

İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

B.M. Əzizov, Z.Q. Qəribli (Milli Aviasiya Akademiyası)

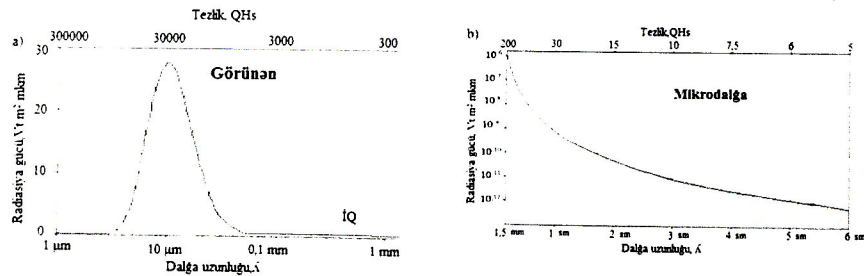
MİKRODALĞA DİAPAZONUNDA YERÜSTÜ OBYEKT LƏRİN TEMPERATUR TƏZADLIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİNİN BƏZİ ASPEKTLƏRİ

Giriş. Torpağın və bitki örtüyünün nəmliyinin mikrodalğa diapazonunda qiymətləndirilməsinin əsasını şüalanmanın xarakteristikalarının radioparlaqlıq temperaturundan asılılıq xüsusiyyətləri təşkil edir. Araşdırmalar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, baxılan diapazonda bir çox göstəricilər, o cümlədən, relyefin forması, bitki örtüyü ilə örtülmə dərəcəsi, şüalanmanın poliyarizasiyası, intensivliyi, udulma xüsusiyyətləri nəmliyin qiymətləndirilməsinə təsir göstərsə də, torpaq və bitki örtüyünün tərkibindəki suyun miqdarı əsas amil hesab edilir, bu da dielektrik nüfuzluğundan asılı olaraq bilavasitə radioparlaqlıq temperaturunun formalaşmasını şərtləndirir.

Torpaqda su əsasən 3 formada olur: güclü rabitəli, zəif rabitəli və sərbəst formada. Güclü rabitəli su torpaq hissəciklərinə adsorbsiya olunmuş sudur, hansı ki, qalınlığı 6-8 molekulun ölçüsünə bərabər olur. Qumsal torpaqlarda onun miqdarı 2-3 %, gilli torpaqlarda isə 30-40 %-ə kimi ola bilər. Bitkilər belə suyu mənimsəyə bilmirlər, zəif rabitəli və sərbəst sular isə bitkilər tərəfindən mənimsənilir.

Mikrodalğa temperaturunun qiymətlərinə təsir göstərmək xüsusiyyətlərinə görə sərbəst su qrupuna daxil olan kapilyar nəmlik torpaq nəmliyindən biri kimi böyük rol oynayır. Kapilyar nəmlik əsasən rütubətin qeyri-bərabər paylandığı ərazilər üçün daha xarakterikdir. Bu nöqteyi nəzərdən mikrodalğalı peyk məlumatları əsasında yerüstü obyektlərin temperaturunun təyin olunmasının effektiv üsullarının tətbiqi bilavasitə baxılan şəraitdə fiziki modelin seçilib əsaslandırılmasından asılı olur [1,2,3].

Məlum olduğu kimi mikrodalğa diapazonunda yer obyektlərinin şüalanma enerjisi optik diapazona nisbətən çox kiçik olduğu üçün (şək.1) istifadə olunan radiometrin həssaslığı çox yüksək olmalıdır.



Şək.1. Şüalanma enerjilərinin qarşılıqlı müqayisəsi: a) optik diapazonda, b) mikrodalğa diapazonunda

Şüalanma enerjisinin qiyməti mikrodalğa diapazonunda fon şüalanmalarının səviyyəsindən az fərqləndiyi üçün kənar obyektlərin təsirini zəiflətmək məqsədi ilə xüsusi istiqamətlənmiş antena qəbulediciləri tətbiq olunur [4,5,6].

Məsələnin mahiyyəti. Peyk çəkiliş sistemləri vasitəsi ilə ətraf mühitin bu və ya digər komponentlərinin parametrlərində baş verən dəyişikliklərin bir çoxu bilavasitə obyektin temperaturunun dəyişməsinə özünü biruzə verir. Bu nöqteyi nəzərdən şüalanma temperaturunun mikrodalğa diapazonunda qiymətləndirilməsi əsasında müxtəlif obyektlərin bir-birindən fərqləndirilərk seçilməsi temperatur təzadlığının təyin olunmasını şərtləndirir. Bu isə öz növbəsində tədqiq olunan obyekt haqqında daha müfəssəl məlumatların əldə olunmasına imkan verir. Baxılan halda tədqiqatlar Amerika Kosmik Agentliyinə (NASA) məxsus passiv rejimdə işləyən SAR (Synthetic-aperture radar) sintezləşdirilmiş aperaturalı WindSat radiometridən alınmış informasiyalar əsasında aparılmışdır. Bu məqsədlə yer obyektlərinin temperaturunun qiymətləndirilməsinin nəzəri və təcrübi xüsusiyyətlərinin bəzi məsələlərinin həllinə baxılmış və ölçü nəticələrinə təsir göstərən amillərin nəzərə alınma üsulları işlənmişdir. Mikrodalğa diapazonunda yer obyektlərinin şüalanma intensivliyinin digər spektral diapazonlara nisbətən aşağı olması küy siqnallarının ölçmə nəticələrinə təsiri məsələlərində nəzərdən keçirilmişdir [7,8,9,10].

Nəzəri araşdırmalar. Yerüstü obyektlərin temperaturunun mikrodalğa diapazonunda müəyyənləşdirilməsinin effektiv üsulunun təyini bilavasitə konkret şərait üçün fiziki modelin parametrlərinin qiymətləndirilməsini tələb edir.

Məlumdur ki, təbii obyektlərin istilik şüalanması mütləq qara cismin şüalanması ilə müqayisə olunaraq hesablanır və Plank qanununa görə energetik spektr aşağıdakı kimi təyin edilir [11,12]:

$$W(\gamma, T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (1)$$

Burada, h - plank sabiti, $6,63 \cdot 10^{-34}$ $Vt \cdot san$; γ - siqnalın tezliyi, Hz ; c - işıq sürəti, $3 \cdot 10^8$ m/san ; k - Bolsman sabiti, $1,38 \cdot 10^{-23}$ $Vt \cdot san \cdot K^{-1}$; T - mütləq temperaturdur.

Mikrodalğa diapazonunda bir çox təcrübi məsələlərin həllində Plank düsturu sadələşdirilir, belə ki, ölçüsüz kəmiyyət olan $\frac{h\nu}{kT}$ kəmiyyəti çox kiçik qiymətə malik

olduğundan, $\exp \frac{h\nu}{kT} = 1 + \frac{h\nu}{kT}$ kimi qəbul edilir. Bu halda (1) funksiyasını aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$W(\gamma, T) = \frac{2kT\gamma^2}{c^2} \quad (2)$$

Buna uyğun olaraq radiometrin qəbuledici antenasından verilən zolaq üzrə ayrılan güc aşağıdakı kimi olar:

$$W_A = \frac{1}{2} \int \frac{2kT\gamma^2}{c^2} d\Omega \quad (3)$$

Burada, Ω - γ tezlik zolağının enidir.

Təcrübi olaraq göstərilmişdir ki, antena əsasən ancaq bir polarizasiyada olan şüalanmaları qəbul edir. Bu isə antenada ayrılan gücün qiymətini müəyyənləşdirir.

$$W_A = k T_A \Delta \gamma . \quad (4)$$

Burada T_A – antenanın temperaturudur və aşağıdakı kimi alınır:

$$T_A = \frac{W_A}{k \Delta \gamma} . \quad (5)$$

Baxılan halda T_A - mütləq qara cismin temperaturu olmaqla və W_A gücünə uyğun gəlir. Yürüştü obyektlərin şüalanma qabiliyyətini nəzərə almaqla obyektin temperaturunun mütləq qara cisimdən fərqli qiymətini aşağıdakı kimi təyin etmək olur:

$$T_A = \frac{1}{4\pi} \int_{2\pi}^{4\pi} T_{ek} G(\gamma) d\Omega . \quad (6)$$

Burada, T_{ek} – şüalanma mühitinə münasibəti olan mütləq qara cismin ekvivalent temperaturu; $G(\gamma)$ – antenanın güclənmə əmsalının funksiyasıdır.

Radiometr vasitəsi ilə obyektin temperaturunun ölçmə nəticələrinə ümumilikdə obyektin yerləşdiyi ərazinin fon temperaturu, müəyyən hündürlükdə atmosferin temperaturu, yer səthinin əksətmə xüsusiyyəti və atmosferin optik sıxlığı təsir göstərir [13,14]. Qeyd olunan amillərin ölçmə nəticələrinə təsirinin qiymətləndirilməsi bilavasitə antena temperaturunun nəzərə alınması ilə həyata keçirilməlidir. Ümumilikdə, T_A antena temperaturu Z radiometrik detektorun hündürlüyündən və θ görmə bucağından asılı olaraq qiymətləndirilir. Yəni,

$$T_A = (1 - \frac{1}{L}) T_{atm} + \frac{\varepsilon T_{ob}}{L} + \frac{(1 - \varepsilon) T_{eks}}{L} . \quad (7)$$

Burada, $L = \exp \int_0^\pi \sec \theta(z) dz$ - atmosfer trassasında baş verən itkilər; T_{atm} – tədqiq edilən obyektə radiometr arasında qalan atmosferin orta temperaturu; T_{ob} – obyektin temperaturu; ε - obyektin şüalanma qabiliyyətidir.

Qeyd edilməlidir ki, (7) ifadəsinin alınmasında obyektin termodinamik temperaturu ilə fon temperaturunun eyni olduğu fərz edilmişdir. Buradan görüldüyü kimi yer obyektlərinin temperatur təzadlığının formalaşmasında obyektin temperaturu və onun şüalanma əmsalı mühüm rol oynayır.

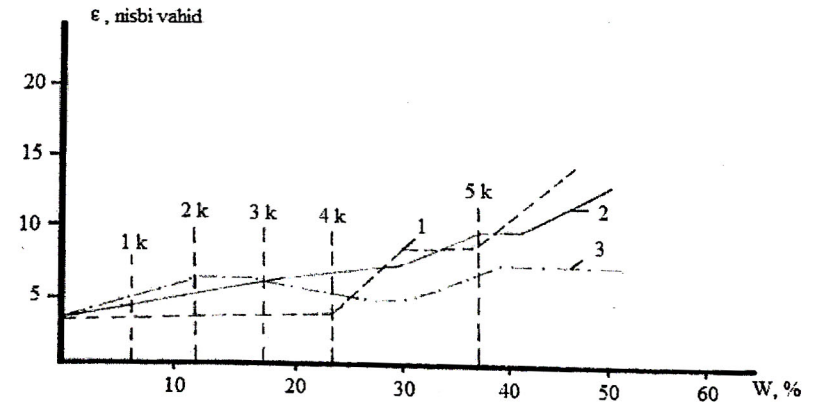
Metod və hesablamalar. Son dövrlərdə mikrodalğa diapazonunda işləyən radiometrlər vasitəsi ilə yer obyektlərinin temperaturunun ölçülməsində yeni istiqamətlər müəyyənləşdirilmişdir. Bunlardan biri polarlaşdırılmış mikrodalğalı ölçmələrdir ki, onların da tətbiqi müxtəlif poliyarizasiyada ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsini təmin edir [11]. Digər istiqamət kimi isə mikrodalğa spektroskopiyasıdır ki, molekulyar oksigenin udma zolaqlarının (52-60 QHs) yaxınlığında ölçmələrin aparılması əsasında troposferin temperatur profilinin dəqiq qiymətini təyin etməyə imkan verir [12].

Bizim araşdırmalarda yer obyektlərinin temperaturunun ölçülməsində ABŞ-a məxsus Coriolis peykində quraşdırılmış WindSat radiometrinin məlumatlarından istifadə olunmuşdur. WindSat radiometrinin əsas texniki xarakteristikaları cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1. WindSat radiometrinin əsas xarakteristikaları

Parametrləri	Qiymətləri
Tezlik diapazonları, QHs	6,8; 10,7; 18,7; 23,8; 37,0
Kanalların sayı, ədəd	22
Antenanın ölçüləri, m	1,83
Parlaqlıq temperaturunun xətası, °K	0,5-0,82
Həssaslıq, °C	0,37-0,55
Vizirləmə bucağı, dərəcə	45
Müşahidə zonasının eni, km	1025

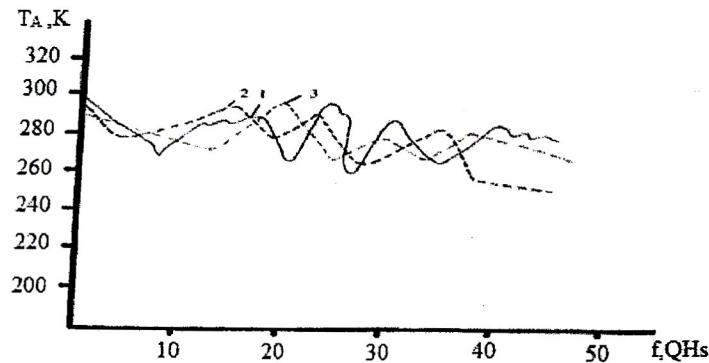
Tədqiqat obyektini kimi bitki örtüyü və torpaq sahəsi götürülmüş, temperatur təzadlığının qiymətləndirilməsi məsələləri nəzərdən keçirilmişdir. Bununla əlaqədar buğdanın vegetasiya müddətlərini təqribən əhatə edən informasiyalardan istifadə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, kənd təsərrüfatı bitkilərinin baxılan diapazonlarda temperatur şüalanmasına təsir edən əsas göstəricilərdən biri dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsidir. Qeyd olunan parametrlər qiyməti isə bilavasitə bitki yarpaqlarında nəmliyin qiymətindən asılı olur. Şəkil 2-də buğda bitkisi üçün dielektrik nüfuzluğunun nəmliyin qiymətindən asılılığı göstərilmişdir.



Şəkil 2. Bitki örtüyünün dielektrik nüfuzluğunun nəmliyin qiymətindən asılılığı:
1 - bitkinin cücərmə və boyatma fazası, 2 - yetişmə fazasının başlanğıcı,
3 - yetişkənlik fazası - nəmliyin azalması

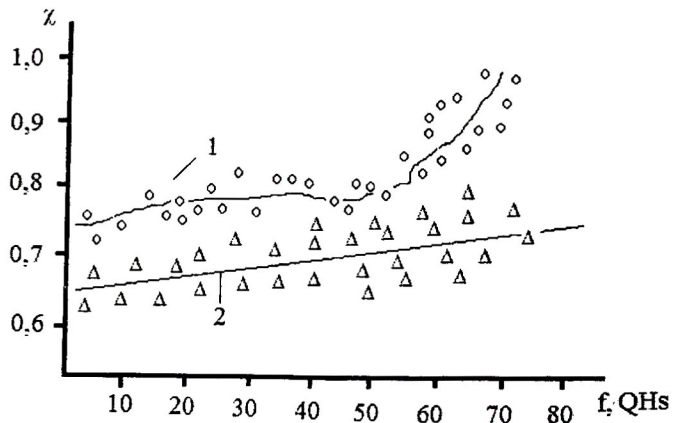
Məlum olduğu kimi dielektrik nüfuzluğunun dəyişməsi poliyarizasiyanın növündən asılı olaraq əksətmə əmsalının qiymətinə təsir göstərən əsas amillərdəndir.

Qeyd olunan amillərin, o cümlədən, mövsümi dəyişikliklərin nəzərə alınması şərti ilə alınmış informasiyaların emalı ERDAS Imagine proqramı əsasında aparılmış və şəkil 3-də antena temperaturunun şüalanma tezliyindən asılılıq qrafiki verilmişdir.



Şəkil 3. Antena temperaturunun qiymətinin müxtəlif vegetasiya dövrlərində şüalanma tezliyindən asılılığı: 1 - bitkinin cücərmə və boyatma fazası, 2 - yetişmə fazasının başlanğıcı, 3 - yetişkənlik fazası

Temperatur təzadlığının qiymətləndirilməsi bilavasitə tədqiq olunan obyektlərin şüalanma qabiliyyətindən asılıdır. Şəkil 4-də şüalanma əmsalının baxılan diapazonda bitki və torpaq örtüyü üçün dəyişməsi göstərilmişdir.



Şəkil 4. Mikrodalğa diapazonunun baxılan tezliklərində şüalanma əmsalının dəyişmə xüsusiyyətləri: 1 - bitki örtüyü və 2 - torpaq

Müəyyən olunmuşdur ki, bitki örtüyünün şüalanma xüsusiyyətinin azalması digər obyektlərlə temperatur təzadlığının azalmasına gətirib çıxarır. Tədqiq olunan obyektlərin şüalanma xüsusiyyətləri bərabərləşdiyi halda da temperatur təzadlığı azalır. Bu göstərici müəyyən amillərin təsiri nəticəsində yaranır. Məsələn, belə amillərdən biri

bitki örtüyünün üzərində su təbəqəsi olduqda qeyd olunur. WindSat mikrodalğalı radiometr vasitəsi ilə obyektlərin istilik şüalanma qabiliyyətinin tədqiqi nəticələri göstərir ki, torpaq və bitki örtüyünün şüalanma xüsusiyyətləri bir-birindən fərqlidir. İlk növbədə bu fərq onunla izah olunur ki, baxılan bütün tezlik diapazonu üzrə bitkilərin şüalanma əmsalı torpaqdan yüksəkdir. Digər fərqləndirici xüsusiyyət isə 45 QHs - dən yuxarı tezliklərdə bitkilərin şüalanma əmsalının torpaq örtüyünə nisbətən daha kəskin artmasıdır. Belə kəskin dəyişmənin səbəbi tam aydın olmasa da, şüalanmanın bitki yarpaqlarının təbəqələrindən sınımasının və əks olunmaların təkrarlanması ilə izah oluna bilər.

Mikrodalğa diapazonunda yer obyektlərinin şüalanma xüsusiyyətlərinin qarşılıqlı müqayisəsi göstərir ki, şüalanma əmsalının dəyişməsi ölçü diapazonunun seçilməsindən asılı olmaqla yanaşı, bir sıra təsadüfi proseslərin xüsusiyyətindən də ciddi şəkildə asılıdır. Bu səbəbdən ölçmə nəticələrindən alınan xətlərin azaldılması məqsədi ilə regressiya asılılıqlarından istifadə olunur.

Nəticə. Bununla da mikrodalğa diapazonunda işləyən radiometr vasitəsi ilə yerüstü obyektlərin istilik şüalanmasının xüsusiyyətləri əsasında temperatur təzadlığının qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Yer obyektlərinin mikrodalğa diapazonunda şüalanma xarakteristikalarının təyini Coriolis peykinin WindSat radiometrinə alınmış məlumatlar əsasında həyata keçirilmişdir. Tədqiqat obyekti kimi torpaq-bitki örtüyü götürülmüş, obyektlərin baxılan diapazonlarda şüalanma xüsusiyyətləri ölçmələrə təsir göstərən əsas amil kimi araşdırılmış, onların nəzərə alınması üsulları əsaslandırılmışdır. Araşdırmalar əsasında göstərilmişdir ki, yer obyektlərinin temperatur təzadlığının təyində ölçmə nəticələrinin dəqiqliyini artırmaq üçün effektiv üsulların tətbiqi bilavasitə baxılan şəraitdə fiziki modelin seçilib əsaslandırılmasından asılıdır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.: Наука, 1986. - 189с.
2. Азизов Б.М., Гасанов Т.Д., Аббасзаде А.А. Возможности применения инфракрасного теплового зондирования при прогнозировании нефтегазоносности на территории Апшерона. Баки Дövlət Universitetinin Xəbərləri, 2004, № 5, s.168-175.
3. Мехтиеv А.Ш., Азизов Б.М. Некоторые особенности измерения поляризациино-диффузной характеристики растительного покрова. Труды международной научно-технической конференции / «Средства и технологии Дистанционного зондирования Земли из космоса», Россия, 2014, с.43-48.
4. Bolten J.D., Laushimi. Soil moisture retrieval using the passive/active L- and S-band radar/radiometer // IEEE trans Geosci. and. Remote Sens. 2003, V.41, №12, p.2792-2801.
5. Бобров П.П., Ивченко О.А. и др. Исследование почвенной структуры методом двухчастотной микроволновой радиометрии / Исследование земли из космоса. 2005, № 2, с.82-88.
6. Бобров П.П. Динамика радиояростной температуры почв с различным содержанием гумуса / Исследование земли из космоса. 2001, № 4, с.74-80.
7. Комаров С.А., Миронов В.А. Микроволновое зондирование почв. Новосибирск. СО РАН. 2000. - 258с.
8. Dejer, Owe M. Further validation of a new methodology for surface moisture and vegetation optical depth retrieval // Int.I.Rem.2003.v.24, № 22, p.4559-4578.

9. Evans D.L., Aipers W., Cazenave A.etal. Seasat-a 25 year legacy of Success // Rem.Sens.Envirion.2005, v.94, №3, p.384-404.
10. Perel'man M.E., Tatartchenko V.A. Phase transitions of the first kind as radiation processes. 2007, 0711.3570.
11. Perel'man M.E., Tatartchenko V.A. Phase transitions of the first kind as radiation processes // Phys. Lett. A. 2008, v.372, p.2480-2483.
12. Tatartchenko V.A. Shaped crystal growth. L.: Kluwer, 1993. - 288 p.
13. Tatartchenko V.A. Characteristic IR radiation accompany-ing crystallization and window of transparency for it // J. Cryst. Growth. 2008, v.310, p.525-529.
14. Tatartchenko V.A. Some peculiarities of first order phase transitions // Rev.Adv.Mater.Sci. 2009, v.20, № 1, p.58-69.

Б.М.Азизов, З.Г.Гарибли

Некоторые аспекты определения температурной контрастности наземных объектов в микроволновом диапазоне

Резюме

Представлены особенности оценки изменений температуры наземных объектов на основе их тепловых излучательных характеристик с помощью радиометра в микроволновом диапазоне. Установлено, что из множества факторов воздействующих на результаты измерений в указанном диапазоне особое значение имеют излучательные характеристики самих наземных объектов.

В.М.Азизов, З.О.Гарибли

Some aspects of determining the temperature contrast of ground objects in the microwave range

Abstract

The features of estimating changes in the temperature of ground objects on the basis of their thermal radiative characteristics using a radiometer in the microwave range are presented. It has been established that of the many factors affecting the results of measurements in the specified range, the radiative characteristics of the ground objects themselves are of particular importance.
