

İkifazalı sistemlərin məsaməli mühitdə süzülməsi-nin əsas xüsusiyyətləri

M.Ə. Dadaşzadə, t.ə.n.,

S.H. Novruzova, t.ü.f.d.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

Açar sözlər: qaz amili, sərbəst qaz, qazlı maye, doyma təzyiqli, keçiricilik, məsaməli mühit, süzülmə, qazlaşmış zona.

e-mail: sudaba.novruzova@mail.ru

DOI.10.37474/0365-8554/2023-1-15-18

Основные особенности фильтрации двухфазных систем в пористой среде

M.A. Дадашзаде, к.т.н., С.Г. Новрузова, д.ф.т.н.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

Ключевые слова: газовый фактор, свободный газ, газобразная жидкость, давление насыщения, проницаемость, пористая среда, фильтрация, загазованная зона.

Нефтяные месторождения в процессе эксплуатации характеризуются многочисленными параметрами. К таким параметрам относятся давление, фазовые проницаемости, объемные расходы по фазам. Изменение параметров, в конечном счете, ощутимо влияет на производительность нефтяных скважин. Со временем снижение давления приводит в пластовых условиях к отделению газа от жидкости, т. е. если забойное давление, ниже давления насыщения, разгазирование происходит в призабойной зоне, что увеличивает проницаемость газовой фазы.

The main filtration characteristics of two-phase systems in the porous medium

M.A. Dadashzade, Cand. in Tech. Sc., S.H. Novruzova, PhD in Tech. Sc.
Azerbaijan State University of Oil and Industry

Keywords: gas factor, free gas, gassy fluid, saturation pressure, permeability, porous medium, filtration, gas-polluted zone.

The practice justifies that the most oil fields are characterized with numerous parameters in the operation process. The pressure, phase permeability, volumetric flow rate by the phases are some of them. The changing of parameters, as a result, drastically effect the productivity of the oil wells. By course of time, the pressure drop leads to the separation of gas from fluid in formation conditions, i.e. if the bottomhole pressure is lower than saturation pressure, the degassing takes place at the bottomhole zone, which increases the permeability of gas phase.

Mədən praktikasında müxtəlif fiziki xassəli qarışıqlar məsaməli mühitdə hərəkət edir. Bu qaz-maye, maye-maye növlü qarışıqlardır. Qeyd etmək lazımdır ki, laylarda qazlı mayenin hərəkəti, neft-su, neft-su-qaz qarışıqlarının süzülmə qanunları təcrübi olaraq geniş öyrənilmişdir [1–5].

Neft yataqlarının istismarı zamanı çox vaxt lay təzyiqli doyma təzyiqindən aşağı düşür və bu zaman məsaməli mühitdə neftdən qaz ayrılır və neftlə birlikdə ikifazlı qarışıq şəklində hərəkət edir.

Neft yataqlarında gedən prosesləri izah etmək üçün qazlı mayələrin layda hərəkəti nəzəriyyəsi aktual məsələ kimi mühəndis qarşısında dayanır. Qazlı mayələrin məsaməli mühitdə hərəkəti üzrə elmi işlər ilk dəfə akademik L.S. Leybenzon tərəfindən öyrənilmişdir. Bu nəzəriyyə sərbəst lay qazı və maye sürətlərinin bərabər olması fərziyyəsinə əsaslanır.

Layda təzyiqli doyma təzyiqindən aşağı düşdükdə qaz qarışıqları böyüməyə baxmayaraq yenə də o qədər xırda qabarcıqlar qalır ki, onlar məsaməli mühitdə sərbəst hərəkət edir və sürəti mayenin, yəni neftin sürətinə bərabər olur və bütün istismar müddətində qaz amili sabit qalır.

Laboratoriya və mədən təcrübələri göstərir ki, həll olmuş qaz rejimində istismar zamanı qaz amili artır və maksimuma çatdıqdan sonra azalmağa başlayır.

Qeyd etmək lazımdır ki, qaz amili kifayət qədər böyük sərhədlərdə dəyişdiyindən onu nəzərə almaq olmaz [6, 7]. Ona görə də, layda hərəkət edən qaz və mayenin sıxılma xassələrinin müxtəlif olduğunu nəzərdə tutub, eyni təzyiqdə müxtəlif formada tənzimlənməsini nəzərə alıb, eyni təzyiqdə onların süzülmə sürətlərinin müxtəlif olduğunu

qəbul edir. İki və üçfazlı sistemlərin layda süzülməsi zamanı aparılan təcrübələr göstərir ki, süxurun ümumi qarışıqğa görə keçiriciliyi, qarışıqdakı hər hansı fazaya görə ayrılıqdakı keçiriciliyindən az olur. Bu da qarışıqğa daxil olan hər bir fazanın digər fazaya görə hərəkətinə maneçilik törədir.

Süxur məsələlərində ikifazlı sistemin hərəkəti zamanı, hər fazaya görə nisbi keçiricilik effektiv keçiricilik adlanır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$k'_q = \frac{k_q}{k} \text{ və } k'_m = \frac{k_m}{k}, \quad (1)$$

burada k_q və k_m – qaz və mayeyə görə mütləq keçiricilik; k – layın tərkibindəki süxurun mütləq keçiriciliyi; k'_q və k'_m – qaza və mayeyə görə nisbi keçiricilikdir.

Qazlı mayələrin süzülməsi ilk dəfə R.Vikov və M. Botsetin təcrübələrində öz əksini tapmışdır. Məsələlərin maye fazası ilə doymasını xarakterizə edən kəmiyyəti ilk dəfə olaraq onlar irəli sürmüşlər.

Aparılan təcrübələr göstərir ki, lay məsələlərində 10–20 %-ə kimi sərbəst qazın olması mayeyə görə faza keçiriciliyini azaldır.

Bəzi neft yataqlarında istismar zamanı neftlə birlikdə təbii qaz da çıxarılır. Əgər lay təzyiqinin azalması ilə quyuya neft məhsulu ilə birlikdə qaz gəlsə, onda neft məhsulu tamamilə kəsildikdə, quyu təbii qaz verməyə başlayır. Buna əsas səbəb layda olan təzyiqin doyma təzyiqindən az olmasıdır. Laboratoriya tədqiqatları göstərir ki, lay təzyiqi 20 % azaldıqda, mayeyə görə effektiv keçiricilik sıfıra bərabər olacaq, yəni neftin layda hərəkəti azalacaq.

Amerika alimləri M.Botset sementli qumlarla, A.Balnes və R.Fitting əhəngdəsi və dolomitlərdə qaz-maye hərəkətini öyrənmiş və bu nəticəyə gəlmişlər ki, faza keçiriciliyi ilə maye doyması arasında müəyyən asılılıqlar var.

Aparılan təcrübələr göstərir ki, əgər layın aşağı hissəsində neft, yuxarı hissəsində isə qaz olarsa, onda

$$\frac{k_m}{k} + \frac{k_q}{k} = 1. \quad (2)$$

Rusiya alimi D.A. Efrosun apardığı tədqiqatlardan məlumdur ki, faza keçiriciliyi təkcə doyma təzyiqindən deyil, ümumi təzyiqdən də asılıdır. Məsələli mühitdə aparılan təcrübələr göstərir ki, maye hərəkətinin iki növü ola bilər: məsələli mühitdə maye ilə birlikdə xaricdən qaz daxil olur;

məsələli mühitə qazlı maye daxil olur və burada süzülmə zamanı qaz mayedən ayrılır.

Birinci növ hərəkət qarışıqlı, ikinci isə qazlı mayenin hərəkəti adlanır.

Belə sistemlərin hərəkəti göstərir ki, eyni qaz alimində bərabər təzyiqli nöqtələrdə qaz-maye qarışığının faza keçiriciliyi qazlı mayenin keçiriciliyindən çoxdur. Bu əsasən qaz-maye qarışığı hərəkət edərkən fazaların müxtəlif məsələli mühitdə, qazlı maye süzülərkən isə qazın ondan ayrılması nəticəsində bir çox məsələlərdə maye ilə qaz qabarıqlarının eyni zamanda yerləşməsi ilə izah olunur.

Beləliklə lay üçün faza keçiriciliklərinin orta qiymətlərini tapmaq faza keçiriciliklərinin yalnız doyma təzyiqindən asılı olduğu aydınlaşır. Bu halda quyudibi sahəsində keçiriciliyin qarışıq keçiriciliyindən xeyli az olduğu məlum olur.

Müxtəlif alimlərin apardığı təcrübələrdən görünür ki, qazlı mayenin məsələli mühitdə süzülməsi maye üçün faza keçiriciliyi təkcə doyma təzyiqindən asılıdır.

Faza keçiriciliyinin hesablanmasında bir amildən asılılığını qəbul etmək həm qaz və maye qarışığının süzülməsində təzyiqin tədricən dəyişilməsi halında layın keçiriciliyinin ortalaşdırılmasında təcrübə olaraq doğru nəticə alınır.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, ikifazlı sistemin süzülməsi nəticəsində bir çox prosesləri nəzərə almaq olduqca çətindir. Alimin fikrinə görə, qazlı mayenin süzülməsi nəticəsində hər bir fazanın sürətini müxtəlif götürmək lazımdır. Lakin belə asılılıqlar çətin olduğu üçün Xristianoviç tərəfindən yeni bir hesabat metodu verilmişdir. Bu üsuldə hər hansı bir parametrlər qəbul edilir və onu təzyiqlə əlaqələndirirlər. Onda hər hansı (H) təzyiq asılılığının olduğunu qəbul etsək, bu asılılığın düzxətli olduğunu qəbul etsək, sonuncu düsturda təzyiqin yerinə bu parametri yazsaq, onda ikifazlı sistem üçün aşağıdakı tənliyi alırıq:

$$v_m = \frac{k_m}{\mu_m} \frac{dH}{dr}, \quad (3)$$

burada v_m – ikifazlı sistemdə hərəkət edən mayenin orta sürəti; k_m – mayeyə görə keçiricilik; μ_m – mayenin dinamik özlülüyüdür.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bəzi hallarda quyuya yaxın yerdə doyma təzyiqinin təsiri daha aktiv şəkildə özünü göstərir. Bu zonada təzyiqin doyma təzyiqindən az olması nəticəsində quyutrafı zonada neftdən qazın ayrılmasına səbəb olur. Bu zaman quyuda neftə görə hasilatın azalması, qaza görə artması müşahidə olunur. Qaz qabarıcı-

ları kiçik kapillyarları tutaraq neftin qarşısını kəsir. Onda bu zona əlavə zona kimi hesabata daxil olmalıdır.

Yuxarıda qeyd olunan tənliyin sağ və sol tərəfini layın en kəşik sahəsinə vuraq.

$$Q_{\text{qəbul}} \text{ ədəd ki, } F = 2\pi rh$$

$$dH = k_m dP,$$

$$Q_m = \frac{2\pi rh}{\mu_m} k_m \frac{dH}{dr}, \quad (4)$$

burada h – layın qalınlığı; H – Xristianoviç parametri.

Məsələni həll etmək üçün qəbul ədəd ki, aşağıdakı şərtlər daxilində sonuncu tənliyi inteqrallamaq olar

$$\frac{1}{k_m} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} dH. \quad (5)$$

Qəbul ədəd ki, quyutrafı zonada təzyiqin düşməsi daha kəskin olur və daha çox qaza görə keçiricilik yaranır.

$$r = R_k; H = H_k \\ r = R_q; H = H_q,$$

burada R_q – quyunun radiusu; R_k – quyutrafı konturunun radiusu; H_q , H_k – quyudaxili və quyu konturuna yaranan Xristianoviç parametrləridir.

Beləliklə quyutrafında elə bir zona var ki, orta keçiricilik qaza görə daha çoxdur. Bu zonanın keçiriciliyi və oradakı Xristianoviç parametrini ifadə ədəd

$$r = R'; H = H',$$

burada R' – qazlaşmış zonanın radiusu; H' – bu zonada Xristianoviç parametri.

Verilmiş sərhəd şərtlərini inteqral sərhədlərinə yerinə yazsaq alırıq

$$\int_{R_q}^{R'} \frac{1}{k_q} \frac{dr}{r} + \int_{R'}^{R_k} \frac{1}{k_m} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} \int_{H_q}^{H_k} dH. \quad (6)$$

Onda inteqralı açsaq alırıq

$$\frac{1}{k_q} \ln \frac{R'}{R_q} + \frac{1}{k_m} \ln \frac{R_k}{R'} = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} (H_k - H_q). \quad (7)$$

İndi tənlikdə dəyişiklik aparaq

$$\frac{1}{k_m} \left[\frac{k_m}{k_q} \ln \frac{R'}{R_q} + \ln \frac{R_k}{R'} \right] = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} (H_k - H_q). \quad (8)$$

Tənliyə yeni bir parametrlər əlavə ədəd və çıxaraq

$$\frac{1}{k_m} \left[\frac{k_m}{k_q} \ln \frac{R'}{R_q} + \ln \frac{R_k}{R'} + \ln \frac{R'}{R_q} - \ln \frac{R'}{R_q} \right] = \\ = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} (H_k - H_q). \quad (9)$$

İndi qruplaşdırma apararaq

$$\frac{1}{k_m} \left[\ln \frac{R'}{R_q} \left(\frac{k_m}{k_q} - 1 \right) + \left(\ln \frac{R_k}{R'} \frac{R'}{R_q} \right) \right] = \\ = \frac{2\pi h}{\mu_m Q_m} (H_k - H_q). \quad (10)$$

Qazlaşmış zonada yaranan parametri N_q ifadə ədəd, onda

$$N_q = \ln \left(\frac{R'}{R_q} \left(\frac{k_m}{k_q} \right) \right).$$

Bunları nəzərə alsaq ümumi şəkildə hasilata görə alırıq

$$Q_m = \frac{2\pi h k_m}{\mu_m} \frac{H_k - H_q}{N_q + \ln \frac{R_k}{R_q}}. \quad (11)$$

Sonuncu tənlikdə verilmiş qazlaşma parametri hidrodinamik tədqiqatlar nəticəsində təyin olunur.

Burada $H_k - H_q$ – Xristianoviç parametrinin funksiyasının verilmiş kontur və quyudibi təzyiqinə görə təyin olunur

$$H_k - H_q = \int_{R_q}^{R_k} \frac{F_m(S)}{\mu_m(P)\beta(P)} dP, \quad (12)$$

burada $F_m = \frac{k_m}{k}$ – mayeyə görə nisbi keçiricilik;

$\beta(P)$ – təzyiqdən asılı olan mayenin həcm əmsalı; S – məsələli süxurun, maye ilə doymasıdır.

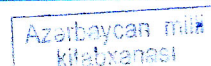
Aparılan tədqiqatlara görə inteqralaltı ifadəni aşağıdakı kimi göstərmək olar

$$\frac{F_m(S)}{\mu_m(P)\beta(P)} = aP + b, \quad (13)$$

burada a və b – laboratoriya və mədən təcrübəsindən tapılmış parametrlərdir.

Son dövr elmi ədəbiyyatda göstərilir ki, Xristianoviç parametrlərinin fərqi ifadə etmək üçün aşağıdakı tənlikdə istifadə etmək olar

$$H_k - H_q = \frac{a}{2} (P_k^2 - P_q^2) + b(P_k - P_q). \quad (14)$$



Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, quyudibi zonada mayedən qazın ayrılması layın mayeyə görə keçiriciliyini azaldır, bu da mayeyə görə neft hasilatını azaldır.

Nəticə

1. Aparılan tədqiqatlar və elmi araşdırmalar göstərir ki, quyudibi təzyiqliq doyma təzyiqindən

aşağı düşdükdə quyuyətrafi zonada neftdən qazın ayrılması başlayır.

2. Qazın ayrılması nəticəsində neft quyusu ətrafında yeni bir zona, qazlaşmış zona yaranır. Yaranan zonada qazın miqdarı artır, bu da mayenin və neftin keçiriciliyini azaldır.

3. Quyuyətrafi qazlaşmış zonada qazın həcmi artırılması mayenin və neftin azalmasına səbəb olur.

Ədəbiyyat siyahısı

1. *Mirzəcanzadə A.X. və b.* Neft layının fizikası. – Bakı, 330 s.
2. *Пирсон Д.С.* Учение о нефтяном пласте. – М.: Гостоптехиздат, 1961, 763 с.
3. *Амикс Д., Босс Д., Уайтинг Р.* Физика нефтяного пласта. – М.: Гостоптехиздат, 1962, 324 с.
4. *Маскет М.* Физические основы технологии добычи нефти. – М.: Гостоптехиздат, 1953, 325 с.
5. *Котяхов Ф.И.* Физика нефтяных и газовых коллекторов. – М.: Недра, 1977, с. 325.
6. *Маскет М.* Течение однородных жидкостей в пористой среде. – М.: Ижевск, 2004, с. 327.
7. *Щелкачев В.Н., Лапук Б.В.* Подземная гидравлика. – М.: Ижевск, 2001, 763 с.

References

1. *Mirzajanzade A.Kh.* Neft layinin fizikası. – Bakı, 330 s.
2. *Pirson D.S.* Uchenie o neftyanom plaste. – M.: Gostoptekhizdat, 1961, 763 s.
3. *Amiks D., Boss D., Uaying R.* Fizika neftyanogo plasta. – M.: Gostoptekhizdat, 1962, 324 s.
4. *Masket M.* Fizicheskie osnovy tekhnologii dobychi nefiti. – M.: Gostoptekhizdat, 1953, 325 s.
5. *Kotyakhov F.I.* Fizika neftyanykh i gazovykh kollektorov. – M.: Nedra, 1977, s. 325.
6. *Masket M.* Techenie odnorodnykh zhidkostey v poristoy srede. – M.: Izhevsk, 2004, s. 327.
7. *Shchelkachev V.N., Lapuk B.V.* Podzemnaya gidravlika. – M.: Izhevsk, 2001, 763 s.