

УДК 53.05/07

MULTİSPEKTRAL PEYK TƏSVİRLƏRİNİN TƏTBİQİ İLƏ BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN OPTİK XARAKTERİSTİKALARININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

B.M.ƏZİZOV, C.S.MEHDİYEV

Milli Aviasiya Akademiyası
AZ 1045, Bakı, Mərdəkan pr., 30
cafar.maa@mail.ru

Daxil olub: 12.06.2019
Çapa verilib: 01.09.2019

Açar sözlər: bitki örtüyü, spektrometriya, Qoudrian modeli, optik karakteristikalar, dənli bitkilər, əks olunma, kəmiyyət göstəriciləri.

REFERAT

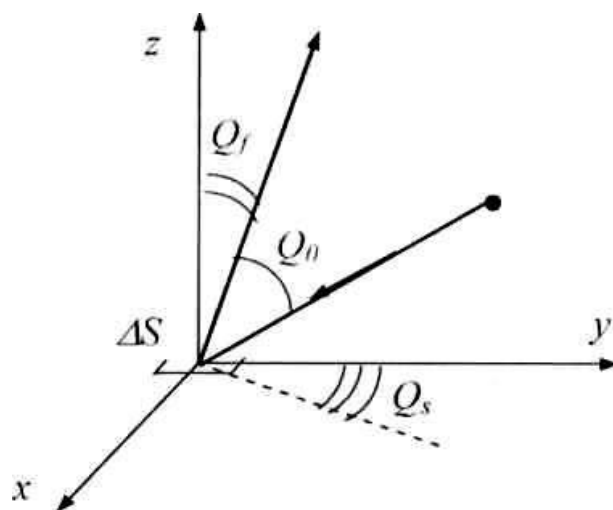
Təqdim olunan məqalədə bitki örtüyünün optik karakteristikalarının kəmiyyətə qiymətləndirilməsinin daha mükəmməl emal tətbiqinin araşdırılması göstərilmişdir. Qoudrian modeli əsasında çoxkanallı sistemlərdən alınan məlumatların qarşılıqlı müqayisəsi əsasında kəmiyyət göstəricilərinin optimal qiymətləndirməsi mümkünlüyü göstərilmişdir. Müxtəlif spektral əks olunma modellərinin ümumiləşdirilmiş nəticələrinin təhlili əsasında Qoudrian modelinin tətbiqinin göstəriciləri aşkar edilmişdir.

Ekoloji problemlərin mövcudluğu və getdikcə kəskinləşməsi şəraitində, biosferin durumunun qiymətləndirilməsində və nəzarət sistemləri vasitəsilə böyük ərazilərin əhatə olunmasında, informasiyanın operativ surətdə çatdırılmasında çoxkanallı skaner sistemləri daha önəmli rol oynayır. Bu sistemlərin vasitəsi ilə informasiyanın alınması, müasir texnologiyalar əsasında emal və interpretasiyası bitki örtüyünün bəzi parametrlərinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsində əhəmiyyətli yer tutur.

Məlum olduğu kimi, bitki örtüyünün optik xüsusiyyətlərinin qiymətləndirilməsində Qoudrian modeli bu sahədə tətbiq olunan digər modellərə nisbətən daha mükəmməl olduğundan, onun çoxkanallı sistemlərə tətbiqinin mümkünlüyünün bəzi aspektlərini nəzərdən keçirək. Qoudrian modeli signalın inteqral əksətmə və zəifləmə xüsusiyyətləri əsasında qurulduğundan, onun çoxkanallı sistemlərə tətbiqində müəyyən məsələlər nəzərə alınmalıdır [1]. Qoudrian modelində bitki örtüyü üfüqi istiqamətdə fitoelementlərin təsadüfi qanunauyğunluqla paylanmış bir səth kimi, şaquli istiqamətdə isə m saylı nazik elementlərdən ibarət bir sistem kimi qəbul edilib. Bu sistem üçün baxılan istiqamətdə (θ) və fitoelementlərin əks etdirmə istiqamətindən (θ_f) asılı olaraq inteqral radiasiya selinin zəifləməsi yarpağın L_{ef} sahəsindən asılı olur (Şəkil 1), yəni

$$L_{ef}(\theta_f, \theta) = \frac{L_s G(\theta_f, \theta)}{\sin \theta}, \quad (1)$$

burada L_s - fitoelementlərin ümumi sahəsi; $G(\theta_f, \theta)$ - verilən istiqamətlə fitoelementlərin əks etdirmə xüsusiyyətini təyin edən asılılıqdır.



Şəkil 1

ΔS sahəsini əhatə edən bitki örtüyündən şüalanmanın qeydə alınması.

Əgər bitki örtüyünün təbəqələrindən şüanın bir hissəsi zəifləmədən keçirsə, onun miqdarı

$$M(\theta_f, \theta) = 1 - L_{ef}(\theta_f, \theta) \quad (2)$$

olur. M -in hesablanması fitokütlənin miqdarını, onun qiymətini müəyyənləşdirir. İnteqral əks olunmada fitoelementlərin səpələnməsinin Lambert tipli olmasının qəbul edilməsinə baxmayaraq, bitki örtüyünün bütün təbəqələri ilə səpələnen şüalar müəyyən bucaq paylanmalarına malik olurlar. Bunun səbəbi izotrop səthlərdən fərqli olaraq L_{ef} ilə θ arasında funksional asılılığın olmasıdır. Çəki funksiyası $B_l(\theta_0, \theta_f)$ bu effekti nəzərə alır. Yəni

$$B_l(\theta_0, \theta_f) = \frac{B_u(\theta_0)L_{ef}(\theta_0, \theta_f)}{\sum_{Q_S=1}^n B_u(\theta_S)L_{ef}(\theta_S, \theta_0)} \quad (3)$$

burada θ_0 - düşən şüa selinin istiqaməti; θ_S - səpələnen şüa selinin istiqaməti; B_u - f meyllik bucağı istiqamətində şüalanmanın bütün istiqamətlərə bərabər paylanması əks etdirir və aşağıdakı kimi təyin olunur

$$B_u(\theta) = \int_{\theta_1}^{\theta_2} 2 \sin\theta \cos\theta d\theta \quad (4)$$

Əgər fərz olunsun ki, bütün təbəqələrdə olan fitoelementlərin parlaqlığı onların meyl bucağından asılı deyil, bu halda

$$L_{ef}(\theta) = L_S G(\theta) \sin\theta, \quad (5)$$

burada L_S - birbaşa Günəş radiasiyasının qiymətidir.

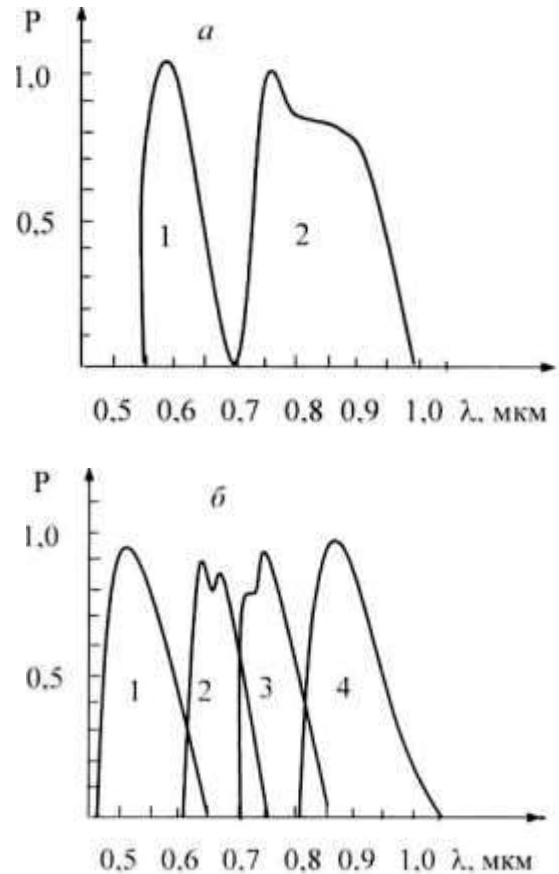
Burada tənliyin həlli məlum sərhəd şərtləri daxilində aparılır [2-4]. Bu məsələləri çoxkanallı sistemlərə tətbiqini nəzərdən keçirək.

BİTKİ ÖRTÜYÜNÜN SPEKTRAL ƏKS ETMƏ MODELİNİN QURULMASI

Təyyarə - laboratoriyalar vasitəsi ilə əldə olunmuş məlumatların təhlili göstərir ki, müxtəlif göstəricilərə malik (fitokütlənin həcmi, torpağın təsiri və s.) bitki örtüyünün spektral parlaqlıq əmsalının $p(\lambda)$ qiymətinə əsasən bitki örtüyünün, atmosferi və istifadə olunan spektral kanalın xüsusiyyətləri, ölçmələr aparən texniki avadanlığın

göstəriciləri və ölçmə nəticələrinə digər təsir edən parametrlərin qarşılıqlı əlaqəsinə görə məsafədən alınan məlumatlar əsasında bitki örtüyünün parametrlərini qiymətləndirmək olar. Aerokosmik avadanlıqlar vasitəsi ilə bitki örtüyünün tədqiqi üçün spektrin görünən və infraqırmızı (İQ) spektral kanallarından geniş şəkildə istifadə olunur [5-8]. Şəkil 2-də təqdim edilən qrafik materiallarda AVHRR radiometr və MSS spektrometrin spektral həssaslığı $R(\lambda)$ əks etdirilmişdir (λ - ölçmənin dalğa uzunluğudur).

Bu avadanlıqlar uyğun olaraq ABŞ-a məxsus NOAA və «Landsat» peyklərində quraşdırılmışdır. Göstərilən avadanlıqlardan alınan məlumatlar əsasında bizim tərəfimizdən bitki örtüyünün parametrlərinin qiymətləndirilməsinin təkmilləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır.



Şəkil 2

AVHRR (a) və MSS avadanlıqlarının əhatə etdiyi spektral kanalları.

İfadə (1)-ə uyğun olaraq kosmosdan yuxarıda göstərilən çoxkanallı sistemlər vasitəsi ilə bitki

örtüyündən əks olunan şüalanmanın qiyməti aşağıdakı kimi, belə ki, i -ci kanal üzrə k tipli avadanlığın tətbiqi ilə əks olunan şüalanmanın qiyməti belə təyin olunur:

$$L_{efi}(m, k, r, M, \theta, h_{\otimes}) = \quad (6)$$

$$= \frac{1}{2\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [L_s(m, \lambda, h_{\otimes}) + L_{s,səp}(m, \lambda, h_{\otimes})] \times \rho_i(\lambda, m, \theta, r)$$

burada $L_s(m, \lambda, h_{\otimes})$ - baxılan λ -dalğa uzunluğunda birbaşa Günəş radiasiyası, m - atmosferi səciyyələndirən parametr, h_{\otimes} - Günəşin qalxma hündürlüyü; $L_{s,səp}(m, \lambda, h_{\otimes})$ - yer səthində səpələnmiş Günəş enerjisinin qiymətidir; M - bitkilərin fitokütləsi; r - torpağın xüsusiyyətlərini səciyyələndirən parametridir. Bu parametr torpağın nəmliyini, onun tipini və strukturunu qiymətləndirir; $\rho_i(\lambda, m, \theta, r)$ spektrin əks olunma xüsusiyyətini əks etdirən səpəlmə indikatrissasının funksiyasıdır; θ - zenit zenit bucağıdır.

Beləliklə, belə qənaətə gəlmək olar ki, əks olunan şüalanmanın bucağa görə paylanması bitki örtüyünün fiziki xüsusiyyətlərindən, səthinin formasından, düşən şüanın düşmə bucağından asılıdır, bu da əsasən Günəşin qalxma hündürlüyündən (h_{\otimes}), atmosferin şəffaflığından (m) və indikatrissa funksiyasının [$\rho_i(\lambda, m, \theta, r)$] qiymətindən asılıdır. İfadə (6) M fitokütləsinin hesablanmasında əsas rol oynayır.

Bitki örtüyünün parametrlərinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsində ölçmə nəticələrinə güclü təsir göstərən amillərdən biri də müəyyən müddət ərzində zəiflənən və yaxud güclənən əks olunmanın qiymətləndirilməsidir. Bu amillərin əsas səbəbi radiasiya şüalanmalarının bitki örtüyünün müxtəlif qatlarında və torpaqda əks olunması və ya udulmasıdır.

Bitki örtüyünün (j qalınlığı) hündürlüyünün qiymətindən zəiflənən radiasiyanın ümumi qiyməti aşağıdakı kimidir

$$I(j) = \sum_{\theta_s=1}^n L_{efi}(m, k, r, \theta, h_{\otimes}) \cdot [\varphi_d(m, r, \theta_s, j) + \varphi_u(\theta_s, m, r, j+1)] \quad (7)$$

burada $\varphi_d(m, r, \theta_s, j)$ - j təbəqəsindən θ_s istiqamətində zəiflənən şüalanmanın qiyməti; $\varphi_u(\theta_s, m, r, j+1)$ - $j+1$ təbəqəsindən keçərək artan şüalanma qiymətidir.

Araşdırmalar prosesində (5), (6) və (7) ifadələrinin qarşılıqlı müqayisəsi əsasında müxtəlif istiqamətli fitoelementləri olan bitki örtüyündə spektral əks olunma xüsusiyyətlərini qiymətləndirməyə imkan verən aşağıdakı ümumiləşdirilmiş tənlikləri alırıq

$$\left. \begin{aligned} \varphi_d(m, r, \theta_s, j+1) &= M(\theta_s, r, m) \varphi_d(\theta_s, j) + 0,5(\rho + \tau) B_s(\theta_s, r, m) I(j) \\ \varphi_u(\theta_s, m, r, j) &= M(\theta_s, r, m) \varphi_u(\theta_s, r, m, j+1) + (\rho + \tau) B_u(\theta_s, r, m) I(j) \end{aligned} \right\} (8)$$

Tənliklər sistemi (8) aşağıdakı sərhəd şərtləri əsasında həll edilir. Yuxarı sərhəddə bitki örtüyünün azalan şüalanması düşən və səpələnən şüalanmanın cəminə bərabər olur. Qeyd olunmalıdır ki, şüalanma ancaq baxılan bucaq altında düşür. Aşağı sərhəddə radiasiyanın izotrop mühit olan torpaqdan əks olunması nəzərə alınmalıdır. Belə ki,

$$\varphi_u(\theta_0, r, m+1) = \rho_t B_u(\theta_0) \sum_{\theta_s=1}^n (\theta_s, r, m+1), \quad (9)$$

burada ρ_t torpağın izotrop şüalanmasıdır.

Alınmış nəticələrə təsir göstərən amillərdən biri də ümumilikdə bitki torpaq sistemin təsirindən spektral parlaqlıq əmsalının qiymətidir. Bu qiymət aşağıdakı kimi hesablanır

$$b_{\lambda} = \frac{\varphi_u(\theta_s, \theta_0, m, r, j)}{B_u(\theta_0)} \quad (10)$$

b_{λ} -nın hesablanması da yuxarıda qeyd etdiyimiz sərhəd şərtləri daxilində aparılır. Əvvəlcə fərz olunur ki, bitki örtüyünün yarpaqları mütləq qaradır.

Bu şərt daxilində (8) tənliklər sistemi bitki örtüyünün bütün təbəqələri üçün həll edilir. Sonra bu əməliyyat təkrar olunur, lakin hesablamaya fitoelementlərdən spektral səpəlməni səciyyələndirən əmsallar daxil edilir [3,9,10].

Göstərilən model əsasında hesablama nəticələrinin qarşılıqlı müqayisəsi aparılmışdır. Təcrübə ölçmə nəticələri kimi NOAA-18 peykindən alınmış məlumatlar əsas götürülmüşdür. Peyklərdən alınan informasiya 5 kanallı AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) radiometer vasitəsi ilə alınmışdır. Bizim tədqiqatlarımızda 1-ci ($\lambda=0,58\div0,68\text{mkm}$) və 2-ci kanalın ($\lambda=0,725\div1,1\text{mkm}$) məlumatlarından istifadə edilmişdir. Peykin müşahidə zonasının eni 3000km, fəza ayırdetməsi 1,1km təşkil

etmişdir. Azərbaycan ərazisini əhatə edən məlumatlarını interaktiv peyk arxivindən istifadə etməklə (Internet Web-sayt: www.saa.noaa.gov (Satellite Active Archive) müxtəlif vegetasiya dövrlərində bitki örtüyünün spektral parlaqlıq əmsallarının qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

Tədqiqat ərazisi kimi Kür-Araz ovalığı götürülmüşdür. Bu da onunla əsaslanır ki, bu region üçün torpaq və bitki örtüyünün spektral xüsusiyyətləri ətraflı tədqiq olunub və müxtəlif səpgili böyük həcmli materiallar mövcuddur.

Peyk sistemlərindən alınmış xarakterik parametrlərin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün eyni bir bitki növü üçün hesablama nəticələri ilə təcrübə nəticələri qarşılıqlı müqayisə olunaraq (10) ifadəsi ilə hesablanan b_{λ} -nin qiymətləri arasındakı fərqlər müəyyən olunmuşdur.

Bu halda aparılmış yerüstü ölçmələrin o nəticələri götürülmüşdür ki, onların aparıldığı müddətdə Günəşin qalxma hündürlüyü peyk vasitəsilə aparılan ölçmələr zamanı qeyd olunmuş qalxma hündürlüyünə bərabər və yaxud ona çox yaxın olmaqla yanaşı, hər ikisinin spektral ölçmə diapazonu eyni olmalıdır.

Ölçmə və hesablama nəticələri arasındakı xətanın qiyməti Δ aşağıdakı kimi (11) təyin olunmuşdur

$$\Delta = \frac{(b_{\lambda_{\Delta}} - b_{\lambda_{\gamma}})}{b_{\lambda_{\gamma}}} \quad (11)$$

Bitki növü kimi buğda əkin sahəsinin spektral göstəriciləri əsas götürülmüşdür. Aşağıdakı cədvəldə baxılan diapazonlarda b -nin hesablama və təcrübədən alınmış qiymətlər arasındakı fərqlər göstərilmişdir.

Günəşin qalxma hündürlüyü $h_{\odot} 45^{\circ}$ -dən böyük olmalıdır. Göründüyü kimi xətalarnın qiyməti mənfi və müsbət istiqamətlərdə dəyişir. Xətalarnın mütləq qiyməti isə 15 %-dən yuxarı olmur.

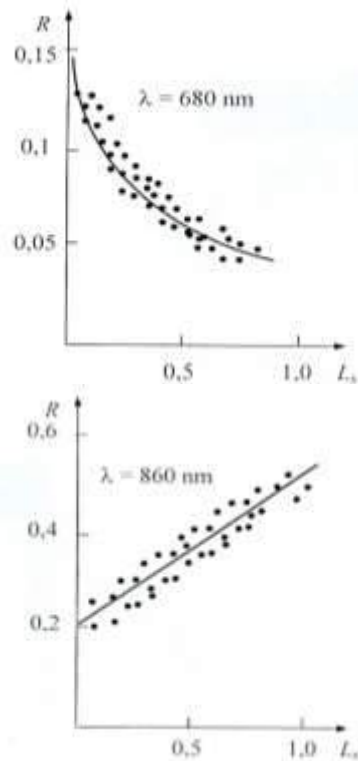
Tədqiqat şəraitində baxılan dalğa uzunluqlarına aid xətalarnın kəmiyyəti

Cədvəl

Dalğa uzunluğu, mkm	Δ , %	$ \Delta $, %
0,58-0,68	-11,8 ... 17,8	14,8
0,725- 1,1	-11,4 ... 13,0	12,2

Bu qiymət ilk baxışda çox görünsə də, ölçmə prosesinin mürəkkəbliyi bir çox obyektiv və subyektiv amillərin ölçmə nəticələrinə təsiri böyük olduğundan, alınmış qiymətlər qənaətbəxş hesab olunmalıdır. Xətanın qiymətinin azaldılması üçün ölçmələr bitki örtüyünün müxtəlif vegetasiya dövrlərini əhatə etməlidir. Tədqiqatlarda kosmik gəminin orbitinin seçilməsi imkanları xaricində olduğundan biz ancaq bir vegetasiya fazasını əhatə edə bilmişik.

Şəkil 3-də spektral parlaqlıq əmsalının bitkinin tutduğu sahədən asılılığının baxılan dalğa uzunluqlarında dəyişmə xüsusiyyəti verilmişdir.



Şəkil 3

Dənli bitkilərin çiçəklənmə müddətində spektrin qırmızı (680nm) və yaxın infraqırmızı (860nm) zonalarında spektral parlaqlıq əmsalının bitkilərin sıxlığından asılılığı (R-əks olma əmsalı; L_s - bitki sıxlığı).

Şəkildən görünür ki, bitki örtüyünün sıxlığı diapazonunda spektral parlaqlıq əmsalının qiyməti demək olar ki, xətti artır. Bu iki parametr arasında korrelyasiya əlaqəsi yaratmaqla vegetasiya müddətindən asılı olaraq biokütlənin miqdarını hesablamaq mümkündür.

Beləliklə, təklif olunan üsulla spektral parlaqlıq əmsallarının və onlardan irəli gələn göstəricilərin və digər parametrlərin müəyyən edilməsi üçün aşağıdakı nəzərə alınmalı şərtlər göstərilir:

1. Işıqlanma şərti və spektral diapazonda birbaşa və səpələnmə sulla şüalanması nəticəsində ümumi işıqlanma seli, Günəşin qalxma hündürlüyü, spektral diapazonun eni və spektral ayırma xüsusiyyəti.
2. Bitki örtüyünün strukturu: fitoelementlərin nisbi sahəsi, fitoelementlərin meyletmə bucağının diferensial funksiyası.
3. Ayrı-ayrı fitoelementlərin optik xüsusiyyətləri: spektral əksətmə və spektral buraxma əmsalı.
4. Torpağın optik xüsusiyyətləri: torpağın spektral əksətmə əmsalı.

NƏTİCƏLƏR

1. Məqalədə şərh olunan elmi konsepsiyanın reallaşdırılması nəticəsində müxtəlif bitki örtük-

lərində, o cümlədən, kənd təsərrüfatı, meşə örtüyü və otlarlarda, baş verə biləcək proseslərin izlənməsi və regional miqyasda proqnozlaşdırılması məsələlərinin həlli mümkünlüyü göstərilmişdir.

2. Çoxkanallı sistemlərin tətbiqi ilə bitki örtüyünün vegetasiya dövrlərində alınmış məlumatlar əsasında məhsuldarlıq proqnozlaşdırıla bilər.
3. Ölçmələrdən alınan nəticələr əsasında müxtəlif bitki növlərində təbii və antropogen təsirlər nəticəsində baş verən dəyişiklikləri səciyələndirən məlumat bankının yaradılması imkanlı mümkündür və bu olduqca zəruridir.
4. Çoxkanallı peyk ölçmə sistemləri vasitəsi ilə bitki örtüyü üçün alınmış nəticələrini ayrı-ayrı bitki növlərinə bilavasitə tətbiqinin təmin edilməsi məqsədi ilə, ayrı-ayrı parametrlərin qiymətləndirilməsi üçün kompleks aerokosmik tədqiqatların aparılması məqsədəuyğundur.

1. В.В.Козодеров, В.С.Косолапов. *Модели взаимосвязей биометрических и оптико-спектральных характеристик лесной растительности, Исследование Земли из космоса*, **1** (1996) 91-98.
2. А.Ş.Mehdiyev, В.М.Əzizov, А.Н.Бəдəлова. *Мəsafədən zondlamanın fiziki əsasları*, Bakı, (2015) 303.
3. Б.М.Азизов. *Оценка содержания хлорофилла в растениях, подвергнутых антропогенному воздействию спектрометрическим методом, Оптика и спектроскопия*, **3** (2009)514-517.
4. В.В.Козодеров, В.С.Косолапов. *Оптические зондирования биосферы по многоспектральным аэрокосмическим изображениям, Оптика атмосферы и океана*, **5**(1992) 852-859.
5. Б.М.Азизов, Ш.А.Ахмедов. *Дистанционное определение показателей биоресурсов морских вод, Исследование Земли из космоса*», **4** (2008)77-80.
6. Б.М.Азизов, Д.С.Мехтиев. *Определение методом дистанционного зондирования уменьшения содержания хлорофилла в растениях подвергнутых антропогенному воздействию, Milli*

Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri, **4** (2004) 51-55.

7. Е.Н.Белоковская, К.О.Коротков. *Выявление механизмов взаимодействия рельефа и растительного покрова для оценки экологических ситуаций Большого Кавказа методом дистанционного зондирования, Всероссийская научная конференция по картографии, Москва, РАН*, (2001) 236-245.
8. Р.А.Полужков, Б.М.Азизов. *Использование СВЧ радиометрических дистанционных измерений влажности почв при решении задачи прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, Баку., Transactions of National Academy of Science of Azerbaijan, series of physics-mathematical and technical sciences, Physics and Astronomy*, **XXIV** №2 (2004) 123-126.
9. К.К.Росс. *Математическое моделирование переноса радиации в растительных средах. Л., Гидрометеиздат*, (1992)198.
10. В.И.Сагалович. *Определение содержания воды в растительности по гиперспектральным вегетационным индексом, Исследование Земли из Космоса*, **1**(2004) 63-66.

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Б.М.АЗИЗОВ, Д.С.МЕХТИЕВ

В представленной статье изучена возможность использования эффективного метода исследования оптических характеристик растительного покрова и показана применимость сравнительной информации, полученной с помощью спутниковых многоканальных систем. На основе изучения обобщённых результатов исследования данных спектрального отражения растительного покрова выявлена возможность применения этого метода для оптимальной количественной оценки на основе модели Гудриана.

APPLICATION OF SATELLITE IMAGES TO ASSES THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF VEGATATION

B.M.AZIZOV, J.S.MEKHTIYEV

The article presents an examination of the possibility of applying a more efficient quantitative assessment of the optical characteristics of vegetation.

The possibility of its optimal quantitative evaluation is shown on the basis of the Goudrian model and comparative information obtained using multi-channel systems. The study of the obtained generalized results of certain spectral reflection models made it possible to identify indicators of the use of this model.