təyin edilməsindən və çöl tədqiqatları əsasında müəyyənləşdirilmiş mühəndisi-geoloji elementlərin dəqiqləşdirilməsindən ibarətdir. Bunun üçün riyazi-statistik işlənilmə metodlarından istifadə olunur. Həmin riyazi-statistik işlənilmənin aparılması Dövlət standartına əsasən (DÜİST 20522-96) tənzimlənir. Mühəndisi-geologiyada riyazi-statistik işlənilmə metodları daha çox qruntların fiziki və mexa-

niki (möhkəmlik və deformasiya) xassələrinin təyini üzrə aparılmış sınaqların nəticələrinin işlənməsi zamanı tətbiq edilir.

Mühəndisi-geoloji məlumatların riyazi-statistik işlənməsi o zaman tətbiq edilir ki, ilkin məlumatlar eynicinsli geoloji elementə aid olsun, təsadüfilik tələblərinə cavab versin və mühitin koordinatlarından asılı olmasın.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələrinin riyazi-statistik işlənməsi zamanı riyazi-statistikanın və ehtimal nəzəriyyəsinin bəzi əsas termin və anlayışlarından istifadə olunur ki, onlar haqqında qısa olaraq aşağıdakıları qeyd etmək olar:

Ehtimal (statistik işlənmə zamanı **nisbi tezlik**) – müəyyən bir şəraitdə təsadüfi hadisənin baş vermə səviyyəsinin ədədi xarakteristikasıdır, vahidin hissələri və yaxud faizlə ifadə olunur. Ehtimal təsadüfi hadisənin baş verməsi üzrə əlverişli halların sayının mümkün halların sayına olan nisbətidir. Burada təsadüfi hadisə kimi (kəsilməz və ya diskret) - mühəndisi-geoloji hadisə, qruntların təyin edilən xassə göstəricisinin qiymətləri (diskret təsadüfi kəmiyyət) və sair götürülə bilər ki, onların da qeyri-məhdud sayda təkrarlanması mümkündür.

Qruntların xassə göstəriciləri təsadüfi kəmiyyət kimi istənilən qiymətlər ala bilər və onların rast gəlmə ehtimalları müəyyən paylanma qanununa tabe olurlar. Həmin paylanmanın təyini üçün müəyyən seçmə məlumatlar əsasında paylanmanın bir və yaxud bir neçə parametri qiymətləndirilir.

Baş (ümumi) yığım - müəyyən bir münasibətə görə eynicinsli olan, bizi maraqlandıran əlamətin və yaxud əlamətlərin qiymətinə görə fərqlənən çoxlu miqdarda təyin olunmuş sınaq nəticələridir.

Təsadüfi seçmə - baş yığımdan ixtiyari olaraq götürülmüş məhdud miqdarda sınaq nəticələridir.

Qiymətləndirmə intervalı – qiymətləndirilən parametri daxilinə alan intervalın uc nöqtələri ilə təyin olunan intervaldır.

Etibarlılıq intervalı – paylanmanın qiymətləndirilən parametrinin məlum olmayan həqiqi qiymətini verilmiş ehtimalla örtən, seçmə məlumatlar əsasında hesablanmış intervaldır. Başqa sözlə, γ_e etibarlılığı ilə qiymətləndirilən parametri daxilinə alan interval etibarlılıq intervalı adlanır.

Etibarlılıq ehtimalı – seçmə məlumatlar əsasında qiymətləndirilən parametrin məlum olmayan həqiqi qiymətini etibarlılıq intervalının örtməsi ehtimalıdır.

Birtərəfli etibarlılıq ehtimalı—parametrin məlum olmayan həqiqi qiymətinin etibarlılıq intervalının aşağı (və yaxud yuxarı) sərhədindən kənara çıxmaması ehtimalıdır.

Seçmə orta qiymət—qiymətləndirilən parametrin üçölçülü koordinatlarından və biri-birindən asılı olmayaraq onların seçmə əmələ gətirən fərdi qiymətlərinin riyazi ortasıdır.

Variasiya əmsalı—təcrübə-sınaq məlumatlarının seçmə orta qiymət ətrafında səpilmə dərəcəsi olub, vahidin hissələri və yaxud faizlə ifadə olunur və (4.72) düsturu ilə hesablanır.

Variasiyanın müqayisə əmsalı—seçmənin hesablanma başlanğıcından asılı olan, parametrin qiymətinin dəyişkənlik ölçüsü olub, (4.73) düsturu ilə hesablanır.

Ən kiçik kvadratlar metodu—parametrlər arasında funksional əlaqənin statistik qiymətləndirmə metodu olub, nəzəri asılılıqdan təcrübə məlumatların meylinin kvadratları cəminin minimal olması şərtinə əsaslanır.

Orta kvadratik meyl—təcrübə-sınaq məlumatlarının seçmə orta qiymətdən və yaxud mütləq vahidlərlə ifadə olunan funksional asılılıqdan meylinin ölçüsü olub, (4.71) və (4.87) düsturları ilə hesablanır.

Sərbəstlik dərəcəsi—təyin edilən xarakteristikanın sayından (n) qiymətləndirilən statistik parametrlərin sayının fərqinə bərabər olan, asılı olmayan müşahidələrin sayıdır.

Mühəndisi-geoloji element (MGE) – qrunտ şəraitinin mühəndisi-geoloji sxematikləşdirilməsi zamanı müəyyən edilən əsas qrunտ vahididir.

Hesabi qrunտ elementi (HQE) – qrunտ obyektində layihələndirmə zamanı istifadə edilən, hesabi və yaxud eksperimental metod nəzərə alınmaqla fərqləndirilən əsas qrunտ vahididir.

Statistik işlənmənin aparılması üçün ümumi qaydalar. Sınağın nəticələrinin statistik işlənməsi aşağıdakı məsələlərin həlli məqsədi ilə aparılır:

-mühəndisi-geoloji elementlərin ayrılması (müəyyənləşdirilməsi), qruntların müxtəlifcinsliliyinin qiymətləndirilməsi, onların xassə göstəricilərinin normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması;

-qruntların xarakteristikalarının xüsusi və yaxud müxtəlif sınaqlarla əldə edilmiş, təsadüfi seçmə təşkil edən qiymətlərinin statistik analizi;

-qruntların xarakteristikaları hər hansı istiqamətdə (misal olaraq dərinlik üzrə) qanunauyğun şəkildə dəyişdikdə, analitik asılılığın parametrlərinin təyin edilməsi, yəni təcrübə-sınaq məlumatları əsasında xətti və yaxud parça-parça xətti asılılığın qurulması.

Qruntların müxtəlifcinsliliyi onların xarakteristikalarının variasiya əmsalı vasitəsi ilə qiymətləndirilir.

Mühəndisi-geoloji element (MGE) dedikdə, qrunun xarakteristikasının ya təsadüfi olaraq dəyişdiyi və yaxud qanunauyğun dəyişkənlik nəzərə alınmayacaq dərəcədə az olan intervalla fərqləndirilmiş, eyni mənşəyə və növə malik qrunun həcmi nəzərdə tutulur. MGE kompleksi obyektin mühəndisi-geoloji modelini əmələ gətirir.

Hesabi qrunun elementi (HQE) dedikdə isə elə qrunun həcminə malik element nəzərdə tutulur ki, tətbiq edilən hesablama və yaxud eksperimental metod ilə layihələndirilmə zamanı ayrılmış həmin element hüdudunda qrunun normativ və hesabi xarakteristikaları dəyişməsin və yaxud hər hansı istiqamət üzrə (daha çox dərinlik boyu) qanunauyğun dəyişsin. Bu halda qrunun mənşəyinin və növünün eyni olması əsas deyildir. MGE-in və HQE-inin həcmi, yerləşmə vəziyyəti və konfigurasiyası geoloji məlumatlar və tikinti obyektinə haqqında bilgilər nəzərə alınmaqla müəyyən edilir. HQE kompleksi obyektin hesabi geomexaniki modelini əmələ gətirir.

Qrunun bütün xarakteristikaları üçün **normativ qiymətlər**, hesablama zamanı istifadə edilən xarakteristikaları üçün isə əlavə olaraq **hesabi qiymətlər** hesablanır.

Xarakteristikanın normativ qiyməti onun qiymətlərinin statistik ortasıdır. Normativ qiymət qrunun xarakteristikalarının təcrübə-sınaq işləri ilə təyin edilmiş qiymətlərinin və yaxud təcrübədə ölçülən kəmiyyətlər arasında (və yaxud onlarla funksional əlaqəli olan kəmiyyətlərlə) müəyyən edilmiş asılılıq əsasında hesablanmış qiymətlərinin ortalasdırılması yolu ilə təyin edilir. Həmçinin həmin kəmiyyətlərdən hər hansının müəyyən bir istiqamətdə koordinatdan asılılığına görə təyin olunur.

Normativ qiyməti qrunun görə etibarlılıq əmsalına bölməklə hesabi qiymət hesablanır. Qrunun görə etibarlılıq əmsalı isə

qruntun xarakteristikasının dəyişkənliyi və müəyyən etibarlılıq ehtimalı ilə aparılmış sınaq nəticələrinin sayı nəzərə alınmaqla müəyyənləşdirilməlidir. Qurğuların müxtəlif növlərinin layihələndirilməsi ilə əlaqədar qruntların xarakteristikalarının hesabi qiymətlərinin hesablanması zamanı, tikinti norma və qaydalarına uyğun olaraq, statistik işlənmə prosesində nəzərə alınmayan amillərin də nəzərə alınması məqsədi ilə digər əmsallar da hesablamağa daxil edilə bilər.

Bəzi qurğuların layihələndirilməsi zamanı, tikinti norma və qaydalarına əsasən, qruntların müəyyən xarakteristikalarının hesabi qiymətləri onların normativ qiymətlərinə bərabər götürülə bilər.

Qruntların xarakteristikalarının hesabi qiymətlərinin hesablanması zamanı etibarlılıq ehtimalının qiyməti müxtəlif növ qurğuların layihələndirilmə normasına əsasən müəyyən edilir.

Statistik işlənmə aparılan təcrübə-sınaq nəticələri (məlumatları) eyni metodla təyin olunmuş nəticələrdən təşkil olunmalıdır.

Qruntların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin ehtimallarının paylanması N.B.Kolomenskiyə görə normal paylanma qanununa yaxın olur. Mövcud dövlət standartı (DÜİST 20522-96) əsasında riyazi-statistik işlənmə zamanı ehtimalın normal və loqarifmik-normal paylanma qanunu tətbiq edilir. Bu riyazi-statistik işlənmə metodunun tətbiqi üçün qruntların xarakteristikası üzrə təyin edilmiş və yaxud təcrübədə qeydə alınmış **nəticələrin sayı altıdan az olmamalıdır.**

Mühəndisi-geoloji elementin (MGE) və hesabi grunt elementinin (HQE) ayrılması metodikası (DÜİST 20522-96 əsasında). Tədqiq edilən qruntlar onların mənşəyi, tekstur-struktur xüsusiyyətləri və növü nəzərə alınmaqla əvvəlcədən MGE-ə ayrılır. Qabaqcadan ayrılmış MGE-in hər birində qruntların xassə göstəriciləri analiz edilərək, daha çox təsadüf edən qiymətdən kəskin fərqlənən (əgər onlar təcrübənin səhvi ilə əlaqədar və yaxud digər MGE-ə aid olarsa) qiymətlər aşkar edilərək kənarlaşdırılır. MGE-in yekun olaraq ayrılması geoloji mühitdə qruntların xassələrindəki dəyişkənliyin onların variasiya və müqayisəli variasiya əmsallarının qiymətləndirilməsi əsasında yerinə yetirilir. Bu zaman qabaqcadan ayrılmış MGE hüdudunda qruntların xassələrinin təsadüfi və yaxud hər hansı istiqamətdə

(əsasən dərinlik üzrə) qanunauyğun şəkildə dəyişməsi müəyyənləşdirilməlidir.

Bu məqsədlə aparılan analiz üçün fiziki xassə göstəricilərindən, mexaniki göstəricilər çox olduqda isə onlardan da istifadə edilir.

MGE-in ayrılması zamanı qrunnun fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri ilə bərabər zondlama və digər sürətli təyinetmə (ekspres-metod) metodları ilə aparılmış təcrübələrlə müəyyən edilmiş qiymət və göstəricilərdən də istifadə etmək olar.

Qruntların xassə göstəricilərinin geoloji mühitdə (üçölçülü koordinat sistemi üzrə) dəyişkənlik xarakterini qiymətləndirmək üçün müvafiq dəyişkənlik istiqamətləri üzrə mühəndisi-geoloji kəsilişlər üzərinə nöqtələrlə onların təyin olunmuş qiymətləri köçürülür, səpələnmə qrafikləri, həmçinin zondlama qrafikləri qurulur. Qruntların xassələrində qanunauyğun dəyişkənliyin aşkara çıxarılması üçün müvafiq istiqamətlər üzrə onların qiymətlərinin nöqtəvi dəyişmə qrafikləri, xətti və yaxud parça-parça xətti asılılıqları qurulur.

Əgər qabaqcadan ayrılmış MGE hüdudunda qrunnun xassələrindəki dəyişkənliyin təsadüfi xarakter daşdığı müəyyən olunarsa, o zaman əvvəlcədən fərqləndirilmiş həmin element variasiya əmsalının qiymətindən asılı olmayaraq yekun MGE kimi qəbul edilir.

Mühəndisi-geoloji element vahidi kimi nazik (20 sm-dən kiçik) laycıklar və qrunn linzaları (çox vaxt növbələşmə müşahidə edilən) qəbul oluna bilərlər. Yumşaq qumlardan, axıcılıq həddi 0,75-dən böyük olan gilli qruntlardan, lillərdən, sapropellərdən, torflardan və torflaşmışlardan təşkil olunmuş qruntlar laylarının qalınlığından asılı olmayaraq ayrıca mühəndisi-geoloji element kimi qəbul olunmalıdırlar.

Qrunnun xassələri hər hansı istiqamətdə (əsasən dərinlik üzrə) qanunauyğun dəyişdiyi halda ilkin ayrılmış MGE-in iki və yaxud ikidən çox yeni elementlərə ayrılması məsələsi həll edilməlidir.

MGE-n təkrarən bölünməsi o zaman aparılmır ki, aşağıdakı şərt ödənilmiş olsun:

$$V < V_{y.v.}, \quad (4.68)$$

burada V -variasiya əmsalı; $V_{y.v.}$ - variasiya əmsalının yol verilən qiyməti olub, fiziki xassə göstəriciləri üçün $V_{y.v.}=0,15$, mexaniki xassə göstəriciləri üçün isə $V_{y.v.}=0,30$ qəbul edilir.

Variasiya əmsalı yolverilən qiymətdən böyük olarsa, MGE-in yenidən müəyyənləşdirilməsi elə aparılır ki, yeni ayrılmış MGE üçün (4.68) şərti ödənilsin. MGE-in bölünməsi yeni ayrılmış MGE-lərdə qruntların xassə göstəricilərinin orta qiymətlərinin müqayisəsi əsasında da aparıla bilər. İlk olaraq müəyyənləşdirilmiş MGE-lərin əlavə olaraq bölünməsi zamanı yeni ayrılmış MGE-lərin sərhədləri təyin edilərkən aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır:

- qruntların xassə göstəricilərinin sıçrayışlı dəyişkənliyə meylli;
- yeraltı suların səviyyəsi;
- batan, şişən və şorlaşmış, həmçinin üzvi maddə qarışıqlı qrunտ zonalarının varlığı;
- qayavari qruntlarda müxtəlif səviyyədə aşınmış və yüksüzlənmiş zonaların varlığı;
- elüvial qruntlarda müxtəlif səviyyəli aşınma zonalarının varlığı;
- müxtəlif konsistensiyalı qrunտ zonalarının varlığı;
- daimi donmuş qruntlarda müxtəlif səviyyədə buzluqlu və sementlənmiş buzluqlu zonaların varlığı.

Mühəndisi-geoloji sxematikləşdirmə zamanı ayrılmış MGE əsasında hesabi qrunտ elementi (HQE) müəyyənləşdirilir. Obyektin konkret hesablama metoduna (eksperimental metoda) uyğun şəkildə HQE konkret xassə göstəricisinə əsasən bölünür. Ona görə də, ümumi halda HQE bir və ya bir neçə göstəriciyə (formasına, ölçüsünə, yerləşmə vəziyyətinə, xassə göstəricilərinə və onların qiymətlərinə) görə MGE ilə üst-üstə düşməyə bilər. HQE-də həmçinin müxtəlif mənşəyə malik eyni növ qruntlardan ibarət iki qonşu MGE birləşdirilə bilər. Bunun üçün müvafiq şərt ödənilməlidir və bu haqda aşağıda məlumat verilir.

HQE-inin müəyyənləşdirilməsi zamanı ayrılmış interval daxilində müvafiq istiqamət (misal olaraq dərinlik) üzrə qrunտun xassəsinin qanunauyğun (sıçrayışlı olmayan) dəyişdiyi qəbul ediliyi halda, həmin dəyişkənliyin qiymətləndirilməsi üçün HQE həddində xətti və yaxud parça-parça xətti asılılıq qurulur, orta kvadratik meyl və variasiya əmsalı hesablanır. HQE-in ayrılma mümkünlüyünün meyarı kimi (4.68) şərtindən istifadə edilir. Əgər (4.68) şərti ödənilmirsə, o zaman həmin şərt ödənilənədək yenidən bölünmə aparılır.

Qruntun bir qiymətlə ifadə olunan normativ və hesabi xassə göstəricilərinin hesablanma metodikası. MGE və HQE-ləri üçün qruntun xassə göstəricilərinin normativ (X_n) və hesabi (X) qiymətlərinin sabit olduğu qəbul edildiyi zaman onların hesablanması aşağıdakı kimi aparılır.

Qruntun bütün fiziki (nəmlik, sıxlıq, plastiklik və sair) və mexaniki (deformasiya modulu, biroxlı sıxılmaya görə möhkəmlik həddi, nisbi batma, şişmə və sair) xassə göstəricilərinin normativ qiymətləri (X_n) hesabi ortaya ($\bar{X}$) bərabər götürülür və aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$X_n = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (4.69)$$

burada n -qruntun xassə göstəricilərinin təyini üzrə sınaqların (nəticələrin) sayı; X_i -qruntun hesablama aparılan xassə göstəricisinin i -ci təcrübə (sınaq) ilə təyin edilmiş qiyməti.

Qruntun təcrübə-sınaq məlumatları əsasında düsturla hesablanan fiziki xassə göstəriciləri (məsaməlilik əmsalı, plastiklik əmsalı və sair) və kompressiya-deformasiya modulu üçün normativ qiymətlər təcrübədə ölçülən göstəricilərin normativ qiymətləri əsasında müəyyən olunur.

Təcrübə-sınaq nəticələrinin analizindən sonra qalan səhvlərin aradan qaldırılması üçün riyazi-statistik işlənmə aparılır. Bunun üçün X_i -nin (4.70) şərtini ödəyən (maksimal və yaxud minimal) məxsusi qiymətləri kənarlaşdırılır.

$$|X_n - X_i| > v \cdot S \quad (4.70)$$

burada v -statistik meyar olub, xarakteristika üzrə aparılmış təcrübə-sınaq nəticələrinin sayından (n) asılı olaraq cədvəl 4.10 üzrə qəbul olunur. S -qruntun xassə göstəricisinin orta kvadratik meyli olub, (4.71) düsturu ilə hesablanır.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_n - X_i)^2}, \quad (4.71)$$

Əgər qruntun xassə göstəricisinin hər hansı qiyməti kənarlaşdırılırsa, o zaman təcrübə-sınaq nəticələrinin qalan qiymətləri üçün (4.69) düsturu ilə X_n və (4.71) düsturu ilə S yenidən hesablanmalıdır.

Qruntun xassə göstəricisinin variasiya (V) əmsalı (4.72) və yaxud müqayisəli variasiya əmsalı (4.73), onların orta

qiymətlərinin dəqiqlik göstəricisi (ρ_α) isə (4.74) düsturları ilə hesablanır.

$$V = \frac{S}{X_n}, \quad (4.72)$$

$$V_c = \frac{S}{X_n - X_{\min}}, \quad (4.73)$$

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha \cdot V}{\sqrt{n}}, \quad (4.74)$$

burada $X_{\min}$ -səhvın kənarlaşdırılması məqsədi ilə aparılmış riyazi-statistik yoxlamadan sonra X_i -nin təcrübi qiymətləri yığımında ən kiçik qiymət; t_α -əmsal olub, birtərəfli α etibarlılıq ehtimalından və $K = n-1$ sərbəstlik dərəcəsiindən asılı olaraq cədvəl 4.11 üzrə təyin edilir.

Cədvəl 4.10

İkitərəfli etibarlılıq ehtimalı $\alpha=0,95$ olduqda v meyarının qiymətləri

Təcrübə-sınaq nəticələrinin sayı, n	v meyarının qiymətləri	Təcrübə-sınaq nəticələrinin sayı, n	v meyarının qiymətləri	Təcrübə-sınaq nəticələrinin sayı, n	v meyarının qiymətləri
3	1,41	19	2,75	35	3,02
4	1,71	20	2,78	36	3,03
5	1,92	21	2,80	37	3,04
6	2,07	22	2,82	38	3,05
7	2,18	23	2,84	39	3,06
8	2,27	24	2,86	40	3,07
9	2,35	25	2,88	41	3,08
10	2,41	26	2,90	42	3,09
11	2,47	27	2,91	43	3,10
12	2,52	28	2,93	44	3,11
13	2,56	29	2,94	45	3,12
14	2,60	30	2,96	46	3,13
15	2,64	31	2,97	47	3,14
16	2,67	32	2,98	48	3,14
17	2,70	33	3,00	49	3,15
18	2,73	34	3,01	50	3,16

Qrunta görə (4.75) düsturu ilə etibarlılıq əmsalı (γ_g) təyin olunur.

$$\gamma_g = \frac{1}{1 \pm \rho_\alpha}. \quad (4.75)$$

(4.75) düsturunda ρ_α qarşısında işarə elə qəbul olunur ki, əsasın və yaxud qurğunun etibarlılıq əmsalı maksimum olsun.

Qruntların xassə göstəricilərinin X hesabi qiymətləri (4.76) düsturu ilə hesablanır.

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \quad (4.76)$$

Əgər qrunun xassə göstəricisinin variasiya əmsalı $V > 0,4$ olarsa, o zaman həmin xassə göstəricisinin normativ və hesabi qiymətləri loqarifmik-normal paylanma qanunundan istifadə edilməklə aşağıdakı kimi hesablanıla bilər.

Cədvəl 4.11

t_α əmsalının qiymətləri

Sərbəstlik dərəcəsinin sayı, K	Birtərəfli α etibarlılıq ehtimalı					
	0,85 (0,70)	0,90 (0,80)	0,95 (0,90)	0,975 (0,95)	0,98 (0,96)	0,99 (0,98)
3	1,25	1,64	2,35	3,18	3,45	4,54
4	1,19	1,53	2,13	2,78	3,02	3,75
5	1,16	1,48	2,01	2,57	2,74	3,36
6	1,13	1,44	1,94	2,45	2,63	3,14
7	1,12	1,41	1,90	2,37	2,54	3,00
8	1,11	1,40	1,86	2,31	2,49	2,90
9	1,10	1,38	1,83	2,26	2,44	2,82
10	1,10	1,37	1,81	2,23	2,40	2,76
11	1,09	1,36	1,80	2,20	2,36	2,72
12	1,08	1,36	1,78	2,18	2,33	2,68
13	1,08	1,35	1,77	2,16	2,30	2,65
14	1,08	1,34	1,76	2,15	2,28	2,62
15	1,07	1,34	1,75	2,13	2,27	2,60
16	1,07	1,34	1,75	2,12	2,26	2,58
17	1,07	1,33	1,74	2,11	2,25	2,57
18	1,07	1,33	1,73	2,10	2,24	2,55
19	1,07	1,33	1,73	2,09	2,23	2,54
20	1,06	1,32	1,72	2,09	2,22	2,53
25	1,06	1,32	1,71	2,06	2,19	2,49
30	1,05	1,31	1,70	2,04	2,17	2,46
40	1,05	1,30	1,68	2,02	2,14	2,42
60	1,05	1,30	1,67	2,00	2,12	2,39

Qeyd: Mötərizədə ikitərəfli etibarlılıq ehtimalının (α) qiyməti verilmişdir.

Qrunun xassə göstəricisinin aparılmış təcrübə-sınaq işləri ilə təyin edilmiş qiymətlərinin onluq loqarifmi ($\lg X_i$) müvafiq cədvəldən təyin edilir. Həmin qiymətlər arasında əgər 0 ilə 1 arasında dəyişən qiymətlər iştirak edərsə, mənfə ədədin alınmamasından ötrü, o zaman bütün məlumatların müvafiq qüvvət üstü ilə 10 ədədinə vurulması tövsiyə olunur. Bu halda

aparılmış hesablamadan alınmış qiymətləri 10 ədədinə bölməklə müvafiq olaraq normativ və hesabi qiyməti təyin etmək olar. Bu halda hesabi orta ($\bar{X}$) uyğun olaraq (4.77) və orta kvadratik meyl (S) isə (4.78) düsturu ilə hesablanır.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg X_i, \quad (4.77)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\lg X_i - \bar{X})^2}. \quad (4.78)$$

Qruntun xassə göstəricisinin normativ qiymətinin loqarifmi (4.79) düstutu ilə hesablanır.

$$\lg X_n = \bar{X} + 1,151S^2. \quad (4.79)$$

Etibarlılıq intervalının yarım uzunluğu (Δ) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\Delta = u_\alpha + \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + 2,65S^2}, \quad (4.80)$$

burada u_α -birtərəfli ehtibarlılıq ehtimalından asılı olaraq cədvəl 4.12 üzrə təyin edilir.

Qruntun xassə göstəricilərinin X hesabi qiymətinin loqarifmi (4.81) düstutu ilə hesablanır.

$$\lg X = \lg X_n \pm \Delta. \quad (4.81)$$

X_n və X -in qiymətləri antiloqarifm əməliyyatının köməyi ilə təyin olunur.

Cədvəl 4.12

α	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99
U	1,03	1,28	1,65	1,96	2,33

Qruntun daxili sürtünmə bucağının və xüsusi ilişənliyiinin normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması metodikası. Qruntların daxili sürtünmə bucağının (φ) və xüsusi ilişənliyiinin (c) normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması onların ($\text{tg}\varphi_j$ və c_j) fərdi qiymətlərinin (bir müstəvi səth üzrə kəsməklə aparılan təcrübə-sınaq nəticələrinin) riyazi-statistik işlənməsi üsulu ilə və yaxud qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin (τ_i) və normal

gərginliyin (σ_i) (təcrübə-sınaqlarla təyin edilmiş) qiymətləri cütünün riyazi-statistik işlənməsi ilə yerinə yetirilə bilər.

Birinci üsul ilə hesablama aşağıdakı kimi yerinə yetirilir.

Hər bir mühəndisi-geoloji element hüdudunda, j-ci nöqtədə, müxtəlif normal gərginlikdə (σ_i) qrunun kəsilməyə qarşı müqavimətinin (τ_i) üçdən az olmayaraq təyin edilmiş qiymətləri riyazi-statistik işlənilərək, ən kiçik kvadratlar metodu ilə $tg\varphi_j$ və c_j -nin fərdi qiymətlərinin hesablanması üçün riyazi-statistik asılılıq qurulur. Bunun üçün qeyd edilən həmin asılılıq (4.82) və (4.83) düsturlarına əsasən təyin edilir:

$$tg\varphi_j = \frac{k \sum_{i=1}^k \tau_i \cdot \sigma_i - \sum_{i=1}^k \tau_i \cdot \sum_{i=1}^k \sigma_i}{k \sum_{i=1}^k (\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^k \sigma_i \right)^2}, \quad (4.82)$$

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_i \cdot \sum_{i=1}^k (\sigma_i)^2 - \sum_{i=1}^k \tau_i \cdot \sigma_i \cdot \sum_{i=1}^k \sigma_i}{k \sum_{i=1}^k (\sigma_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^k \sigma_i \right)^2}, \quad (4.83)$$

burada k-hər bir MGE hüdudunda τ -nun sınaqla təyin edilmiş qiymətlərinin sayıdır.

Əgər (4.83) düsturu ilə hesablama zamanı $c_j < 0$ olarsa, o zaman $c_j = 0$ qəbul edilir və $tg\varphi_j$ -nin fərdi qiymətləri (4.84) düsturu ilə hesablanır.

$$tg\varphi_j = \frac{\sum_{i=1}^k \tau_i \cdot \sigma_i}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}. \quad (4.84)$$

MGE hüdudunda $tg\varphi_j$ və c_j -nin hesablanmış qiymətləri əsasında onların normativ ($tg\varphi_n$ və c_n) qiymətləri (4.69) düsturu ilə, orta kvadratik meylləri ($S_{tg\varphi}$ və S_c) isə (4.71) düsturu ilə hesablanır. $tg\varphi_j$ və c_j -nin qiymətlərində mümkün ola bilən səhvlər kənarlaşdırılır. Bundan ötrü normativ qiymətlərin hesablanması zamanı mümkün səhvin aradan qaldırılmasına (əvvəl qeyd edildiyi kimi) uyğun olaraq (4.70) şərti tətbiq edilir. Həmin şərt ödənildikdə, kənarlaşdırma aparıldıqdan sonra sınağın qalan

nəticələri üçün $tg\varphi_n$, c_n , $S_{tg\varphi}$ və S_c -nin qiymətləri yenidən hesablanır.

$tg\varphi$ və c üçün variasiya əmsalı (V), dəqiqlik səviyyəsi (ρ_α), qrunta görə etibarlılıq əmsalı (γ_g) və onların hesabi qiymətləri (4.72) – (4.76) düsturları ilə hesablanır.

Əgər $tg\varphi$ və c üçün (4.74) düsturu ilə hesablanmış dəqiqlik səviyyəsi $\rho_\alpha > 1$ olarsa, o zaman həmin xassə göstəricilərinin hesabi qiymətlərini sıfıra bərabər qəbul etmək lazımdır.

Üçoxlu sıxılma sınaqlarının nəticələri əsasında qruntların xüsusi ilişkənliliyinin və daxili sürtünmə bucağının normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması isə aşağıdakı kimi aparılır.

$tg\varphi$ və c -nin qiymətlərinin statistik işlənməsi zamanı $tg\varphi_j$ və c_j -nin fərdi qiymətləri (4.85) və (4.86) düsturları ilə hesablanır.

$$tg\varphi_j = \frac{N_j - 1}{2\sqrt{N_j}}, \quad (4.85)$$

$$c_j = \frac{M_j}{2\sqrt{N_j}}, \quad (4.86)$$

burada N_j və M_j – (4.82) və (4.83) düsturları ilə hesablanan əmsallardır. Onların hesablanması üçün (4.82) və (4.83) düsturlarında $tg\varphi_j$, c_j , τ_i və σ_i müvafiq olaraq N_j , M_j , $\sigma_{1,i}$ və $\sigma_{3,i}$ -nin qiymətləri ilə əvəz olunmalıdır. σ_1 və σ_3 qrunzun parçalanması zamanı baş gərginliklərdir.

MGE hüdudunda $tg\varphi_j$, c_j -nin hesablanmış fərdi qiymətləri əsasında onların normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması üçün yuxarıda verilmiş metodika burada da təkrarlanır.

İkinci üsul ilə statistik işlənmə isə hidrotexniki və energetik qurğulara aid sistemlər üçün onların layihələndirmə normasına uyğun şəkildə istifadə edilməlidir və aşağıdakı kimi aparılır.

Vahid yığım kimi qəbul edilmiş τ_i və σ_i -nin sınaqla müəyyən edilmiş n sayda qiymətlər cütünün statistik işlənməsi zamanı $tg\varphi_n$ və c_n -nin normativ qiymətləri (4.82) və (4.83) düsturları ilə hesablanır. Bunun üçün həmin düsturlarda müvafiq olaraq $tg\varphi_j$, c_j və k əvəzinə $tg\varphi_n$, c_n və n qəbul edilməlidir.

Əgər bu halda $c_n < 0$ olarsa, o zaman $c_n = 0$ qəbul edilməli, $tg\varphi_j$ və k isə $tg\varphi_n$ və n ilə əvəz olunaraq, $tg\varphi_n$ (4.84) düsturu ilə yenidən hesablanmalıdır.

Qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin orta kvadratik meylli (S_τ) isə (4.87) düsturu ilə hesablanmalıdır.

$$S_\tau = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (\sigma_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_n + c_n - \tau_i)^2}. \quad (4.87)$$

$c_n=0$ qəbul edildiyi və $\operatorname{tg} \varphi_n$ isə (4.84) düsturu ilə hesablandığı halda (4.87) düsturunda $n-2$ əvəzinə $n-1$ qəbul edilməlidir. τ_i -nin qiymətləri arasında mümkün ola bilən səhvlərin aradan qaldırılması üçün riyazi-statistik işlənmə aparılır və həmin qiymətlər arasında $\tau_n=c_n+\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_n$ normativ qiymətdən daha çox meyl edənlər, yəni (4.70) şərtini ödəyənlər kənarlaşdırılır. Bunun üçün (4.70) düsturunda X_i , X_n və S əvəzinə uyğun şəkildə τ_i , τ_n və S_τ qəbul edilir. (4.70) düsturu ilə hesablama zamanı S_τ -nin (4.87) düsturu ilə hesablanmış qiymətlərindən istifadə edilir.

Əgər τ_i -nin qiymətlərindən hər hansı biri kənarlaşdırılırsa, onda $\operatorname{tg} \varphi_n$, c_n və S_τ qalan təcrübə-sınaq məlumatları əsasında yenidən hesablanır.

$\operatorname{tg} \varphi$ və c -nin hesabi qiymətləri müxtəlif qurğuların layihələndirilməsi üzrə tikinti norma və qaydaları ilə müəyyən olunmuş normal gərginlik diapazonu $[\sigma_{\min}, \sigma_{\max}]$ nəzərə alınmaqla hesablanır. Əgər həmin göstəriş olmazsa, o zaman $\sigma_{\min}$ və $\sigma_{\max}$ -nin qiymətləri kimi qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin təyini sınağı üzrə normal gərginliyin qəbul edilmiş minimal və maksimal qiymətləri götürülə bilər. $\operatorname{tg} \varphi$ və c -nin hesablanmış qiymətləri normal gərginliyin qəbul edilmiş diapozonuna dair məlumatlarla təqdim edilməlidir.

$\sigma = \sigma_{\min}$ və $\sigma = \sigma_{\max}$ normal gərginliklərinə müvafiq olaraq, qruntun kəsilməyə qarşı müqavimətinin normativ (τ_n' və τ_n'') qiymətləri (4.88) düsturu ilə, onların birgə etibarlılıq intervallarının yarım uzunluğu (δ_τ' və δ_τ'') isə (4.89) düsturu ilə hesablanır.

$$\tau_n = c_n + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (4.88)$$

$$\delta_\tau = \frac{V_{\alpha, \lambda} \cdot S_\tau}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 + \frac{n(\sigma - \bar{\sigma})^2}{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}}. \quad (4.89)$$

burada $V_{\alpha, \lambda}$ - birtərəfli etibarlılıq ehtimalından (α), (4.91) düsturu ilə hesablanan λ -dan və $K=n-2$ sərbəstlik dərəcəsiindən asılı olaraq

cədvəl 4.13 üzrə təyin olunan əmsal; σ_i -normal gərginliyin təcrübi qiyməti; $\bar{\sigma}$ -normal gərginliyin orta qiyməti olub, (4.90) düsturu ilə hesablanır.

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i, \quad (4.90)$$

$$\lambda = \sqrt{0,5 \left(1 - \frac{1 + n \cdot G \cdot D}{\sqrt{(1 + n \cdot G^2)(1 + n \cdot D^2)}} \right)}, \quad (4.91)$$

Cədvəl 4.13

V_α əmsalının $\alpha=0,95$ olduqda qiymətləri

λ K	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
3	2,94	2,98	3,02	3,05	3,09	3,11	3,14	3,16	3,17	3,18	3,19
4	2,61	2,64	2,67	2,70	2,72	2,74	2,75	2,76	2,77	2,78	2,78
5	2,44	2,47	2,49	2,51	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,57	2,57
6	2,34	2,36	2,38	2,40	2,41	2,43	2,44	2,44	2,45	2,45	2,45
7	2,27	2,29	2,31	2,33	2,34	2,35	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
8	2,22	2,24	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30	2,30	2,31	2,31	2,31
9	2,18	2,20	2,22	2,23	2,24	2,24	2,25	2,26	2,26	2,26	2,26
10	2,15	2,17	2,19	2,20	2,21	2,22	2,22	2,22	2,23	2,23	2,23
11	2,13	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
12	2,11	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
13	2,09	2,11	2,12	2,14	2,15	2,15	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
14	2,08	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,14	2,14	2,15	2,15	2,15
15	2,07	2,08	2,10	2,11	2,12	2,12	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
16	2,06	2,07	2,09	2,10	2,11	2,11	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
17	2,05	2,06	2,08	2,09	2,10	2,10	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
18	2,04	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
19	2,03	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
20	2,03	2,04	2,06	2,07	2,08	2,08	2,08	2,09	2,09	2,09	2,09
25	2,00	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
30	1,99	2,00	2,02	2,03	2,03	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
40	1,97	1,99	2,00	2,01	2,01	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
60	1,95	1,97	1,98	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

(4.91) düsturuna daxil olan G və D uyğun olaraq (4.92) və (4.93) düsturları ilə hesablanır.

$$G = \frac{\sigma_{min} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}}, \quad (4.92)$$

$$D = \frac{\sigma_{max} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}}. \quad (4.93)$$

$\sigma = \sigma_{\min}$ və $\sigma = \sigma_{\max}$ normal gərginliklərinə müvafiq qrunta kəsilməyə qarşı müqavimətinin hesabi (τ_n' və τ_n'') qiymətləri (4.94), qrunta görə $tg\varphi$ və c üçün etibarlılıq əmsalları ($\gamma_{g, tg\varphi}$ və $\gamma_{g, c}$) isə (4.95) düsturu ilə hesablanır.

$$\tau = \tau_n - \delta_\tau \quad (4.94)$$

$$\gamma_{g, tg\varphi} = \gamma_{g, c} = \frac{\tau_n' + \tau_n''}{\tau' + \tau''} \quad (4.95)$$

$tg\varphi$ və c -nin hesabi qiymətləri (4.76) düsturunda X və X_n qiymətləri müvafiq xassə göstəricisinin qiymətləri ilə əvəz olunmaqla, γ_g -nin yerinə isə (4.95) və yaxud (4.96) düsturu ilə hesablanmış qrunta görə etibarlılıq əmsalının qiyməti qəbul edilməklə həmin düsturla hesablanır.

Əgər $\frac{\tau'}{\sigma_{\min}} < \frac{\tau''}{\sigma_{\max}}$ olarsa, o zaman (4.95) düsturu əvəzinə (4.96) düsturundan istifadə edilir.

$$\gamma_{g, tg\varphi} = \gamma_{g, c} = \frac{(\tau_n' + \tau_n'') \sigma_{\max}}{\tau'' (\sigma_{\min} + \sigma_{\max})} \quad (4.96)$$

Üçoxlu sıxılma sınaqlarının vahid yığım təşkil edən təcrübi qiymətləri ($\sigma_{l, i}$ və $\sigma_{3, i}$) əsasında qruntların xüsusi ilişkənliliyinin və daxili sürtünmə bucağının normativ və hesabi qiymətlərinin bu üsul ilə hesablanması isə aşağıdakı kimi aparılır.

N və M əmsallarının normativ qiymətləri (4.82) – (4.84) düsturları ilə hesablanır. Bunun üçün həmin düsturlarda σ_i normal gərginliyi $\sigma_{3, i}$ ilə, τ_i isə $\sigma_{1, i}$ ilə əvəz edilməlidir.

$tg\varphi_n$ və c_n -nin normativ qiymətləri isə (4.85) və (4.86) düsturları ilə hesablanır. Bunun üçün $tg\varphi_j$, c_j , N_j və M_j müvafiq olaraq $tg\varphi_n$, c_n , N və M ilə əvəz edilir.

Qrunta görə γ_g etibarlılıq əmsalı (4.87) - (4.96) düsturlarından istifadə etməklə yuxarıda verilmiş metodika əsasında hesablanır. Bu hal üçün τ_n' , τ_n'' , δ_τ' , δ_τ'' , $tg\varphi_n$, $\sigma_{\min}$, $\sigma_{\max}$, $\bar{\sigma}$, σ_i , τ_i və S_τ müvafiq olaraq $\sigma_{1, n}'$, $\sigma_{1, n}''$, $\delta_{\sigma 1}'$, $\delta_{\sigma 1}''$, M , N , $\sigma_{3, \min}$, $\sigma_{3, \max}$, σ_3 , $\sigma_{3, i}$, $\sigma_{1, i}$ və $S_{\sigma 1}$ ilə əvəz olunmalıdır.

$tg\varphi$ və c -nin hesabi qiymətləri (4.76) düsturu ilə hesablanır.

Mühəndisi-geoloji elementin əlavə olaraq bölünməsi vacibliyinin və iki MGE-in HQE-ndə birləşdirilməsi mümkünlüyünün yoxlanılması. Qabaqcadan müəyyənləşdirilmiş MGE-in əlavə

olaraq iki yeni elementə bölünməsinin vacibliyinin yoxlanılması üçün t meyarının qiymətindən istifadə edilir və o, (4.97) düsturu ilə hesablanır.

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{(n_1 - 1) \cdot S_1^2 + (n_2 - 1) \cdot S_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (4.97)$$

burada $\bar{X}_1$ və $\bar{X}_2$ - iki yeni MGE-də qrunun xassə göstəricisinin orta hesabi qiyməti; S_1 və S_2 – onlara uyğun orta kvadratik meyllər; n_1 və n_2 – hər bir yeni elementdə qrunun xassə göstəricisinin təyin olunan sayı.

İki MGE-n bir HQE-ndə birləşdirilməsi mümkünlüyünün yoxlanılması üçün (4.98) düsturu ilə hesablanan F və (4.97) düsturu ilə hesablanan t meyarından istifadə edilir.

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (4.98)$$

Əgər $t \geq t_\alpha$ olarsa, o zaman ilkin ayrılmış MGE-in əlavə bölünməsi vacibdir. İki MGE o zaman bir HQE-ndə birləşdirilə bilər ki, eyni zamanda $F < F_\alpha$ və $t < t_\alpha$ şərtləri ödənilsin. İkitərəfli etibarlılıq ehtimalı ($\alpha = 0,95$) ilə $K = n_1 + n_2 - 2$ sərbəstlik dərəcəsi üçün t_α -nın qiyməti cədvəl 4.11 üzrə təyin edilir.

F_α - nın qiyməti isə ($\alpha = 0,95$) etibarlılıq ehtimalı ilə $K_1 = n_1 - 1$ və $K_2 = n_2 - 1$ sərbəstlik dərəcələri üçün cədvəl 4.14 üzrə təyin edilir.

Kompressiya ayrılmasının analitik aproksimasiyası ilə deformasiya modulunun normativ və hesabi qiymətlərinin hesablanması metodikası. Yekun olaraq ayrılmış MGE hüdudunda qrun nümunələrinin nisbi deformasiyası və yaxud məsaməlilik əmsalı (ε) ilə normal gərginlik (σ) arasında müəyyənləşdirilmiş kompressiya asılılığı müxtəlif analitik asılılıqların (loqarifmik, hiperbolik, eksponensial, xətti, üstlü və sair) birlikdə aproksimasiyası yolu ilə riyazi-statistik işlənilir. Bu zaman dəyişənlərin əvəz edilməsi ilə qeyri-xətti asılılıq xəttiləşdirilməlidir. Aproksimasiya normal gərginliyin (σ) verilmiş diapozonunda kompressiya ayrısının müvafiq hissəsi üçün aparılmalıdır.

Misal olaraq əgər xəttiləşdirmə loqarifmik tipli (4.99) asılılığı şəklində aparılmışdırsa, o zaman həmin asılılığa daxil olan parametrlər (a_0 və a_1) müvafiq olaraq (4.82) və (4.83)

düsturlarından istifadə edilməklə hesablanır. Bunun üçün həmin düsturlarda $tg\varphi_j$, c_j , τ_i , σ_i və k müvafiq olaraq a_1 , a_0 , ε_i , $\ln\sigma_i$ və n ilə əvəz olunmalıdır. Burada n mövcud MGE hüdudunda bütün kompressiya əyriləri üzrə ε_i -nin təyin edilmiş qiymətlərinin ümumi sayıdır.

$$\varepsilon = a_0 + a_1 \cdot \ln\sigma \quad (4.99)$$

Cədvəl 4.14

$\alpha=0,95$ etibarlılıq ehtimalı ilə F_α meyarının qiymətləri

$K_1 \backslash K_2$	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	30	40	60
5	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,70	4,68	4,64	4,60	4,56	4,50	4,46	4,43
6	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,96	3,92	3,87	3,81	3,77	3,74
7	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,60	3,57	3,52	3,49	3,44	3,38	3,34	3,30
8	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,31	3,28	3,23	3,20	3,15	3,08	3,05	3,01
9	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	3,07	3,02	2,98	2,93	2,86	2,82	2,79
10	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,94	2,91	2,86	2,82	2,77	2,70	2,67	2,62
11	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,82	2,79	2,74	2,70	2,65	2,57	2,53	2,49
12	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,72	2,69	2,64	2,60	2,54	2,46	2,42	2,38
13	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,63	2,60	2,55	2,51	2,46	2,38	2,34	2,30
14	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,56	2,53	2,48	2,44	2,39	2,31	2,27	2,22
15	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,51	2,48	2,43	2,39	2,33	2,25	2,21	2,16
16	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,45	2,42	2,37	2,33	2,28	2,20	2,16	2,11
17	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,41	2,38	2,33	2,29	2,23	2,15	2,11	2,06
18	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,29	2,25	2,19	2,11	2,07	2,02
19	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,34	2,31	2,26	2,21	2,15	2,07	2,02	1,98
20	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,31	2,28	2,23	2,18	2,12	2,04	1,99	1,95
22	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,26	2,23	2,18	2,13	2,07	1,98	1,93	1,89
24	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,22	2,18	2,13	2,09	2,02	1,94	1,89	1,84
26	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,10	2,05	1,99	1,90	1,85	1,80
28	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,06	2,02	1,96	1,87	1,81	1,77
30	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,04	1,99	1,93	1,84	1,79	1,74
40	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,95	1,90	1,84	1,74	1,69	1,64
50	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,98	1,95	1,90	1,85	1,78	1,69	1,63	1,58
60	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,87	1,82	1,75	1,65	1,59	1,53
Qeyd: K_1 və K_2 müvafiq olaraq sərbəstlik dərəcələridir														

Alınmış normativ (4.99) asılılığı və normal gərginliyin müvafiq diapozonu $[\sigma_{\min}, \sigma_{\max}]$ üçün qruntlar mexanikəsindən məlum düsturlar əsasında sıxılma əmsalının və deformasiya modulunun normativ qiymətləri hesablanır.

Deformasiya modulunun hesabi qiyməti (4.76) düsturu ilə hesablanır. Bu zaman γ_g qrunzun kəsilməyə qarşı müqavimətinin normativ qiymətlərinin hesablanması zamanı istifadə edilən (4.88)

– (4.96) düsturlarından və həmin düsturların tətbiqinə aid müvafiq metodikadan istifadə edilir. Bu halda həmin düsturlarda τ_n' , τ_n'' , δ_τ , S_τ , σ , $\bar{\sigma}$, σ_i , $\sigma_{\min}$, $\sigma_{\max}$, τ' , τ'' , və $\gamma_{g, \text{tg}\varphi}$ müvafiq olaraq ε_n' , ε_n'' , δ_ε , S_ε , $\ln\sigma$, $\ln\bar{\sigma}$, $\ln\sigma_i$, $\ln\sigma_{\min}$, $\ln\sigma_{\max}$, ε' , ε'' , $\gamma_{g, \varepsilon}$ ilə əvəz edilməlidir.

Dərinlik üzrə qrunun xassələri qanunauyğun dəyişdiyi halda normativ və hesabi qiymətlərin hesablanması. Qrunun X xassəsi dərinlik (h) üzrə qanunauyğun dəyişdikdə HQE hüdudunda X ilə h arasında xətti və yaxud parçalarla xətti asılılıq qurulur. Bu halda həmin asılılıq (4.100) asılılığı şəklində axtarılır.

$$X(h) = a \cdot h + b, \quad (4.100)$$

burada a və b – xətti asılılığın və yaxud parçalarla xətti asılılığın müvafiq hissəsinin parametrləri.

a və b parametrləri (4.82) və (4.83) düsturları ilə hesablanır. Bunun üçün $\text{tg}\varphi_j$, c_j , τ_i , σ_i və k müvafiq olaraq a , b , X_i , h_i və n ilə əvəz edilir. Burada X_i qrunun xassə göstəricisinin h_i dərinliyində təcrübi qiyməti, n isə onun təcrübə-sınaqla təyin olunmuş sayıdır.

Müxtəlif h_i dərinliklərində qrunun xassə göstəricilərinin $X_n(h)$ normativ qiyməti (4.100) düsturu vasitəsi ilə (h_i -nin müvafiq qiymətlərini qəbul etməklə) hesablanır.

Orta kvadratik meyl (S_x) və variasiya əmsalı (V) müvafiq olaraq (4.101) və (4.102) düsturları ilə hesablanır.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_n(h) - X_i)^2}, \quad (4.101)$$

$$V = \frac{S_x}{\bar{X}}, \quad (4.102)$$

burada $\bar{X}$ – qrunun xassə göstəricisinin X_i fərdi qiymətlərinin hesabi ortasıdır.

HQE-nin sərhədlərinin $h_{\min}$ və $h_{\max}$ qiymətlərinə uyğun olaraq (xətti və parçalarla xətti asılılıq halında) qrunun xarakteristikasının X'_n və X''_n normativ qiymətləri (4.100) düsturu ilə hesablanır.

Qrunun xarakteristikasının $X(h)$ hesabi qiyməti (4.76) düsturu ilə hesablanır. Bunun üçün γ_g (4.89) – (4.96) düsturlarından və həmin düsturların tətbiqinə aid müvafiq (yuxarıda göstərildiyinə analoji olaraq) metodikadan istifadə etməklə hesablanır. Bu halda həmin düsturlarda δ_τ , S_τ , σ , $\bar{\sigma}$, σ_i ,

$\sigma_{\min}, \sigma_{\max}, \tau, \tau_n, \tau'_n, \tau''_n, \tau', \tau''$ müvafiq olaraq $\delta_x, S_x, h, \bar{h}, h_i, h_{\min}, h_{\max}, X, X_n, X'_n, X''_n, X', X''$ ilə əvəz olunmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

5. Məmmədova E.A. Yeraltı suların dinamikası. Bakı, Bakı Universiteti nəşr., 2010. 250 s.
6. Məmmədova E.A. Su təchizatı və meliorativ hidrogeologiya. Bakı, Kür nəşr., 2003. 220 s.
7. Məmmədova E.A. Hidrogeoloji tədqiqat üsulları. Bakı, Bakı Universiteti nəşr., 2008. 254 s.
8. Башкатов Д.Н, Васильев А.В. Методические указания по геологической документации скважин шнекового бурения при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. М.: ВСЕГИНГЕО, 1964. 34 с.
9. Богословский В.А., Огильви А.А. Применение геофизических методов при изучении оползней. В кн.: Разведочная геофизика, вып. 7, 1977, с. 6-10.
10. Богословский В.А., Огильви А.А. Электрометрические методы определения утечек из водохранилищ. Гидротехника и мелиорация, 1973, № 4, с.12-17.
11. Бондарик Г.К. Динамическое и статическое зондирование в инженерной геологии. М.: Недра, 1964. 104 с.
12. Бондарик Г.К. Классификация геологических тел при инженерно-геологических съемках. Разведка и охрана недр, 1973. № 10. 16 с.
13. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств пород. М.: Недра, 1971. 272 с.
14. Бондарик Г.К., Горальчук М.И., Сироткин В.Г. Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород. М.: Недра, 1976. 235 с.
15. Бондарик Г.К., Комаров И.С., Ферронский В.И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1967. 372 с.
16. Бондарик Г.К., Коренева С.Л., Горячева Д.С. Методические рекомендации по определению деформационных и прочностных свойств глинистых пород методом прессиометрии. Серия № 163. М.: ВСЕГИНГЕО, 1971. 40 с.

17. Валях В.М., Чаповский Е.Г. Аэрофотометоды при региональных инженерно-геологических исследованиях в аридных районах. М.: Недра, 1977. 158 с.
18. Викторов С.В. Аэроландшафтная индикация последствий деятельности человека в пустынях. М.: Недра, 1973, С. 42-57.
19. Викторов С.В. Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии. М.: Недра, 1966. 120 с.
20. Викторов С.В. Ландшафтные индикаторы гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах орошения и обводнения пустынь. М.: Недра, 1976. 56 с.
21. Виноградов Б.В. Космические методы изучения природной среды. М.: Мысль, 1976. 286 с.
22. Востокова Е. А., Шавырина А. В., Ларичева С. Г. Справочник по растениям-индикаторам грунтовых вод и почво-грунтов для южных пустынь СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 126 с.
23. Гвоздецкий Н. А. Три типа дифференциации географической среды и физико-географических комплексов. Землеведение, 1976, т. XI, с. 5-22.
24. Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К. Гидрогеология. М.: Высш. шк., 1990. 448 с.
25. Горяинов Н. Н. Сейсмические методы при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях.-Сб. трудов Всесоюзной конференции по применению геофизических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. Ереван: 1976. 154 с.
26. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
27. Григорьев А. А. Космическая индикация ландшафтов земли. изд-во ЛГУ, 1975. 165 с
28. Гудилин И. С., Комаров И. С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. М.: Недра, 1978. 319 с.
29. Емельянова В.А. Полевая радиометрия влажности и плотности почво-грунтов. М.: Атомиздат, 1970. 333 с.

30. Звольский С.Т. Гамма-методы измерения объемной массы дисперсных грунтов и донных отложений. М.: Атомиздат, 1980. 112 с.
31. Инструкция по испытанию грунтов динамическим зондированием конусом. РСН 32-70. М.: Изд. Госстроя РСФСР, 1970. 81 с.
32. Инструкция по испытанию грунтов статическим зондированием РСН 33-70. М.: Изд. Госстроя РСФСР, 1970. 104.
33. Инструкция по испытанию грунтов статическими нагрузками (штампов). РСН 34-70. М.: Изд. Госстроя РСФСР, 1970. 115 с.
34. Инструкция по производству комплексной мерзлотно-гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштабов 1:200 000 и 1:500 000. М.: изд-во МГУ, 1969. 123 с.
35. Кац Я.Г., Рябухин А.Г., Трофимов Д.Н. Космические методы в геологии. М.: МГРИ, 1976. 103 с.
36. Климентов П.П., Сыроватко М.В. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра 1966. I-II ч. 378 с.
37. Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1968. 335 с.
38. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1972. 295 с.
39. Корчагин Г.П., Коренева С.Л. К вопросу определения модуля деформации глинистых грунтов. В кн.: Новые полевые и лабораторные методы определения свойств горных пород. М.: Недра, 1969. 101 с.
40. Ландшафтный метод лесного дешифрирования аэроснимков. Новосибирск: Наука (Сибирское отделение), 1976. 317 с.
41. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.: Недра, 1978. 496 с.
42. Мельников Е.С. Метод ключевых участков в инженерно-геологической съемке. М.: ВСЕГИНГЕО, вып. 62, 1973, с. 4-21.
43. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Крицук Л.Н. Ландшафтные индикаторы инженерно-геокриологических условий северо-

- западной Сибири и их дешифровочные признаки. М.: Недра, 1974. 132 с.
44. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. /Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Изд-во МГУ, 1968. 347 с.
45. Методическое рекомендации по инженерно-геокриологической съемке. /Под ред. Е.С.Мельникова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1977. 104 с.
46. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000 (1:500 000) /Под ред. Е.С.Мельникова, М.: Недра, 1978. 391 с.
47. Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1972. 296 с.
48. Никитин В.Н. Круговое сейсмическое зондирование и его возможности. Вест. МГУ, сер. Геол. № 1, 1977, 18-23 с.
49. Огильви А.А. Геофизические исследования. М.: изд-во МГУ, 1962. 412 с.
50. Пальянов П.Ф., Штейнберг А.М. Бурение скважин. М.: Недра, 1966. 232 с.
51. Попов И.В. Инженерная геология. Изд-во МГУ, 1959. 510 с.
52. Радиоизотопные методы исследования в инженерной геологии и гидрогеологии./Ферронский В.И., Данилин А.И., Дубинчук В.Т. и др. 2-е изд. М.: Атомиздат, 1977. 304 с.
53. Ребрик Б.М. Бурение скважин при инженерно-геологических изысканиях. 2-е изд. М.: Недра, 1973. 260 с.
54. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: Недра. 1983, 528 с.
55. Садов А.В. Изучение экзогенных процессов аэроландшафтным методом. М.: Недра. 1978. 151 с.
56. Садов А.В. Аэрометоды изучения селей. М.: Недра, 1972. 125 с.
57. Садов А.В., Ревзон А.Л., Чалидзе Ф.Н. Изучение экзогенных процессов в районах крупных водохранилищ аэроландшафтным методом. М.: Недра, 1976. 48 с.
58. СНИП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства. /Госстрой СССР, ГУГК СССР, М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. 104 с.

59. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп. /Под. ред. М.В. Чуринова. М.: Недра, 1981. 325 с.
60. Справочное руководство по ядерным методам в гидрогеологии и гидрологии./ Перев. с англ. Под ред. В.И. Ферронского. М.: Недра, 1971. 256 с.
61. Троянский С.В., Белицкий А.С., Чекин А.И. Гидрогеология и осушение месторождений полезных ископаемых. М., Углетехиздат, 1956.
62. Ферронский В.И., Грязнов Т.А. Пенетрационный каротаж. М.: Недра, 1979. 305 с.
63. Шарапанов Н.Н., Черняк Г.Я., Барон В.А. Методика геофизических исследований при гидрогеологических съемках с целью мелиорации земель. М.: Недра, 1974. 174 с.

FƏSİL 5. MÜHƏNDİSİ-GEOLoji XƏRİTƏLƏR.

5.1. MÜHƏNDİSİ-GEOLoji XƏRİTƏLƏR VƏ ONLARIN TƏRTİBİ METODİKASI

Mühəndisi-geoloji planalmalar mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi mərhələsində həyata keçirilir. *Mühəndisi-geoloji xəritələr tikintilərin layihələndirilməsi, tikintisi, istismarı və müxtəlif mühəndisi tədbirlərin yerinə yetirilməsi zamanı tədqiqat aparılan ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin nəzərə alınması vacib hesab edilən amillərinin müvafiq miqyas əsasında (dəqiqliklə) kağız üzərində təsviridir.* Bu təsvirin dəqiqlik səviyyəsi tərtib edilən xəritənin miqyasından, təyinatından, aparılan mühəndisi-geoloji planalmanın dəqiqlik səviyyəsindən asılıdır. Onlar ərazinin geoloji şəraitini, geodinamiki proseslərini, insanların texnogen fəaliyyəti ilə əlaqədar olaraq yaradılmış şəraiti mühəndisi-geoloji xəritələrin təyinatına uyğun şəkildə özündə əks etdirirlər.

Mühəndisi-geoloji xəritələrin **analitik, sintetik, ümumi və məxsusi tipləri** mövcuddur.

Analitik xəritələr özlərində elə şəraiti və qruntları fərqləndirərək əks etdirirlər ki, onlar quntların və yaxud massivin bir və ya bir neçə xarakterik göstəricisini və ya əlamətini özlərində cəmləş-

dirmiş olurlar. Belə xəritələrə misal olaraq, sukeçiricilik xəritəsini, bərabər çökmələr xəritəsini, bərabər yüklətmə qabiliyyəti xəritəsini göstərmək olar.

Sintetik xəritələr mühəndisi-geoloji şəraitin ümumi qiymətləndirilməsini əks etdirirlər. Bu xəritələr sadə şəraitə malik olan ərazilər üçün bir vərəq şəklində, mürəkkəb şərait üçün vərəqlər seriyası şəklində tərtib oluna bilərlər.

Ümumi xəritələr xüsusi tikinti tədbirləri nəzərə alınmadan ərazinin planirovkasının (yer səthinin hamarlanaraq lazımi şəkə gətirilməsi) əsaslandırılması üçün tərtib edilirlər.

Məxsusi xəritələr tikintinin müxtəlif sahələrinə aid texniki məsələlərin müəyyən növlərinin həlli üçün tərtib edilirlər. Onlar müəyyən geoloji proses və hadisələrin (misal üçün karst, sürüşmə, uçqun və sair) inkişafını (yayılmasını) əks etdirmək üçün tərtib olunurlar.

Xəritələrin təyinatı, layihələndirmənin tələbi və ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin mürəkkəbliyi onların dəqiqlik səviyyəsini və miqyasını müəyyənləşdirir. Mühəndisi-geoloji xəritələr adətən kiçik, orta, iri və əsaslı iri miqyaslı olurlar.

Kiçik miqyaslı xəritələr 1:500000 və daha kiçik (*icmal xəritələri*) miqyaslı olub, iri vilayətlərin, sənaye mərkəzlərinin və böyük şəhərlərin planlaşdırılması, daha əlverişli yerləşmə yerlərinin seçilməsi və sair məqsədi ilə tərtib edilirlər. Ümumi təyinatlı mühəndisi-geoloji xəritələr kiçik miqyasda tərtib olunaraq (1:500000 və daha kiçik) ərazinin geoloji şəraitini öyrənmək üçün, regional qanunauyğunluqların müəyyən olunması, icmal xarakterli məlumatların əldə olunması üçün tərtib olunurlar.

Orta miqyaslı xəritələr 1:200000 - dən 1:100000 miqyasınadək olub, şəhərlərin, sənaye müəssisələrinin, mühəndisi qurğuların və kommunikasiya trassalarının (kanallar, yollar, rabitə xətləri, elektrik xətləri və su kəmərləri), böyük çayların məcralarında nizamlayıcı tədbirlərin layihələndirilməsi və sair məqsədi ilə tərtib olunurlar. Bu xəritələr dəqiq mühəndisi-geoloji axtarış işlərinin aparılmasının proqramının tərtibi və ümumi mühəndisi-geoloji qanunauyğunluğun öyrənilməsi üçün əsas ola bilər.

İri miqyaslı xəritələr 1:50000 - dən 1:25000 - dək miqyasında olub, yol qovşaqlarının, şəhərlərin və müxtəlif hidrotexniki qurğuların tikinti planının tərtibi zamanı layihə tapşırıqlarının əsaslandırılması üçün, hidrotexniki qurğuların stvorunun seçilməsi, sənaye

obyektlərinin tikinti meydançalarının, yollarının, mühəndisi kommunikasiyalarının və s. paylanması və seçilməsi üçün tərtib olunurlar.

Əsaslı iri miqyaslı xəritələr 1:10000 və daha iri miqyaslı olub, müxtəlif qurğuların və yaxud onların hissələrinin planda yerləşmə vəziyyətinin dəqiq layihəsinin əsaslandırılması, şəhərlərin, hidro-texniki qurğuların, nəqliyyat kommunikasiyalarının, sənaye obyektlərinin konkret obyektlərinin və s. dəqiq planının hazırlanması zamanı layihə tapşırıqlarının və texniki layihənin əsaslandırılması məqsədi ilə tərtib olunurlar.

Ümumiyyətlə isə mühəndisi-geoloji xəritələrin prinsipcə 3 tipi (**mühəndisi-geoloji şərait xəritəsi, mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritəsi, xüsusi mühəndisi-geoloji xəritə**) mövcuddur.

Mühəndisi-geoloji şərait xəritəsi və yaxud ümumi təyinatlı mühəndisi-geoloji xəritə tikinti layihələndirilən ərazinin təbii şəraitinin ümumi şəkildə qiymətləndirilməsi üçün tərtib edilir. *Mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritəsi* ümumi və xüsusi məqsədlər üçün tərtib olunur. *Mühəndisi-geoloji şərait xəritəsi və mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritəsi* ayrılıqda və birlikdə bir vərəq üzərində tərtib oluna bilərlər.

Mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritəsi əsasən İ.V.Popov tərəfindən təklif olunmuş rayonlaşdırma prinsipləri əsasında tərtib olunur. Həmin rayonlaşdırma prinsiplərində taksonomik bölgü vahidləri aşağıdakı kimidir. Ərazinin daha böyük bölgü vahidi geostruktur əlamətlərinə görə regionlara, geomorfoloji göstəricilərə görə vilayətlərə, süxur komplekslərinə görə rayonlara, müvafiq ərazi üçün səciyyəvi olan amillərdən birinə görə sahələrə və s. ardıcılıqla bölünürlər.

Xəritənin miqyasından, struktur və geomorfoloji məxsusiliyindən asılı olaraq birinci dərəcəli region və vilayətləri ikinci və üçüncü dərəcəli region və vilayətlərə bölmək olar.

Xüsusi mühəndisi-geoloji xəritə tikintinin və qurğunun mühəndisi-geoloji şəraitinin məxsusiliyinə uyğun olaraq tərtib olunur. Özündə əks etdirdiyi məlumatlara, yəni mündəricatına görə onlar müxtəlif ola bilərlər. Belə xəritələr konkret və yaxud bir neçə eynicinsli obyektlərin tələblərinə uyğun şəkildə hazırlanırlar. Onlar üzərində ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin qiymətləndirilməsi və mühəndisi-geoloji proseslərin təqribi proqnozu verilir.

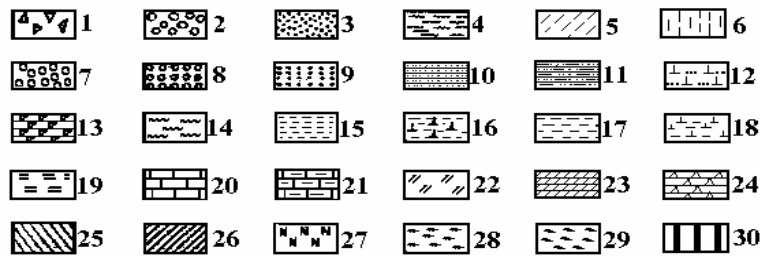
Mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəraitə malik rayonlar üçün həmin şəraitin müxtəlif elementlərini səciyyələndirən *köməkçi xəritələrin* tərtib olunması tövsiyə edilir. Misal olaraq ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin səciyyəviliyini yaradan elementlərin (sürüşmənin, karstın, geomorfoloji və hidrogeoloji elementlərin və sair) nəzərə alınması müvafiq tikinti üçün vacib olduqda, həmin səciyyəviliyi əks etdirən xəritələrin tərtibi məqsədəuyğun hesab olunur.

Xüsusi mühəndisi-geoloji xəritələr istənilən miqyasda tərtib oluna bilərlər. Onlar kəsilişlər, cədvəllər, ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitini qiymətləndirmək üçün istifadə olunan, amilləri və hadisələri əks etdirən izahat mətnləri ilə tamamlanırlar.

Hər bir mühəndisi-geoloji xəritə xüsusi şərti işarələri əks etdirən materialdan, mühəndisi-geoloji kəsilişlərdən və izahat yazısından ibarət olur. Mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibi zamanı istifadə edilən şərti işarələrdən keçmiş Qarşılıqlı İqtisadi Əməkdaşlıq Şurasının (QİƏŞ) təlimatı əsasında hazırlanmış mühəndisi-geoloji xəritələrin şərti işarələri geoloji mühit haqqında daha aydın təsəvvür yaradır (şəkil 5.1, şəkil 5.2, şəkil 5.3, şəkil 5.4, şəkil 5.5 və şəkil 5.6).



Şəkil 5.1. Birinci sülur kompleksinin petroqrafik tərkibinin şərti işarələri (narıncı rəngdə). 1- iri çınqıl və çaqıl; 2-çınqıl; 3-qum; 4-gil; 5-lil; 6-üzvi mənşəli qrunt.



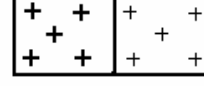
Şəkil 5.2. İkinci sülur kompleksinin petroqrafik tərkibinin (seçmə) şərti işarələri. 1-çınqıl; 2-çaqıl və çınqıl; 3-qum; 4-lil; 5-gilçə; 6-lös; 7-brekiya; 8-konqlomerat; 9-qumdaşı; 10-laylı qumdaşı; 11-gilli qumdaşı; 12-əhəngli qumdaşı; 13-qrauvak; 14-alevrolit-argillit; 15-gil; 16-mergelli gil; 17-gilli şist; 18-mergelli şist; 19-sax gil, argillit; 20-əhəngdaşı; 21-mergel; 22-təbaşir; 23-dolomit; 24-opoka; 25-anhidrit; 26-gips; 27-daş duz; 28-torf; 29-gittiya; 30-boz kömür.

İzahat yazısına əlavədə xəritədə göstərilmiş dağ qazmalarının katoloqu verilir. Qeyd olunan izahat yazısı və digər göstəricilərin

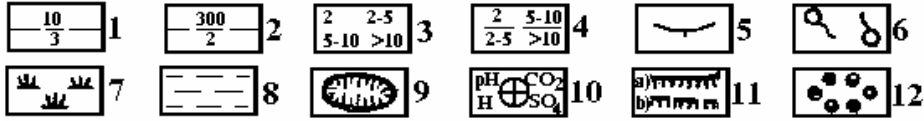
tərtibi xəritəni təkrarlamamalı, xəritədə əks olunmayan məsələləri aydınlaşdırmalıdır. O, xəritənin zənginləşməsinə xidmət etməlidir.



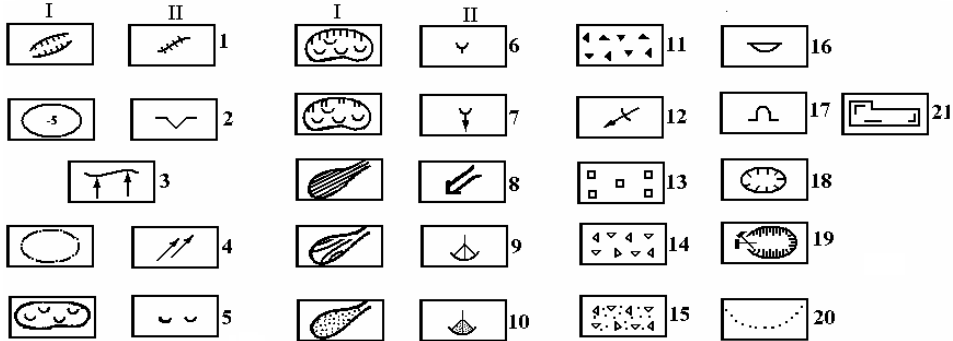
Şəkil 5.3. Üst kompleksin ikinci qatının şərti işarəsi (flüvioqlyasial qumlar üzərində yatan allüvial gilçələr).



Şəkil 5.4. Alt kompleksin şərti işarəsi (granit: 1-5-m-ə dək; 2-5-10 m).



Şəkil 5.5. Hidrogeoloji şəraiti təsvir etmək üçün şərti işarələr (göy rəngli). 1-yeraltı suların yatma dərinliyi və onların səviyyəsinin maksimal rəqs amplitudu; 2-hidroizohipslər və səviyyənin maksimal rəqs amplitudu; 3-massivdə qrunut sularının səviyyəsi; 4-massivdə yeraltı suların pyezometrik səviyyəsi; 5-massivdə yeraltı suların axın istiqaməti; 6-mənbələr; 7-izafi nəmlənmə sahəsi; 8-bataqlıq; 9-üstədən daxil olan yeraltı su mənbəyi; 10-suyun analizi məlumatları: pH; H-kənarlaşdırıla bilən cədluq; CO₂, SO₄-normativə uyğun olaraq aqressivlik olduqda doldurulur. 11-gursululuğun sərhədi; a)-maksimal; b)-orta; 12-su mühafizə zonası.



Şəkil 5.6. Geodinamiki proseslərin xəritədə təsviri üçün şərti işarələr (qırmızı rəngli). I-iri miqyaslı xəritələr üçün; II-icmal və xırda miqyaslı xəritələr üçün: 1-eroziya dərəsi; 2-löslərdə batma kasası; 3-abraziya; 4-suffoziya; 5-qədim sürüşmə; 6-dayanmış sürüşmə; 7-fəal sürüşmə; 8-qar axınının baş vermə təhlükəsi; 9-gətirmə konusu; 10-səpinti; 11-daş axını; 12-soliflukasiya; 13-daş tökülməsi; 14-uçqun; 15-səpilmə; 16-hərəkət edən dülər; 17-mağara; 18-karst; 19-dağ qazmaları üzərində oturma kasası; 20-yüksək seysmiklikli əyalət; 21-qurğuların deformasiyası.

İstənilən miqyaslı mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibi üçün ilkin olaraq aşağıdakı materiallardan istifadə edilməlidir:

1)əvvəllər aparılmış tədqiqatların nəticələri əsasında tərtib edilmiş topoqrafik, geoloji (dördüncü dövrədək və dördüncü dövr

çöküntüləri və yaxud qarışıq), tektonik, geomorfoloji, hidrogeoloji və digər xəritələr;

2)geoloji, geomorfoloji, hidrogeoloji, mühəndisi-geoloji, meteoroloji, hidroloji və sair işlərin nəticələri;

3)tikinti meydançalarında və yollarda aparılmış mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələri;

4)yeraltı işlərin aparılmasının təsiri ilə ərazilərin və qruntların deformasiyaya uğraması haqqında, həmçinin bina və qurğuların vəziyyəti haqqında materiallar;

Mühəndisi-geoloji xəritələr müxtəlif materiallar əlavə edilmiş topoqrafik xəritələr əsasında tərtib edilir. Tədqiqat aparılan ərazinin topoqrafik xəritəsi üzərinə horizontallar vasitəsi ilə hündürlüklər, müxtəlif tədqiqat materialları əsasında geoloji, hidroloji, hidrogeoloji, qrunտ şəraitinə aid materialların köçürülməsi həyata keçirilir. Yəni xəritə üzərində tədqiq olunan ərazinin hündürlüyünü müəyyən edən horizontallar, kommunikasiya xətləri, hidroqrafik şəbəkə, əsas yaşayış massivləri, qruntların yaşı, litoloji tərkibi, yatım şəraiti, fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri, yer səthindən aşağıya doğru I süxur kompleksləri, geodinamiki proseslər, onların ərazi üzrə inkişaf hüdudları, iqlim və s. əhatə olunmalıdır. Tədqiqat aparılan ərazidə həyata keçirilən qazıma işləri (quyunun yerləşmə vəziyyəti, quyu ağzının mütləq yüksəkliyi, aşkar olunmuş məlumatlar, sulu horizontların yatım dərinliyi, regional əlaqəliliyi, sərfi, suyun kimyəvi tərkibi, betona və dəmir-betona qarşı aqressivliyi və sair) icmal xəritədə qeyd olunmalıdır. Burada ərazinin tektonikası, seysmikliyi, hidrogeoloji şəraiti, süxur komplekslərinin xassə göstəriciləri, geodinamiki proseslər xüsusi diqqət cəlb etməlidir.

Mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibi zamanı aerokosmiki planalma materiallarından geniş şəkildə istifadə olunur.

Müxtəlif miqyaslı mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibi struktur mərtəbəyə aid dördüncü dövrədək süxurlar və genetik tipə aid dördüncü dövr çöküntüləri göstərilməklə stratigrafiq-genetik və formasiya prinsipi əsasında yerinə yetirilir.

Mühəndisi-geoloji xəritələrdə aşağıdakılar öz əksini tapmalıdır: formasiyaların və onları təşkil edən petroqrafik süxur tiplərinin (tərkibi və yaşı göstərilməklə) və yaxud onların stratigrafiq-genetik komplekslərinin inkişaf tapma səviyyəsi; yeraltı suların yatma dərinliyi, aqressivliyi və basqıılığı, sululuq xarakteri;

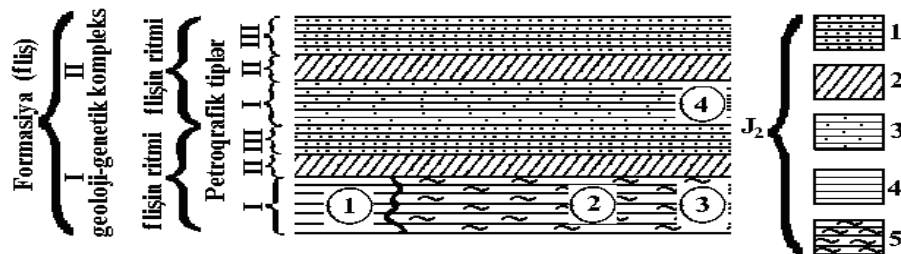
müasir ekzogen-geoloji proseslərin inkişaf tapma və ərazini zədələmə səviyyəsi; yeni (erkən) tektonik hərəkətlərin üstünlük təşkil edən istiqaməti göstərilməklə genetik relyef tipləri; qruntların təsnifat göstəricilərindən birinin əsas dəyişkənlik istiqaməti; üst və alt stratiqrafik-genetik süxur komplekslərinin (tiplərinin) qalınlıq xarakteristikası.

Qruntların mühəndisi-geoloji xassələrinin əsas təsnifat göstəriciləri tipik quyularda öz əksini tapır.

Adətən xəritələrin tərtibi zamanı eyni miqyaslı müvafiq xəritələrdən istifadə olunur. Mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibində xəritələrdən əlavə xəritədə öz əksini tapmayan, onun başa düşülməsinə, aydınlaşmasına, daha əlverişli materialın əldə olunmasına kömək edən **pofillər, sütunlar, izahat materialları** və müxtəlif materiallar əlavə olunurlar.

Mühəndisi-geoloji xəritələrin mündəricatı. Mühəndisi-geoloji xəritələrdə geoloji formasiyalara aid olan stratiqrafik-genetik süxur kompleksləri öz əksini tapır. Dördüncü dövrə aid qruntlar üçün isə onların hansı genetik tipə aid olduğu göstərilir.

Mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibində qruntların xəritədə təsviri zamanı **formasiya, geoloji-genetik kompleks, petroqrafik tip, petroqrafik növ və petroqrafik yarım növ** kimi təsnifləndirmədən istifadə edilir (şəkil 5.7).



Şəkil 5.7. Mühəndisi-geoloji xəritədə təsvir etmək üçün süxurların təsnifləndirilməsi üzrə nümunə. 1-qumdaşı; 2-alevrolit (argillit); 3-piritli quru gil; 4-piritsiz quru gil; 5-nəm, plastik gil; Dairədəki 1 və 2 rəqəmləri müvafiq olaraq I və II mühəndisi-geoloji yarım tipləri əks etdirir. II yarım tip I-dən daha çox nəmliyə və konsistensiyaya malik olması ilə fərqlənir. 3-I petroqrafik tipin I mühəndisi-geoloji yarım növü; 4-I petroqrafik tipin II mühəndisi-geoloji yarım növü (piritin iştirak etməməsinə görə I yarım növdən fərqlənir).

Formasiya genezisinə görə oxşar olan, təbii-tarixi süxur kompleksidir.

Geoloji-genetik kompleks oxşar çöküntü toplanma şəraitində əmələ gələn süxurlardır.

Petroqrafik tip petroqrafik tərkibinə, strukturuna və teksturuna görə analoji olan süxurdur.

Petroqrafik növ eyni tipə aid olan, mühəndisi-geoloji xassələrə təsir göstərən bəzi petroqrafik xüsusiyyəti ilə fərqlənən süxurdur.

Petroqrafik yarım növ mühəndisi-geoloji xassələri oxşar olan, bəzi göstəricilərinə (misal olaraq nəmliyə, aşınma səviyyəsinə görə və sair) görə fərqlənən süxurdur.

M.V.Çurinov, İ.M.Tsıpina və V.P.Lazareva tərəfindən (VSEQİNQEO) mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibində istifadə etmək üçün qruntların mühəndisi-geoloji stratifikasiyası müəyyən edilmişdir. Bunun üçün aşağıdakılar nəzərə alınmışdır:

- mühəndisi-geoloji xəritəalma zamanı qrunntəbəqələrinin bölünməsi üzrə İ.V.Popovun təklif etdiyi sxem;

- qruntların V.A.Priklonski, Y.V.Sergeyev, P.N.Panyukov və L.D.Bely tərəfindən tərtib edilmiş ümumi mühəndisi-geoloji təsnifatı;

- geoloji mühitin Q.K.Bondarik tərəfindən tərtib edilmiş taksonomik vahidlərə ayrılma sxemi;

- D.S.Xarkeviçin və V.N.Moskalyevanın redaktəsi ilə hazırlanmış keçmiş SSRİ-nin 1:2500000 miqyaslı maqmatik formasiyalar xəritəsi.

Mühəndisi-geoloji xəritəalma zamanı qrunntəbəqələrinin bölünmə sxeminin əsasını iki qrup formasiyalar-**maqmatik və çökmə formasiyalar** qrupları təşkil edirlər.

Maqmatik formasiyalar qrupu möhkəm əlaqəli qruntlardan ibarət olan intruziv və effuziv (vulkanogen) formasiya kompleksini əhatə edir. Formasiyaları təşkil edən stratigrafik-genetik komplekslərin petroqrafik tərkibi onların formalaşma mərhələsindən (**geosinklinal, inversiya və konsolidasiya**) asılı olduğundan, həmin komplekslərin formalaşma mərhələsi mühəndisi-geoloji xəritəalma zamanı qeyd edilir.

Çökmə formasiyalar qrupu **karbonatlı, karbonatlı-terrigen, terrigen, silisiumlu-terrigen, karbonatlı-silisiumlu, fliš, flišvari, molass, duzlu, daş kömürlü** və digər formasiyaları əhatə edir. Xəritədə onların platforma və yaxud qırıqlıq şəraitində formalaşması qeyd edilir.

Bu formasiyalar müəyyən genezisə, tərkibə və yaşa malik stratigrafik-genetik süxur komplekslərindən ibarət olub, birlikdə

xəritənin əsas parametrlərini müəyyənləşdirirlər və müvafiq rənglə göstərilirlər.

Misal olaraq dördüncü dövrədək süxurların stratigrafiq-genetik komplekslərinin rəngi formasiyaların, onların təşkilədicilərinin rənginə, dördüncü dövr süxurlarının rəngi isə onların genetik təşkilədicilərinin rənginə uyğun seçilir. Süxur komplekslərinin rəng çalarları kompleksin geoloji yaşına uyğun seçilir və yaş artdıqca onun rəngi tündləşdirilir.

Dördüncü dövrədək süxurlar üçün rəng çalarları geoloji süxur qruplarının struktur mərtəbələrinin (arxey-proterozoy, paleozoy, mezozoy və kainozoy) rəng çalarına uyğun olur. Dördüncü dövr süxurları üçün aşağı mərtəbədən yuxarıya (müasir çöküntülərə) doğru rəng çalarının tündlüyü azalır.

Qruntların mühəndisi-geoloji xassələri xəritədə onların fiziki-mexaniki xassələrinin dəyişkənliyi şəklində əks olunur.

Quyuların yanında izoxətlərlə və ədədlərlə tikinti norma və qaydalarına görə müəyyən olunmuş təsnifat göstəricilərinin eksperimentlərdən əldə edilmiş orta qiyməti, onların orta kvadratik meyli göstərilir. Stratigrafiq-genetik kompleks üçün bir göstərici, litoloji-petroqrafik tip üçün isə iki və ya üç göstərici göstərilir.

Altı yatan ikinci stratigrafiq-genetik kompleksin və yaxud litoloji-petroqrafik tipin süxurlarının hissəcikləri arasındakı əlaqənin xarakteri quyu yanında çəkilmiş kəsir xəttinin məxrəcində göstərilir.

Mühəndisi-geoloji xəritələrin tərtibi zamanı qruntların xassə göstəricilərinin təsvir edilməsi N.V.Kolomenski, Q.K.Bondarik, M.İ.Qoraçuk, Y.N.Yerusəlimskaya və başqaları tərəfindən təklif edilmişdir. Mühəndisi-geoloji xəritələrdə stratigrafiq-genetik komplekslərin sululuğunun xarakterinin, yer səthindən aşağıya doğru birinci stratigrafiq-genetik komplekslərdə və yaxud litoloji-petroqrafik tiplərdə yeraltı suların yatma dərinliyinin və aqressivliyinin əks olunması tövsiyə edilmişdir.

Suxurların sululuğunun qiymətləndirilməsi zamanı aşağıdakı sululuq tipləri qəbul edilir: **sulu horizont; sulu-çatlı zona; hərdənbir sulu olan qrunտ layı; sukeçirici, susuz və sukeçirməyən təbəqə.** Çoxillik donuşluq zonalarında isə **mövsumi donuşluqüstü, linzaüstü** (maye şəklində su ildə iki-üç aydan çox olmayan), **müvəqqəti ərmiş buz və qar suları, qrunտ suları, dəyişkən (illik və faza) rejimli**

donuşluqüstü sular, yerli basqılı və il ərzində maye fazada olan donuşluqüstü sular fərqləndirilir.

Düzənlik ərazilərin iri miqyaslı mühəndisi-geoloji xəritələrinin tərtibi zamanı yeraltı suların yatma dərinliyinin ədədlərlə göstərilməsi və yaxud izohips ayrılərinin aşağıdakı intervallarla qurulması tövsiyə edilir: 0,5-1,0; 1,0-3,0; 3,0-5,0; 5,0-10,0; 10-15,0; >15,0 m.

Yeraltı və yerüstü suların tərkibində həllolan, qurğuların əsasında beton və dəmir-beton üçün aqressivlik yaradan duzlar və qazlar mühəndisi-geoloji xəritələrdə əks olunmalıdır. Bunlar aşağıdakı şəkildə xəritədə təsvir olunur: HCO_3 -n miqdarı <2 mq-ekv/l olduqda yuyulub çıxarılma; pH <5,0 olmasına görə ümumi turşuluq; CO_2 >3 mq/l olduqda karbon qazı, SO_4 >250 mq/l olduqda sulfat və Mg ≥750 mq/l olduqda isə maqnezium aqressivliyi; aqressiv olmayan sular.

Mühəndisi-geoloji xəritələrdə müasir ekzogen-geoloji proseslərin inkişaf istiqaməti, genetik mənsubiyyəti, aktivliklərinin miqdarı qiyməti, onların intensivliyi və əraziləri zədələmə dərəcəsi öz əksini tapmalıdır. Bu proseslərin inkişafı ərazinin relyefinin xarakteri, üstünlük təşkil edən neotektoniki hərəkətlər, stratigrafik-genetik süxur komplekslərinin genezisi, tərkibi, vəziyyəti və xassələri, landşaft-iqlim zonallığı nəzərə alınmaqla hidrogeoloji şəraiti və çoxillik donuşluğun varlığı ilə əlaqədar olur.

Müasir geoloji prosesləri qiymətləndirmək üçün miqyası 1:25000 olan mühəndisi-geoloji xəritələrdə müvafiq təsirə məruz qalmış ərazilərin həcmi, ölçüləri, təsir göstərən geoloji proseslərin tipi və intensivliyi göstərməlidir.

Həmçinin bu xəritələrdə süxurların stratigrafik-genetik komplekslərinin və yaxud litoloji-petroqrafik tiplərinin mühəndisi-geoloji quruluşunun xarakteristikası üçün tipik quyular təsvir edilir. Həmin quyuların sol kənarında, kəsrin surətində üst genetik-stratigrafik kompleksin və yaxud litoloji-petroqrafik tipin geoloji indeksi və qalınlığı (metrlə), məxrəcində isə altda yatan stratigrafik-genetik kompleksin və yaxud litoloji-petroqrafik tipin geoloji indeksi və aşkar olunmuş qalınlığı qeyd edilir. Quyunun sağ kənarında isə kəsrin surətində üst stratigrafik-genetik kompleksin və yaxud litoloji-petroqrafik tipin yeraltı sularının yatma dərinliyi, mötərizədə basqının qiyməti (metrlə), litoloji-petroqrafik tip üçün əlavə olaraq kəsrin surətində suların xüsusi

sərfi qeyd edilir. Kəsrin məxrəcində isə qruntların mühəndisi-geoloji xassə göstəriciləri göstərilir.

Regional mühəndisi-geoloji tədqiqatların aparılması zamanı həm ərazinin, həm də onun müvafiq sahələrinin səciyyəsinin konkretləşdirilməsinə üstünlük verilir. Bu isə ərazinin tipikləşdirilməsinə, yəni onların mühəndisi-geoloji şəraitinin əsas, əhəmiyyətli və ümumiləşdirici qiymətinin müəyyənləşdirilməsinə imkan verir.

Hər bir konkret ərazi və ya onun müvafiq hissələri mühəndisi-geoloji şəraitin tipik səciyyəviliyi, müəyyən keyfiyyəti ilə xarakterizə edilirlər. Bunlar da mühəndisi-geoloji sütunlar, kəsilişlər, sxemlər və sair ilə təsvir edilirlər. Tədqiqat ərazisində bəzi əsas, nəzərə alınması vacib olan əlamətlərə görə eyni və yaxud oxşar olan bir neçə və yaxud çoxlu sahələr qrupu fərqləndirilərsə, o zaman hər bir sahələr qrupu üçün bir **tipik sütun, kəsiliş və yaxud sxemin** tərtib edilməsi məqsədəuyğun olur.

Mühəndisi-geoloji kəsilişlər. Mühəndisi-geoloji kəsilişlər qruntların tərkibinin, vəziyyətinin və xassələrinin təyini üzrə aparılmış vizual, çöl və laborator tədqiqatlarının nəticələri əsasında tərtib edilir. Hər bir mühəndisi-geoloji xəritə bir-iki geoloji kəsiliş ilə müşayiət olunur. Onlar meridional və en dairəsi istiqamətində bütün ərazidən keçməklə, həmin ərazi üçün qəbul edilmiş stratiqrafik sxem üzrə tərtib edilirlər.

Mühəndisi-geoloji kəsilişlər xəritəyə uyğun olmaqla bərabər, həm də ərazinin stratiqrafik şöbələrinin səciyyəviliyini əks etdirməlidirlər. Tədqiq olunan ərazinin geoloji quruluşunu kəsilişin tərtibi zamanı düzgün əks etdirmək üçün relyefin parçalanma səviyyəsinə müvafiq olaraq şaquli və üfüqi miqyas seçilir. Kəsilişdə dayaq-kəşfiyyat quyuları, onlar üzərində yeraltı suların rast gəlmə dərinliyi və qərarlaşmış səviyyəsi, mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma elementlərinin sərhədləri əks olunur.

Şaquli müstəvi üzrə süxurların stratiqrafik-genetik komplekslərinin və yaxud litoloji-petroqrafik tiplərinin yerləşmə vəziyyəti, onların fiziki-mexaniki xassələrinin əsas təsnifat göstəricilərinin orta qiyməti (tədqiq olunan zonada) öyrənilmiş dərinliyədək kəsilişdə təsvir olunur. Qruntların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin kəsilişdə təsviri xassə göstəricilərində olan dəyişkənliyin aşkar olunmasına imkan verir.

Mühəndisi-geoloji kəsilişlər üçün tərtib olunan izahat yazısında ərazinin mühəndisi-geoloji rayonlaşdırılmasını xarakterizə edən məlumatlar, suların qruntlara təsiri, qruntların xassə göstəricilərinin dəyişkənliyi öz əksini tapır.

Mühəndisi-geoloji kəsilişlər xəritələr üçün vacib əlavədir.

Mühəndisi-geoloji sütunlar. *Mühəndisi-geoloji sütunlar* ərazinin müəyyən bir nöqtəsində mühəndisi-qurğuların layihələndirilməsi və tikintisinin tələblərinə uyğun olaraq yer qabığının tərtib olunan şaquli kəsiyidir. Həmin kəsiliş üzərində layihələndirilən qurğunun layihələndirmə və tikinti tələblərinə uyğun olaraq geoloji amillər təsvir olunurlar və səciyyələndirilir.

Sütunların tərtibi zamanı ərazidə dördüncü dövrədək çöküntülərin stratigrafik bölgüsü, yaş indeksi və qalınlığı sütunun sol tərəfində göstərilir.

Sütunun sağ tərəfində isə stratigrafik-genetik kompleks və yaxud litoloji-petroqrafik tip, onların aid olduqları formasiyalar (inkişaf mərhələsinin tektonik şəraiti qeyd edilməklə), süxur kompleksinin üstünlük təşkil edən petroqrafik tərkibi və qalınlığının həddi qiyməti göstərilməklə genezisi qeyd edilir. Mühəndisi-geoloji xəritədə mühəndisi-geoloji stratifikasiyanın ayrılmış və göstərilmiş vahidləri stratigrafik şöbələri geoloji cəhətdən əlaqələndirmək üçün təsvir edilir.

5.2.ƏRAZİLƏRİN MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TİPİKLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ RAYONLAŞDIRILMASI

Ərazilərin mühəndisi-geoloji tipikləşdirilməsi dedikdə, regionun əvvəllər müəyyən olunmuş, mühəndisi-geoloji şəraitinin əsas və daha çox ümumi əlamətlərini xarakterizə edən tipinə uyğun müxtəlif hissələrinin ayrılması (fərqləndirilməsi) nəzərdə tutulur.

Yer kürəsinin mühəndisi-geoloji tipikləşdirilməsi və rayonlaşdırılması məsələsi çox aktual və praktiki cəhətdən böyük əhəmiyyət kəsb edən məsələdir. Çünki mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritələrinin tərtibi həmin prinsiplər əsasında həyata keçirilir. Ərazinin mühəndisi-geoloji rayonlaşdırılması xəritəsi əsasında həmin ərazilərdə həyata keçirilən mühəndislik fəaliyyətinin xarakterini, istiqamətini və s. məsələləri həll etmək mümkündür. Ərazinin tipikləşdirilməsi prinsipləri müxtəlif tədqiqatçılar

tərəfindən təklif olunmuşdur. Bunlardan biri də S.B.Yerşova tərəfindən təklif olunmuş prinsiplərdir.

Məlum olduğu kimi ərazinin mühəndisi-geoloji şəraiti tarixi-geoloji zaman ərzində onun inkişafı ilə əlaqədar olaraq formalaşır. Həmin şəraitin formalaşmasında neotektonik proseslər, iqlim amili, erkən tektonik proseslərin intensivliyi, bünövrənin tektonik quruluşu, geomorfoloji şəraiti əsas götürülür. Geomorfoloji şəraiti formalaşdıran neotektonik proseslər olmuşdur.

Planet ərazilərinin mühəndisi-geoloji tipikləşdirilməsi yer qabığının quruluşunun əsas xüsusiyyətlərinə və neotektonik hərəkətlərin istiqamətinə görə qlobal strukturlara ayrılmasına əsaslanır. Həmin prinsiplərə görə ən böyük geostruktur quruluş - **materiklər, okean dibi və onların keçidləridir**. Materik və okeanlar hüdudunda yeni tektonik hərəkətlərin xarakterini və intensivliyini əks etdirən meqarelyef tipləri üzrə **platformalar, orogenlər** və **riftogenlər** ayrılırlar. Taksonomik bölgü vahidində bunlar region siniflərini təşkil edirlər. Eyni taksonomik bölgü qaydası materik yamacları və yeni geosinklinallar üçün aparılır. Bünövrənin tektonik quruluşunun xarakterinə və qırıqlığının yaşına görə **orogenlər və riftogenlər**, çox iri strukturların hərəkət istiqamətlərinə görə platformalar (region sinifləri) yarım siniflərə və tiplərə ayrılırlar. Beləliklə, regionların 12 tipi ayrılır ki, onların hər biri mühəndisi-geoloji şəraitə görə bir-birindən kəskin şəkildə fərqlənirlər.

Rayonlaşdırma prinsipləri. Ərazinin rayonlaşdırılması prinsipləri İ.V.Popov tərəfindən təklif edilmişdir. Ancaq bu məsələ tam yekunlaşdırılmamışdır. Yəni bu məsələ sona qədər həll olunmamışdır. Həmin prinsiplərə görə yer qabığının qlobal geostruktur quruluşu, geomorfoloji şəraiti, geoloji quruluşu, tektonik proseslərin intensivliyi və xarakteri, süxur təbəqələrinin xüsusiyyətlərində olan dəyişiklik əsas götürülərək taksonomik bölgü həyata keçirilir. Bunlar aşağıdakılardır:

1. **Region**
2. **Vilayət (əyalət)**
3. **Rayon**
4. **Yarım rayon**
5. **Sahə**
6. **Mühəndisi-geoloji element**

Mühəndisi-geoloji regionlar struktur-tektonik əlamətlərə görə ayrılırlar. Birinci dərəcəli mühəndisi-geoloji region ən böyük taksonomik vahiddir. Misal olaraq həmin əlamətə görə Rus platformasını birinci dərəcəli region kimi, onun hüdudunda yerləşən Baltik qalxanını, Moskva sineklizini, Voronej anteklizini, Qara dəniz yanı çökəkliyi və s. II dərəcəli region kimi qəbul etmək olar.

Əyalətlər regionlar hüdudunda geomorfoloji əlamətə görə ayrılır. Əyalət hüdudunda ərazinin geoloji quruluşu biri-birindən fərqlənmədikdə (oxşar geoloji quruluşa malik olduqda), süxurların yatım şəraiti, onların qalınlığı, bir-biri ilə növbələşmə şəraiti, xüsusiyyətləri və sair eyni olmaqla mühəndisi-geoloji rayonlar ayrılır. Həmin rayonlar hüdudlarında süxurların vəziyyətindəki müxtəlifliyə, müasir və qədim tektonik proseslərin, hidrogeoloji şəraitin və sair fərqliliyinə görə yarım rayonlar ayrılır.

Mühəndisi-geoloji rayonlar hüdudunda mühəndisi-geoloji sahələr və elementlər ayrılır. Bunun üçün süxur komplekslərinin şaquli və üfüqi istiqamətdə müvafiq xassə göstəricilərinin dəyişikliyə uğraması, hidrogeoloji şəraiti nəzərə alınır. Ümumilikdə rayonlaşdırma prosesinin həyata keçirilməsi zamanı əvvəlcədən nəzərdə tutulan kompleks göstəricilər, prinsiplər əsas götürülür.

ƏDƏBİYYAT

1. Məmmədov Q.Ş., Yaqubov Q.Ş. Azərbaycan Respublikasının torpaqlarının iri miqyaslı tədqiqi və xəritələşdirilməsinə dair təlimat. Bakı, «Maarif» nəşriyyatı, 2002. 208 s.
2. Бондарик Г.К. Классификация геологических тел при инженерно-геологических съемках. Разведка и охрана недр, 1973. № 10. 16 с.
3. Бондарик Г.К., Горальчук М.И., Сироткин В.Г. Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород. М.: «Недра», 1976. 235 с.
4. Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований. М.: «Недра», 1968. 342 с.
5. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.: «Недра», 1978. 496 с.
6. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200 000- (1:100 000-1:500 000). М.: «Недра», 1978. 391 с.

7. Попов И.В. Инженерная геология СССР. Ч. 1-й. Общая основы региональной инженерной геологии. Изд-во Моск. Ун-та, 1961.
8. Попов И.В. Инженерная геология. Изд-во МГУ, 1959. 510 с.
9. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: «Недра». 1983, 528 с.
10. Сергеев Е.М. Инженерная геология. М.: Изд-во Моск. Унв-та, 1978. 384 с.
11. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп. /Под. ред. М.В.Чуринова. М.: «Недра», 1981. 325 с.

FƏSİL 6

XÜSUSİ MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLAR

6.1.MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLARIN ƏSASLARI

Geoloji mühitdə hər hansı mühəndisi fəaliyyətin həyata keçirilməsindən əvvəl onun layihələndirilməsi aparılmalıdır. Bundan ötrü geoloji mühit hərtərəfli şəkildə tədqiq edilməlidir.

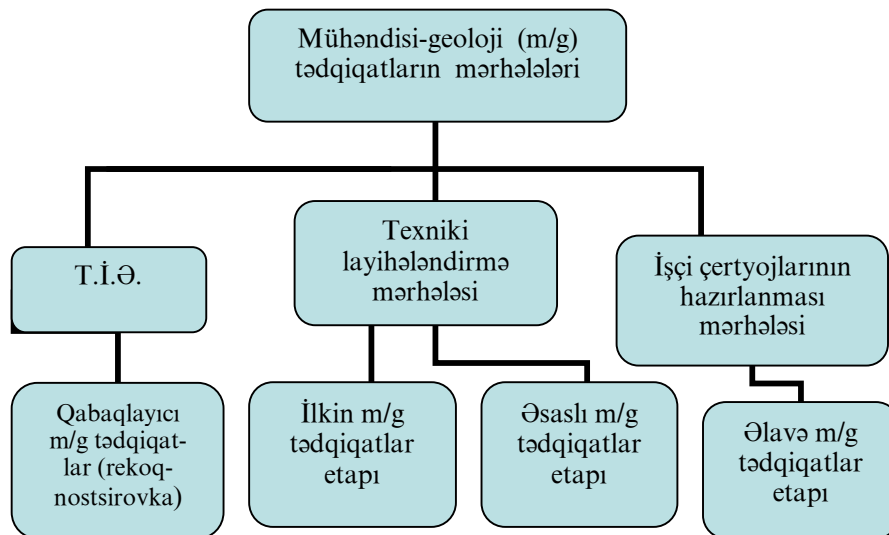
Geoloji mühitdə həyata keçirilən mühəndislik fəaliyyəti zamanı aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatların əsas məsələsi ərazidə mövcud olan mühəndisi-geoloji şəraitin düzgün tədqiqindən, yaranacaq müvafiq dəyişikliyin proqnozlaşdırılmasından, əsas məqsədi isə layihələndirilən obyektin geoloji mühitdə yerləşmə yerinin və vəziyyətinin müəyyən edilməsindən, layihələndirmənin, tikintinin və istismarın etibarlılığının və səmərəliliyinin təminindən ibarətdir.

Mühəndisi-geoloji şərait dedikdə mühəndisi baxımdan qiymətləndirilən geoloji şərait başa düşülür. Mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilməsi uzunmüddətli tədqiqat tələb edən bir prosesdir. Bunun üçün iqtisadi cəhətdən qənaətli tədqiqat metodlarının seçilməsi, aparılacaq tədqiqatın dəqiqlik səviyyəsinin yüksək olması, gələcəkdə həmin fəaliyyətin uğursuzluqla nəticələnməməsi, müvafiq problemlərin yaranmaması tələb olunur. Aparılacaq mühəndisi-geoloji axtarış-kəşfiyyat işləri, istifadə ediləcək metodlar, mühitin öyrəniləcək əsas parametrləri layihələndirilən qurğunun və ya istənilən mühəndisi fəaliyyətin iqtisadi əhəmiyyətindən, ərazinin mühəndisi-geoloji öyrənilmə səviyyəsindən asılı olaraq sifarişçi tərəfindən verilən texniki tapşırığa uyğun yerinə yetirilməlidir.

Həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyət iqtisadi cəhətdən səmərəli, etibarlılıq təminatı yüksək, asan istismar şəraitli olmalıdır. Mühəndisi-geoloji axtarış-kəşfiyyat işləri mühəndisi fəaliyyətin xarakterinə, ərazinin öyrənilmə səviyyəsinə uyğun olaraq müəyyən ardıcılıq gözlənilməklə, mərhələlərlə aparılır. Bunun üçün ilkin olaraq geoloji mühitdə həyata keçiriləcək mühəndisi fəaliyyətin (müxtəlif obyektlərin tikintisi, faydalı qazıntı yataqlarının istismarı və sair) layihələndirilməsi məqsədi ilə yerinə yetirilən mühəndisi-geoloji tədqiqat işlərinin texniki tapşırıqları üzrə sifarişçi ilə icraçı arasında razılaşdırılma aparılmalıdır.

Ümumiyyətlə, müxtəlif layihələrin hazırlanması zamanı aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatlar əsasən **iki mərhələdə (texniki layihə və işçi çertyojlar)** yerinə yetirilir (şəkil 6.1).

Əgər mənimsənilən ərazi yeni tədqiq edilir və yaxud layihələndirilən obyekt xüsusi əhəmiyyət kəsb edirsə, o zaman mühəndisi-geoloji tədqiqatlar iki mərhələdə aparılır. Tədqiqat mərhələlərindən əvvəl **texniki-iqtisadi əsaslandırma (TİƏ)** aparılır. TİƏ adətən fond və ədəbiyyat materialları əsasında tərtib edilir, təbii şəraitin və inkişaf perspektivi olan hər hansı rayonun öyrənilməsi üçün mühəndisi-geoloji rekoqnostsirovka və digər tədqiqatlarla davam etdirilir. Bu tədqiqatlar həyata keçiriləcək mühəndisi fəaliyyətin təsərrüfat əhəmiyyətini və iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğun olduğunu müəyyən etməyə imkan verir.



Şəkil 6.1. Mühəndisi-geoloji tədqiqatların mərhələlərinin sxematik təsviri.

Mühəndisi-geoloji rekoqnostsirovka (qabaqlayıcı tədqiqatlar) *tədqiqatları* layihələndirilən obyektin daha dəqiq texniki-iqtisadi əsaslandırılmasının işlənilib hazırlanmasına imkan verir. TİƏ bəzən (ərazi əvvəl öyrənilmiş olduqda və yaxud eyni tipli obyektlər layihələndirildikdə və sair) texniki layihənin tərtibi zamanı hazırlanır. Şəhər və şəhər tipli qəsəbələrin layihələndirilməsi zamanı isə TİƏ əvəzinə **baş plan** hazırlanır.

Mühəndisi-geoloji rekoqnostsirovka zamanı tədqiqatların xarakteri ərazinin ümumi mühəndisi-geoloji səciyyəsi haqqında rəyin tərtibindən ibarətdir. Bu məqsədlə yerinə yetirilən işlər ərazi haqqında mövcud fond, arxiv materiallarının və ədəbiyyat məlumatlarının, ərazidə aparılmış müxtəlif tədqiqat işlərinin nəticələrinə dair məlumatların toplanılmasından, sistemləşdirilməsindən və analizindən, az həcmdə çöl tədqiqatlarının aparılmasından ibarətdir. Alınmış nəticələr ərazinin (geoloji, geomorfoloji, hidrogeoloji, qrunt şəraiti haqqında əldə edilmiş ümumi məlumatlar əsasında) mühəndisi-geoloji şəraiti haqqında ilkin rəyin hazırlanmasından, layihə variantının seçilməsinin əsaslandırılmasından ibarətdir və həmin nəticələr əsasında TİƏ işlənilib hazırlanır.

Texniki layihələrin hazırlanması mərhələsində işin təyinatı (mühəndisi fəaliyyət hər hansı qurğunun tikilməsindən ibarətdirsə) seçilmiş layihə variantı üzrə qurğunun yerləşmə yerinin, əlverişli layihə variantının, ərazidə yerli tikinti materiallarının axtarışı və kəşfiyyatından, ərazidə faydalı qazıntı yataqlarının olub-olmamasının müəyyən edilməsindən ibarətdir.

Bu mərhələdə tədqiqat işləri **iki etapda (ilkin tədqiqatlar və əsaslı tədqiqatlar)** aparılır. Birinci etap ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinə aid mövcud olan materiallar əsasında ilkin tədqiqatların aparılmasından, müəyyən həcmdə dağ-qazıma işlərinin yerinə yetirilməsindən və s. ibarətdir.

II etap-**əsaslı tədqiqatlar etapının** təyinatı seçilmiş layihə variantının (etibarlılıq səviyyəsi yüksək, iqtisadi cəhətdən sərfəli) konstruktiv elementlərinin müəyyən edilməsindən, ərazi üzrə qurğunun yerinin dəqiqləşdirilməsindən, tikinti texnologiyasının müəyyənləşdirilməsindən, ərazidə mövcud olan tikinti materiallarının yararlılığının dəqiqləşdirilməsindən, ehtiyatlarının hesablanmasından ibarətdir. Ilkin tədqiqatla əldə edilmiş materiallar

əsasında müxtəlif qazıma işlərinin həyata keçirilməsi ilə əsaslı geofiziki tədqiqatların aparılmasından, ərazinin qruntlarının xüsusiyyətlərinin öyrənilməsindən və sairədən ibarətdir. Alınan nəticələr ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitini, qurğunun xarakterinə uyğun tikintinin aparılma texnologiyasını, qurğunun komponovka həllini, növbəti mərhələdə aparılacaq dəqiqləşdirmələrin istiqamətini, müvafiq nəzarətin aparılmasını özündə əks etdirən hesabatın tərtibinə xidmət edir.

İşçi çertyojlarının hazırlanması mərhələsində aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatlar layihələndirilən obyektin geoloji mühitlə əlaqələndirilməsindən, tikinti çəlasının mühəndisi-geoloji şəraitinin dəqiqləşdirilməsindən, mühəndisi-geoloji sənədinin hazırlanmasından, tikintinin aparılma texnologiyasına və yerli tikinti materiallarına nəzarətin həyata keçirilməsindən, lazım olduqda, yəni müvafiq problemlər yarandıqda mühəndisi-geoloji məsləhətin verilməsindən ibarətdir. Alınmış nəticə hər bir qurğu əsasının mühəndisi-geoloji şəraitinin (qrunտ şəraiti, geodinamiki proseslər nəzərə alınmaqla) sənədləşdirilməsinə xidmət edir. Bu mərhələdə yekun olaraq müvafiq sənədləşmə aparılır və istismar şəraiti üçün tövsiyə (obyektin istismar qaydaları) hazırlanır. Bu mərhələdə gözlənilən nəticə istismarın etibarlılıq təminatının artırılması üçün mühəndisi-geoloji şəraitə uyğun tövsiyələrin hazırlanmasından, yəni qurğunun pasportlaşdırılmasından, bütün göstəricilər qeyd edilməklə istismar şəraitinə aid tövsiyələrin işlənilib hazırlanmasından ibarətdir.

Mühəndisi-geoloji şəraitin öyrənilmə ardıcılığı. Mühəndisi-geoloji şəraitin vacib elementləri kimi geomorfoloji elementləri, geoloji quruluşu, hidrogeoloji şəraiti, geoloji proses və hadisələri, qruntların fiziki-mexaniki xassələrini, təbii mineral-tikinti materiallarını və sair elementləri göstərmək olar.

Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı əsas məsələlərdən biri ərazinin geomorfoloji şəraitinin öyrənilməsidir. Məlum olduğu kimi geomorfoloji şərait ərazinin geoloji quruluşu ilə əlaqəlidir və geodinamiki proseslərin, xüsusi ilə iqlimin təsiri ilə əlaqədar formalaşır. Yəni iqlim amili geomorfoloji şəraitin formalaşmasında güclü təsirə malikdir. Eyni geoloji şəraitdə iqlim amilinin təsiri altında müxtəlif relyef formaları və yaxud müxtəlif geoloji şəraitə malik olan ərazilərdə eyni relyef formaları formalaşa bilər. Yaxud da fərqli geoloji şəraitdə fərqli relyef formaları formalaşa bilər.

Geomorfoloji şəraitin formalaşmasında geodinamiki proseslərin də rolu böyükdür. Epiorogenik proseslərin təsiri altında denudasiya və akkumulyasiya prosesi güclənir. Nəticədə həmin proseslərin təsirinə uyğun olaraq denudasiya, akkumulyasiya relyef formaları və onların kombinasiyaları şəklində relyef formaları yaranır. Bununla əlaqədar olaraq, ərazinin geomorfoloji quruluşuna görə təsiredici amilin xarakterini müəyyən etmək mümkündür.

Mühəndisi-geoloji şəraitin vacib elementlərindən biri ərazinin qruntlar şəraitidir. Qruntlar ərazinin geoloji quruluşunda iştirak edərək relyefin xarakterini, geodinamiki proseslərin, yeraltı suların və faydalı qazıntıların meydana gəlmə imkanlarını müəyyənləşdirirlər. Qruntlar müxtəlif tikintilərin, qurğuların əsası (bünövrəsi), onları əhatə edən mühit (yeraltı dağ qazmaları üçün) və tikinti materialları vəzifəsini icra edirlər. Ona görə də, regionların, vilayətlərin, rayonların və sahələrin (rayonlaşdırma bölgüləri üzrə) mühəndisi-geoloji şəraitinin tədqiqi, təsviri və qiymətləndirilməsi üçün ilk növbədə qruntların tərkibinin, quruluşunun və fiziki-mexaniki xassələrinin məkan üzrə qanunauyğunluqları müəyyənləşdirilməlidir.

Mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqində geoloji, geomorfoloji, hidrogeoloji şərait, ərazinin tektonikası öyrənilməlidir. Mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi birbaşa və dolaylı metodlarla həyata keçirilir.

Ərazilərin mühəndisi-geoloji şəraitinin müxtəlifcinsliliyi və dəyişkənliliyi. Ərazilərin mühəndisi-geoloji şəraiti müxtəlifcinsliliklə və dəyişkənliklə biri-birindən fərqlənə bilər. Ona görə də, aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatlar təbii şəraiti düzgün əks etdirməli, müxtəlifcinsliliyin, dəyişkənliyin aşkara çıxarılmasına, biri-biri ilə eyni və fərqli əlamətlər əsasında eynicinsli sahələrin müəyyən edilməsinə imkan yaratmalıdır. Hər hansı ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitində müxtəlifcinslilik və dəyişkənlik relyefin, geoloji quruluşun, qruntların tərkibinin, vəziyyətinin və xassələrinin, yeraltı suların təzahürünün və geodinamiki proseslərin inkişaf səviyyəsinin müxtəlifcinsliliyi və dəyişkənliyi ilə əlaqədar ola bilər.

Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin eynicinsliliyi relyefin, geoloji quruluşun, qruntların tərkibinin, vəziyyətinin və xassələri-

nin, yeraltı suların və geodinamiki proseslərin inkişaf səviyyəsinin tədqiq olunan şaquli və üfüqi kəsiliş boyu eynicinsliliyi deməkdir.

Ona görə də, ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin müxtəlifcinslilik meyarı kimi ilk növbədə aşağıdakılar götürülməlidir:

1) relyef formalarının çoxobrazlılığı; 2) geoloji kəsilişin mürəkkəbliyi (qruntun müxtəlif stratiqrafik, petroqrafik və genetik tiplərinin, onların yatım forma və şəraitlərinin iştirakı, qalınlıqlarının dəyişməsi və tektonik pozulmaların inkişafı); 3) qruntların fiziki vəziyyətinin müxtəlifcinsliliyi; 4) yeraltı suların təzahürünün və yatım şəraitinin müxtəlifliyi.

Geodinamiki proses və hadisələrin inkişafı müxtəlifcinsliliyin inkişafına səbəb ola bilər.

Mühəndisi-geoloji şəraitin müxtəlifcinslilik səviyyəsi **çox kəskin, xeyli, hiss edilən və xüsusi tədqiqat metodları ilə aşkar edilə bilən** kimi fərqləndirilir.

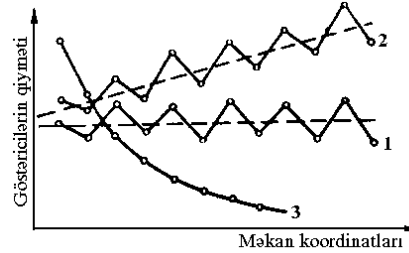
Xüsusi tədqiqat metodları ilə aşkar edilə bilən müxtəlifcinslilik tədqiq edilən obyektin müxtəlif nöqtələrində müvafiq xassə və əlamət göstəricilərinin qiymətində dəyişiklik, variasiya və ya qerisabitlik şəklində təzahür edir. Tədqiqat obyektinin müxtəlif nöqtələrində keyfiyyət, xassə və əlamət göstəriciləri orta ədədi qiymətdən çox cüzi fərqləndiyindən vizual şəkildə bu müxtəlifcinsliliyi aşkar etmək çətinlik törədir. Ona görə də, həmin tədqiqat obyektini eynicinsli kimi (kvazieynicinsli olur) təsəvvür yaradır. Bu müxtəlifcinslilik əsaslı tədqiqatlar zamanı aşkar edilir /5; 6/.

Ərazinin müxtəlifcinslilik səviyyəsi artdıqca mühəndisi-geoloji tədqiqatların dəqiqlik səviyyəsi də artırılmalıdır.

N.V.Kolomenski (1968, 1969) və Q.K.Bondarik (1971, 1976) gilli və qumlu qruntların müxtəlif genetik və petroqrafik tiplərinin xassələrinin dəyişmə qanunauyğunluqlarını öyrənərək onların tərkib və xassələrində baş verən dəyişikliyin 3 tipini - **qanunauyğun olmayan sıçrayışlı, qanunauyğun-sıçrayışlı, funksional-əlaqəli** tiplərini fərqləndirmişlər.

N.V.Kolomenski tərəfindən həmin dəyişiklik qrafiki olaraq şəkil 6.2-dəki kimi təsvir edilmişdir.

Qanunauyğun olmayan sıçrayışlı dəyişmə zamanı seçilmiş istiqamət üzrə müvafiq xassə göstəricisi məkan üzrə artıb azalır. Ancaq həmin göstəricinin orta qiyməti müvafiq tədqiqat sahəsi üzrə artıb-azalmır, yəni dəyişməz qalır. Belə xarakterli dəyişiklik müşahidə edilən ərazilərdə tədqiqatlardan alınmış nəticələrin işlənilməsi zamanı riyazi-statistik metodların tətbiqi məqsəduygundur.



Şəkil 6.2. Qruntların xassə və tərkiblərinin dəyişkənlik qanunauyğunluqlarını əks etdirən qrafik (N.V.Kolomenskiyə görə). Dəyişkənlik: 1-qanunauyğun olmayan sıçrayışlı; 2-qanunauyğun sıçrayışlı; 3-funksional.

Qruntların xassə göstəricilərinin qanunauyğun-sıçrayışlı dəyişməsi zamanı həmin xassə göstəricilərində dəşiklik məkanca yerdəyişmədə sıçrayışla artıb-azalma şəklində baş verir. Həmin göstəricilərin orta qiyməti isə qanunauyğun şəkildə ya artır, ya da azalır. Dəyişikliyin belə xarakteri allüvial, delüvial, flüvioqlyasial və sair mənşəli qruntlarda daha çox təsadüf edir. Q.K.Bondarikə görə, qanunauyğun-sıçrayışlı dəyişiklik qeyri-stasionar rejimlidir. Xətti-iri ölçülü obyektlərin (misal olaraq magistral kanallar) layihələndirilməsi zamanı qruntların xassə göstəricilərində qanunauyğun-sıçrayışlı dəyişiklik xüsusi ilə nəzərə alınmalıdır.

Funksional-əlaqəli dəyişkənlikdə isə müvafiq istiqamətdə yerdəyişmə zamanı tədqiq edilən xassə və əlamət göstəriciləri qanunauyğun şəkildə artır və ya azalır.

Geoloji mühitdə qruntların xassə göstəriciləri və əlamətləri üfüqi və şaquli istiqamətdə müvafiq dəyişkənliyə uğrayırlar. Bu dəyişkənlik bəzi göstəricilərə görə və müvafiq tədqiqat metodları ilə asan öyrənilir. Bunlara misal olaraq qruntların çatlılıq və qırılma xüsusiyyətində olan dəyişkənliyi göstərmək olar. Belə ki gözlə görünən çatlılıq və qırılma asan müşahidə olunandırırlar. Ancaq mühəndisi-geoloji tədqiqatlarda istifadə olunan xassə göstəricilərindən və əlamətlərdən əksəriyyəti vizüal müşahidələrlə tədqiq oluna bilmir. Bunlar üçün xüsusi tədqiqatlar tələb olunur. Yəni mühitdə müvafiq göstəricilərin dəyişkənliyinin izlənilməsi bəzən asan müşahidə olunsa da, əksər hallarda çətin tədqiq olunur. Əgər geoloji mühitin mühəndisi-geoloji xüsusiyyətlərinin kəskin dəyişkənliyi müşahidə olunarsa, o zaman axtarış-kəşfiyyat işləri aparılan məntəqələr arasındakı məsafələr daha yaxın seçilməlidir.

Geoloji mühit üzrə müvafiq xassə göstəricilərinin dəyişkənliyə uğraması ərazinin mürəkkəblik şəraitini formalaşdırır. Ərazinin mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəraitinin tədqiqi üzrə axtarış-kəşfiyyat işləri dövlət standartları (DÜİST) və inşaat normaları əsasında yerinə yetirilir.

Qruntların əmələgəlmə şəraitindən, onların xarici mühitin təsirindən dəyişkənliyə uğrama səviyyəsindən asılı olaraq xassə göstəriciləri üfüqi və şaquli istiqamətdə müxtəlif ola bilər. Məsələn olaraq müəyyən olunmuşdur ki, qruntların bəzi genetik tiplərinin (buzlaq, allüvial, prolüvial və sair) xassə göstəricilərində dəyişkənlik səviyyəsi yumşaq gətirmələrin gətirilmə istiqamətində bir cür, axına perpendikulyar istiqamətdə isə başqa cür olur. Yəni iki əsas istiqamətdə dəyişkənlik səviyyəsi (qruntların xassələrinin dəyişkənlik səviyyəsinin **anizotropluğu**) müşahidə olunur. Belə anizotropluq qruntların xassələrinin dəyişkənlik səviyyəsinin laylarda, təbəqələrdə üfüqi və şaquli istiqamətdə müqayisəsi zamanı daha tez-tez müşahidə olunur.

Q.K.Bondarik qruntların xassələrinin dəyişkənlik səviyyəsinin anizotropluğunu qiymətləndirmək üçün xüsusi göstərici-**müxtəlifcinslilik modulunu** (G) təklif etmişdir.

$$G = \frac{V_h}{V_l} \quad \text{və yaxud} \quad G = \frac{S_h^2}{S_l^2}; \quad (6.1)$$

$$G = \frac{V_x}{V_y} \quad \text{və yaxud} \quad G = \frac{S_x^2}{S_y^2}, \quad (6.2)$$

burada V_h və V_l – qruntların xassələrinin müvafiq olaraq layın qalınlığı (şaquli istiqamətdə) və uzanması (üfüqi istiqamətdə) istiqamətində dəyişkənlik əmsalı; V_x və V_y - həmin göstəricilərin x və y oxu (əsas istiqamətlərdə) istiqamətində dəyişkənlik əmsalı; S_h^2 və S_l^2 - qruntların xassələrinin layın qalınlığı (şaquli istiqamətdə) və uzanması (üfüqi istiqamətdə) istiqamətində dispersiyaları; S_x^2 və S_y^2 -həmin göstəricilərin x və y oxu istiqamətində dispersiyaları nəzərdə tutulur.

Əgər müxtəlifcinslilik əmsalı ərazidə vahidə bərabər olarsa və yaxud vahidə yaxınlaşarsa, o zaman mühit **izotrop**, vahiddən çox fərqlənərsə **anizotrop** olur. Vahiddən nə qədər çox fərqlənərsə, qruntların xassələrinin dəyişkənlik səviyyəsində anizotropluq bir o

qədər böyük olur. Mühitin anizotropluğu ərazinin geoloji inkişaf tarixindən, süxur kompleksinin əmələgəlmə şəraitindən asılıdır.

Qruntların xassələrində təsadüf edən belə xüsusiyyətlər onların tədqiqi və qiymətləndirilməsi metodikasının seçilməsi zamanı nəzərə alınmalıdır. Məsələn üçün tədqiqat aparılan ərazidə qazılacaq kəşfiyyat dağ qazmaları arasında məsafə və laboratoriya tədqiqatları üçün qrunnt nümunələrinin götürülmə intervalı qruntların xassələrinin dəyişkənlik səviyyəsindən asılı olaraq müəyyənləşdirilməlidir. Bu asılılıq Q.K.Bondarik /1, 2/ tərəfindən müəyyənləşdirilmişdir və aşağıdakı düstur şəklində ifadə olunur:

$$l_x = \frac{L_x}{\sqrt{n} \cdot G}; \quad l_y = \frac{L_y}{\sqrt{n} \cdot G}, \quad (6.3)$$

burada l_x və l_y – müvafiq olaraq, tədqiq olunan sahədə x və y koordinat oxları istiqamətində (əsas istiqamətlərdə) qazmalar arası məsafə və yaxud nümunələrin götürülmə intervalı; n – tədqiqat ərazisinin mühəndisi-geoloji şəraitinin etibarlı və dəqiq öyrənilməsi üçün kəşfiyyat-dağ qazmalarının və yaxud qrunnt nümunələrinin optimal tələb olunan sayı; G – qruntların xassələrinin müxtəlifcinslilik modulu; L_x və L_y – əsas istiqamətlər (x və y oxları boyu) üzrə tədqiq olunan sahənin ölçüləri.

Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin mürəkkəbliyi. Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin dəyişkənliyi və müxtəlifcinsliliyi ərazinin mürəkkəbliyi şəraitini formalaşdırır. Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin mürəkkəbliyi səviyyəsinə görə 3 kateqoriyalı - **sadə, orta mürəkkəbləşmiş, çox mürəkkəb şərait** fərqləndirilir. Ümumiyyətlə, mühəndisi-geoloji şəraitin mürəkkəbliyi göstəricisi kimi geoloji quruluşun, litoloji-stratigrafiya kəsilişin, hidrogeoloji şəraitin, qrunnt şəraitinin, geodinamiki şəraitin mürəkkəbliyi müəyyən edici xassə göstəriciləri əsas götürülür. Rusiya Federasiyasında 1 mart 1998-ci il tarixindən qüvvədə olan inşaat norma və qaydasına (İN və Q 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения») görə aşağıdakı amillər mürəkkəbliyi şəraitini müəyyən edirlər: - geomorfoloji şərait; bina və qurğularla qarşılıqlı təsirdə olan geoloji amillər; bina və qurğularla qarşılıqlı təsirdə olan geoloji mühitdə hidrogeoloji amillər; bina və qurğuların tikintisinə və istismarına mənfi təsir göstərən geoloji və mühəndisi-geoloji proseslər; bina və qurğularla qarşılıqlı təsirdə olan geoloji mühitdə səciyyəvi qruntların iştirakı; texnogen təsir və mənimsənilən ərazinin dəyişikliyə uğraması.

Sadə mühəndisi-geoloji şəraitdə ərazi bir geomorfoloji element hüddudunda yerləşməklə, yer səthi horizontal, sadə relyef formalı, parçalanmamış olur. Litoloji tərkibcə fərqlənən layların sayı ikidən çox olmur, horizontal və yaxud zəif maili yatım (maillik 0,1-dən çox olmayaraq), sakit geoloji quruluş, sadə litoloji-stratigrafiya kəsiliş üstünlük təşkil edir, laylanma bir istiqamətli olub, onların qalınlığı mühit üzrə dəyişmir. Qruntların xassə göstəricilərində müxtəlifcinslilik səviyyəsi cüzi olub, planda və dərinlik boyu qanunauyğun dəyişir. Qayavari qruntlar yer səthinə çıxış təşkil edir və səthə yaxın yatmaqla, onların səthi az qalınlıqlı qayavari olmayan qruntlarla örtülür. Yeraltı sular ya iştirak etmir, ya da eyni mineraloji tərkibli vahid sulu horizont şəklində müşahidə edilir. Yuxarıda qeyd edilən digər amillər iştirak etmir, texnogen təsir isə cüzi olur. Ərazi seysmik və tektonik cəhətdən təhlükəli deyil. Qrunn şəraiti əlverişlidir. Ümumilikdə sadə şəraitdə həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyətdə əlavə problem yaranmır.

Misal olaraq sedimentasiya zonası dənizin dərin hissələri olduqda həmin hissələrdə çöküntünün toplanma şəraiti eyni, laylanma müstəvisi dəniz dibinin formasına uyğun və layların bir-birinə uyğun yatımı şəraitində çöküntünün süxura çevrilməsi eyni şəraitdə baş verdiyindən, bu şəraitdə əmələ gələn süxur kompleksləri sadə kateqoriyalı mühəndisi-geoloji şəraiti formalaşdırırlar. Dənizin dayaz hissəsində və kontinental şəraitdə formalaşan süxur kompleksləri isə adətən mürəkkəbləşmiş mühəndisi-geoloji şəraiti əmələ gətirirlər.

Orta mürəkkəbləşmiş mühəndisi-geoloji şəraitdə ərazi eyni genezisə malik bir neçə geomorfoloji elementin hüddudunda yerləşir. Yer səthi maili olmaqla, zəif parçalanmışdır. Litoloji tərkibcə fərqli olan layların sayı dördən çox olmayıb, maili və pazlaşmış yatıma malik olurlar. Layların qalınlığı qanunauyğun dəyişir, qruntların xassə göstəricilərində dəyişiklik planda və dərinlik üzrə kifayət qədər dəyişir. Qayavari qruntların tavanı düz olmur və qayavari olmayan qruntlarla örtülür. Yeraltı sular iki və çox sulu horizontdan ibarət olub, bəzən eyni kimyəvi tərkibə malik, təzyiqsiz və yaxud təzyiqli və çirklənməyə məruz qalmış olurlar. Yuxarıda qeyd edilən digər amillər məhdud şəkildə təsadüf edir və yaxud layihələndirmə üzrə qərarın seçilməsinə, obyektin tikintisinə və istismarına bir o qədər də təsir göstərmir.

Çox mürəkkəbləşmiş mühəndisi-geoloji şəraitdə ərazi müxtəlif genezisə malik bir neçə geomorfoloji elementin hüduunda yerləşir. Relyefi kəskin parçalanmış, litoloji tərkibcə fərqli dördədən çox lay iştirak edir və qalınlığı kəskin dəyişir. Layların məkan üzrə izlənilməsi gözlənilmir, linzavaridir. Qruntların xassə göstəricilərində müxtəlifcinslilik səviyyəsi yüksəkdir. Qayavari qruntların tavanı kəskin parçalanmış olub, qayavari olmayan qruntlarla örtülür. Müxtəlif dərəcəli qırılmalar müşahidə edilirlər. Hidrogeoloji şərait mürəkkəb olur-yəni yeraltı su horizontlarının qalınlığı və uzanması davamlı olmur, suların kimyəvi tərkibləri müxtəlifcinsli və yaxud çirklənməsi müxtəlif olur. Bəzi yerlərdə sulu və təzyiqli su laylarının mürəkkəb növbələşməsi müşahidə edilir. Məkan üzrə yeraltı suların basqısı və hidravliki əlaqəsi dəyişir. Yuxarıda qeyd edilən digər amillər geniş şəkildə təsadüf edir və layihələndirmə üzrə qərarın seçilməsinə, obyektin tikintisinə və istismarına çox böyük təsir göstərir, mühəndisi-geoloji axtarış işlərinin aparılma şəraitini çətinləşdirir, həmin işlərin tərkibini və həcmi artırır.

6.2.MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLARIN NƏTİCƏLƏRİ VƏ ONLARIN TƏQDİM OLUNMA FORMALARI

Geoloji mühitdə yerinə yetirilən mühəndislik fəaliyyətinin xarakterindən, layihələndirmənin mərhələsindən asılı olaraq aparılan mühəndisi-geoloji kəşfiyyat-axtarış işlərinin xarakteri müəyyənləşdirilir. Misal olaraq, əgər geoloji mühitdə yerinə yetirilən mühəndisi-fəaliyyət hər hansı tikinti ilə əlaqədardırsa, o zaman layihələndirmə zamanı aparılan mühəndisi-geoloji kəşfiyyat-axtarış işlərinin nəticələri tədqiqatların mərhələlərindən asılı olaraq aralıq və yekun hesabatlar şəklində hazırlanır. Həmin hesabatlarda layihələndirilən qurğunun əsasının quraşdırılması və konkret geoloji-geotexniki şərait üçün konstruksiyası üzrə müvafiq tövsiyələr də öz əksini tapır. Ehtiyac olduqda əlavə geotexniki tədqiqatların aparılması da həmin hesabatlarda tövsiyə edilir.

Aparılan kəşfiyyat-axtarış işlərinin mərhələlərinə uyğun olaraq hazırlanan materiallar **axtarışların nəticələri haqqında hesabat, tədqiqat obyekt haqqında yekun rəy (fikir), qabaqlayıcı**

rəy, ekspert rəyi, məsləhətləşmə, çalaların və digər qazmaların geoloji sənədləşməsi şəklində olur.

Mühəndisi-geoloji axtarışlar haqqında ümumi hesabatda çöl axtarışlarının, xüsusi laboratoriya və natur tədqiqatlarının məlumatlarının işlənilməsi nəticələri öz əksini tapır. Bu hesabat qurğuların layihələndirilməsi və tikinti işlərinin aparılması üçün əsas olur.

Qabaqlayıcı rəy axtarışların ilkin mərhələsində az həcmdə kəşfiyyat işlərinin aparılması əsasında tərtib edilir və əsaslı axtarış və tədqiqatların aparılması proqramının əsaslandırılmasına xidmət edir.

Ekspert rəyi mövcud materiallar əsasında hazırlanır. Qurğu əsasının sadə geoloji şəraiti üçün onlar kəşfiyyat işləri aparmadan tərtib edilir.

Məsləhətləşmə qurğuların tikilməsinə qədər və tikintisi zamanı aparılır. Bu, mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəraitlə əlaqəli olduqda əlavə olaraq, sadə şəraitlə əlaqəli olduqda isə əsaslı mühəndisi-geoloji axtarış-tədqiqat işləri ilə birlikdə aparılır.

Yekun rəy kompleks axtarış və tədqiqat işlərinin yekunlaşdırıcı sənədidir. Həmin rəy mündəricatına görə axtarışların nəticələri ilə eyni olur.

Çala və digər qazmaların geoloji sənədləşməsi üçün aparılan işlər qurğu çalalarının qazılması prosesində və yaxud hazır çalalarda həyata keçirilir. Qurğuda gələcəkdə yarana biləcək mümkün zədələnmələrin səbəbinin aşkara çıxarılması, tikinti materialları və jurnalı üçün məlumatların toplanılması və bünövrənin qəbulu məqsədi ilə həmin işlər yerinə yetirilir.

6.3.QURĞU ÖZÜLÜ VƏ ƏSASLARININ LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ

Əsas anlayışlar. Qurğuların layihələndirilməsi zamanı belə bir məsələ qarşıya çıxır. Qurğunun elə bir konstruksiyası və tikintinin elə texnologiyası yaradılsın ki, qurğu təbii əsasa dayanaraq, tikinti və istismar dövründə əsasda qeyri-bərabər çökmə, yolverilən həddən çox deformasiya yaranmasın. Qurğu möhkəm, dayanıqlı və uzunömürlü olsun. Bu məsələlərin həlli «Əsaslar və bünövrələr» fənnində öyrənilir. Burada isə mühəndisi-geoloji tədqiqatlar üçün lazım olan bəzi məlumatlara nəzər yetirək.

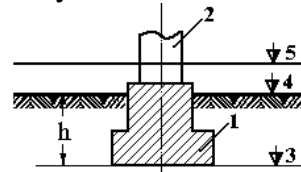
Qurğunun əsası və yaxud qrun t bünövrəsi dedikdə, qurğudan ötürülən yükü öz üzərinə götürən qrun t bəqəsi nəzərdə tutulur. Əgər təbii şəraitdə, təbii yatımda olan qrun t əsas funksiyasını daşıyarsa, o zaman həmin qrun t **təbii əsas** adlandırılır. Qabaqcadan möhkəmləndirilmiş, bərkidilmiş, bir sözlə fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri yaxşılaşdırılmış qrun t əsas funksiyasını daşıyarsa, o zaman həmin qrun t qurğunun **süni yaxşılaşdırılmış əsası** adlandırılır.

Bünövrə və yaxud özül dedikdə, yer və yaxud su üzərində yerləşən qurğudan yükü əsasa ötürən, onun yeraltı və yaxud sualtı davamı nəzərdə tutulur (şəkil 6.3).

Özül ilə qurğunun gövdəsi arasında üst sərhəd, həmçinin özülün ayrı-ayrı çıxıntıları arasındakı sərhədlər **özülün kəsikləri** adlanır.

Özülün əsasa söykənən səthi **özülün dabanı** adlanır.

İstismar dövründə yer səthində qrun tın ən alçaq səviyyəsindən özülün dabanına qədər olan dərinlik **özülün qoyulma dərinliyi** (özülün dərinliyi) adlanır (şəkil 6.3). Təbii yer səthi qurğuların ətrafında hamarlanmış qrun t səthi ilə eyni olmaya bilər. Yəni yer səthinin hamarlanması ya səthdən qrun t qatının götürülməsi, ya da əlavə qrun t qatının tökülməsi şəklində aparılır. Ona görə də, birinci halda özülün dərinliyi hamarlanmış səthdən, ikinci halda isə ilkin, yəni təbii qrun t səthindən hesablanır.



Şəkil 6.3. Təbii əsas üzərində özülün (bünövrənin) sxemi. 1-özül; 2-qurğunun yer üstü hissəsi; 3-özülün dabanı; 4-qrun t səthinin təbii səviyyəsi; 5- yer səthinin hamarlanmış səviyyəsi.

6.3.1.LAYİHƏLƏNDİRMƏNİN ƏSAS PRİNSİPLƏRİ

İstənilən tikinti obyektlərinin layihələndirilməsinin bütün mərhələlərində müxtəlif mühəndisi-geoloji məsələlərin həlli tələb olunur. Misal olaraq, layihələndirmə sənədlərinin hazırlanması prosesində aşağıdakı məsələlərin öyrənilməsi lazım gəlir:

- əsasın qrun tlarının öyrənilməsi;
- özül çalalarından çıxarılan və ehtiyat qrun tın yerləşdirilməsi;
- yumşaq və qayavari qrun t parçalarının çıxarılması, nəqli, tələb olunan qaydada tökülüb sərilməsi və sıxlaşdırılması;

-qruntların dayanıqlılığının, yükdaşıma qabiliyyətinin və sukeçirməzliyinin təmini;

-tikintinin əsasında (qrunt bünövrəsində) eroziya, abraziya, uçqun, oturma, yuyulma, donma, zəlzələ və sair geodinamiki proseslərin təsirindən yarana biləcək hadisələrin qarşısının alınması və yaxud ləğv edilməsi;

-ətraf mühitin qorunması tədbirinin seçilməsi;

-suların axıdılması tədbirinin seçilməsi.

Layihələndirmənin əsasında aşağıdakı prinsiplər dayanır:

1. Tikinti obyektlərinin (qurğular, binalar, körpülər və sair) qrunt bünövrələrinin (əsasının) həddi-tarazlıq vəziyyətinə görə layihələndirilməsi.

2. Qrunt bünövrənin-özülün-qurğunun yükdaşıyıcı konstruksiyası sisteminin birgə işinin nəzərə alınması.

3. Özülün tipinin seçilməsi və qrunt bünövrənin işinin qiymətləndirilməsi zamanı amillərin kompleks şəkildə nəzərə alınması:

-tikinti meydançasının mühəndisi-geoloji şəraiti;

-qurğunun səciyyəviliyi və onun yükdaşıyıcı konstruksiyasının qeyri-bərabər çökmə deformasiyasının inkişafına həssaslığı;

-özülün və qurğunun yeraltı hissəsinin quraşdırılması üzrə işlərin yerinə yetirilməsi metodu.

Bütün qeyd edilən amillərin nəzərə alınması ilə (bir neçə layihə variantları arasından texniki-iqtisadi cəhətdən daha əlverişli olmasına görə) qurğu özülünün etibarlı variantı seçilir.

Özülün təyinatı qurğudan yaranan təzyiqi təbii əsasla ötürməkdən ibarətdir. Özül elə layihələndirilməlidir ki, tikinti və istismar dövründə istənilən xarici təsirə qarşı, zədələnmə yaranmadan, dözümlü olsun. Qurğunun, özülün və əsasın bir-birinə qarşılıqlı təsirinin xarakteri qurğunun tipindən və əsasın (qrunt bünövrənin) geoloji quruluşundan daha çox asılıdır.

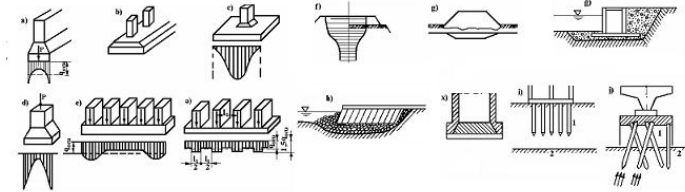
Özülün tipi konstruktiv (qurğunun tipi), texnoloji (işin texnologiyası, cihaz və avadanlıqlar) və iqtisadi amillərlə və özülə ötürülən təzyiqlə müəyyən olunur. Özülün aşağıdakı növləri fərqləndirilir:

-**dayaz özüllər** (təbii əsasda quraşdırılmış özüllər, yastı özüllər);

-**dərin özüllər**;

-xüsusi tipli özüllər.

Dayaz özüllər qurğunun biləvasitə altında yerləşən özüllərdir (şəkil 6.4, a-d). Belə özüllər o zaman tətbiq edilir ki, qurğunun yaratdığı təzyiqdən əmələ gələ biləcək deformasiya yolverilən deformasiya həddində olur. Belə özüllər texniki cəhətdən sadə və iqtisadi cəhətdən sərfəli olur.



Şəkil 6.4. Özülün tipləri və əsasla ötürülən təzyiq. a) - d) dayaz özüllər; a) - yükdaşıyan divar altında lentvari özül (q_{orta} - özül dabanında orta təzyiq); b) - cərgəvari kalon altında lentvari özül (uzununa oxu bovu təzyiq daha çox bünövrənin kənarlarında yaranır. Hesablama bünövrədə orta təzyiqə görə aparılır); c) və d) - ayrı-ayrı və yaxud tək özüllər: c) - tək kalon altında yerləşdirilmiş elastik özül plitəsi (qrunt bünövrədə maksimal təzyiq plitənin mərkəzində yaranır); d) - tək, sərt özül (qrunt bünövrədə maksimal təzyiq özülün kənarları boyu yaranır); e) və ə) - sərt və elastiki bütöv özüllər (özül plitələri); e) - sərt özül (özül sərt olduğundan plitənin kənarlarında yüksək təzyiq yaranır. Elastiki özül plitəsinə nisbətən grunt bünövrədə təzyiq daha çox dərinliyə yayılır); ə) - elastiki özül (əsasda təzyiq müxtəlif olur. Qrunt deformasiyaya uğradığından təzyiq az dərinliyə yayılır); f) və g) - tökmə grunt; g) və h) - dərin qoyulmuş, bütöv özüllər (massivlər, sahil divarları və sair); g) - grunt daxili sürtünmə əmsalı böyük olan grunt ilə əvəz olunur; h) - özül çalısının yamaclarında təzyiqi azaltmaq üçün grunt sürüşməyə qarşı müqaviməti yüksək olan qrunla əvəz olunur; x) - üzən yeşiklər, kessonlar, örtüklü svayların özülü və sair (konstruksiyanın özülündə olduqca yüksək təzyiq yaranır); i) və j) - svay özüllər (1 - yumşaq, 2 - isə sıx qrunatlı özül): i) - yumşaq qruntda yerləşdirilmiş svay özül; j) - dərin qoyulmuş, sıx qrunta vurulmuş svay özül (svay özüllərdə yan səthdə yaranan sürtünmə müqavimətindən və svayın uclarında yaranan müqavimətdən istifadə edərək konstruksiyanın dayanıqlılığını təmin edilir).

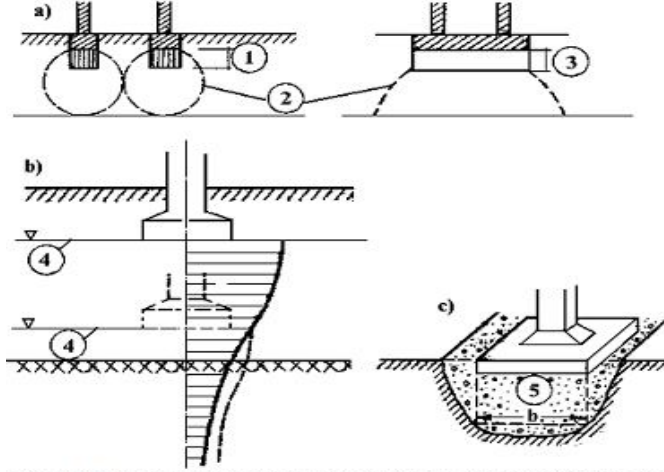
Dərin özüllər bünövrəsinin sahəsi kiçik olan qurğular (hündür mərtəbəli binalar, körpü dayaqları və sair) üçün tətbiq edilir.

Xüsusi tipli özüllər bünövrəsinin sahəsi böyük olan qurğular (yolların yatağında tökmə grunt, aerodromlar, açıq anbarlar və sair) üçün tətbiq edilir. Xüsusi tipli özül konstruksiyaları qurğu əsaslarının qruntları kiçik yükdaşıma qabiliyyətinə malik olduqda (misal olaraq, yüksək səviyyədə nəmlənmiş çaybasar gilcələr və gillər, plastik üzvi çöküntülər-torf, sapropel, göl təbaşiri və sair) tətbiq edilir.

Layihədə nəzərdə tutulan özül tipi grunt bünövrəyə (təbii əsas) yol verilən təzyiqdən daha yüksək təzyiq ötürərsə, o zaman əlavə tədbirin yerinə yetirilməsi lazım gəlir (şəkil 6.5).

Özüllərdən ötürülən təzyiqdən əsasda şaquli və üfüqi gərginlik yarana bilər. Ona təsir edən yükün xarakteri mühit üzrə

paylanması və zaman etibarı ilə dəyişməsinə görə də müxtəlif ola bilər. Əsasə özəldən ötürülən təzyiqin qiyməti özülün ölçülərindən, formasından və sərtliyindən də asılıdır.



Şəkil 6.5. Qrunt bünövrəyə ötürülən təzyiq yol verilən təzyiqdən çox olduqda yerinə yetirilən tədbirlər. a) digər bünövrə tipinin seçilməsi (misal olaraq dayaz bünövrə əvəzinə dərin bünövrənin seçilməsi); b) bütöv özüllərdə əsasın səthinin səviyyəsinin aşağıya və yaxud yuxarıya doğru yerinin dəyişdirilməsi; c) kiçik yükdaşıma qabiliyyətinə malik qruntların başqası ilə əvəz edilməsi, sıxlaşdırılması və yaxud da bərkidilməsi; Dairədə göstərilmiş rəqəmlər: 1-grunt bünövrəyə ötürülən daha yüksək orta təzyiq; 2-grunt bünövrənin çökmə zonası; 3-grunt bünövrəyə ötürülən alçaq səviyyədə orta təzyiq; 4-özül səthinin müstəvisi; 5-döşənmiş xır-çınqıl qatı.

6.3.2. QURĞU ƏSASLARININ HƏDDİ VƏZİYYƏTİ

Qurğulardan özülə yük ötürüldüyü zaman dispers qruntlardan ibarət olan əsasların sıxlaşması və qurğunun çökməsi müşahidə edilir. Müxtəlif özüllər sistemi və yaxud nisbətən elastiki özül üzərində tikilən qurğuların müxtəlif hissələrində çökmə deformasiyası qeyri-bərabər olur. Bu şəkildə çökmə deformasiyaları əksər qurğularda müşahidə olunur və yükdaşıyıcı konstruksiyaların dağılmasına səbəb olur. Yaranan çökmə deformasiyaları texnoloji, memarlıq və möhkəmlik cəhətdən yol verilən həddən böyük olur. Ona görə də, qurğu əsasının hesablanması ikinci həddi vəziyyətə-deformasiyaya görə aparılır.

Qurğu əsasları zəif möhkəmliyə malik olduqda, özül altında qrunnun dayanıqlılığının tam itirilməsi baş verə bildiyindən, bu hal

üçün əsasın hesabı birinci həddi vəziyyətə-möhkəmliyə görə aparılır.

6.3.3. SƏRTLİYİNƏ VƏ DEFORMASIYANIN XARAKTERİNƏ GÖRƏ QURĞUNUN ƏSAS TIPLƏRİ

Bütün qurğuları üç tipə bölmək olar: **mütləq elastiki; mütləq sərt; məhdud sərt.**

Mütləq elastiki qurğuların əsasla təmasda olan bütün nöqtələri əsasın qruntlarının səthinin yerdəyişməsinə müşayiət edirlər. Bu qurğuların konstruksiyalarında yaranan qeyri-bərabər çökmə deformasiyası əlavə gərginlik yaratmır. Bunlara misal olaraq tökmə qrunտ qatını göstərmək olar. Onlarda nəzərə alınacaq səviyyədə baş verən deformasiya təhlükəli olmur. İstismar dövründə lazımi səviyyənin yaranması üçün layihə zamanı tökmə qrunտ qatının qalınlığı böyük (baş verə biləcək çökmə deformasiyası qədər) götürülür.

Mütləq sərt qurğuların konstruksiyası əylə bilmir, əsasın simmetrik yüklənməsi və təsirə məruz qalması zamanı çökmə deformasiyası bərabər olur, qeyri-bərabər deformasiya zamanı isə konstruksiyada əyilmə yaranmadan, qurğunun (tüstü borusu, domna sobası və sair) hər hansı bir tərəfə əyilməsi baş verir. Bu halda həmin qurğu əsasında qeyri-bərabər gərginlik yaranır.

Məhdud sərt qurğulara bir çox mühəndisi-qurğu və binaları aid etmək olar. Qeyri-bərabər deformasiya zamanı onlar əyilməyə məruz qalırlar. Eyni zamanda, həmin qurğuların əsaslarında təzyiqin tədricən yenidən paylanması baş verir və bunun nəticəsində deformasiyanın qeyri-bərabərliyi azalır. Əksər hallarda layihələndirmə zamanı nəzərə alınmadığından, qeyri-bərabər deformasiyanın əmələ gəlməsi yükdaşıyıcı konstruksiyalarında əlavə gərginliyin yaranmasına səbəb olur ki, bu da bəzən çatlama, dağılma ilə nəticələnir.

6.3.4. QURĞULARDA DEFORMASIYA VƏ YERDƏYİŞMƏNİN NÖVLƏRİ

Qurğuların sərtliyindən və onlarda qeyri-bərabər çökmənin inkişaf xarakterindən asılı olaraq deformasiya və yerdəyişmənin aşağıda göstərilən sadə növləri yarana bilər: **əyilmə (çökük və**

qabarıq), çəplilik, bir tərəfə əyilmə (meyllik), burulma və özülün üfüqi istiqamətdə yerdəyişməsi.

Əyilmə (çökük və qabarıq) çox böyük sərtliyə malik olmayan qurğularda yarana bilər. Bəzən konstruksiyanın bir hissəsində əyilmə, başqa hissəsində isə bükülmə baş verir. Əyilmə zamanı ən təhlükəli dartılma zonası qurğunun aşağı hissəsində, bükülmə zamanı isə yuxarı hissəsində yaranır.

Konstruksiyada yaranan dartıcı qüvvə əsasın qeyri-bərabər çökməsindən və qurğunun sərtliyindən asılıdır. Qurğunun sərtliyi artdıqca deformasiyanın yaranması zamanı (eyni qrunut şəraiti üçün) konstruksiyaya təsir edən qüvvə də bir o qədər artır, əyilmə və yaxud bükülmə isə az olur.

Çəplilik qurğunun o konstruksiyasında yaranır ki, konstruksiya nisbətən şaquli vəziyyətini saxladığı zaman əsasda az müddət ərzində kəskin şəkildə qeyri-bərabər çökmə baş versin.

Bir tərəfə əyilmə o zaman baş verir ki, özül dabanının müstəvisinin ağırlıq mərkəzindən keçən üfüqi oxa nəzərən qurğu müəyyən dönmə bucağı qədər meyl etsin. Bu o zaman baş verə bilər ki, ya qurğu əsası qeyri-bərabər yüklənmiş olsun, ya da qurğunun şaquli oxuna nəzərən əsasın qrunutlarının laylanması qeyri-simmetrik olsun. Bu halda qurğuda əlavə qüvvə momentinin yaranması ilə qurğunun kənara əyilməsi və aşması təhlükəsi artır.

Burulma qurğunun uzunluğu boyu, xüsusi ilə onun müxtəlif tərəflərindəki kəsiklərində qeyri-bərabər kənara əyilmə baş verdikdə yaranır. Bu halda nəinki divar elementlərində, hətta örtük konstruksiyalarında (üfüqi istiqamətdə) əlavə təsir inkişaf edir.

Üfüqi yerdəyişmə özül üzərində yerləşən konstruksiya ona daha çox sürüşdürücü təsir göstərdikdə və massivdə yerdəyişmə (sürüşmə, ərazilərə texnogen təsir ilə əlaqədar və sair) yaranan zaman baş verir. Bunlara istinad divarlarını, dayaq konstruksiyalarını və sair misal göstərmək olar.

6.3.5. QURĞUNUN QEYRİ-BƏRABƏR ÇÖKMƏSİNİ YARADAN AMİLLƏR

Ümumi şəkildə hər bir özülün çökməsi (S) aşağıdakı hədlərin cəmi şəklində ifadə edilə bilər:

$$S = S_{\text{SIX}} + S_{\text{seyr}} + S_{\text{s.ç.}} + S_{\text{s.p.}} + S_{\text{ist.}}, \quad (6.4)$$

burada $S_{s_{ix}}$ -qurğu əsasının strukturu pozulmamış qruntlarında həmin qurğudan və qonşu qurğuların təsirindən yaranan təzyiqin artması nəticəsində qrunnun sıxlaşması hesabına əmələ gələn çökmə; S_{seyr} -özül çalasının qazılması zamanı çalanın dibində qrunn üzərindən təbii yük götürülərkən seyrəkləşmə baş verdiyindən, qurğu tikilərkən həmin seyrəkləşmə hesabına yaranan çökmə; $S_{s,ç}$ -qrunnun qurğu altından sıxışdırılaraq çıxması (pırtlayıb çıxma) zamanı yaranan çökmə; $S_{s,p}$ -müxtəlif istehsalat işlərinin yerinə yetirilməsi ilə əlaqədar qurğu əsasında qrunnun strukturunun pozulması səbəbindən sıxılma qabiliyyətinin artması hesabına yaranan çökmə; S_{ist} -bina və qurğuların istismarı dövründə əsasın qruntlarının gərginlik vəziyyətinin və deformasiyasının dəyişməsi hesabına yaranan çökmə.

Qurğu əsasının qeyri-bərabər çökməsi R.S.Şelyapinə görə, iki əsas amildən-qurğu əsasında qrunnun müxtəlifcinsli gərginlikli vəziyyətindən və əsasın yüklənmə sahəsi altında qrunnun qeyri-bərabər sıxlaşmasından asılı olur.

Sıxlaşma ilə əlaqədar qeyri-bərabər çökmə. Qurğu əsasında təzyiq təbii təzyiqdən artıq olduğu zaman əsasın çökməsi baş verir. Əsasın müxtəlifcinsli qruntlardan təşkil olunması və qeyri-bərabər gərginlikli vəziyyətdə olması səbəbindən qurğunun müxtəlif hissələrində çökmə müxtəlif olur.

Əsasın müxtəlifcinsliliyi layların pazlaşması, onların qalınlığının dəyişməsi, linzavari yatıma malik qatların iştirakı, qrunnun müxtəlif fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərə malik olması kimi amillərlə əlaqədardır. Bunlar isə müxtəlif qrunn təbəqələrinin qurğunun müxtəlif hissələrində istifadəsi zərurəti (əsasın möhkəm qruntları üzərində qurğunun ağır hissəsinin yerləşdirilməsi) və qurğunun müxtəlif hissələrində əsasın qruntlarının müxtəlif zamanlarda konsolidasiyası ilə nəticələnirlər.

Əsasın qruntlarının müxtəlifcinsli gərginlikli vəziyyəti aşağıdakı amillərlə şərtlənir:

-əsasın qeyri-bərabər yüklənməsi; Bununla əlaqədar olaraq daha çox yüklənən özülün ölçülərinin böyük, az yüklənən özülün ölçülərinin isə müvafiq şəkildə kiçik götürülməsi lazım gəlir. Ancaq özülün dabanında təzyiqin eyni olması qrunnun gərginlikli vəziyyətində fərqliliyin yaranmasının qarşısını ala bilmir.

-qonşu özüllərin yüklənməsinin qarşılıqlı təsiri; Bu halda daha çox təsir eyni mərtəbəli binaların orta hissələrində, nisbətən

az təsir kənarlarda və daha az təsir isə künclərdə yerləşən özül əsaslarında yaranır.

- özüllərin müxtəlif vaxtlarda yüklənməsi;

- özülün natamam yüklənməsi.

Özüllərin müxtəlif vaxtlarda yüklənməsi müxtəlif tipli yükdaşıyıcı konstruksiyaların tətbiqi zamanı baş verir. Misal olaraq, xarici yükdaşıyıcı divarlı və daxili dəmir-beton kalonlu bina qurğularını göstərmək olar. Belə ki tikinti zamanı xarici divarların altında özüllər tam yükləndiyi halda, kalonun altında özül isə hələ az yüklənmiş olur.

Seyrəkləşmiş qrunnun qeyri-bərabər çökməsi. Özül çalalarının qazılması zamanı çaladan çıxarılan qrunnun ağırlığı qədər onun dibində yatan qruntların yüksəzləşməsi baş verir. Bunun nəticəsində təbii yükü azalmış altı yatan qruntlarda elastiki deformasiya hesabına seyrəkləşmə yaranır. Dərin çalanın kənarlarında isə qruntların təsiri hesabına plastiki deformasiya qalır. Yəni həmin hissədə qruntlarda elastiki deformasiya tam inkişaf etmir, plastiki deformasiya da qalır. Ona görə də, özül çalasının dibində qrunnun seyrəkləşməsi hesabına çalanın dib səthində qeyri-bərabər qabarma yaranır və bu proses çalanın kənarlarından mərkəzi hissəsinə doğru artır. Çalada özülün quraşdırılması anından başlayaraq əsasın qruntlarında əvvəl yaranmış seyrəkləşmə hesabına qeyri-bərabər çökmə inkişaf edir. Qrunnun seyrəkləşməsi ilə əlaqəli yaranan qeyri-bərabər çökmə dərinliyi 5 m-dən çox olan özüllərdə özünü göstərir.

Əsasın qruntlarının yük altından sürüşüb çıxması ilə əlaqədar yaranan qeyri-bərabər çökmə. Əsasın qruntlarının yük altında sıxılması zamanı elə bir vəziyyət yarana bilər ki, bu zaman qruntda plastik deformasiya (yerli sürüşmə) yarana və qrunn sürüşərək qurğu özülünün altından çıxma bilər. Bu halda qeyri-bərabər çökmə yaranır.

Sərt özül əsasında yaranan təzyiq qeyri-bərabər paylandığından, hətta kiçik təzyiqdə belə sərt bünövrənin kənarları boyu yaranan təzyiq yerli sürüşmə zonalarının inkişafına gətirib çıxarır. Bu zonaların sərhədlərinin kənarlara doğru yerini dəyişməsi həmin zonalardan kənarlara doğru qrunnun sıxlaşmasına səbəb olur. Bünövrənin yüklənməsi ilə əlaqədar olaraq həmin zona genişlənir. Bu zonanı əhatə edən qruntlar sıxlaşdığından, onun sərhədinin genişlənməsinə daha çox

müqavimət göstəririlər və həmin müqavimət passiv müqavimətin qiymətinədək arta bilər. Bununla əlaqədar olaraq plastik deformasiya zonasında sürüşmə yerdəyişməsinə qarşı qrunnun qeyri-bərabər müqaviməti də qeyri-bərabər çökməyə səbəb ola bilər.

Əsas təşkil edən qruntların struktur dəyişikliyindən yaranan qeyri-bərabər çökmə. Özü çalalarının qazılması, qonşu özüllərin qoyulması və müxtəlif tikinti işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı əsas təşkil edən qrunn atmosferlə əlaqəyə girdiyindən, üstə yatan layların ağırlığı götürüldüyündən və ətraf mühitdə dəyişiklik baş verdiyindən qruntların təbii strukturu pozulur. Bu da özünün və qurğunun tikilməsi zamanı qeyri-bərabər çökmənin yaranmasına səbəb olur. Əsas təşkil edən qruntların strukturunun pozulması **meteoroloji təsir, texniki mexanizmlərin dinamik təsiri, yeraltı suların və qazların təsiri, həmçinin inşaat işlərində buraxılan səhvlər** ilə əlaqəli ola bilər.

Meteoroloji təsir qurğu əsasının qruntlarında donma-ərimə, şişmə, quruma, büzülmə, yumşalma və batma prosesləri ilə əlaqədar olur. Bu proseslər isə tozlu, gilli qruntlar ilə daha çox əlaqəli olurlar. Qrunnun tərkibində gil hissəciklərinin (xüsusi ilə montmorillonit gilləri) miqdarı artdıqca su ilə islanarkən şişmə və yumşalma, donarkən köpmə, əriyərkən həcm azalması, quruyarkən büzülmə artır. Yük altında olan qumlu, tozlu və gilli qruntlarda donma-ərimə prosesi ilə əlaqəli qeyri-bərabər deformasiyalar xarakterikdir. Tozlu və qumlu (batan və ya strukturu pozulmuş qumca və gilcələr) qruntlar üçün islanarkən və donmuş haldan əriyərkən yük altında həcmi kəskin azaltması hesabına qeyri-bərabər batma və çökmə deformasiyasının yaranması gözlənilən hadisədir.

Qurğu əsaslarında şişmə və köpmə (hər iki halda qrunnun ilkin həcmi artırımı) zamanı qurğu və özəldə müvafiq deformasiyalar yaranır. Qurğunun dağılması təhlükəsi artır. Digər proseslər də müvafiq olaraq qeyri-bərabər şişmə, batma və çökmə deformasiyaları yaradırlar. Özüllər donma qatından dərinə yerləşərsə, o zaman donma ilə əlaqədar olaraq çalanın divarlarında toxunan gərginlik yaranır və qurguda qeyri-bərabər deformasiyaların meydana gəlməsinə səbəb olur. Qrunnun donması hesabına yaranan toxunan qüvvələrə qarşı tədbir kimi tikinti zamanı özünün yan səthinin mazutda həll edilmiş bitum

qatı və yaxud solyar yağı ilə örtülməsi, özülün kənarlarında əks tökmə qrunut qatının (qum və yaxud donaraq köpməyən digər qrunutlar) yaradılması tövsiyə edilir.

Yeraltı sular da əsasın qrunutlarında struktur dəyişikliyi yaradır və yük altında qeyri-bərabər çökmənin əmələ gəlməsinə səbəb olurlar. Yeraltı suların qrunutlarda struktur dəyişikliyi yaratması hidrodinamiki və hirostatiki təzyiq, suffoziya və həll olaraq daşınma, suda həll olmuş qazın genişlənməsi və ayrılması ilə əlaqədardır. Misal olaraq özül çalasının dibində sukeçirməyən təbəqə altında sukeçirən təbəqə yerləşərsə və yeraltı suların sukeçirən təbəqədə hirostatiki təzyiqi üstə yatan sukeçirməyən təbəqənin ağırlığından yaranan təzyiqdən çox olarsa, o zaman hirostatiki təzyiq üst təbəqənin deformasiyasına, hətta parçalanmasına səbəb ola bilər. Bu hal daha çox laylı teksturlu qrunutlarda (lentvari gil və gilcələr) təzahür edir. Hirostatiki təzyiqin azaldılması üçün sulu layda su səviyyəsi müxtəlif tədbirlərlə süni şəkildə aşağı salınır.

Yeraltı suların səviyyəsi özül çalasının dib səviyyəsindən yüksək olduqda suyun çalaya axını baş verir. Yeraltı suların özül çalasına doğru hərəkəti zamanı süzülmə yolunda qrunut hissəcikləri hidrodinamiki təzyiqin təsirinə məruz qalırlar. Əgər hidrodinamiki təzyiq qradiyentinin qiyməti hər bir qrunut üçün müəyyən edilmiş yolverilən həddən çox olarsa, o zaman qrunutun kiçik ölçülü hissəciklərinin su ilə özül çalasına doğru daşınması, yəni suffoziya baş verəcəkdir.

Yeraltı suların qrunutu təşkil edən mineralları həll etməsi ilə də onlarda struktur dəyişikliyi baş verə bilər.

Yeraltı suların səviyyəsinin müxtəlif mühəndisi tədbirlərlə azaldılması zamanı qapalı qaz qabarcıqlarının genişlənməsi və qrunut tərkibindən çıxması baş verir ki, nəticədə qrunutda struktur dəyişiklik yaranır.

Özül çalasının qazılması zamanı istifadə edilən texnika və mexanizmlərin yaratdıqları dinamik təsirlər əsasın qrunutlarının strukturunun pozulmasına səbəb olurlar. Bununla əlaqədar olaraq çalanın qazılması zamanı daha yüngül, əlverişli texnika və mexanizmlərdən və həmin işlərin yerinə yetirilməsinin yeni texnologiyalarından istifadə edilir. Çalanın qazılması zamanı onun dibində müəyyən qalınlıqda qrunut təbəqəsinin saxlanması (qrunutların strukturunun pozulmaması üçün), yəni ilkin olaraq

tələb olunan dərinlikdən az qazılması metodundan da istifadə edilir. Özül çalasında saxlanılmış təbəqə isə özülün quraşdırılması zamanı əl əməyi ilə və ya mexanizmlərlə çox ehtiyatlı şəkildə, strukturu pozulmadan götürülür. Bu halda özül çalasında meteoroloji amillərin təsiri (şaxtanın təsiri ilə donma, yağışın, qarın və digər suların təsiri ilə islanma, şişmə, istidən quruma və s. təsirdən) ilə əsasın qruntlarında struktur dəyişikliyinə baş verməsinin də qarşısı alınmış olur.

İnşaatçıların tikinti dövründə buraxdığı kobud səhvlərlə əlaqədar olaraq da əsasın qruntlarında struktur dəyişikliyi və buna müvafiq olaraq yük altında qeyri-bərabər çökmə baş verir. Belə səhvlərə misal olaraq əvvəl quraşdırılmış dayaz özül yaxınlığında dərin özül çalasının açılmasını, özül çalasının vaxtından tez qazılmasını və istehsalat suları ilə basdırılmasını, qrunzun götürülməsi və yenidən yerinə tökülməsi zamanı işlərin keyfiyyətsiz aparılmasını göstərmək olar. Əsası təşkil edən qruntların təbii strukturunun istənilən şəkildə pozulması onlarda yük altında qeyri-bərabər çökmənin yaranmasına səbəb olur ki, onu da qabaqcadan müəyyən etmək mümkün olmur.

Qurğunun istismarı dövründə yaranan qeyri-bərabər çökmə. Qurğunun istismarı dövründə çökməni inkişaf etdirən amilləri 5 qrupa bölmək olar:

- qurğu istismara verildikdən sonra əsası təşkil edən qruntların sıxlaşması;
- yeraltı suların səviyyəsinin dəyişməsi;
- əsası təşkil edən qruntların çala və yeraltı dağ qazmaları ilə zəiflədilməsi;
- əsası təşkil edən qruntlara dinamik təsir;
- geodinamik proseslərin fəallığı.

Qurğu istismara verildikdən sonra əsası təşkil edən qruntların sıxlaşması əsasən aşağıdakı amillərlə əlaqədar baş verir.

- əsasda süzülmə konsolidasiyasının və sürüşmə deformasiyasının qurtarmaması;
- layihə həddinədək faydalı təzyiqin tədrici artması;
- təzyiqin layihə həddindən çox artması.

Bina və qurğuların çökməsi və qruntların deformasiyası üzərində aparılmış müşahidələr onu deməyə əsas verir ki, tikinti başa çatdıqdan sonra, uzunmüddətli istismar dövründə də qurğu və binaların əsasında çökmə prosesi davam edir. Əsası təşkil edən

qruntların tərkibində gil hissəciklərinin miqdarı artdıqca həmin qruntların sukeçiricilik qabiliyyəti kəskin azaldığından, onların yük altında konsolidasiyası uzunmüddətli olur. Bu işə xarici yükün təsiri altında qrunt məsamələrində olan suyun sıxışdırılaraq çıxarılması prosesinin və qrunt skeletinin sürüşmə deformasiyasının inkişafının uzun müddət ərzində (bəzən on illərlə) davam etməsi ilə əlaqədardır.

Həmçinin qurğu əsasına ötürülən təzyiqin layihə həddinə qədər tədricən artması da əsasın çökmə deformasiyasına öz təsirini göstərir.

Tozlu-gilli qruntların iş şəraitindən asılı olaraq, qurğuların istismarının birinci ili faydalı layihə təzyiqinin 50 %-dək hissəsi qədər onların əsasının yüklənməsinə icazə verilir.

Yeraltı suların səviyyəsinin dəyişməsinin qurğuların çökməsinə təsiri. Qurğu əsaslarının fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə yeraltı suların səviyyəsinin artıb-azalmasının təsiri çox böyükdür. Belə ki əsası təşkil edən tozlu-gilli tərkibə malik qruntlarda quruma zamanı həcmi azalması, islanma zamanı həcmi artması və yumşalması onlarda müvafiq deformasiyaların yaranmasına səbəb olur. Bundan başqa, aqressiv yeraltı suların qurğu ilə (özül və ya üst hissəsi) təması onun tikilməsində istifadə edilən materiallar (beton, dəmir-beton, metal və sair) ilə suyun tərkibində iştirak edən maddələr arasında müvafiq kimyəvi reaksiyaların getməsinə səbəb olur. Bu zaman oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları, hemosorbsiya və sair ilə əlaqədar müvafiq dəyişikliklər-qurğunun, onu təşkil edən elementlərin korroziyaya məruz qalması (misal olaraq, metallarda korroziya), onların parçalanması, dağılması (misal olaraq, aqressiv su ilə beton arasında gedən kimyəvi reaksiyalarla onun parçalanması) baş verə bilər.

Praktikada yeraltı suların səviyyəsinin qalxmasına, əksər hallarda, atmosfer yağıntıları, təzyiqli su borularından və kanalizasiya xətlərindən axan su itkiləri, yaşıllıqların düzgün olmayan suvarma normaları ilə suvarılması, sənaye və məişət su axınları səbəb olur. Yeraltı suların səviyyəsinin qalxması suffoziya, karstlaşma, sürüşmə və sair geodinamiki hadisələrin də intensivləşməsinə, qurğuların sıradan çıxmasına səbəb ola bilər.

Təzyiqli su borularından və kanalizasiya kollektorundan baş verən su axınları suffoziyanı və karstlaşmanı intensivləşdiriciyə

çevrilə bilərlər ki, bu da həmin təsirə məruz qalmış sahə üzrə müvafiq boşluqların yaranmasına, yer səthində uçma zonasının, suffoziya qıflarının əmələ gəlməsinə və yer səthinin çökməsinə səbəb ola bilər. Qumlu və tozlu qruntların təşəkkül tapdığı ərazilərdə suffoziyanın bu şəkildə baş verməsi ehtimalı yüksək olduğundan, qurğu əsasları planda ehtimal olunan suffoziya qıfının təsir zonasından aralı yerləşdirilməlidir.

Praktikada, bəzən mühəndisi fəaliyyətlə əlaqəli şəkildə hidrogeoloji şəraiti öyrənərkən, tədqiqat ərəfəsində mövcud olan sulu təbəqə, horizont və sair sulu mühit tədqiq edilir. Yeraltı suların rejiminin tədqiqi, su səviyyəsinin proqnozlaşdırılması mövcud sulu mühit üçün aparılır. Bu halda tədqiqat obyektinin hidrogeoloji şəraitində mövsumi suların tədqiqi diqqətdən kənarda qalmış olur. Bu isə qurğunun istismarı dövründə öz mənfi təsirini göstərir. Onun istismarını çətinləşdirir, tez-tez qurğuda dağılma və ya qəzaların yaranmasına səbəb olur. Bu hadisə daha çox böyük ölçüyə malik qurğuların (misal olaraq magistral yollar, magistral kanallar, hidrotexniki qurğular və sair) layihələndirilməsi zamanı təsadüf edir. Buna misal olaraq, Samur-Dəvəçi massivində layihələndirilmiş Xanarxı kanalının tikintisini göstərmək olar. Belə ki kanalın layihələndirilməsi dövründə mövsumi sulu lay, əsası təşkil edən və kanalın inşaat dərinliyində yerləşən qruntların şişmə qabiliyyəti tələb olunan səviyyədə tədqiq edilməyərək layihədə nəzərə alınmadığından, kanalın istismarını çətinləşdirən amillərdən hesab olunmalıdır.

Qurğu əsasını təşkil edən qruntların çala və yeraltı dağ qazmaları ilə zəiflədilməsi. Tunellərin, kanalizasiya kollektorlarının, drenaj borularının, qalareyaların və sair yeraltı qazma və qurğuların tikildiyi ərazilərdə onların ətrafında gedən suffoziya prosesi ilə əlaqədar olaraq yer səthinin çökməsi (**çökmə kasası**) müşahidə olunur. Bununla əlaqədar olaraq, həmin ərazidə yer səthində tikilmiş qurğularda yaranan qeyri-bərabər çökmə deformasiyası onların vaxtından tez dağılmasına səbəb olur.

Mövcud qurğularda çökmə onların yaxınlığında yeni və əvvəlkinə nisbətən dərin özül çalasının və ya xəndəyin qazılması zamanı da baş verir. Bu halda mövcud qurğuda çökmə deformasiyasının qarşısını almaq üçün yeni qazılmış özül çalasının divarlarının və xəndəyin yamaclarının bərkidilməsi lazımdır. Yəni

həmin qurğunun əsasını təşkil edən qruntların üfüqi istiqamətdə yerdəyişməsinin qarşısı alınmalıdır.

Əsasın qruntlarına dinamiki təsir. Qumlu və tozlu-gilli qruntlara dinamiki təsirin müəyyən həddinədək onlarda sıxlaşma müşahidə edilsə də, həmin təsirin sonradan davam etməsi əks prosesin, yəni qrunnt hissəcikləri arasında zəif rabitənin pozulmasına, qrunntun seyrəkləşməsinə səbəb olur. Bununla əlaqədar olaraq qurğuların istismarı dövründə onların özündə olan və dinamiki təsir yaradan maşın və mexanizmlərin işləməsi, qurğuya yaxın ərazidə nəqliyyatın hərəkəti, partlayış işlərinin aparılması, svayların, şpuntların vurulması və sair dinamiki təsirlərin yaradılması əsasın qruntlarında sıxlaşma (əlavə çökmə deformasiyası) və ya seyrəkləşmə əmələ gətirir. Yaranan dəyişiklik xüsusi tədqiqatlarla müəyyən edilə bilər.

Geodinamiki proseslərin aktivliyi. Qurğu əsaslarında çökmə deformasiyası və özülün yerdəyişməsi daha çox karst, suffoziya, sürüşmə və zəlzələ ilə əlaqədar olur. Bu proseslərin proqnozlaşdırılması isə mühəndisi-geoloji tədqiqatlarla aparılır.

Ümumiyyətlə isə qurğu əsaslarının qeyri-bərabər çökməsini yaradan amillər çox olub, özülün layihələndirilmə səviyyəsindən, quraşdırılma üsulundan və qurğunun istismar şəraitindən asılıdır. İstismar dövründə yükdaşıyıcı konstruksiyalarda deformasiya yaranarkən özülün və əsası təşkil edən qruntların üzərində müvafiq tədqiqatlar aparılır. Çökmə üzərində aparılan müşahidələr və texniki diaqnostikanın nəticələri əsasında çökmənin yaranma səbəbi aşkar edilir və ona qarşı müvafiq tədbir işlənib hazırlanır.

6.3.6. QURĞU, ÖZÜL VƏ ƏSASIN İŞİNİN BİRGƏ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi müxtəlif səbəblərdən qurğuların qeyri-bərabər çökməsi baş verir. Elastiki qurğularda qeyri-bərabər çökmə onlarda əlavə yüklənmə yaratmır. Müəyyən sərtliyə malik olan qurğu və özüllər isə hər bir nöqtədə əsasın qeyri-bərabər çökməsini sinxron olaraq müşayiət etmirlər və əsasın qruntları daha çox sıxılan (zəif qruntlarda) hissələrdə özül dabanında təzyiqin azalması, möhkəmliyi çox olan qruntlar təşəkkül tapmış hissələrdə isə sıxılma az olduğundan, özül dabanında təzyiqin

artması baş verir. Belə ki qeyri-bərabər çökmənin təsirindən yerüstü və yeraltı konstruksiyalarda əyilmə yarandığına görə, lentvari və plitə şəkilli özüllərdə əlavə yüklənmə, təzyiqin yenidən paylanması müşayiət edilir.

Qeyd edilənlərin analizi əsasında belə qənaətə gəlmək olur ki, qurğu əsaslarının hesabatının aparılması qurğu və əsasın birlikdə işləmə şəraiti nəzərə alınmaqla yerinə yetirilməlidir. Ancaq bu şəkildə müvafiq hesablamaların aparılması daha çox qeyri-müəyyənliyə gətirdiyindən, məsələn mürəkkəbləşdirdiyindən və onun dəqiq həllinin alınması çətinlik törətdiyindən, əsasın qeyri-bərabər çökməsi qurğunun sərtliyi nəzərə alınmadan təyin edilir.

6.3.7. QURĞU ƏSASLARINDA GÖZLƏNİLƏN QEYRİ-BƏRABƏR ÇÖKMƏYƏ QARŞI TƏDBİRLƏR

Nisbətən üfüqi yatıma malik, böyük qalınlıqlı, yüksək sıxılma qabiliyyətli laylar üzərində tikilən qurğu əsaslarında daha çox çökmə onların mərkəzi hissəsində müşahidə edilir. Baş tərəflərdə, xüsusi ilə künclərdə çökmə az olur. Bununla əlaqədar olaraq çökmənin hər yerdə bərabərləşdirilməsi məqsədi ilə qurğunun çökmə çox baş verən hissələrində təzyiqin artırılması üçün tədbir (lentvari əsasın eninin azaldılması, həmin hissələrdə qüllə tipli qurğuların yerləşdirilməsi) yerinə yetirilir.

S.N.Sotnikovun təklifinə görə, qurğu əsasında çökmənin qeyri-bərabərliyinə qarşı tədbir kimi onun baş hissələri səthi yağlanaraq əsasa vurulmuş şpunt üzərində yerləşdirilməlidir. Bu halda şpuntun səthi yağlandığından sürtünmə azalır. Həmçinin gərginliyin qurğunun baş hissələrindən kənarlara doğru səpələnməsi də azalır, həmin hissədə çökmə artır. Bu isə əsasın bərabər çökməsi üçün şərait yaratmış olur.

Qurğu əsaslarında əksər hallarda qeyri-bərabər çökmə yarandığından ona qarşı müvafiq tədbirin yerinə yetirilməsi tələb olunur. Bununla əlaqədar olaraq bəzən konstruksiyaların qeyri-bərabər çökməyə qarşı həssaslığının azaldılması məqsədəuyğun hesab olunur. Əsasda yaranan qeyri-bərabər çökməyə qarşı mütləq elastiki qurğular həssas deyildirlər və yaranan əyilmə zamanı onların konstruksiyalarında əlavə yüklənmə əmələ gəlmir.

Mütləq sərt və sərt qurğular çökməni bərabərləşdirmək qabiliyyətinə malikdirlər. Əsasın daha çox deformasiyaya məruz

qalan hissəsində təzyiqin azalması deformasiya az olan hissədə artmasına səbəb olur. Mütləq sərt və sərt özüllərin kənarları boyu və künclərdə təzyiqin konsentrasiyası artır.

Əsaslarda baş verən qeyri-bərabər çökmə ilə əlaqədar olaraq konstruksiyalarda yaranan əlavə yüklənmənin qarşısının alınması və qurğunun möhkəmliyinin artırılması üçün B.D.Vasilyev tərəfindən binalarda dəmir-beton qurşaqların tətbiqi təklif edilmişdir. Şəraitdən asılı olaraq dəmir-beton qurşaqlar özüllərdə, binaların mərtəbələri arasındakı hissələrində və ya iki mərtəbədən bir quraşdırıla bilər.

Yuxarıda qeyd edilənləri ümumiləşdirərək demək olar ki, qurğuların konstruksiyaları gözlənilən qeyri-bərabər çökməyə və özülün quraşdırılması üsuluna uyğun seçilməli və ya əksinə olaraq əsasın qeyri-bərabər çökməsinə konstruksiyaların həssaslıq səviyyəsinə görə özüllər layihələndirilməli və onların quraşdırılması üsulu seçilməlidir. Ona görə də, layihələndirmə zamanı bəzən özüllərin elə quraşdırılması üsulu axtarılır ki, o, əsası təşkil edən qruntların tələb olunan səviyyədə strukturunun qorunmasına imkan versin.

6.3.8. ÖZÜLLƏRİN TİPİNİN VƏ DƏRİNLİYİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

Özül və əsasların layihələndirilməsi iki hissədən ibarətdir:

-özüllərin tipinin və əsas ölçülərinin (özülün qoyulma dərinliyi, özül dabanının ölçüləri) layihələndirilməsi;

-gövdəsinin dəqiq ölçülərinin (plitənin və yaxud özülün plitə hissəsinin qalınlığı, çıxıntıların ölçüləri və sair) və özül armaturlarının layihələndirilməsi. Bu məsələnin həlli dəmir-beton konstruksiyaları kursuna aiddir.

Özülün əsas ölçülərinin seçilməsi qrunut bünövrənin (əsasın) layihələndirilməsi deməkdir. Çünki bu halda əsası təşkil edən qruntlarda sıxlaşma zonasının həcmi və yaranacaq deformasiyanın xarakteri əvvəlcədən müəyyən olunmalıdır.

6.3.8.1. ÖZÜLLƏRİN TIPINI VƏ DƏRİNLİYİNİ MÜƏYYƏNLƏŞDİRƏN AMİLLƏR

Layihələndirmənin əsas mərhələsi özülün tipinin və dərinliyinin təyinindən ibarətdir. Özülün dərinliyi az olduqda onun quraşdırılması az vəsait hesabına başa gəldiyinə görə, iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğundur. Ancaq yer səthinə yaxın yerləşən qruntlar meteoroloji amillərin və canlı aləmin təsirindən daha çox dəyişikliyə (aşınma, həcmnin və möhkəmliyinin dəyişməsi, strukturunun pozulması və sair) uğrayırlar, yüksək sıxılma və az yükdaşıma qabiliyyətli olurlar. Ona görə də, dayaz özüllərin quraşdırılması məqsədəuyğun hesab olunmur.

Özülün dərinliyinin seçilməsinə bir çox amillər-**təbii geoloji, iqlim, bina və qurğuların tipi və konstruksiyası** ilə əlaqədar olan amillər təsir edirlər. Müvafiq tikinti norma və qaydalarında özülün dərinliyinin seçilməsində aşağıdakı amillərin nəzərə alınması tövsiyə edilir:

- tikinti meydançasının relyefi;
- əsas təşkil edən qruntların geoloji quruluşu, fiziki vəziyyəti və xassələri;
- yeraltı suların yatma dərinliyi, tikinti və istismar dövründə səviyyələrinin dəyişmə mümkünlüyü, suların aqressivliyi;
- şaxtadan əsas təşkil edən qruntların köpməsi mümkünlüyü ilə əlaqədar olaraq iqlim amili (fəaliyyət qatının, yəni mövsumi olaraq donan və əriyən qatın qalınlığı);
- qurğu və binaların konstruktiv məxsusiliyi ilə əlaqədar olaraq əsasa ötürülən yükün miqdarı və xarakteri;
- layihələndirilən qurğunun əvvəl tikilmişlərə nəzərən yerləşmə vəziyyəti və onların özülünün qoyulma dərinliyi.

Özülün tipinin və dərinliyinin seçilməsi zamanı əsas məsələ altda yatan laylarla birlikdə yükdaşıyan qruntlarda yaranacaq qeyri-bərabər çökmənin yolverilən hədd daxilində olmasını təmin etməkdən ibarətdir. Bu məsələnin həlli üçün aşağıdakı üç əsas amil nəzərə alınmalıdır:

- tikinti meydançasının mühəndisi-geoloji şəraiti;
- qrunzun üst təbəqəsinə iqlimin təsiri;
- tikilən və qonşu qurğuların məxsusiliyi.

Qeyd edilən məsələnin həlli bir neçə variantda hazırlanır və texniki-iqtisadi əsaslandırmaya əsasən həmin variantların müqayisəsi ilə yekun olaraq özülün tipi və dərinliyi seçilir.

Tikinti meydançasının mühəndisi-geoloji şəraiti. Hər bir tikinti meydançası səciyyəvi xüsusiyyətlərə malik olur və özülün dərinliyinin seçilməsinə onların təsirinin qiymətləndirilməsində müvafiq çətinlik törədir. Bununla əlaqədar olaraq, qruntların tipik laylanma sxemlərini nəzərə almaqla, mümkün olan mühəndisi-geoloji şəraiti qruplaşdıraraq. Qurğu və binaların əsasını təşkil edən qruntların yüklənmə qabiliyyətinə, təsir edən yükün qiymətindən, xarakterindən, qurğu və özülün konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılı olaraq yaranan çökmə deformasiyasının qiymətinə və xarakterinə görə, qruntları şərti olaraq **zəif və etibarlı** kimi kateqoriyalara ayırmaq olar.

*Zəif qrun*t dedikdə elə qrunt nəzərdə tutulur ki, onlar əsas funksiyasını daşıyaraq tikilən qurğu və binaların mövcudluğunu etibarlı şəkildə təmin edə bilmirlər.

*Etibarlı qrun*t dedikdə isə elə qrunt nəzərdə tutulur ki, həmin qruntlar əsas funksiyasını daşıyaraq tikilən qurğu və binaların mövcudluğunu etibarlı şəkildə təmin edə bilirlər.

Zəif və etibarlı qrunt anlayışının özü də şərtidir. Belə ki bu anlayış qurğu və binaların layihələndirilməsi ilə əlaqədar olaraq qəbul edilir. Əgər layihələndirilən qurğu yüngül, onun yükdaşıyıcı konstruksiyaları üçün isə nəzərə alınacaq dərəcədə qeyri-bərabər deformasiyalar yolveriləndirsə, onda zəif qrunt belə həmin qurğu əsasları üçün etibarlı ola bilər. Ancaq ağır qurğular və ya onların yükdaşıyıcı konstruksiyaları üçün qeyri-bərabər deformasiyalar yolverilməzdirsə, onda əvvəlki qruntlara nəzərən çox möhkəmliyə malik qruntlar zəif qrunt kimi qəbul oluna bilərlər. Yəni qruntlar əsas funksiyası daşıyarkən onların şərti bölgü kateqoriyası qurğunun parametrləri və konstruktiv xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla müəyyənləşdirilir.

Qruntların geoloji-petroqrafik məxsusilikləri, onların fiziki-mexaniki xassələri nəzərə alınmaqla mühəndisi-geoloji baxımdan F.P.Savarenski (1937) tərəfindən təklif edilmiş və V.D.Lomtadze tərəfindən təkmilləşdirilmiş təsnifatından qurğu əsasları üçün qruntların qruplaşdırılmasında istifadə daha məqsədəuyğundur.

Həmin təsnifata görə fərqləndirilmiş qayavari və dəyişikliyə az uğramış yarımqayavari qruntlar tikinti obyektlərinin əsası kimi

etibarlıdırlar. Belə ki qayavari qruntlar (maqmatik, metamorfik və möhkəm sementlənmiş çökmə) üçün ümumi deformasiya modulu 100000 kQ/sm^2 , sıxılmaya qarşı müvəqqəti müqavimət 500 kQ/sm^2 , uyğun olaraq yarımqayavari qruntlar üçün həmin göstəricilər $100000\text{-}20000 \text{ kQ/sm}^2$ və $500\text{-}25 \text{ kQ/sm}^2$ təşkil edir. Bu qruntlar seysmik və daimi donuşluq ərazilər üçün də qurğu və binaların əsası kimi etibarlıdırlar.

Yumşaq əlaqəsiz qruntlar (orta, iri, kobud və müxtəlif dənəli qumlar, həmçinin çınqıllı, xırlı, sıx və orta sıxlıqlı çaqıllar) qurğu və bina əsasları kimi adətən qane edicidirlər. Onlarda ümumi deformasiya modulu $200\text{-}1000 \text{ kQ/sm}^2$, daxili sürtünmə əmsalı $0,25\text{-}0,6$, seysmik sərtlilik $0,5\text{-}2,7$ -dən $4,0\text{-}4,8$ -dək dəyişir. Bu qruntların tərkibində zəif gil linzalarına, ara qatlara, onların növbələşməsinə, qaya parçalarına rast gəlinir ki, bu da müxtəlifcinsliliyin artmasına səbəb olur.

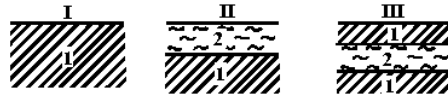
Xırda və incədənəli, tozlu, az sıxlıqlı, sulu qumlar zəif qruntlar kimi xüsusi tərkibə, xassəyə və vəziyyətə malik olan qruntlara (mühəndisi-geoloji təsnifata görə beşinci qrup) aiddirlər. Bu qruntlar üzərində müxtəlif tikinti obyektlərinin layihələndirilməsi tikinti norma və qaydalarına əsasən xüsusi yanaşma tələb edir.

Yumşaq əlaqəli, az nəmlikli, sıx və yüksək sıxlıqlı, yüksək konsistensiyalı gilli qruntlar da sənaye və mülki bina və qurğular üçün qane edici əsas funksiyası daşıya bilərlər. Onların ümumi deformasiya modulu 100 kQ/sm^2 -dən $800\text{-}1000 \text{ kQ/sm}^2$ – dək, daxili sürtünmə əmsalı $0,15\text{-}0,35$, xüsusi ilişkənliliyi $0,3\text{-}0,5 \text{ kQ/sm}^2$ -dən $1,0\text{-}1,5 \text{ kQ/sm}^2$ –dək, seysmik sərtliyi isə $0,8\text{-}2,3$ -dən $2,8\text{-}5,9$ -dək dəyişə bilər. Bu qruntlar dəyanətsiz strukturlu qruntlar olub, onlarda su ilə islanarkən şişmə (şişən qruntlar), batma (lös və lösvarilər), yumşalma, donarkən köpmə, əriyərkən sıxılma qabiliyyətinin artması, dəyanətliliyinin azalması və quruyarkən büzülmə müşahidə olunur. Bunlar üçün də müxtəlifcinslilik, anizotropluq səciyyəvidir. Konsistensiyalarının dəyişilməsi ilə xüsusiyyətlərində dəyişiklik baş verir.

Beşinci qrupa aid olan qruntlar (torflar, lillər, qumlu və gilli şorlaşmış, çox buzlu çoxillik donuşluq qruntları, tökmə qruntlar, asan həllolan kimyəvi çökmə qruntlar- gips, anhidrit, xörək duzu və sair) tikinti obyektlərinin əsası üçün mürəkkəb şərait yaradıcısıdırlar. Onlar üzərində tikinti obyektlərinin layihələndi-

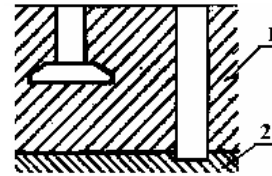
rilməsi tikinti norma və qaydalarına uyğun şəkildə xüsusi tədqiqat və yanaşma tələb edir.

Qruntların tikinti obyektlərinin əsası üçün fərqləndirilmiş şərti kateqoriyalarına görə onların laylanma müxtəlifliyi qrunut bünövrə (əsas) kimi aşağıdakı 3 sxemlə təsvir edilə bilər (şəkil 6.6).



Şəkil 6.6. Qurğu və bina əsaslarını təşkil edən qruntların şərti olaraq fərqləndirilmiş I-III laylanma sxemləri. 1-etibarlı qrunut; 2-zəif qrunut.

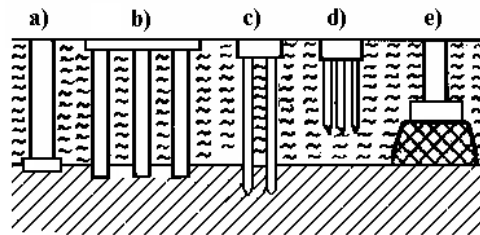
I sxemdə yer səthindən böyük dərinliyədək etibarlı qrunut layları yatırılır. Həmin laylar müxtəlif mənşəli qrunutlardan (misal olaraq, qayavari, yarımqayavari qrunutlardan) təşkil oluna bilər. Belə laylanma sxemi üçün qurğunun məxsusiliyi və iqlimin təsiri nəzərə alınmaqla, dayaz özül layihələndirilə bilər. Bəzən iqtisadi cəhətdən sərfəli olarsa, müəyyən dərinlikdə yerləşən daha möhkəm qrunutun əsas kimi seçilməsi qərarı qəbul edilə bilər (şəkil 6.7).



Şəkil 6.7. "Etibarlı" qrunut altında daha sıx qrunut iştirak etdikdə özülün quraşdırılma variantları. 1-orta səviyyədə "etibarlı" qrunut; 2-daha sıx qrunut.

II sxemdə yer səthindən müəyyən dərinliyədək bir və ya bir neçə qrunut layı etibarlı qrunut layı üzərində yatırılır (şəkil 6.6). Bu halda bir neçə həll variantı seçilə bilər. Burada ən sadə həll variantı qurğudan

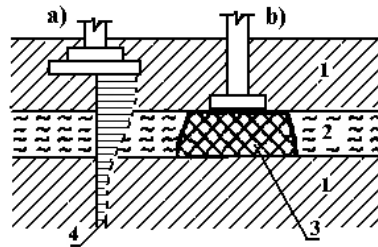
yaranan yükün zəif qrunutlardan keçirməklə etibarlı qrunut üzərinə ötürülməsidir (şəkil 6.8, a). Yüksək keyfiyyətli etibarlı qrunut olduqda, qurğu dirəklər (şəkil 6.8, b) və yaxud svaylar (şəkil 6.8, c) üzərinə yerləşdirilə bilər. Bu halda qrunutun etibarlılıq səviyyəsindən asılı olaraq svaylar müxtəlif uzunluqlu ola bilər. Yüngül qurğular zəif qrunutda vurulmuş svaylar üzərində yerləşdirilə bilər (şəkil 6.8, d). Zəif qrunutlar qurğu əsasında götürülərək başqası ilə əvəz edilə, sıxlaşdırmaqla, kimyəvi, fiziki-kimyəvi metodlardan istifadə etməklə, qurutmaqla və sair texniki meliorasiya tədbirləri aparmaqla xassə göstəriciləri yaxşılaşdırıla bilər (şəkil 6.8, e). Bəzən qurğu əsaslarında zəif qrunutlar iştirak etdikdə yükdaşıyıcı konstruksiyaların qeyri-bərabər deformasiyaya qarşı həssaslıqlarını



Şəkil 6.8. Qruntların II sxem üzrə laylanması halı üçün özülün quraşdırılması variantları.

azaltmaq (bütöv özül plitələri yaratmaqla və sair) yolu ilə məsələnin həll edilməsi məqsədəuyğun olur.

III sxem üzrə yer səthindən müəyyən dərinliyə qədər təbəqəli zəif bir və ya bir neçə layın müxtəlif təbəqələnməsi iştirak edir (şəkil 6.6). Bu halda II sxem üzrə qruntların laylanması zamanı istifadə olunmuş həll variantının tətbiqi qəbul edilə bilər. Bunun üçün üst etibarlı qrunnt təbəqəsini də keçməklə, təsir edən yükün etibarlı qrunnt təbəqəsi üzərinə ötürülməsi lazım gəlir. III sxem üzrə laylanma zamanı üst təbəqə qruntlarının istifadəsi təzyiqi paylayıcı döşəkçə kimi və yaxud zəif qrunnt bərkidilərək mümkünləşə bilər (şəkil 6.9).



Şəkil 6.9. Qruntların III sxem üzrə laylanması halı üçün özülün quraşdırılması variantları. 1-"etibarlı" qrunnt; 2-zəif qrunnt; 3-bərkidilmə zonası; 4-gərginlik epürü.

İqlim amili. İl ərzində donma və ərimə ilə əlaqədar olaraq qruntlar öz həcmələrini artırıb-azalda bilərlər, yəni bəzi qruntlar donma zamanı öz həcmələrini artıraraq köpür, əriyərkən isə həcmələrini azaldırlar. Su ilə islanarkən də gilli tərkibə malik olan qruntlar öz həcmələrini artırır və şişirlər. Birinci halda həcm artımı suyun donması zamanı yaranan genişlənmə ilə, ikinci halda isə su molekullarının qrunntla qarşılıqlı təsirdə gil hissəcikləri arasında əmələ gətirdiyi «pazlayıcı təzyiqlə» əlaqədardır.

Donma zamanı nəmliyin miqrasiyası donma sərhədinə doğru hərəkət etdiyindən, qruntların məsamələrində, boşluqlarında buz araqlarının, linzalarının və sair yatım formalarının yaranması onların köpməsi ilə müşayiət olunur. Qeyd edilən bu hal eyni ilə qurğu və binaların özülləri altında müşahidə oluna bilər və qurğularda qeyri-bərabər deformasiyaların yaranmasına səbəb olar. Donma ilə əlaqədar həcmi artırmasına görə qruntlar **köpmə təhlükəli** və **köpmə təhlükəsi olmayan** qruntlar kimi fərqləndirilir. Yəni bəzi qruntlarda (köpmə təhlükəsi olmayanlarda) donma zamanı həcm artımı baş vermir. Köpmə təhlükəsi olmayan qruntlara orta və iri dənəli qumlar, xır, çınqıl, çaqıl və qayavari qruntlar, köpmə təhlükəliyə isə tozlu-gilli qruntlar, tozlu, xırda və incə dənəli qumlar aiddirlər.

Özül dabanında qruntların donma mümkünlüyünü təyin etmək üçün **normativ donma dərinliyi** (d_{fn}) məlum olmalıdır. Normativ mövsümi donma dərinliyi müşahidələr əsasında, inşaat

norma və qaydalarından (İNvəQ 2.01.01-82) xəritəyə əsasən və hesablama yolu ilə təyin edilir.

Qruntların normativ mövsümi donma dərinliyi yeraltı suların səviyyəsi mövsümi donma dərinliyindən aşağıda yerləşən, qardan azad olmuş horizontal, açıq meydançalarda aparılmış çoxillik müşahidə (10 ildən az olmayaraq) nəticələri əsasında təyin edilən maksimal donma dərinliyinin orta qiymətinə bərabərdir. Çoxillik müşahidə məlumatları olmadıqda, normativ mövsümi donma dərinliyi aşağıdakı düsturla da hesablanıla bilər:

$$d_{fn} = d_0 \cdot \sqrt{M_t}, \quad (6.5)$$

burada M_t -əmsal olub, qiyməti tədqiq olunan rayonda qış dövründə orta aylıq mənfi temperaturların cəminin mütləq qiymətinə bərabərdir, tikinti iqlimşünaslığı və geofizikası üzrə tikinti norma və qaydalarına əsasən qəbul olunur. Əgər tədqiq olunan rayona və ya konkret məntəqəyə aid məlumatlar həmin mənbədə olmazsa, o zaman tikinti rayonu ilə analoji şəraitdə yerləşən hidrometeoroloji stansiyanın müşahidə nəticələri əsasında təyin edilir. d_0 - qruntların $M_t=1$ olduqda donma dərinliyi olub, onun qiyməti gil və gilcələrdə 0,23 m, qumcalar, tozlu və xırda dənəli qumlar üçün 0,28 m, xırlı, orta və iri dənəli qumlar üçün 0,30 m, iri dənəli qrunut qırıntıları üçün 0,34 m qəbul edilir. Donma dərinliyi hüdudunda müxtəlif sıxlıqlı qruntların rast gəlməsi zamanı d_0 -n qiyməti orta çəki kimi təyin olunur.

Qruntların köpməsi yeraltı suların səviyyəsindən və qruntların axıcılıq göstəricisinə görə vəziyyətindən asılıdır. Çöl divarlarının özülünün quraşdırılma dərinliyi (d) hesabi donma dərinliyindən (d_f) asılı olaraq cədvəl 6.1 üzrə təyin edilir.

Hesabi donma dərinliyi (d_f) aşağıdakı düstur vasitəsi ilə hesablanır:

$$d_f = k_h \cdot \gamma_c \cdot d_{fn}, \quad (6.6)$$

burada k_h -binanın istilik-rejiminin kənar divarlarda qrunutun donmasına təsiri əmsalı; γ_c -tikinti rayonunda iqlimin dəyişməsinə nəzərə alan iş şəraiti əmsalı.

k_h əmsalının qiyməti ən pis şərait üçün, yəni binanın şimal tərəfindən və çıxıntılı küncələrinə yaxın hissələrdən qrunutun donması halı üçün təyin olunur və istilik-texniki hesabatla təyin edilməsi düzgündür, tikinti norma və qaydası üzrə də qəbul oluna bilər.

Cədvəl 6.1

Hesabi donma dərinliyindən (d_f) asılı olaraq özül dabanının quraşdırılma dərinliyi (İN və Q 2.02.01-83)

Özül dabanında d_f dərinliyində quruntlar	Özül dabanının quraşdırılma dərinliyi (d), m	
	Hamarlanmış səthdən yeraltı suların səviyyəsinin dərinliyi (d_w), m	
	$d_w \leq d_f + 2$	$d_w > d_f + 2$
Qayavarilər, aralarına qum dolmuş iri ölçülü qurunt qırıntıları, orta və iri dənəli xırlı qum	d_f -dən asılı deyil	d_f -dən asılı deyil
Tozlu və xırda dənəli qum, bərk qumca ($J_L < 0$)	d_f -dən az olmayaraq	d_f -dən asılı deyil
$J_L \geq 0$ olan qumca	d_f -dən az olmayaraq	d_f -dən az olmayaraq
Quruntun və yaxud doldurucunun axıcılıq həddi - $J_L \geq 0,25$ olan, gillər, gilcələr, həmçinin tozlu-qumlu dolduruculu iri dənəli qurunt qırıntıları	d_f -dən az olmayaraq	d_f -dən az olmayaraq
$J_L < 0,25$ olduqda əvvəlki quruntlar	d_f -dən az olmayaraq	$0,5d_f$ -dən az olmayaraq

(6.6) düsturuna γ_c əmsali soyuq qış olduğu dövrlərin nəzərə alınması məqsədi ilə daxil olunmuşdur. Quruntların normativ mövsümi donma dərinliyinin (d_{fn}) qiyməti qurğu əsaslarında quruntların donmaması hadisəsinin 50 % olduğu hala uyğundur. Əsaslı qurğuların tikilməsi zamanı bu təminat faizi az hesab olunur. Ona görə də, bəzi sərt qış dövrlərində havanın orta aylıq mənfi temperaturlarının cəmi çoxillik müşahidə məlumatlarından 1,5 dəfə və daha çox olan rayonlarda $\gamma_c > 1$ qəbul edilməsi (indiki dövrdə $\gamma_c = 1,1$ qəbul edilir) məqsədəuyğundur.

Qızdırılan binaların daxili divar və kolonlarının özülü donma dərinliyindən asılı olmayaraq adətən $\geq 0,5$ m dərinliyində qoyulur və qızdırılma dövründə əsasın donmaması üçün tədbir nəzərdə tutulmalıdır.

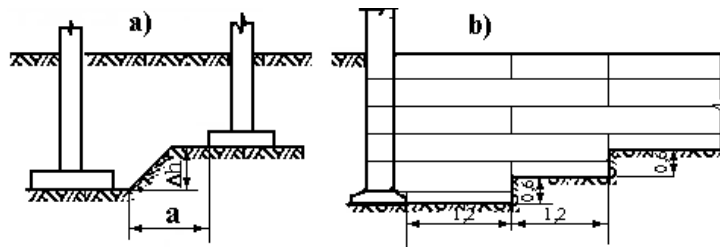
Özül dabanının quraşdırılma dərinliyinin azaldılması (xüsusi ilə quruntların dərin donma zonalarında) məqsədi ilə quruntun üst təbəqəsi istilik izolyasiya materialı (nəmliyi udmayan) ilə isti saxlanılır.

İl ərzində quraqlıq və yağışlar dövrü biri-birini əvəz edən rayonlarda nəmlənərkən şişmə və quruyarkən büzülmə (həcmi azaltma) ilə əlaqədar olaraq gillər üçün mövsümi şişmə-büzülmə

zonasının müəyyən edilməsi lazım gəlir. Həmin rayonlarda qurğu özülləri qrunun həcmi dəyişməyən zonadan aşağıda quraşdırılır.

Qurğu və binaların tikilməsindən sonra intensiv infiltrasiya ilə əlaqədar olaraq şişmə, köpmə və büzülmə prosesləri daha çox dəyişikliyə uğraya və tikinti obyektlərinə öz mənfi təsirlərini göstərə bilirlər. Ona görə də, mümkün ola bilən xoşagəlməz hallardan yarana biləcək deformasiyalar əvvəlcədən nəzərə alınmalıdır.

Qurğuların məxsusiliyi. Avadanlıqların altında dərin özüllərin, zirzəmilərin və çalaların varlığı, əvvəl qurulmuş və sonra qazılacaq özüllərin təması, tikinti obyektinə yaxın yeraltı təsərrüfatın xarakteri, həmçinin özülün konstruksiyası qurğuların məxsusiliyini yaradan amillərdir və özülün dərinliyinin seçilməsinə təsir edirlər. Adətən əvvəl qurulmuş özüllərə yaxın dərin özül çalalarının qazılması zamanı qrunun strukturunun pozulmaması üçün müvafiq tədbir görülür. Bunun üçün əvvəl qurulmuş özül dabanından yeni qazılan dərin özül çalasına keçid (ara məsafədə) yaradılır (şəkil 6.10, a) və müvafiq ölçülər aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:



Şəkil 6.10. Müxtəlif dərinlikli özüllərin qarşılıqlı yerləşmə vəziyyətləri.

$$\Delta h \leq a \cdot \left(\operatorname{tg} \varphi_1 + \frac{c_1}{P_1} \right), \quad (6.7)$$

burada a – şəkil 6.10-da göstərilən ara məsafəsi; φ_1 və c_1 – müvafiq olaraq daxili sürtünmə bucağının (dərəcə ilə) və xüsusi ilişənliyin (kPa ilə) hesabi qiyməti (birinci həddi vəziyyət üzrə hesablama üçün); P_1 – yuxarıda yerləşən özül dabanında hesabi təzyiqdən yaranan orta təzyiq (yükdaşıma qabiliyyətinə görə hesablanması üçün), kPa.

Lentvari yığıma özüllərin uzunluğu boyu hündürlüyü 0,3-0,6 m (blokların yarım hündürlüyü və yaxud hündürlüyü qədər),

aralarında məsafə hündürlüyünün iki misli qədər olan çıxıntılar yaradılır (şəkil 6.10, b).

Əgər daha dərin özüllər metallik şpuntlar vasitəsi ilə əhatələnsə, o zaman əlavə tədbirin yerinə yetirilməsinə ehtiyac qalmır.

Sututarlarda özüllərin dabanının quraşdırılma dərinliyi əsasın proqnozlaşdırılan yuyulma dərinliyi nəzərə alınmaqla təyin edilir.

Əsasa ötürülən təzyiq, qeyri-bərabər deformasiyaya konstruksiyaların həssaslığı, qurğunun planlaşdırılan uzunömürlülüüyü və incəliyi də qurğuların məxsusiliyinə aiddir.

6.3.8.2. QURĞU ƏSASLARININ İKİNCİ HƏDDİ VƏZİYYƏTƏ GÖRƏ LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ

Qurğunun tipi və özülün quraşdırılma dərinliyi müəyyən edildikdən sonra özülün ölçüləri təyin edilir. Özülün ölçüləri əsası təşkil edən qruntların yükləyici qabiliyyətinə görə təyin edilir. Bu zaman əsası təşkil edən qruntların yükləyici qabiliyyətindən maksimal dərəcədə istifadə edilməyə, yəni əsasa düşən təzyiqin qrunzun yükləyici qabiliyyətinə (həddi təzyiqə) bərabər götürülməsinə çalışılır. Ancaq bu o zaman mümkün olur ki, qurğu qeyri-bərabər çökməyə qarşı həssas olmasın. Digər qurğularda isə qeyri-bərabər çökmə onların normal istismarını pozur. Əsasa təsir edən təzyiqin kiçik qiymətlərində də qeyri-bərabər çökmə deformasiyası yarana bilər. Ona görə də, *qurğu əsaslarının layihələndirilməsi zamanı özülün ölçülərinin təyininə əsas məsələ qurğu konstruksiyasının deformasiyasına səbəb olan qeyri-bərabər çökmənin məhdudlaşdırılmasından ibarətdir.*

Deformasiyaya görə əsasın hesablanması. Qurğu əsaslarında qeyri-bərabər çökmə qurğuda yolverilməyən deformasiya yaratdığına və yaxud onun normal istismarını pozduğuna görə, əsasda yarana biləcək qeyri-bərabər çökmənin qiyməti məhdudlaşdırılır. Bu məhdudlaşdırma aşağıdakı şərtin yoxlanılması ilə təmin edilir:

$$\left(\frac{\Delta s}{L}\right) \leq \left(\frac{\Delta s}{L}\right)_u \quad \text{və yaxud} \quad i \leq i_u, \quad (6.8)$$

burada Δs -qonşu özüllərin çökmələri fərqi (zaman amili də nəzərə alınmaqla, hesablanmış); L -qonşu özüllərin mərkəzi oxları

arasındakı məsafə; $\left(\frac{\Delta s}{L}\right)_u$ - nisbi qeyri-bərabər çökmənin həddi-yolverilən qiyməti; i -qurğunun hesablanmış əyilməsi; i_u -qurğunun həddi-yolverilən əyilməsi.

$\left(\frac{\Delta s}{L}\right)$ - qiyməti qonşu qurğuların birlikdə işi nəzərə alınmaqla təyin edilməlidir.

Qurğu əsaslarının yuxarıda qeyd edilən şərt əsasında hesablanması başlıca məsələdir. Qonşu bünövrələrin və meydançaların yüklənməsinin təsiri, həmçinin mümkün olan qeyri-bərabər çökmənin yaranma səbəbi nəzərə alınmaqla, hər bir bünövrənin çökməsi hesablanmalıdır. Bunun üçün isə çoxlu hesablama aparılmalıdır ki, bu da əlavə zəhmət tələb edir.

Müşahidələrlə müəyyən olunmuşdur ki, çökmənin qeyri-bərabərliyi qurğunun orta çökməsinin və yaxud ayrı-ayrı özüllərin ən böyük mütləq çökməsinin funksiyasıdır. Bununla əlaqədar olaraq demək olar ki, qurğu əsaslarında mümkün olan qeyri-bərabər çökmənin məhdudlaşdırılması üçün horizontal yatıma malik əsaslarda aşağıdakı şərtlərdən birinin ödənilməsi kifayətdir:

$$\bar{s} \leq \bar{s}_u; \quad s_{max} \leq s_{max.u}, \quad (6.9)$$

burada $\bar{s}$ - qurğunun hesablanmış orta çökməsi; $\bar{s}_u$ - qurğunun orta çökməsinin həddi-yolverilən qiyməti; $\bar{s}_{max}$ - özülün mütləq çökməsinin hesablanmış ən çox qiyməti; $\bar{s}_{max.u}$ - özülün mütləq çökməsinin həddi-yolverilən qiyməti.

Qurğunun orta çökməsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\bar{s} = \frac{a_1 \cdot s_1 \cdot A_1 + a_2 \cdot s_2 \cdot A_2 + \dots + a_n \cdot s_n \cdot A_n}{a_1 \cdot A_1 + a_2 \cdot A_2 + \dots + a_n \cdot A_n}, \quad (6.10)$$

burada $a_1, a_2, \dots, a_n$ -eyni çökməyə (qonşu yüklənmiş özüllərin təsiri də nəzərə alınmaqla) malik eyni tipli özüllərin sayı; $s_1, s_2, \dots, s_n$ -hər bir və yaxud lentvari özülün çökməsi; $A_1, A_2, \dots, A_n$ -həmin özüllərin dabanlarının sahəsi.

Hesablamanın asanlaşdırılması üçün daha çox yüklənmiş bir-iki özüldə qonşu yüklənmiş özüllərin təsiri də nəzərə alınmaqla, onların çökməsinin hesablanması və yuxarıda verilmiş şərtlərin ödənilməsinin yoxlanılması kifayətdir. Əgər müvafiq hesablamanın aparılması zamanı çökmənin təyin edilmiş qiyməti

müvafiq yolverilən qiymətdən az olarsa, o zaman tələb olunan şərt ödənilmiş hesab olunur.

Mərkəzdən kənar təsir edən qüvvənin nəzərə alınması.

Mərkəzdən kənar yüklənmiş özüllərin dabanında normal qüvvə ilə bərabər qüvvə momenti də təsir edir. Ona görə də, əsasın çökməsi ilə bərabər özül dabanı müstəvisinin baş ətalət oxuna nəzərən dönməsi baş verir. Dönmə bir tərəfə əyilmə ilə ifadə olunur və aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$i = \frac{1 - \mu^2}{E_0 \cdot k_m} \cdot k_e \cdot \frac{N_{II} \cdot e}{(0,5a)^3}, \quad (6.11)$$

burada μ və E_0 - əsası təşkil edən qruntların sıxılan lay hüdudunda, müvafiq olaraq, yana genişlənmə əmsalının və deformasiya modulunun orta qiyməti; k_e -tikinti norma və qaydaları (İNvəQ 2.02.01-83, əlavə 2, cədvəl 5) üzrə təyin olunan əmsal; k_m -xətti deformasiya edən lay metodu ilə çökmənin hesablanması zamanı istifadə olunan əmsal, inşaat norma və qaydaları (İNvəQ 2.02.01-83, əlavə 2, cədvəl 3) üzrə təyin olunur, $a \geq 10$ m olduqda $E_0 \geq 10$ MPa qəbul edilir. N_{II} - hesablama deformasiyaya görə aparıldıqda əsasla təsir edən hesablanmış əvəzləyici yük; e -hesablama aparılan istiqamətdə eksentrisitet; a -qüvvə momenti təsir edən istiqamətdə özülün düzbucaqlı dabanının ölçüsü;

Bu düsturla lentvari və hər bir özülün ayrılıqda yana əyilməsi qurğunun bir dəfə yüklənməsi halı üçün hesablanır. Əgər özül təkrarən yüklənmə-yüksüzlənmə halında işləyərsə, o zaman kənara əyilmənin həmin düsturla hesablanması üçün düsturda qrunnun sıxılmaya görə təyin edilmiş deformasiya modulu əvəzinə yüksüzləşmə zamanı yaranan elastiki deformasiya modulu götürülməlidir. Qeyd edilən məsələlərin həlli yolları inşaat norma və qaydaları (İNvəQ 2.02.01-83) ilə müəyyənləşdirilir.

Özüllər sistemi və yaxud plitə üzərində layihələndirilən sərt qurğuların yana əyilməsi (i) aşağıdakı düstur vasitəsi ilə hesablanıla bilər:

$$i = \frac{s_1 - s_2}{L}, \quad (6.12)$$

burada s_1 və s_2 – müvafiq olaraq sistemin özüllərinin və yaxud plitənin iki qarşılıqlı nöqtələrinin çox və az çökmələri; L - sistemin s_1 və s_2 çökməsi baş vermiş özüllərinin (və yaxud plitənin s_1 və s_2 çökməsi baş vermiş qarşılıqlı iki nöqtəsinin) arasındakı məsafə.

Əsası təşkil edən qruntların hesabi müqavimətinə görə sadələşdirilmiş şəkildə özül dabanının ölçülərinin hesablanması. Hal-hazırda da özüllərin çökməsi təsir edən yüklə qruntların deformasiyası arasındakı asılılığın xətti olması şərtinə əsaslanılaraq hesablanılır. Bununla əlaqədar olaraq, inşaat norma və qaydalarında (İNVəQ 2.02.01-83) istənilən özül dabanında yaranan orta təzyiqin qurğu əsasını təşkil edən qruntların hesabi müqaviməti ilə məhdudlaşdırılması (yəni qurğudan əsasa ötürülən orta təzyiqin hesabi müqavimətdən kiçik bərabər olması) şərtinin qəbulu tövsiyə edilir. Bu halda qruntda yaranan gərginliklə deformasiya arasında asılılığı xətti asılılıq kimi qəbul etmək olar. Beləliklə, deformasiyaya görə özül dabanının ölçülərinin hesablanması zamanı aşağıdakı şərtin ödənilməsi tələb olunur:

$$P_{II} \leq R, \quad (6.13)$$

burada P_{II} -deformasiyaya görə hesablama zamanı əsas hesabi yüklərin birgə təsirindən özül dabanında orta təzyiq; R - qurğu əsasını təşkil edən qruntların hesabi müqaviməti olub, R -ə bərabər xarici təzyiq altında qruntda yaranan gərginliklə deformasiya arasında xətti asılılıqdan kənara çıxma cüzi olur.

Əsası təşkil edən qruntların hesabi müqaviməti (R , kPa) aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}] \quad (6.14)$$

burada k -əmsaldır, əgər φ_{II} və c_{II} qruntlar üzərində aparılmış sınaqla təyin edilmişdirsə, $k=1$, tikinti norma və qaydalarında verilmiş cədvəl üzrə (qruntların fiziki xarakteristikaları əsasında) müəyyən olunmuşdursa $k=1,1$ götürülür. M_{γ} , M_q , M_c – qrunzun daxili sürtünmə bucağının (φ_{II}) hesablanmış qiymətindən asılı olan əmsallar olub, cədvəl 6.2 üzrə təyin edilir; k_z -əmsal: $b \leq 10$ m olduqda $k_z=1$, $b > 10$ olduqda isə $k_z = (z_0/b) + 0,2$ olur (burada $z_0=8$ m); b -özül dabanının eni (kiçik ölçüsü), m; γ_{II} və γ'_{II} - qurğu əsasında və özül dabanından yuxarıda yerləşən qruntların xüsusi çəkisinin (xüsusi çəki dedikdə qrunzun sıxlığının sərbəstdüşmə təcilinə hasili nəzərdə tutulur) hesabi qiyməti, kH/m³; d_1 -zirzəmi döşəməsindən özülün quraşdırılma (zirzəminin döşəməsi olmadıqda hamarlanmış yer səthindən hesablanmaqla) dərinliyi, m; d_b -hamarlanmış yer səthi səviyyəsindən zirzəminin dərinliyi (m ilə), 2 m-dən çox olmayaraq (zirzəminin eni 20 m-dən böyük

olduqda, $d_b=0$ qəbul edilir); c_{II} -qruntun xüsusi ilişkənliyiinin hesabi qiyməti, kPa.

Cədvəl 6.2

M_γ , M_q və M_c əmsallarının qiymətləri

φ_{II} , dərəcə	Əmsallar			φ_{II} , Dərəcə	Əmsallar		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14	23	0,69	3,65	6,24
1	0,01	1,06	3,23	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	25	0,78	4,11	6,67
3	0,04	1,18	3,41	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	27	0,91	4,64	7,14
5	0,08	1,32	3,61	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	29	1,06	5,25	7,67
7	0,12	1,47	3,82	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	31	1,24	5,95	8,24
9	0,16	1,64	4,05	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	33	1,44	6,76	8,88
11	0,21	1,83	4,29	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	37	1,95	8,81	10,37
15	0,32	2,30	4,84	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

γ_{c1} və γ_{c2} -müvafiq olaraq əsas və özülün biri-biri ilə qarşılıqlı təsirdə iş şəraiti əmsalı; γ_{c1} və γ_{c2} əmsallarının qiyməti inşaat norma və qaydalarında (İN və Q 2.02.01-83, cədvəl 3) verilmiş cədvəl 6.3 üzrə təyin olunur. Həmin cədvəldə sərt konstruktiv sxemə malik qurğu dedikdə əsasda yaranan qeyri-bərabər deformasiyanı qəbul edə bilən, xüsusi tədbirlər yerinə yetirilmiş qurğu nəzərdə tutulur. Elastik konstruktiv sxemə malik qurğular üçün isə $\gamma_{c2} = 1$ qəbul edilir. L/H nisbətinin aralıq qiymətlərində isə γ_{c2} -nin qiyməti interpolasiya ilə təyin olunur.

Qeyd: İnşaat norma və qaydalarına (İN və Q 2.02.01-83) uyğun olaraq burada qruntun γ , φ və c kimi xassə göstəriciləri onun yükdaşıma qabiliyyətinə (möhkəmliyə) görə hesablama aparıldıqda γ_b , φ_I və c_b deformasiyaya (ikinci həddi vəziyyətə) görə hesablama

aparıldığı zaman isə γ_{II} , φ_{II} və c_{II} kimi işarə olunur. Qruntun xassə göstəricilərinin hesabi qiymətləri $X=X_n/\gamma_g$ düsturu ilə hesablanır. Burada X_n -müvafiq xassə göstəricisinin normativ qiyməti, γ_g -qrunta görə etibarlılıq əmsalıdır.

Cədvəl 6.3

γ_{c1} və γ_{c2} əmsallarının qiyməti

Qruntlar	γ_{c1} əmsalı	Qurğunun və yaxud onun hissəsinin uzunluğunun hündürlüyünə nisbətindən (L/H) asılı olaraq sət konstruksiyalı qurğular üçün γ_{c2} əmsalı	
		4 və çox olduqda	1,5 və az
Aralarına qum dolmuş iri ölçülü qrun qırıntıları və qumlar (tozlu və xırda dənəliərdən başqa)	1,4	1,2	1,4
Xırda qumlar	1,3	1,1	1,3
Tozlu qumlar: Az nəm və nəm Su ilə doymuş	1,25 1,1	1,0 1,0	1,2 1,2
Tozlu-gilli, həmçinin qrunun və yaxud doldurucunun axıcılıq həddi $J_L \leq 0,25$ olan tozlu-gilli dolduruculu iri ölçülü qrun qırıntıları	1,25	1,0	1,1
$0,25 < J_L \leq 0,5$ olduqda eyni ilə əvvəlki qrun	1,2	1,0	1,1
$J_L > 0,5$ olduqda əvvəlki qrun	1,1	1,0	1,0

İnşaat norma və qaydalarında (İNvəQ 2.02.01-83) M_γ , M_q və M_c əmsallarının qiymətləri 0,25b dərinlikdə sürüşmə zonasının inkişaf xarakteri nəzərə alınaraq müəyyən edilmişdir. İş şəraiti əmsallarının (γ_{c1} və γ_{c2} əmsallarının) qiymətini birdən böyük qəbul etdikdə həmin zonalar daha da inkişaf edir. Tikinti praktikası göstərir ki, bu hal nisbətən az sıxılma qabiliyyətinə malik olan qrunlar üçün yolveriləndir.

Hesabi müqavimətə (R) bərabər təzyiq altında qrun da yarana bilən deformasiyanın hesablanmış qiyməti deformasiyanın yolverilən həddini 40 %-dən çox aşmırsa, o zaman əsas təşkil edən qrunların (6.14) düsturu ilə hesablanmış hesabi müqavimətini 1,2 dəfə artırmaq olar. Bu halda artırılmış təzyiq əsasda deformasiyanın yolverilən həddindən 50 %-dən çox deformasiya yaratmamalıdır, tikinti norma və qaydaları ilə müəyyən olunmuş, əsasın yüklətmə qabiliyyətinə görə

hesablama tələblərinə (İNvəQ 2.02.01-83, pp. 2.57-2.65) uyğun gəlməlidir.

Xəssə göstəriciləri nisbətən yaxşı olan qruntlar üzərində (İNvəQ 2.02.01-83, cədvəl 6) bina özüllərinin layihələndirilməsi və tikintisi (adi yükdaşıyıcı konstruksiyalı) praktikası göstərir ki, uzununa tipli 9 mərtəbəyədək və qüllə tipli 14 mərtəbəyədək ağır olmayan yaşayış binalarının deformasiyaya görə hesablanması zamanı (6.13) şərtinin ödənilməsi ilə kifayətlənmək olar. Bu halda çökmənin hesablanmış qiyməti yolverilən həddindən kifayət qədər kiçik olur, yəni (6.8) və (6.9) şərtləri də ödənilir.

İnşaat norma və qaydalarında (İN və Q 2.02.01-83, cədvəl 6) deformasiyaya görə sadələşdirilmiş hesablamaların hansı hallarda tətbiq oluna bilməsi göstərilmişdir.

Tikinti obyektini layihələndirilən sahənin litoloji kəsilişində özül dabanından z dərinliyində, üstdə yatan qruntlara nisbətən az möhkəmliyə malik, sıxılan lay iştirak edərsə, özülün ölçüləri aşağıdakı şərtin ödənilməsi daxilində təyin edilməlidir.

$$\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R, \quad (6.15)$$

burada σ_{zp} və σ_{zg} – özülün dabanından z dərinliyində müvafiq olaraq özülə təsir edən təzyiqdən və qrunzun öz ağırlığından yaranan şaquli gərginlik, kPa (tQ/m^2); R – özül dabanından z dərinliyində möhkəmliyi azalmış qrunzun eni b_z (m) olan şərti özül üçün (6.14) düsturu ilə hesablanmış hesabi müqaviməti, kPa (tQ/m^2). b_z aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a, \quad (6.16)$$

$$A_z = N / \sigma_{zp}, \quad (6.17)$$

$$a = (l - b) / 2, \quad (6.18)$$

burada N – qurğu əsasında özüldən ötürülən şaquli təzyiq; l və b müvafiq olaraq özülün uzunluğu və eni.

Bu hal üçün hesabi müqavimətin hesablanması zamanı (6.14) düsturuna daxil olan bütün əmsallar özül dabanından z dərinliyində yerləşən zəif qrunz qatı üçün müvafiq əmsallarla əvəz olunur, yəni hesablama həmin qat üçün aparılır.

Özül dabanında yaranan σ_{zp} gərginliyinə görə (6.17) düsturu ilə özül dabanının sahəsi (A_z), (6.16) düsturu vasitəsi ilə şərti düzbucaqlı özülün (lentvari özüllər üçün $b_z = A_z : 1$) eni hesablanıla bilər. Bu şəkildə ölçüləri təyin edilmiş özül altında (6.15) şərti ödənilməsi halda, çökmənin qiymətinə əsasda inkişaf edən yerli

sürüşmə zonaları bir o qədər təsir etməyəcəkdir və deformasiya ilə gərginlik arasında yaranan asılılıq xətti kimi qəbul edilə bilər.

6.3.8.2. QURĞU ƏSASLARININ BAŞLANGIC BÖHRAN YÜKGÖTÜRMƏ QABİLİYYƏTİNƏ GÖRƏ HESABLANMASI

Tikinti təcrübəsindən məlumdur ki, qurğu əsalarını təşkil edən qruntlar bəzən özülə ötürülən yükün təsirindən öz dayanıqlılığını itirərək qurğu əsasından sürüşüb çıxırlar.

Qurğu əsalarının dayanıqlılığının itirilməsi özülə ötürülən üfüqi və şaquli təzyiqin təsiri ilə ola bilər. Qurğu əsalarının qrunzun yükdaşıma qabiliyyətinə görə qiymətləndirilməsi əsasların möhkəmliyinin və dayanıqlılığının təmin olunması, həmçinin özülün sürüşməməsi və yerindən tərpənməməsi üçün aparılır. Bu halda hesablamaların aparılmasında qəbul edilmiş dağılma sxemi qurğunun və yaxud onun konstruksiyasının əsasa mövcud təsiri üçün statiki və kinematiki cəhətdən mümkün həddi-tarazlıq vəziyyətinə uyğun olmalıdır.

Əsasın yüklənmə qabiliyyətinə görə hesablanması zamanı aşağıdakı şərt ödənilməlidir:

$$F \leq \gamma_c \cdot F_u / \gamma_n, \quad (6.19)$$

burada F -əsasə təsir edən (İN və Q 2.02.01-83, 2.5-2.8 bəndləri ilə müəyyən olunan) əsas və məxsusi təsirlərdən yaranan hesabi yük; F_u -əsasın həddi-müqaviməti; γ_c -iş şəraiti əmsalı olub, müvafiq qruntlar üçün aşağıdakı qiymətlər alır: qumlar (tozlulardan başqa) $\gamma_c=1,0$; tozlu qumlar, stabilləşmiş vəziyyətli tozlu-gilli qruntlar $\gamma_c=0,9$; stabilləşməmiş tozlu-gilli qruntlar $\gamma_c=0,85$; qayavari qruntlar: aşınmamış və zəif aşınmış $\gamma_c=1,0$; aşınmış $\gamma_c=0,9$; şiddətli aşınmış $\gamma_c=0,8$; γ_n -qurğunun təyinatına görə etibarlılıq əmsalı olub, I; II və III sinif qurğular və binalar üçün uyğun olaraq 1,2; 1,15 və 1,10-ə bərabər qəbul edilir.

Qayavari qruntlardan təşkil olunmuş əsasın həddi-müqavimət qüvvəsinin şaquli toplananı (N_u), özülün quraşdırılma dərinliyindən asılı olmayaraq, aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N_u = R_c \cdot b' \cdot l', \quad (6.20)$$

burada R_c -qayavari qrunzun biroxlu sıxılmaya görə möhkəmlik həddinin hesabi qiyməti; b' və l' - müvafiq olaraq özülün nisbi eni və uzunluğu (m) olub, aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$b'=b-2e_b; \quad l'=l-2e_b, \quad (6.21)$$

burada e_b və e_l - təsir edən əvəzləyici qüvvənin müvafiq olaraq özülün eninə və uzununa oxları istiqamətində ekssentrisiteti, m.

Qayavari olmayan, stabilləşmiş qruntlarda əsasın həddi vəziyyətinə uyğun olan bütün sürüşmə səthləri üzrə normal (σ) və toxunan (τ) gərginlik arasında olan asılılıq

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + c_1, \quad (6.22)$$

şəklində ifadə olunmalıdır və əsasın həddi-müqavimət qüvvəsi (F_u) həmin şərt əsasında təyin edilməlidir. (6.22) düsturunda φ_1 və c_1 əsası təşkil edən qruntların müvafiq olaraq daxili sürtünmə bucağının və xüsusi ilişkənliliyinin möhkəmliyə görə təyin edilmiş hesabi qiymətləridir.

Əsası təşkil edən qruntlar su ilə doymuş ($S_r \geq 0,85$ və $c_v \leq 10^{-7}$ sm²/il) tozlu-gilli və biogen qruntlar olarsa, o zaman əsasın həddi-müqavimət qüvvəsi (F_u) məsamələrdəki su üzərinə düşən izafi təzyiqin (u) təsirindən qrunzun mümkün stabilləşmə vəziyyəti nəzərə alınmaqla təyin edilməlidir. Bu halda normal (σ) və toxunan (τ) gərginlik arasında olan asılılıq aşağıdakı kimi qəbul edilir:

$$\tau = (\sigma - u) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + c_1, \quad (6.23)$$

burada φ_1 və c_1 -əsası təşkil edən qruntların stabilləşmiş vəziyyətinə uyğun daxili sürtünmə bucağının və xüsusi ilişkənliliyinin hesabi qiymətidir.

Məsamələrdə olan suların üzərinə düşən izafi təzyiq əsasa yükün ötürülmə sürəti nəzərə alınmaqla, qrunzun süzülmə konsolidasiyası metodu ilə təyin edilə bilər. Müvafiq əsaslandırma (qurğunun sürətlə tikilməsi və yaxud istismar yükü ilə yüklənməsi, qurğu əsasında drenlənən qrunzun və yaxud drenaj qurğusunun olmaması) olduğu zaman etibarlılığın artırılması məqsədi ilə məsamələrdə olan su üzərinə ötürülən izafi təzyiq sürüşmə müstəvisi üzrə normal gərginliyə bərabər (yəni $\sigma = u$) və yaxud əsası təşkil edən qruntların stabilləşməmiş vəziyyətinə uyğun φ_1 və c_1 – n qiymətləri götürülür.

Əsası təşkil edən, qayavari olmayan stabilləşməmiş qruntların həddi-müqavimət qüvvəsinin şaquli toplananı, bəzi şərtlər daxilində, aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$N_u = b' \cdot l' (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_1 + N_q \cdot \xi_q \cdot \gamma_1' \cdot d + N_c \cdot \xi_c \cdot c_1), \quad (6.24)$$

burada b' və l' - (6.20) düsturunda verilmiş şərti işarələrlə eynidir, b əsasın dayanıqlılığının pozulması ehtimal olunan istiqamətdə özülün tərəfidir; N_γ , N_q və N_c -əsası təşkil edən qruntların yükdaşıma qabiliyyətinin ölçü vahidi olmayan əmsalı olub, İNvəQ 2.02.01-83, cədvəl 7 üzrə qrunnun daxili sürtünmə bucağının hesabi qiymətindən (φ_1) və əsasa təsir edən əvəzləyici xarici yükün (F) şaquli oxla əmələ gətirdiyi bucaqdan (δ) asılı olaraq təyin edilir. γ_1 və γ_1' -mümkün ola bilən pırtlayaraq yük altından çıxma prizması hüdudunda müvafiq olaraq özül dabanından aşağıda və yuxarıda yerləşən qrunnun xüsusi çəkisi, kN/m^3 (tQ/m^3). Yeraltı sular iştirak etdikdə isə yüngülləşdirici təsir nəzərə alınmaqla təyin edilir. C_1 -qrunnun xüsusi ilişkənliliyinin hesabi qiyməti, kPa (tQ/m^2); d -özülün quraşdırılma dərinliyi, m ; ξ_γ , ξ_q və ξ_c -özülün formasını nəzərə alan əmsal olub, aşağıdakı düsturlarla təyin olunur:

$$\xi_\gamma = 1 - 0,25/\eta; \quad \xi_q = 1 + 1,5/\eta; \quad \xi_c = 1 + 0,3/\eta, \quad (6.25)$$

burada $\eta = l/b$ -özül dabanının uzunluğunun (l) onun eninə (b) nisbəti; l və b əvəzləyici qüvvə mərkəzdən kənar təsir etdiyi zaman özül dabanının (6.21) düsturu ilə təyin olunan nisbi uzunluğuna (l') və eninə (b') bərabər götürülür.

Əgər $\eta = l/b < 1$ olarsa, o zaman (6.25) düsturunda $\eta = 1$ qəbul edilir.

(6.24) düsturu özül dabanı yastı və ondan aşağıya doğru müəyyən dərinliyədək (özülün enindən az olmayaraq) qrunn eynicinsli olarsa, müxtəlif yüklənməyə malik fərqli tərəfli özüllərə təsir edən yükün intensivliyinin böyük qiyməti digərlərindən $0,5R$ -dən çox olmazsa (R - əsası təşkil edən qrunnun İNvəQ 2.02.01-83-də 2.41-2.48 bəndlərinə əsasən təyin edilmiş hesabi müqaviməti) tətbiq edilə bilər.

Qurğu əsasına təsir edən xarici əvəzləyici qüvvənin şaquli oxdan meyl bucağı (δ) aşağıdakı şərtlə təyin edilir:

$$\operatorname{tg} \delta < F_h/F_v, \quad (6.26)$$

burada F_h və F_v - əsasa təsir edən xarici yükün özül dabanı səviyyəsində müvafiq olaraq üfüqi və şaquli toplananı.

(6.24) düsturu ilə hesablamaların aparılmasına aşağıdakı şərt də ödənildikdə yol verilir:

$$\operatorname{tg} \delta < \sin \varphi_1. \quad (6.27)$$

Özüllərin müxtəlif tərəflərinin fərqli yüklənməsi zamanı (6.24) düsturundan istifadə edərkən horizontal yükün tərkibində qrunun aktiv təzyiqini də nəzərə almaq lazımdır. Əgər (6.27) şərti ödənilməzsə, o zaman özülün dabanı üzrə qurğunun sürüşməsinin hesablanması aşağıdakı şərt daxilində aparılmalıdır:

$$\Sigma F_{s,a} \leq (\gamma_c \cdot \Sigma F_{s,r}) / \gamma_n, \quad (6.28)$$

burada $\Sigma F_{s,a}$ və $\Sigma F_{s,r}$ - müvafiq olaraq hesabi sürüşdürücü və sürüşməyə qarşı hesabi müqavimət qüvvələrinin sürüşmə səthi üzrə proyeksiyaları cəmi olub, özülün yan tərəflərinə qrunun aktiv və passiv təzyiqi nəzərə alınmaqla təyin edilir. γ_c və γ_n – (6.19) düsturunda qəbul olunmuş şərti işarələrlə eynidir.

Bəzi şərtlərlə, qrunların yükdaşıma qabiliyyətinə görə qurğu əsaslarının sürüşməyə qarşı hesablanması qrafoanalitik metodlarla (dairəvi-silindrik və yaxud qırıq sürüşmə səthləri üzrə) aparıla bilər. Həmin şərtlər aşağıdakılardan ibarətdir:

- a) dərinlik üzrə əsas müxtəlifcinsli olduqda;
- b) özülün müxtəlif tərəflərinin altında əsasının fərqli yüklənməsi və intensivliyi yüksək olanın digərlərindən üstünlüyü 0,5R-dən (R - əsası təşkil edən qrunun İN və Q 2.02.01-83-də 2.41-2.48 bəndlərinə əsasən təyin edilmiş hesabi müqaviməti) çox olduqda;
- c) qurğu yamacda və yaxud ona yaxın yerləşdikdə;
- d) əsası təşkil edən qrunların stabilləşməmiş vəziyyətinin yaranma mümkünlüyü zamanı (burada aşağıdakı hal istisna olunur);

İN və Q 2.02.01-83-ə əsasən su ilə doymuş, yavaş sıxlaşan qrunlardan təşkil olunmuş (özül dabanından aşağıya doğru 0,75b-dən az olmayaraq dərinliyədək eynicinsli) əsasın həddi müqavimətinin aşağıdakı kimi təyini yolverilən hesab olunur.

Lentvari özülün əsasının həddi müqavimət qüvvəsinin şaquli toplananı (n_u , kN/m və yaxud tQ/m) aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər:

$$n_u = b' \cdot [q + (1 + \pi - \alpha + \cos \alpha) \cdot c_I], \quad (6.29)$$

burada b' - (6.20) düsturunda verilmiş müvafiq şərti işarə ilə eynidir, m; q - təzyiqin horizontal toplananı təsir edən istiqamətdə yerləşən özül tərəfinin yükü, kPa (tQ/m²); c_I - (6.22) düsturunda verilmiş şərti işarə ilə eynidir, kPa (tQ/m²); $\pi = 3,14$; α - bucaq (radian), aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\alpha = \arcsin (f_h/b' \cdot c_1), \quad (6.30)$$

burada f_h - qrunnun aktiv təzyiqi nəzərə alınmaqla, özülün 1 m uzunluğu üçün təyin edilən hesabi təzyiqin horizontal (üfüqi) toplananı, kN/m (tQ/m).

Aşağıdakı şərt ödənildikdə (6.29) düsturundan istifadə edilə bilər:

$$f_h \leq b' \cdot c_1. \quad (6.31)$$

Şaquli təzyiq təsir edən düzbucaqlı özüllərin ($l \leq 3b$) əsaslarının həddi müqavimət qüvvəsi, $\varphi_I = 0$ və $\xi_c = 1 + 0,11\eta$ qəbul edilərək, (6.24) düsturu ilə təyin oluna bilər.

Stabilləşməmiş qruntlardan təşkil olunmuş qurğu əsaslarına horizontal təzyiq təsir etdiyi bütün hallar üçün dabanın səthi üzrə sürüşməyə görə özülün dayanıqlılığı (6.28) düsturu ilə hesablanmalıdır.

Həmçinin əsası təşkil edən qruntlar şaxtadan köpmə qabiliyyətinə malik olarsa, o zaman şaxta ilə əlaqədar köpmədən yaranan qüvvələrin təsirinə görə özülün dayanıqlılığı yoxlanılmalıdır.

6.4. MÜHƏNDİSİ OBYEKTŁƏRİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ ZAMANI APARILAN MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLARIN MƏXSUSİLİYİ

6.4.1. SƏNAYE VƏ MÜLKİ OBYEKTŁƏRİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ ZAMANI MÜHƏNDİSİ-GEOLOJİ TƏDQİQATLAR

Müxtəlif qurğuların layihələndirilməsi və tikilməsi zamanı həyata keçirilən mühəndisi-geoloji tədqiqatlar həmin qurğunun xüsusiyyətindən, ərazinin mühəndisi-geoloji mürəkkəbliyi səviyyəsindən və öyrənilmə səviyyəsindən, qurğunun tipindən asılı olaraq müəyyən olunur.

Sənaye obyektlərinin, mülki tikintilərin meydançalarının seçilməsi üçün (axtarışın birinci mərhələsi) mümkün layihə variantlarının müqayisəsi məqsədi ilə aşağıdakı ilkin mühəndisi-geoloji tədqiqat işləri aparılır.

1. Geoloji, geomorfoloji və hidrogeoloji şəraitə, tədqiq olunan ərazidə tikintilərin aparılması təcrübəsinə dair və digər

müvafiq məlumatların toplanılması, sistemləşdirilməsi və analizi; Bundan ötrü tikinti aparılacaq ərazinin geoloji, geomorfoloji, hidrogeoloji şəraiti haqqında məlumatlar, arxiv materialları toplanılır, sistemləşdirilir və analiz olunur.

2. Mühəndisi-geoloji rekoqnostsirovka. Bu axtarış-kəşfiyyat işləri zamanı tədqiq olunan ərazinin hər geomorfoloji elementində 1-2 kəşfiyyat qazması (şurf, quyu və sair) qazılaraq qrunut nümunələri götürülür və laboratoriyada qrunutun əsas xassə göstəriciləri təyin edilir. Həmin qazmaların dərinliyi 20 m-dək götürülə bilər. Əsasən bu dərinlik tikinti norma və qaydalarına görə, tikiləcək obyektin texniki parametrlərinə uyğun müəyyənləşdirilir.

3. Rayonun hidrogeoloji şəraitinin ümumi xüsusiyyətlərinin və qrunut sularının maksimal səviyyəsinin müəyyən edilməsi;

4. Materialların kameral işlənməsi və hesabatın tərtibi.

Seçilmiş tikinti meydançasında (axtarışın ikinci mərhələsi) mühəndisi-geoloji axtarış işləri sənaye müəssisələrinin (mülki tikinti binaları kompleksinin) baş planının tərtibi üçün mühəndisi-geoloji məlumatların toplanılması məqsədi ilə aparılır. Bina və qurğuların tikintisi və onların istismarı ilə əlaqədar ərazidə təbii şəraitdə baş verə biləcək dəyişiklik nəzərə alınmaqla aşağıdakı işlər yerinə yetirilir:

1) mühəndisi-geoloji planalma; 2)dağ-qazıma və geofiziki işlər; 3)çöl mühəndisi-geoloji təcrübə işləri; 4)hidrogeoloji tədqiqatlar; 5) laboratoriya tədqiqatları; 6) kameral işlər və hesabatın tərtibi.

Dağ-qazıma və geofiziki işlər qrunutların tərkibinin, qalınlığının, yatım xüsusiyyətlərinin və qrunut sularının yatma dərinliyinin müəyyən edilməsi, laboratoriya tədqiqatları üçün qrunut və su nümunələrinin götürülməsi, çöl mühəndisi-geoloji və hidrogeoloji tədqiqatların aparılması üçün yerinə yetirilir.

Qazmaların sayı, dərinliyi, planda yerləşməsi və onlar arasındakı məsafə ərazinin mürəkkəblilik və öyrənilmə səviyyəsindən, layihələndirilən qurğunun sinfindən asılı olaraq götürülür. Onlar arasındakı məsafə 30 m-dən 100-200 m-dək götürülə bilər. Qazmaların həyata keçirilməsində məqsəd layların qalınlığının, yatım şəraitinin, litoloji tərkibinin, kəsiliş üzrə qrunutların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin, yeraltı suların səviyyəsinin, sərfinin, axım istiqamətinin, sürətinin, kimyəvi

tərkibinin, qruntlarda süzülmə əmsalının təyin olunmasından ibarətdir.

Seçilmiş tikinti meydançalarında əsaslı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar qurğu və binaların texniki layihələrinin əsaslandırılması məqsədi ilə aparılır. Aparılan tədqiqatlar tikinti meydançasının yerinin seçilməsinin düzgünlüyünü müəyyən etməyə, tikintilərin etibarlılıq təminatının artırılması məqsədi ilə müvafiq tədbirlərin həyata keçirilməsinə imkan verməlidir. Tədqiqat işləri çöl və laboratoriya tədqiqatları ilə qruntların fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinin təyini, yeraltı suların səviyyəsinin ölçülməsi, onlar üzərində rejim işlərinin həyata keçirilməsindən, süzülmə əmsalının, suların kimyəvi tərkibinin, aqressivliyinin, axım istiqamətlərinin və sərfinin təyindən, ərazinin mürəkkəblik şəraitinin öyrənilməsindən, üfüqi və şaquli istiqamətdə dəyişikliyin müəyyən olunmasından, obyektin tikilməsi zamanı baş verəcək geoloji dəyişikliyin proqnozlaşdırılmasından, ərazidə mövcud olan geodinamiki proseslərin öyrənilməsindən ibarətdir. Sənaye və mülki obyektlərin ölçülərindən və onların qrunzun vahid şəthində yarada biləcəyi təzyiqdən asılı olaraq qazmanın dərinliyi 30 m-dək, hətta bəzən 50 m-dək və daha dərin (hündür qüllələrin və domna peçlərinin layihəsi zamanı) götürülə bilər. Qeyd olunan obyektlərin layihələndirilməsi müxtəlif mürəkkəbliyə malik şəraitdə aparıldıqda həyata keçiriləcək mühəndisi-geoloji kəşfiyyat işlərinin tərkibində müvafiq dəyişiklik aparılır.

Bataqlaşmış ərazidə həmin obyektlərin layihələndirilməsi zamanı qazıma-kəşfiyyat quyusunun dərinliyi bataqlığın dibindən tələb olunan dərinliyədək qazılmalıdır. Bataqlığı təşkil edən qrunz qatının tərkibi, xüsusi ilə üzvi qarışıq, onların müvafiq fiziki xüsusiyyətləri, bataqlığı qidalandıran yeraltı suların istiliyinin, sərfinin, kimyəvi tərkibinin öyrənilməsi tələb olunur. Aparılmış tədqiqatlarla bataqlığın əhatəsi tədqiq olunmalıdır. Tədqiqatlar zamanı geofiziki tədqiqat metodlarından istifadə etmək məqsəddə uyğundur.

Torflaşmış ərazilərdə qeyd olunan obyektlərin layihələndirilməsi zamanı çöküntü təbəqəsinin tərkibi, hüdudları, yeraltı suların səviyyəsi, axım istiqaməti müəyyən edilir. Bu kimi mürəkkəbləşmiş ərazilərdə şəraitə uyğun obyektin konstruktiv həll variantı tapılır. Aparılan mühəndisi-geoloji axtarış-kəşfiyyat işləri

müvafiq tikiti norma və qaydalarına uyğun olaraq həyata keçirilməlidir.

Karstlaşmış ərazidə qeyd edilən obyektlərin layihələndirilməsi ərazini təşkil edən və həllolma qabiliyyəti böyük olan qruntların mineraloji tərkibi, həllolma şəraiti, karstlaşma prosesinin inkişaf səviyyəsi, sürəti, inkişaf istiqaməti, tikiləcək obyektin karstlaşma prosesinə təsiri, karst boşluqlarının sərhədləri, onların ölçüləri, su ilə və müxtəlif süxurlarla doldurulma səviyyəsi, karstlaşma səviyyəsinin proqnozlaşdırılması və sair həyata keçirilir. Qeyd olunan axtarış-kəşfiyyat işlərinin aparılmasında geofiziki tədqiqat metodlarının rolu böyükdür. Bu tədqiqat metodlarından elektrik zondlama, elektrik profiləmə, seysmik kəşfiyyat, müxtəlif qazların boşluqlara vurulmasını və sair misal göstərmək olar. Karstlaşma prosesinin öyrənilməsində ərazi üzrə şaquli və üfüqi istiqamətdə karst boşluqlarının inkişaf səviyyəsinin xarakterinin, müxtəlif çöküntülərlə və su ilə dolma səviyyəsinin, tektonik qırılmalarla əlaqələliyinin öyrənilməsi xüsusi ilə vacibdir.

Daimi donuşluq ərazilərində qeyd olunan obyektlərin layihələndirilməsi zamanı daimi donuşluq qatının qalınlığı, fəaliyyət zonasının sularının hərəkət istiqamətinin, mövsümi dəyişiklik dinamikasının öyrənilməsi lazımdır. Aparılacaq hər bir axtarış-kəşfiyyat işi üçün və müvafiq tədqiqatlardan ötrü tikinti norma və qaydaları və dövlət standartları mövcuddur.

Aparılan tədqiqatlarda ərazinin layihələndirilən obyektə yararlılıq səviyyəsi, qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri müəyyənləşdirilməli, obyektin əsasına uyğun konstruktiv həll variantı işlənilərək əsaslandırılmalı, temperatur dəyişikliyinə təsiri proqnozlaşdırılaraq müvafiq tədbir hazırlanmalıdır. Həmin tədbir obyektin asan istismar şəraitli olmasına zəmin yaratmalıdır.

6.4.2. AVTOMOBİL VƏ DƏMİR YOLLARININ LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ ZAMANI MÜHƏNDİSİ-GEOLoji TƏDQİQATLAR

Avtomobil və dəmir yolları adətən mürəkkəb relyef şəraitinə malik olan ərazilərdən keçdiyinə görə, aparılan mühəndisi-geoloji axtarış-kəşfiyyat işlərinin quruluşunda müxtəlif dəyişiklik aparılır. Yolun strateji əhəmiyyətindən, kateqoriyasından, ərazinin mürəkkəblik səviyyəsindən asılı olaraq axtarış-kəşfiyyat qazmaları

arasındakı məsafə texniki-iqtisadi əsaslandırma (TİƏ) zamanı müvafiq tikinti norma və qaydalarına uyğun olaraq müəyyənləşdirilir. TİƏ üçün əsas mühəndisi-geoloji işlər fond, arxiv materiallarının (əsasən axtarış, layihələndirmə, tikinti və istismar) toplanılmasından, sistemləşdirilməsindən və ümumiləşdirilməsindən, həmçinin lazımi çöl tədqiqatlarının aparılmasından, nəticələrin kameral işlənilməsindən ibarətdir.

Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraitinin öyrənilməsi üçün aerokosmiki və aerofotoplanalma materiallarından istifadə olunur. «Açar» kimi seçilmiş sahələrdə aparılmış tədqiqat işlərindən (dərindənliyi 0-15 m olan 2-4 quyu qazılmaqla) əldə olunmuş materiallar əsasında ərazinin aerokosmiki planalma materialları deşifrələnərək öyrənilir. Rayonun 1:50000-1:25000 miqyasında mühəndisi-geoloji xəritəsi tərtib olunur.

Ərazidə çətin keçilən relyef formaları iştirak etdikdə həmin geomorfoloji elementlərdə müvafiq qazıma işləri həyata keçirilir və lazımi tədqiqatlar aparılır. Avtomobil və dəmir yollarının çəkilməsində mühəndisi-geoloji şəraitin mürəkkəbliyinə dik yamacların ($>10^\circ$) olmasını, yarğanların, sürüşmə massivlərinin, kəskin parçalanmış relyef formalarının iştirakını, bataqlıqların, torf sahələrinin, ləsvəri, şorlaşmış qruntların, gillərin inkişaf tapmasını və sair misal göstərmək olar.

Sadə mühəndisi-geoloji şəraitdə həmin obyektlərin layihələndirilməsi zamanı texniki-iqtisadi əsaslandırma arxiv materiallarının, müxtəlif mənbələrdəki məlumatların toplanılması, sistemləşdirilməsi və analizi ilə həyata keçirilir. Texniki-iqtisadi əsaslandırmadan sonra seçilmiş trassa üzrə texniki layihələndirmənin və işçi çertiojlarının tərtibi şəklində (və yaxud texniki-işçi) tədqiqatlar davam etdirilir. Mürəkkəb geoloji şərait olduqda, bütöv vadi boyu 1:5000-1:25000 miqyasında mühəndisi-geoloji planalma aparılmaqla trassanın keçdiyi ərazi tədqiq edilməlidir.

Sadə mühəndisi-geoloji şəraitdə (TİƏ zamanı) seçilmiş trassanın mərkəzi oxundan hər iki tərəfə 200-300 m zolaq üzrə 1:5000-1:10000 miqyasında mühəndisi-geoloji planalma aparılmaqla trassa tədqiq edilməlidir.

Ərazidə əgər sürüşmə zonasına rast gəlinərsə, o zaman sürüşmə yamacının dayanıqlı hündürlüyü, dayanıqlılıq hesablanır, tikintinin aparılması zamanı formalaşan mühəndisi-geoloji şərait proqnozlaşdırılır. Əgər işçi çertiojlarının

hazırlanması mərhələsi ayrılıqda həyata keçirilərsə, o zaman tikintinin aparılması zamanı mühəndisi-geoloji şəraitin dəyişikliyə uğraması dəqiqləşdirilir.

Selli dərələrlə rastlaşdıqda selyaradıcı ərazinin topoqrafiyası, selli hövzənin hidroqrafiyası tədqiq edilir və müvafiq mübarizə tədbirləri işlənib hazırlanır.

Avtomobil və dəmir yollarının trassası boyunca müxtəlif körpülərin, mülki tikintilərin (həmin yolların tikintisi məqsədi ilə yaradılan yaşayış məntəqələri) layihələndirilməsi zamanı obyektlərin texniki göstəricilərindən asılı olaraq müvafiq mühəndisi-geoloji tədqiqatlar aparılır. Bütün qeyd olunanlar tikinti norma və qaydalarında nəzərdə tutulmuş qayda əsasında həyata keçirilməlidir.

Bataqlıq ərazidən yolun keçməsi tələb olunduqda konstruktiv həll variantı işlənib hazırlanır. Qazılmış quyularda yeraltı suların dəmir-betona və betona qarşı aqressivliyi, qrunzun qurğulara qarşı aqressiv təsiri tədqiq olunur.

6.4.3. SU, QAZ VƏ NEFT KƏMƏRLƏRİNİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ ZAMANI MÜHƏNDİSİ-GEOLoji TƏDQİQATLAR

Bu qurğuların layihələndirilməsi zamanı əsasən ərazinin geoloji, geomorfoloji, hidrogeoloji şəraiti tədqiq olunaraq, müxtəlif geodinamiki proseslərin, tökmə qrunzun ağırlığından yaranan təzyiq, yeraltı suların aqressiv təsiri qiymətləndirilməlidir. Adətən kəmərlərdən yaranan təzyiq böyük olmasa da ($P \approx 2 \cdot 10^4$ Pa), qurğunun xətti uzunluğunun böyük intervalda dəyişməsi müxtəlif uzunluqda yaranan qeyri-bərabər deformasiya boru kəmərlərinin sıradan çıxmasına səbəb olur. Bu, kəmərin öz ağırlığından, onun üzərinə düşən tökmə qrunzun ağırlığından, geodinamiki proseslərin təsirindən asılı olaraq və kəmərin trassası boyunca qrunzun xassə göstəricilərinin dəyişkən olması ilə əlaqədar və su ilə islanarkən şişməsindən (və yaxud batmasından) yaranan deformasiya hesabına baş verir.

Bu tikintilərin layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji axtarış işləri adətən iki mərhələdə aparılır. Birinci mərhələdə trassanın optimal variantının seçilməsi əsaslandırılır, ikinci

mərhələdə isə seçilmiş variant üzrə müvafiq sahələrdə planalma ilə layihələndirmə davam etdirilir.

Birinci mərhələdə təbii şəraitin öyrənilməsi məqsədi ilə rayonun aerofotomaterialları deşifrələnir. Yerüstü və yaxud aero-vizual mühəndisi-geoloji müşahidələr aparılır.

Ərazinin mühəndisi-geoloji şəraiti trassa boyunca 300 m-dək məsafədə öyrənilir. Mühəndisi-geoloji şəraitin mürəkkəbliyindən asılı olaraq ərazidə qazılan quyu və şurfların sıxlığı artırıla bilər. Sadə mühəndisi-geoloji şəraitdə 5-10 km-dən bir, 3-5 m dərinliyində bir ədəd, ayrılmış hər bir sahədə isə 1-2 ədəd dağ qazmaları qazılır. Trassanın tədqiq edilən zolağının müvafiq variantlar üzrə mühəndisi-geoloji şəraitinə dair hesabat tərtib edilir. Müxtəlif layihə variantları arasından optimal variant əsaslandırılaraq seçilir. Hazırlanmış hesabatda rayonun icmal-topoqrafik xəritəsi, trassanın sxematik mühəndisi-geoloji rayonlaşdırma xəritəsi, trassanın sxematik litoloji-stratiqrafik kəsilişi, qruntların və suların xassələrinin laborator tədqiqinin nəticələri cədvəli əlavə edilir.

Mühəndisi-geoloji axtarışların ikinci mərhələsində trassa boyu qazmaların qazılmasından, keçidlərdə, tələb olunan sahələrdə əlavə tədqiqatların aparılmasından, qruntların və suların xassələrinin tədqiqindən və s. ibarətdir.

Əgər adi halda 200-500 m-dən bir cəmi bir ədəd şurf və ya quyu qazılması (kəmərin qoyulma dərinliyindən 1-2 m-dərin olmaqla) tələb olunursa, mürəkkəblik olduqda 2 və ya 3 quyunun qazılmasına ehtiyac duyulur.

Ərazidə tikinti materialları axtarılır.

Kəmərlərə xidmət edən heyət üçün müxtəlif yaşayış və xidmət qurğularının tikintisi məqsədi ilə kəmərin keçdiyi ərazidə tikiləcək obyektlərin layihə variantına uyğun olaraq axtarış-kəşfiyyat işləri aparılır. Qazılmış quyulardan götürülmüş nümunələrdə çöl və laboratoriya şəraitində qruntların xassə göstəriciləri təyin edilir. Tədqiqatlardan alınmış nəticələrin sistemləşdirilməsi və analizi əsasında müvafiq hesablamalar aparılaraq obyektin tikilməsi üçün mühəndisi-geoloji hesabat tərtib olunur.

6.4.4. ELEKTRİK HAVA XƏTLƏRİNİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ ZAMANI MÜHƏNDİSİ-GEOLoji TƏDQIQATLAR

Bu obyektlərin layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqat işləri bir və ya iki mərhələdə aparıla bilər. Layihənin mərhələləri tikiləcək obyektin mürəkkəbliyi şəraitindən asılıdır. Müxtəlif kənd hava elektrik xətlərinin, 3-20 kV və 35- 500 kV gərginlikli elektrik hava xətlərinin tikintisi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar bir mərhələdə aparılır. Bunun üçün fond materialları və ədəbiyyat məlumatları əsasında elektrik hava xəttinin layihə variantı seçilir. Mühəndisi-geoloji rekoqnostirovka tədqiqatları çöl-vüqial müşahidələrlə tamamlanır.

İki mərhələli layihələndirmə zamanı birinci mərhələdə müvafiq axtarış işləri 3 etapda həyata keçirilir: 1)elektrik hava xəttinin trassasının seçilməsi; 2) dayaqaların yerinin əsaslandırılması və xəttin mühəndisi-geoloji cəhətdən trassasının sadə hissələrində özülün konstruksiyasının təyini; 3)elektrik hava xətti trassasının mühəndisi-geoloji cəhətdən mürəkkəb və əlverişsiz hissələrində və su maneələrini keçdiyi yerlərdə dayaqaların layihələndirilməsinin əsaslandırılması.

Birinci etapda müvafiq geoloji, hidrogeoloji və geomorfoloji şəraitlərə aid arxiv və fond materialları, ədəbiyyat məlumatları toplanılır, sistemləşdirilir və analiz edilərək, xəritə üzərinə xəttin trassasının layihəsi köçürülür. Kameral işlər əsasında hazırlanmış layihə variantı mühəndisi-geoloji vizual müşahidələrlə tamamlanır (I etap başa çatır).

İkinci etapda seçilmiş layihə variantının xətti boyunca hər iki tərəfə 300 m-dən az olmayaraq zolaq mühəndisi-geoloji tədqiqat obyektinə çevrilir. Ərazi sadə olduqda 1 km-dən bir cəmi 1 quyu və yaxud şurf qazılaraq qrunut və su nümunələri götürülür. Qrunutların fiziki-mexaniki xassə göstəriciləri, su və qrunutların aqressivlik xüsusiyyətləri, hidrogeoloji şərait tədqiq olunur. Dayaqaların altında qazılmış quyuların dərinliyi (svaylardan ibarət özüllərdə) aralıq svay üçün svayın ucundan 3 m dərinlikdə, ankerlər üçün 4 m-dən az olmayaraq, vint şəklində isə pərin ucundan aşağı 1 m-dək dərin qazılır. Digər özüllər üçün qazmaların dərinliyi 5 m-dən (aralıq dayaqalar üçün) və 7 m-dən (anker dayaqalar üçün) az olmayaraq qazılır. Ərazidə mühəndisi-geoloji baxımdan mürəkkəbliyi yaradıcı əlamət əksərən qrunut və hidrogeoloji şəraitlə əlaqədar olur. Daha çox təhlükə yaradıcı əlamətlərdən bataqlaşmanı, torfluluğu, şişən qrunutların təsirindən

şişməni, lős və lősvari qruntlarda batmanı, pluvunların və s. iştirakını, hidrogeoloji şəraitdən isə yealtı suların yer səthinə yaxın olmasını, onların betona, dəmir-betona, metala qarşı aqressivliyini göstərmək olar.

Üçüncü etapda axtarış işləri zamanı dayaqın altında əlavə olaraq trassanın 1 km-dən bir uzunluğu boyu 2 qazma qazılır. Qazmaların bəziləri zond quyuları ilə əvəz oluna bilər. Bu etapda əvvəl aparılmış axtarış-kəşfiyyat işləri dəqiqləşdirilir.

Mühəndisi-geoloji tədqiqat işləri 1 mərhələdə aparıldıqda texniki və işçi çertyojlar eyni vaxtda həyata keçirilir, layihənin tərtibi zamanı tikintidən sonra baş verə biləcək dəyişikliklər dəqiqləşdirilir. Layihə 2 mərhələdə aparılanda isə seçilmiş layihə variantına uyğun texniki layihə və işçi çertyojların tərtibi mərhələsi həyata keçirilir. İşçi çertyojların tərtibi mərhələsində əldə olunmuş məlumatlar tikinti zamanı dəqiqləşdirilir. Elektrik hava xəttinin tikintisi zamanı ona xidmət edən qurğular, avadanlıqlar və texniki xidmət üçün yaşayış binaları texniki-iqtisadi əsaslanma mərhələsində kompleks şəkildə əks olunur. Həmçinin ərazidə mövcud olan tikinti materialları öyrənilərək elektrik hava xətlərinin çəkilməsi zamanı istifadə mümkünlüyü müəyyən olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Бондарик Г.К. Инженерно-геологическое опробование разведочных выработок и естественных обнажений. В кн.: Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 1968, с. 36-42.
2. Бондарик Г.К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. М.: Недра, 1971. 271 с.
3. Горбунов-Посадов М. И., Маликова Т. А., Соломин В. И. Расчет конструкций на упругом основании. М.: Стройиздат, 1984. 679 с.
4. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат. 1988. 415с.
5. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Недра. 511 с.
6. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л.: Недра, 1978. 496 с.

7. Рейтер Ф., Кленгель К., Пашек Я. Инженерная геология: Пер. с нем. М.: Недра. 1983, 528 с.
8. Синицын А. П. Расчет балок и плит на упругом основании за пределом упругости. М.: Стройиздат, 1974.
9. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. М., 1983.
10. СНиП 2.01.07-85. Нагрузка и воздействия. М.: 1986.
11. Соломин В. И., Шматков С. Б. Методы расчета и оптимальное проектирование железобетонных фундаментных конструкций. М.: Стройиздат, 1986. 208 с.
12. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп./ Под. ред. М.В.Чуринова. М.: Недра, 1981. 325 с.

FƏSİL 7.

QRUNTLARIN TEXNİKİ MELİORASIYASI

Mühəndisi-geologiyanın əsas məsələsi insanların həyata keçirdiyi müxtəlif mühəndisi fəaliyyətlə əlaqəli olaraq geodinamiki proses və hadisələrin proqnozlaşdırılması ilə geoloji mühitin daha düzgün qiymətləndirilməsindən ibarətdir. Həyata keçirilən mühəndisi fəaliyyət üçün əlverişli olmayan şəraitin aşkara çıxarılması zamanı xoşagəlməyən proses və hadisələrlə daha səmərəli üsullarla mübarizə aparılması zəruri olur. Bu zaman iki tip tədbir həyata keçirilə bilər:

1. Mühəndisi-tikinti (zəif qruntların etibarlıları ilə əvəz edilməsi, svaylı özüllərin qurulması, qurğuların tam həcmi boyu sərtliliyinin artırılması və s.);

2. Mühəndisi-geoloji (əksər xoşagəlməz geodinamiki hadisələr qruntların səciyyəvi xassələri ilə əlaqədar olduğundan, onların xüsusiyyətlərinin süni yaxşılaşdırılması).

Qruntların texniki meliorasiyasına əsasən aşağıdakı amillərin varlığı səbəb olur:

1. Qruntlarda yaranan boşluqların, çatlılığın, məsaməliliyin həddindən çox olması ilə əlaqədar olaraq sukeçiriciliyin, deformasiyaya uğramanın, həllolma və aşınma xüsusiyyətlərinin artması, həmçinin sululuğun çoxalması;

2. Lazımi qədər sıxlığın və struktur əlaqənin olmaması, kifayət qədər sululuğun varlığı əlaqəsiz qruntlarda böyük və qeyri-bərabər

deformasiya yaratması, yeraltı qurğu və tikintilərin kameralarına və tikinti çalalarına suyun axması və plıvunun yaranması;

3.Lös qruntlarının yüksək məsaməliliyə və suya qarşı zəif struktur möhkəmliyə malik olması;

4.Gilli qruntların səciyyəvi struktur əlaqəyə, yüksək su tutumuna, dəyişkən fiziki-mexaniki xassə göstəricilərinə malik olması.

Geoloji mühitdə həyata keçirilən müxtəlif tikintilərin məxsusiliyinə uyğun olaraq qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması üçün məqsədyönlü metodların və nəzəriyyələrin işlənilib hazırlanması müasir mühəndisi-geologiyanın bir tərkib hissəsi olan texniki-meliorasiyanın əsasını təşkil edir. Mühəndisi-geoloji məqsədlər üçün müxtəlif metodların tətbiqi ilə süni olaraq qruntların tərkibinin, vəziyyətinin və xassələrinin dəyişilməsinin və yaxşılaşdırılmasının öyrənilməsi texniki-meliorasiyanın predmetini təşkil edir. Həmçinin qruntların su-fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin səmərəli yaxşılaşdırma metodlarının işlənilib hazırlanması, zamandan asılı olaraq təbii və süni amillərin təsiri altında qruntların xüsusiyyətlərinin dəyişikliyə uğramasının proqnozlaşdırılması onun predmetinə daxildir. Əsas problem süni yolla xassələri yaxşılaşdırılmış qruntların tərkibində, vəziyyətində və xassələrində baş verən dəyişikliyin nizamlanması və proqnozlaşdırılması üzrə elmi əsaslandırılmış metodların işlənilib hazırlanmasından ibarətdir. Beləliklə, texniki-meliorasiyanın əsas məsələsi aşağıdakılardan ibarətdir:

1.Qruntların fiziki-mexaniki və sukeçirmə xassələrinin yaxşılaşdırılması üçün onların möhkəmləndirilməsi və sıxlaşdırılmasının effektiv metodlarının və şəraitinin təyini məqsədi ilə qruntların öyrənilməsi və qiymətləndirilməsi;

2.Ətraf mühitin təsiri altında texnogen mənşəli (xassəsi süni dəyişdirilmiş) qruntlarda baş verən proseslərin istiqamətinin və xarakterinin proqnozlaşdırılması və süni təsirin optimal geokimyəvi şəraitinin təyini üçün təbii diagenез, katagenез, metamorfizmləşmə və hipergenez proseslərinin məqsədyönlü analizi;

3.Müxtəlif litoloji, hidrodinamiki və hidrokimyəvi şəraitlərdə süni yaxşılaşdırılmış qruntların formalaşma mexanizminin və kinetikasının tədqiqi;

4.Meliorasiya olunmuş qrunnt massivləri və onlara yaxın ərazilərdə mühitin fiziki-kimyəvi parametrlərində olan dəyişikliyin

nəzərə alınması ilə həmin qruntların mühəndisi-geoloji məxsusiliyinin öyrənilməsi və zamana görə dəyişikliyin tədqiq edilməsi;

5.Süni yaxşılaşdırmanın texnoloji sxemlərinin optimallaşdırılması məqsədi ilə mühəndis texnoloq və lahiyəçi ilə birlikdə qrunnt massivlərinin mühəndisi-geoloji tipikləşdirmə üsullarının işlənilib hazırlanması;

6.Meliorasiya olunmuş qrunntun fiziki-mexaniki xassələrinin kəmiyyət göstəricilərinin təyin edilməsi və onlarda yaranan məkan və zaman etibarlılığı ilə dəyişikliyin qiymətləndirilməsi üçün yaxşılaşdırma tədbirinin aparılmasına nəzarət metodunun işlənilib hazırlanması.

Texniki meliorasiya baxımından ilkin struktur əlaqəsinin tipinə görə qruntlar aşağıdakı kimi təsniflənə bilər:

1.Bərk, əlaqəli qruntlar-bunlara qayavari və yarımqayavari qruntlar aid edilir.

2.Əlaqəsiz qruntlar-bunlara yumşaq-əlaqəsiz (kəbəkli qrunnt qırıntılarından ibarət və qumlu) qruntlar aid edilir.

3.Öz təbiətinə görə mürəkkəb əlaqəyə malik qruntlar-bunlara ləş və gilli qruntlar aid edilir.

Qayavari və yarımqayavari qruntlarda texniki-meliorasiyanın tətbiqi onlarda çatlıqlığın və sukeçiriciliyin bu və ya digər səviyyədə iştirakı ilə əlaqədar olur və müxtəlif mühəndisi məsələlərin həllində sementləmə, gil daxiletmə, bitumlaşdırma və dondurma üsullarından istifadə edilir. Monolitliyin təmini üçün yarımqayavari qruntlarda kimyəvi inyeksiya (smola və silikatlarla) ilə bərkitmədən istifadə edilir. Qumlu qruntlarda texniki-meliorasiya onların sıxlığının, dəyanətliliyinin və möhkəmliliyinin artırılması və sukeçiriciliyinin azaldılması məqsədi ilə tətbiq edilir. Mexaniki sıxlaşdırma (ardıcıl zərbələrlə, silkənmə və partlayışla), silikatlaşdırma, smolalaşdırma və qurutma üsullarından istifadə edilir. Ləş qruntlarında texniki meliorasiya onların strukturunun möhkəmləndirilməsi, məsaməliliyinin və sukeçiriciliyinin azaldılması, yükdaşıma qabiliyyətinin artırılması üçün aparılır.

Gilli qruntlarda texniki-meliorasiyanın aparılması onların su ilə islanarkən həcmnin artması ilə əlaqədardır. Şişmə deformasiyasının yaranması, axıcılıq həddində kütlə halında qrunntun axması, nəmlənərkən səthinin yağlılığının artması və ona müvafiq olaraq sürüşmə səthinin formalaşması, nəticədə üstə yatan

layların sürüşməsi təhlükəsinin yaranması və s. həmin qruntlarda texniki-meliorasiyanın aparılmasını zəruri edir. Burada vakuumlaşdırma, elektroqurutma və sıxlaşdırma, elektrokimyəvi bərkitmə, elektrosilikatlaşdırma üsullarından istifadə edilir.

Qurutma tədbirləri. Qrunnt şəraitindən asılı olaraq, ərazinin relyefi nəzərə alınaraq müxtəlif qurutma tədbirləri həyata keçirilir. Qurutma tədbirləri açıq şəkildə xəndəklər vasitəsi ilə həyata keçirilə bilər. Bu üsul faydalı qazıntı yataqlarının istismarı zamanı geniş tətbiq olunur. Bu zaman su müəyyən hissəyə axıdılaraq, ya öz axımı ilə və yaxud da nasoslar vasitəsi ilə oradan kənarlaşdırılır.

Drenlər istifadə edildikdə isə onlardan kollektorlara axıdılır. Drenlərin tətbiqi ilə qurutma tədbirləri zamanı üfüqi, şaquli və kombinə edilmiş drenaj sistemindən istifadə olunur. Sahələrdə qurutma işlərinin həyata keçirilməsində və torpaq-qruntların asan həllolan duzlardan yuyulub təmizlənməsində drenaj sisteminin rolu böyükdür. Drenlərarası məsafə qrunntun sukeçiricilik xüsusiyyətindən, ərazinin litoloji kəsilişindən, sukeçirməz təbəqənin yatma dərinliyindən asılı olaraq təyin edilir.

Drenajın tətbiqi üfüqi, şaquli və yaxud kombinə edilmiş drenaj şəklində aparıla bilər. Kombinə edilmiş drenajın tətbiqi zamanı qurutma işləri üfüqi və şaquli drenajın birgə tətbiqi ilə həyata keçirilir.

Qurutma kiçik ərazilərdə aparıldıqda, qurutma dərinliyi və qruntların sukeçiricilik xüsusiyyəti nəzərə alınmaqla **İynəsüzgəc**, **vakuum** və **elektroosmos** üsullarından istifadə edilir.

İynəsüzgəc üsulunun tətbiqi qruntlarda su süzülmə əmsalı 1-50 m/sutka arasında dəyişdikdə və təbəqəli olmayan qrunnt massivlərində əlverişlidir. Mahiyyəti ondan ibarətdir ki, qurudulan qruntdan suyu qəbul edən kiçik diametrli borular («İynələr») ümumi sorucu kollektorla birləşdirilərək qurutma aparılır. Bu üsulun tətbiqi zamanı LİU (xətti-İynəsüzgəc qurğusu) qurğusundan istifadə edilir, qrunnt suyu səviyyəsini bir pillədə təsir etməklə 4-5 m dərinliyində aşağı salmağa imkan verir. Ərazinin perimetri boyu və xətti yerləşdirilməklə, tam və natamam quyu şəklində, tələb olunan dərinlikdə basdırılaraq (borular perferasiya olunmuş vəziyyətdə) kollektora birləşdirilir və nasos vasitəsi ilə su kənarlaşdırılır.

Vakuum üsulu. Müxtəlifcinsli və zəif suverici qruntlarda su süzülmə əmsalı 2-0,05 m/sut olduqda, ərazidə suyun səviyyəsini

aşağı salmaq effektini artırmaq məqsədi ilə bu üsulun tətbiqi məqsədəuyğun hesab edilir. Vakuumlaşdırma hesabına əlavə basqı yaradılır, qurutma sürətləndirilir və qalıq su təbəqəsinin hündürlüyü azalır. Qrunt suyu səviyyəsini 6-7 m aşağı salmaq üçün UVV (vakuumlaşdırıcı səviyyəsalıcı qurğu) vakuum su səviyyəsalıcı qurğusundan və qrunut süzgəcli iynəsüzgəcdən, 10-12 m aşağı salmaq lazım olduqda isə qrunut süzgəcli ejektorlu iynəsüzgəcdən, sukeçirici və sulu kollektor lay təbəqələnmiş olduqda EVVU (ejektorlu-vakuumlaşdırıcı-səviyyəsalıcı qurğu) tipli qurğudan istifadə edilir ki, bu zaman qrunut suyu səviyyəsini 20-22 m aşağı salmaq mümkün olur.

Elektroosmotik qurutma üsulu. Bu üsul sukeçiriciliyi az olan gilli qruntlarda, xüsusi ilə qruntlarda su süzülmə əmsalı 0,05 m/sut-dan az olduqda tətbiq edilir. Bu üsul şorlaşmamış qruntlarda xüsusi elektrik müqaviməti 500 Om/sm-dən böyük və çalanın eni 40 m-ədək olduqda effektivdir. Üsul massiv ətrafında elektroosmotik təsir yaratmaqla kapilyar-asılı vəziyyətdə olan su təbəqəsinin qurudulması məqsədi ilə həyata keçirilir. Tikinti çalalarının hüdudlarında 2 cərgə şəklində metallik elektrodlar (iynəsüzgəclər) basdırılır. Xarici cərgədə olan elektrod katod, daxildəki anod rolunu oynayır. Elektrodlar arasında məsafə 0,75-1,5 m, cərgələr arasında məsafə 0,8 m götürülür. Elektrodlarda elektrik sahəsi yaradıldıqda su katoda doğru hərəkət edir və oradan isə kollektor vasitəsi ilə xaric edilir. Qurutma imkanı qrunutun şorluq səviyyəsi ilə əlaqədirdir. Şorlaşmış qruntlarda bu üsulun tətbiqi lazımı nəticə vermir.

Dəyanətsiz strukturlu qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması. Dəyanətsiz strukturlu qruntlarda daha çox mexaniki üsullarla-sıxlaşdırma (silkələndirmə, dinamiki və statiki zərbə təsiri ilə, partlayış zərbəsi ilə, svaylarla, lös-batan qruntlarda qabaqcadan islatmaqla və sıxlaşdırma ilə) və fiziki-kimyəvi təsir vasitəsindən istifadə ilə onların xassələri yaxşılaşdırılır. Misal olaraq batan lös və lösvari qruntlarda su ilə isladılmaqla, statiki və dinamiki yüklərin təsiri vasitəsi ilə məsaməliliyin azaldılması tədbirləri həyata keçirilir. Bunun üçün batma xüsusiyyətinə malik olan qrunut massivi müxtəlif şəkildə su ilə isladılaraq, başlanğıc batma nəmliyində ağır döyəclər vasitəsi ilə qrunut səthinə tələb olunan miqdarda dinamiki zərbə endirilir. Tələb olunan

dərinliyədək sıxlaşdırma aparılır. Ağırliq yaradıcı qüvvə tələb olunan halda statik yük şəklində də ötürülə bilər.

Lös batan qruntların bərkidilməsi partlayış üsulu ilə, həmçinin kimyəvi maddələrin qrunտ boşluqlarına inyeksiya edilməsi hesabına, qrunт boşluqlarında müxtəlif qazların yandırılması vasitəsi ilə bərkitmə üsulundan istifadə etməklə və s. şəkildə də həyata keçirilə bilər. Bu haqda dərsləyin əvvəlində (Batma hadisəsinə aid hissədə) məlumat verilmişdir.

Gilli qruntların, o cümlədən şorlaşmış qruntların xassələrinin yaxşılaşdırılması üçün müxtəlif fiziki-kimyəvi təsir vasitələrindən birgə istifadə olunur. Sukeçiriciliyi yaxşı olan qruntlarda maye şüşə vurulması ilə qrunтun xassə göstəriciləri yaxşılaşdırılır.

Çatlı və karstlaşmış qruntlarda yaxşılaşdırma tədbirləri çatlara müxtəlif sementləyici maddələrin (müxtəlif sement məhsulları, bitum, maye şüşə, müxtəlif polimerlər və s.) təzyiq altında vurulması və həmin maddələrin çatlarda müxtəlif proseslərin (kogeziya, adgeziya, adsorbsiya və s.) təsiri altında hissəciklər arasında süni rabitə yaranması ilə qrunтun xassə göstəricilərinin yaxşılaşdırılması şəklində aparılır.

ƏDƏBİYYAT

1. Банник Г.И. Основы технической мелиорации грунтов. Киев: «Вища школа», 1972. 272 с.
2. Ржаныцин Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. М.: Стройиздат, 1986. 264 с.
3. Справочник по инженерной геологии. 3-ое изд., перераб. доп./ Под. ред. М.В.Чуринова. М.: «Недра», 1981. 325 с.

MÜNDƏRİCAT

Ön söz	3
Giriş	5
FƏSİL 1. Mühəndis geologiyasının fiziki və fiziki-kimyəvi əsasları, qruntların mühəndisi-geoloji xüsusiyyətləri.....	9
1.1. Qrunt anlayışı.....	9
1.2. Mühəndisi-geologiyada qruntların öyrənilməsinin və təsnifləndirilməsinin əsas prinsipləri.....	10
1.3. Qruntların ümumi mühəndisi-geoloji xüsusiyyətləri.....	17
1.3.1. Qayavari və yarımqayavari qruntlar.....	17
1.3.2. Yumşaq-əlaqəsiz və yumşaq-əlaqəli qruntlar.....	37
1.3.2.1 Kontinental qruntlar.....	39
1.3.2.2 Laqun çöküntüləri.....	49
1.3.2.3 Dəniz çöküntüləri.....	51
1.3.3. Xüsusi tərkibə, vəziyyətə və xassəyə malik olan qruntlar.....	53
1.4. Qruntun əsas təşkilediciləri və dispersliklə əlaqəli xüsusiyyətlər.....	68
1.4.1. Qrunt hissəcikləri səthinin müxtəlif maddələri udma xüsusiyyəti.....	75
1.5. Mühəndisi-geoloji şəraitin formalaşmasında üzvi aləmin rolu.....	81
1.6. Qruntlarda olan suyun mühəndisi-geoloji şəraitə təsiri.....	85
1.6.1. Yeraltı suların fiziki xassələri, onların struktur quruluşunun anomal xassələrin formalaşmasında və təbiətdə rolu.....	86
1.6.2. Qruntlarda olan suyun növləri və formaları.....	92
1.6.3. Yeraltı suların qruntlarda hərəkətinin əsas hidrodinamiki xüsusiyyətləri.....	96
1.6.3.1 Qruntlarda yeraltı suların hərəkətinin növləri və süzülmənin əsas qanunları.....	101
1.7. Qruntun sülb, maye və qaz təşkilediciləri sərhədində yaranan fiziki-kimyəvi proses və hadisələr.....	113
1.7.1. Qruntun sülb və maye fazalarının sərhədində yaranan fiziki-kimyəvi hadisələr.....	113
1.7.2. Qruntun sülb hissəciklərinin səthi ilə qazlar arasında yaranan fiziki-kimyəvi hadisələr.....	118

1.7.3.	Qruntlarda diffuziya və osmos.....	122
1.7.4.	Dispers qruntlarda ikiqat-elektrik təbəqəsi.....	129
1.7.5.	Qruntlarda şorlaşma, həllolma və həllolmuş maddələrin daşınması.....	135
1.8.	Qruntların fiziki-mexaniki xassələri və xassə göstəriciləri, onların təyini metodları.....	139
1.8.1.	Qruntların su-fiziki xassələri, xassə göstəriciləri və onların təyini metodları.....	139
1.8.1.1	Gilli qruntların qranulometrik tərkibinin areometrik analizi metodu.....	162
1.8.2.	Qruntların mexaniki xassə göstəriciləri.....	181
1.8.2.1	Qayavari və yarımqayavari qruntların mexaniki xassələri.....	181
1.8.2.2	Yumşaq-əlaqəsiz, yumşaq-əlaqəli, xüsusi tərkibə, vəziyyətə və xassəyə malik olan qruntların mexaniki xassələri.....	191
1.8.3.	Qruntların möhkəmlik və deformasiya xarakteristikalarının laborator təyini metodları.....	210
FƏSİL 2. Mühəndis geologiyasının texniki əsasları. Qruntlar mexanikası.....		224
2.1.	Qrunt şəraitinin tədqiqində istifadə edilən mexaniki modellər.....	226
2.2.	Xətti deformasiya edən mühit nəzəriyyəsi.....	232
2.3.	Gərginlikli vəziyyətdə olan qrunտun deformasiya fazaları.....	236
2.4.	Təsir edən yükdən asılı olaraq qrunt massivlərində gərginliyin hesablanması.....	240
2.4.1.	Xətti deformasiya edən qrunt massivlərinin fəza gərginlikli vəziyyəti.....	241
2.4.2.	Qurğu əsaslarının müstəvi gərginlikli vəziyyəti.....	251
2.4.3.	Müxtəlifcinsli və anizotrop qruntların gərginlikli vəziyyəti.....	258
2.5.	Qrunտun öz ağırlığından yaranan gərginlik.....	260
2.6.	Özül dabanında yaranan təmas gərginlikləri.....	262
2.7.	Həddi-tarazlıq nəzəriyyəsi, onun tətbiqləri və qruntların yükləmə qabiliyyəti.....	265
2.8.	Qrunt bünövrələrin (əsasların) çökməsi.....	282
2.9.	Hidrodinamiki gərginlik nəzəriyyəsi və zamana görə çökmənin dəyişməsi.....	295

FƏSİL 3. Geodinamiki proses və hadisələr, onların mühəndisi-geoloji şəraitə təsiri.....	305
3.1. Ekzogen-geodinamiki proses və hadisələr.....	306
3.1.1. Aşınma.....	306
3.1.2. Karst.....	314
3.1.3. Plıvun.....	335
3.1.4. Suffoziya hadisəsi.....	344
3.1.5. Sürüşmə.....	354
3.1.5.1 Sürüşmə yamacının dayanıqlılığının mühəndisi-geoloji baxımdan qiymətləndirilməsi.....	382
3.1.5.1.1 Yamacların sürüşməyə qarşı dayanıqlılığının qiymətləndirilməsi.....	394
3.1.5.2 Sürüşməyə qarşı mübarizə tədbirləri.....	423
3.1.6. Uçqun hadisəsi.....	435
3.1.7. Eroziya və yarğanlaşma.....	452
3.1.7.1 Eroziya.....	452
3.1.7.2 Yamacların yuyulması və dağılması, yarğanlaşma.....	476
3.1.8. Sel, daşqın və subasma.....	485
3.1.9. Dənizlərin, göllərin və su anbarlarının sahillərinin yuyulması və parçalanması.....	510
3.1.10. Batma hadisəsi.....	549
3.2. Endogen-geodinamiki proses və hadisələr.....	573
3.2.1. Tektonik hərəkətlər.....	573
3.2.2. Seysmik hadisələr.....	577
3.3. Geodinamiki proseslərə texnogen təsir (antropogen geodinamiki proseslər).....	612
3.3.1. Dağ qazmalarında yaranan mühəndisi-geoloji hadisələr.....	616
FƏSİL 4. Mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi metodları.....	621
4.1. Landşaft indikasiyası metodu.....	621
4.2. Aerokosmiki metodlar və deşifrəlmə.....	626
4.3. Dağ qazmalarından istifadə etməklə mühəndisi-geoloji şəraitin tədqiqi.....	630
4.4. Qruntların sululuq və sukeçiricilik xüsusiyyətlərinin təyini metodları.....	634
4.4.1. Çöl təcrübə - süzülmə işlərinin əsas növləri, məsələləri və tətbiq şəraiti.....	634
4.4.1.1. Suçəkmələrin növləri və təyinatı.....	635

4.4.1.2.	Quyulara təzyiq altında suurma və sutökmə.....	642
4.4.2.	Hidrogeoloji parametrlərin hesablanması.....	650
4.4.2.1.	Yeraltı suların qərarlaşmış hərəkəti zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	651
4.4.2.2.	Yeraltı suların qərarlaşmamış hərəkəti zamanı hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	655
4.4.2.3.	Rejim-müşahidə məlumatlarına görə hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	661
4.4.2.4.	Çatlı və karstlaşmış qruntlarda hidrogeoloji parametrlərin təyini.....	662
4.5.	Qruntların deformasiya və möhkəmlik xassələrinin çöl tədqiqatı metodları.....	665
4.5.1.	Statiki sınaq yükü tətbiq etməklə qruntların sıxılmaya qarşı möhkəmlik və deformasiya xassələrinin təyini metodu.....	665
4.5.2.	Qruntların sürüşməyə qarşı müqavimətinin çöl şəraitində tədqiqi metodları.....	672
4.5.3.	Dinamiki və statiki təsirli zondla tədqiqat metodu.....	679
4.6.	Mühəndisi-geoloji tədqiqatların geofiziki metodları.....	683
4.7.	Mühəndisi-geoloji tədqiqatlar zamanı qruntlar üzərində aparılan sınaqların nəticələrinin riyazi-statistik işlənməsi metodları.....	695
FƏSİL 5.	Mühəndisi-geoloji xəritələr.....	718
5.1.	Mühəndisi-geoloji xəritələr, onların tərtibi metodikası.....	718
5.2.	Ərazilərin mühəndisi-geoloji tipikləşdirilməsi və rayonlaşdırılması prinsipləri.....	729
FƏSİL 6.	Xüsusi mühəndisi-geoloji tədqiqatlar.....	732
6.1.	Mühəndisi-geoloji tədqiqatların əsasları.....	732
6.2.	Mühəndisi-geoloji tədqiqatların nəticələri və onların təqdim olunma formaları.....	742
6.3.	Qurğu özülü və əsaslarının layihələndirilməsi.....	743
6.3.1.	Layihələndirmənin əsas prinsipləri.....	744
6.3.2.	Qurğu əsaslarının həddi vəziyyəti.....	747
6.3.3.	Sərtliyinə və deformasiyanın xarakterinə görə qurğunun əsas tipləri.....	748
6.3.4.	Qurğularda deformasiya və yerdəyişmənin növləri.....	748
6.3.5.	Qurğunun qeyri-bərabər çökməsini yaradan	

	amillər.....	749
6.3.6.	Qurğu, özül və əsasın işinin birgə qiymətləndirilməsi.....	757
6.3.7.	Qurğu əsaslarında gözlənilən qeyri-bərabər çökməyə qarşı tədbirlər.....	758
6.3.8.	Özüllərin tipinin və dərinliyinin müəyyən edilməsi.....	759
6.3.8.1.	Özüllərin tipini və dərinliyini müəyyənləşdirən amillər.....	760
6.3.8.2.	Qurğu əsaslarının ikinci həddi vəziyyətə görə layihələndirilməsi.....	768
6.3.8.3.	Qurğu əsaslarının başlanğıc böhran yüklətmə qabiliyyətinə görə hesablanması.....	775
6.4.	Mühəndisi obyektlərin layihələndirilməsi zamanı aparılan mühəndisi-geoloji tədqiqatların məxsusluğu.....	779
6.4.1.	Sənaye və mülki obyektlərin layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar.....	779
6.4.2.	Avtomobil və dəmir yollarının layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar.....	782
6.4.3.	Su, qaz və neft kəmərlərinin layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar.....	784
6.4.4.	Elektrik hava xətlərinin layihələndirilməsi zamanı mühəndisi-geoloji tədqiqatlar.....	786
FƏSİL 7.	Qruntların texniki meliorasiyası.....	788

Direktor:	Şirindil Alışanlı
Texniki redaktor:	Tariq Ağayev
Bədii redaktor:	Səbuhi Qəhrəmanov

Formatı 70x100 1/16. Həcmi 50 ç.v.
Tirajı 500. Sifariş № 70
Qiyməti müqavilə əsasında.

“Elm” RNPM-nin mətbəəsində çap olunmuşdur
(İstiqlaliyyət, 8)