UDK: 535.343, 551.51 **DOI: 10.56292/SJFSU/vol29_iss3/a137**

ATMOSFERA QATLAMLARIDA DIFFUZ O‘TGAN VA QAYTGAN QUYOSH NURLANISHINING SPEKTRAL VA BURCHAKLI TAQSIMLANISHI

СПЕКТРАЛЬНОЕ И УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФФУЗНО ОТРАЖЕННОГО И ПРОШЕДШЕГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

SPECTRAL AND ANGULAR DISTRIBUTION OF DIFFUSELY REFLECTED AND TRANSMITTED SOLAR RADIATION IN ATMOSPHERIC LAYERS

Ro‘ziboyev Valijon Umarali o‘g‘li[1], Kamolova Muhabbat Muhiddin qizi[2]
Toshqo‘ziyeva Gulnozaxon Adxamjon qizi[3]

[1]Ro‘ziboyev Valijon Umarali o‘g‘li	– Farg‘ona davlat univetsiteti fizika kafedrasi tayanch doktoratni
[2]Kamolova Muhabbat Muhiddin qizi	– Farg‘ona davlat univetsiteti fizika kafedrasi o‘qituvchisi
[3]Toshqo‘ziyeva Gulnozaxon Adxamjon qizi	– Farg‘ona davlat univetsiteti magistranti

Annotatsiya

Ushbu nazariy tadqiqot havo molekulalarida Rayley tarqalishini hisobga olgan holda, tabiiy quyosh nurlanishining atmosfera qatlamlarida tashilishini o‘rganadi. Maqolada atmosfera qatlamlaridan chiqadigan diffuz aks ettirilgan, uzatiladigan va tarqalmagan quyosh nurlanishining spektral va burchak taqsimotlarini hisoblashga qaratilgan. Diffuz nurlanishning intensivligini hisoblashda Chandrasekharning S,T -matritsa nazariyasi qo‘llaniladi va bu faktorizatsiya usuli hisoblanadi. Olingan natijalar havo molekulalari tomonidan qo‘zg‘atiladigan sochilish ta’sirini hisobga olgan holda, quyosh radiatsiyasining spektral va burchak xarakteristikalari bo‘yicha xatti-harakatlari haqida qimmatli ma’lumotlarni taqdim etadi.

Аннотация

Это теоретическое исследование рассматривает передвижение естественного солнечного излучения в атмосферных слоях с учетом релеевского рассеяния на молекулах воздуха. Статья фокусируется на расчете спектральных и угловых распределений диффузно отраженного, пропущенного и нерассеянного солнечного излучения, выходящего из атмосферных слоев. Расчеты интенсивности для диффузного излучения основаны на теории S,T -матрицы Чандрасекара и используют метод факторизации. Полученные результаты предлагают ценные инсайты в поведение солнечного излучения с точки зрения его спектральных и угловых характеристик с учетом рассеивающего влияния молекул воздуха.

Abstract

This theoretical study investigates the transport of natural solar radiation in atmospheric layers, considering the Rayleigh scattering on air molecules. The article focuses on calculating the spectral and angular distributions of diffusely reflected, transmitted, and non-scattered solar radiation emerging from the atmospheric layers. The intensity calculations for diffuse radiation utilize Chandrasekhar’s S,T -matrix theory and employ a factorization method. The obtained results offer valuable insights into the behavior of solar radiation in terms of its spectral and angular characteristics, considering the scattering effects induced by air molecules.

Kalit so‘zlar: *quyosh nurlanishi, Releyning sochilishi, spektral taqsimoti, burchak taqsimoti, diffuz aks ettirilgan nurlanish, uzatiladigan nurlanish, sochilish effektlari, S,T -matritsalar nazariyasi, faktorizatsiya usuli.*

Ключевые слова: *солнечное излучение, релеевское рассеяние, спектральное распределение, угловое распределение, диффузно отраженное излучение, пропущенное излучение, рассеивающие эффекты, теория S,T -матрицы, метод факторизации.*

Key words: *solar radiation, Rayleigh scattering, spectral distribution, angular distribution, diffusely reflected radiation, transmitted radiation, scattering effects, S,T -matrix theory, factorization method.*

KIRISH

Atmosfera bilan o‘zaro ta’sir natijasida atmosfera yuzasiga tushadigan tabiiy quyosh nurlanishi oqimi uchta oqimga bo‘linadi: birinchisi - umumiy oqimning bir qismi bo‘lib, u ko‘p marta sochilgandan so‘ng, atmosfera qatlamidan diffuz o‘tadigan nurlanish, ikkinchisi – atmosferada ko‘p marta sochilgandan so‘ng, atmosferadan orqaga diffuz qaytadigan nurlanishni uchinchisi - atmosfera qatlami orqali sochilmasdan o‘tadigan birlamchi nurlanish. Bundan tashqari, birlamchi nurlanishning bir qismi, atmosfera holatiga qarab, aerozol zarralari tomonidan yutilishi va boshqa

energiya turlariga aylanishi mumkin. Yer yuzasining qaytarish xususiyatlariga qarab, atmosfera qatlamlari orqali o‘tgan quyosh nurlanishining bir qismi Yer yuzasidan qaytadi va atmosferada qo‘shimcha nurlanish oqimini hosil qiladi. Atmosferaga tushayotgan birlamchi quyosh nurlanishi energiyasi bu oqimlar orasida taqsimlanadi. Nurlanishni atmosfera sirtiga tushish burchagi o‘zgarishi bilan har bir oqimga mos keladigan energiya miqdori qayta taqsimlanadi.

Atmosfera fizikasining bu masalasi darslik va monografiyalarda keng yoritilgan bo‘lishiga qaramay, bu mavzu bo‘yicha izchil nazariy hisob-kitoblar amalga oshirilmagan. Adabiyotlarda asosan, kuzatuvlar natijalari va atmofera qatlamlaridan o‘tgan nurlanish oqimini xarakteristikalariga oid raqamlar keltiriladi. Izchil nazariy xisoblashlar olib borish, quyosh spektrining murakkabligi va atmosferadan diffuz o‘tgan nurlanish intensivligining burchak taqsimotini hisoblash murakkab xisoblashlarga asoslanganligi bilan bog‘liq.

Mazkur maqolada quyosh nurlanishining spektral taqsimotni hisobga olgan holda, yorug‘likning atmosfera qatlamlaridan o‘tgan unda qaytgan ikkilamchi nurlanish oqimlarini, nurlanishni atmosfera sirtiga tushish burchagiga qarab oqimlar o‘rtasida qayta taqsimlanish nazariy jihatdan tadqiq etildi. Nurlanish intensivligini hisoblash faktorizatsiya usulida umumlashtirilgan [1,2], tekis-parallel muhitlar uchun yozilgan Chandrasekarning qutblangan nurlanishning ko‘chirilish tenglamasi doirasida amalga oshirildi [3,4].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Ichki manbalarsiz, yassi-parallel, monoxromatik nurlanish oqimini sochuvchi va yutuvchi muhit, parallel nurlar oqimi bilan yoritilganda muhitdagi diffuz nurlanish oqimi ko‘chirilish tenglamasi bilan aniqlanadi [1]

$$\mu\frac{dI(\tau,\Omega)}{d\tau}=I(\tau,\Omega)-\frac{\tilde{\omega}_0}{4\pi}\int_0^1 d\mu'\int_0^{2\pi}d\varphi' P(\Omega,\Omega')I(\tau,\Omega')-\frac{\tilde{\omega}_0}{4}exp(-\tau/\mu_0)P(\Omega,\Omega_0)F. \quad (1)$$

Bu yerda, τ - muhitning optik qalinligi, $\tilde{\omega}_0=\alpha^{soch}/(\alpha^{yut}+\alpha^{soch})$ bir marta sochilishning kvant chiqishi, $\alpha=\alpha^{yut}+\alpha^{soch}$ yutilish koeffitsiyenti (hajm birligi uchun), α^{yut} haqiqiy yutilish koeffitsiyenti, α^{soch}sochilish koeffitsiyenti, z - muhit sirtiga tushirilgan normal bo‘ylab yo‘naltirilgan o‘q, $P(\Omega,\Omega_0)$ Reley burchak matritsasi.

Tekis-parallel muhit uchun atmosferaning optik qalinligi τintegral bilan belgilanadi

$$\tau(\lambda,z)=\int_0^\infty \alpha(\lambda,z)dz \quad (2)$$

bu yerda integrallash sathidan $(z=0)$ atmosferaning yuqori qatlamlarigacha, havo konsentratsiyasining balandlik bilan o‘zgarishini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. (2) dan ko‘rinadiki, muhitning optik qalinligi to‘lqin uzunligiga bog‘liq holda o‘zgaradi. Bu bog‘lanish ko‘p olimlar tomonidan hisoblangan bo‘lishiga qaramay. Koulson [2] va Eltermanning [5] jadvallarida keltirilgan ma’lumotlar boshqa mualliflarga qaraganda aniqroqdir.

Ko‘chirilish tenglamasi (1) monoxromatik nurlanish uchun yozilgan, lekin bu tenglamani keng spektrli nurlanish uchun ham umumlashtirish mumkin. Optik qalinligi τ bo‘lgan muhitdan diffuz ravishda qaytgan va o‘tgan nurlanishning intensivligi -S,T matritsalar yordamida aniqlanadi.

$$I^{(qayt)}(z=0,\Omega)=\frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu}S(\tau,\bar{\Omega},\Omega_0)F(z=0,\Omega_0)$$

$$I^{(ortg)}(z,\Omega)=\frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu}T(\tau,\Omega,\Omega_0)F(z=0,\Omega_0). \quad (3)$$

Bu yerda, $\pi F(z=0,\Omega_0)$ - ma’lum bir to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan, muhitning birlik yuzasiga tushuvchi tekis monoxromatik to‘lqinning umumiy oqimi. Elterman jadvaliga ko‘ra, ma’lum bir optik qalinlik τushbu oqimning $\lambda$to‘lqin uzunligiga to‘g‘ri keladi.

Quyosh nurlanishi keng spektrga ega, uning har bir to‘lqin uzunligi $\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3\cdots\lambda_n$atmosferaning turli optik qalinligiga $\tau_1,\tau_2,\tau_3\cdots\tau_n$ to‘g‘ri keladi. Yorug‘likning Reley sochilishida nurlanishning bir to‘lqin uzunligidan ikkinchisiga o‘tishi kuzatilmaydi. Bunday nurlanishning uzatilishini tavsiflash uchun (1) ko‘rinishdagi $n$ta mustaqil tenglamalar va bir xil miqdordagi yechimlar talab qilinadi.

$$I^{(qayt)}(\tau(\lambda_i),\Omega)=\frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu}S(\tau(\lambda_i),\bar{\Omega},\Omega_0)F(\lambda_i,\Omega_0),I^{(o'tg)}(\tau(\lambda_i),\Omega)=$$

$$=\frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu}T(\tau(\lambda_i),\Omega,\Omega_0)F(\lambda_i,\Omega_0) \quad (4)$$

Yuqoridagi (4) ifodadan diffuz nurlanish intensivligining umumiy oqimlarini aniqlash uchun biz azimutal va qutb burchaklari bo‘yicha integrallashni amalga oshiramiz (keyingi formulalarda i indeksini tushurib qoldiramiz)

$$\pi\Phi^{qayt}(\lambda)=\int_0^1 \mu d\mu \int_0^{2\pi} d\varphi I^{qayt}(\tau(\lambda),\mu,\varphi),$$

$$\pi\Phi^{o'tg}(\lambda)=\int_0^1 \mu d\mu \int_0^{2\pi} d\varphi I^{o'tg}(\tau(\lambda)-\mu,\varphi). \quad (5)$$

Ko‘p marta sochilgan nurlanishdan tashqari, tushayotgan nurlanishning bir qismi sochilmasdan muhitdan o‘tadi. Birlamchi oqimning sochilmagan qismi tushish yo‘nalishini o‘zgartirmasdan, $exp(-\tau(\lambda)/\mu_0)\pi F(\lambda,\Omega_0)$ ga ko‘ra kamayadi va tekis to‘lqin shaklida muhitdan o‘tib ketadi [1].

Uchala oqimning muhitga tushayotgan nurlanish oqimiga nisbatini hodisadagi asosiy oqimga nisbatlarini aniqlaymiz:

$$\eta_{qayt}(\lambda)=\Phi_{qayt}(\lambda)/\mu_0 F(\lambda,\mu_0,\varphi_0), \quad \eta_{o'tg}(\lambda)=\Phi_{o'tg}(\lambda)/\mu_0 F(\lambda,\mu_0,\varphi_0).$$

$$\eta_{to'la}(\lambda)=\eta_{qayt}(\lambda)+\eta_{o'tg}(\lambda)+exp(-\tau(\lambda)/\mu_0). \quad (6)$$

Konservativ muhitda $(\tilde{\omega}_0=1)$, atmosfera toza va unda yutilish bo‘lmasa, tushish burchagi va tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligidan qat’iy nazar, bu uch miqdorning yig‘indisi birga teng bo‘lishi kerak,

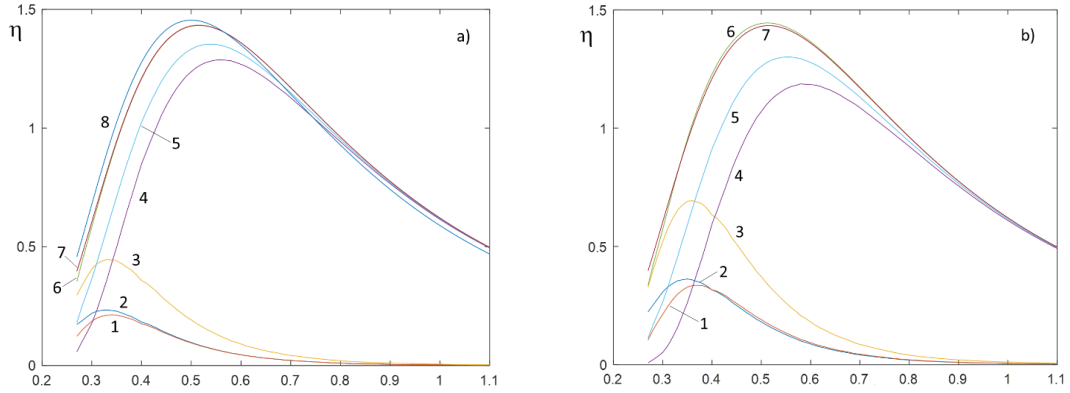
$$\eta^{qayt}(\lambda)+\eta^{o'tg}(\lambda)+\eta^{sochilmagan}(\lambda)=1. \quad (7)$$

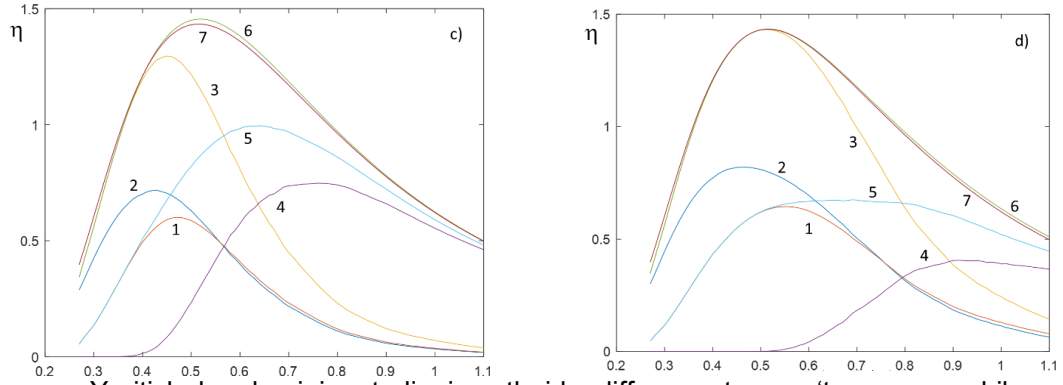
Oxirgi formula bajarilgan analitik va raqamli hisob-kitoblarning to‘g‘riligini baholash mezoni hisoblanadi. $\eta^{qayt},\eta^{o'tg},\eta^{sochilmagan}$ kattaliklar atmosferada sochilgan, undan o‘tgan va sochilmagan nurlanishning qaytarish koeffitsiyentlari, bu qiymatlar $\lambda$to‘lqin uzunligida muhitning qaytarish va o‘tkazuvchanligini tavsiflaydi va bu miqdorlar muxitdan utgan va unday qaytgan nurlanish oqimini spektr bo‘ylab taqsimlash funksiyalari hisoblanadi.

Quyosh energiyasi asosan 0,20 - 4,00 mkm oralig‘idasi spektrga to‘plangan. Hisob-kitoblar quyosh spektrining 0,27 - 1,10 mkm oralig‘ida, har 0,01 mkm bo‘lim (qadam) bilan amalga oshirildi, chunki quyosh radiatsiyasi atmosferasi yuzasiga tushadigan umumiy energiyaning taxminan 91% spektrning ushbu oraliqda to‘plangan. Boshqa tomondan, spektrning ushbu oralig‘ida energiyaning kuchli qayta taqsimlanishi kuzatiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

1-rasmda $\eta^{qayt}(\lambda),\eta^{o'tg}(\lambda),\eta^{sochilmagan}(\lambda)$ - muxitdan diffuz qaytgan, diffuz va sochilmasdan o‘tgan nurlanish oqimlarini spektral taqsimlanishini yoritish burchagining turli qiymatlarigi qiymatlari keltirilgan. 1a-rasmdan ko‘rinib turibdiki, nurlanishning muhitga normal tushiganda $(\theta_0=0^0)$ diffuz oqimlariga qisqa to‘lqinli nurlanish sohasining hissasi yuqori bo‘ladi.





1-rasm. Yoritish burchagining turli qiymatlarida diffuz qaytgan, o‘tgan va sochilmagan nurlanishning spektral taqsimotini hisoblash natijalari: $\theta_0 = 0^0(a).60^0(b).85^0(c).88.5^0(d)$. 1-6 egri chiziqlar $\eta^{o'tg}$, η^{qayt}, $\eta^{qayt}+\eta^{o'tg}$, $\eta^{sochilmagan}$, $\eta^{qayt}+\eta^{o'tg}+\eta^{sochilmagan}$ ga mos keladi Rasmdagi 7 va 8 egri chiziqlar (a) rasmda mos ravishda $T = 5800^0$ va $T = 5630^0$ temperaturada qora jismning spektral taqsimot funksiyasini hisoblash natijalari.

Tushish burchagining qiymati ortgan sari, diffuz nurlanish oqimining ulushi ortadi. Buning sababi shundaki, tushish burchagi normalga nisbatan ortishi bilan tushayotgan nurlanish muhitda odatdagiga qaraganda kattaroq geometrik masofani bosib o‘tadi, buning natijasida sochilishlar soni ortadi.

Rasmlardan ko‘rinadiki, shuningdek, sochilmagan nurlanishning ulushi normal tushishda maksimal qiymatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Tushish burchagini katta qiymatlarida, sochilmagan oqimning ulushi kamayadi. $\theta_0 \to 90^0$ sohada, spektrning qisqa to‘lqinli sohasida sochilmagan oqimning xissasi amalda nolga teng, sochilmagan oqim faqat spektrning uzun to‘lqinli sohasida kuzatiladi (1c, 1d-rasm).

Ma’lumki, quyosh nurlanishining spektral taqsimoti absolyut qora jismning spektriga juda yaqin [6,7]. Agar spektrni taqsimot funksiyasi $f(\lambda)$, qora jism spektriga ko‘ra aniqlansa va birga normirovkalangan bo‘lsa, u holda (4) ni quyidagi shaklda qayta yozish mumkin.

$$\boldsymbol{F}(\lambda,\Omega_0) = f(\lambda)\boldsymbol{F}(z=0,\Omega_0), \qquad \int_0^\infty f(\lambda)d\lambda = 1. \tag{8}$$

Bu yerda, (1) va (3) dan farqli o‘laroq, $\pi\boldsymbol{F}(z=0,\Omega_0)$ tushayotgan nurlanishning butun spektrini o‘z ichiga oladi. Atmosferaning tashqi yuzasiga tushadigan quyosh nurlanishining to‘liq spektri uchun $\pi\boldsymbol{F}(z=0,\Omega_0)$ son jihatdan quyosh doimiysiga $(e_0 = 1371Vt/m^2)$ teng.

Bizning hisob-kitob natijalarimiz T=5630ºC temperaturada hisoblangan qora jismning taqsimlanish funksiyasi bilan juda yaxshi mos keladi (7-egri chiziq, 1a-rasm) [6]. Taqqoslash uchun 1a-rasmda qora jismning T=5800ºC temperaturada taqsimot funksiyasini hisoblash natijasi ko‘rsatilgan (8-egri chiziq, 1a-rasm).

1-jadvalda biz ko‘rib chiqayotgan spektrning to‘lqin uzunligi diapazonida $\eta^{qayt}, \eta^{o'tg}, \eta^{sochilmagan}$ kattaliklar uchun integrallarning hisoblash natijalari ko‘rsatilgan.

$$\beta^{qayt} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda\, \eta^{qayt}(\lambda), \beta^{o'tg} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda\, \eta^{o'tg}(\lambda), \beta^{sochilmagan} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda\, \eta^{sochilmagan}(\lambda) \tag{9}$$

Ushbu kattaliklar β^{qayt}, $\beta^{o'tg}$, $\beta^{sochilmagan}$- butun spektr bo‘ylab muhitdan chiquvchi nurlanishning integral oqimlari umumiy oqimini aniqlaydigan. Ushbu integrallarning qiymatlari 1-rasmda ko‘rsatilgan $\eta^{qayt}(\lambda), \eta^{o'tg}(\lambda), \eta^{sochilmagan}(\lambda)$ funksiyalar bilan tavsiflangan grafiklarning yuzasiga son jihatdan teng bo‘ladi.

Jadval 1. Yorug‘likning tushish burchagini turli qiymatlarida, umumiy integral oqimlarni butun spektr bo‘ylab taqsimlanishini hisoblash natijalari ((9) - formula asosida).

Burchakli yoritish	$\beta^{o'tg}$	β^{qayt}	$\beta^{qayt}+\beta^{o'tg}$	$\beta^{sochilmagan}$	$\beta^{o'tg}+\beta^{sochilmagan}$	$\beta^{qayt}+\beta^{o'tg}+\beta^{sochilmagan}$
$\mu_0 - 1, \theta_0 - 0^0$	0.0616	0.0658	0.1273	0.8703	0.9319	0.9978
$\mu_0 = 0.86, \theta_0 = 30^0$	0.0747	0.0740	0.1487	0.8546	0.9293	1.0033

$\mu_0 = 0.70, \theta_0 \approx 45^0$	0.0852	0.0868	0.1720	0.8303	0.9155	1.0027
$\mu_0 = 0.6, \theta_0 = 60^0$	0.1055	0.1110	0.2166	0.7862	0.8917	1.0028
$\mu_0 = 0.34, \theta_0 \approx 70^0$	0.1321	0.1441	0.2762	0.7272	0.8593	1.0034
$\mu_0 = 0.17, \theta_0 \approx 80^0$	0.1911	0.2220	0.4133	0.5912	0.7823	1.0045
$\mu_0 = 0.08, \theta_0 \approx 85^0$	0.2503	0.3038	0.5541	0.4511	0.7014	1.0052
$\mu_0 = 0.02, \theta_0 \approx 88.5$	0.3583	0.4593	0.8175	0.1852	0.5435	1.0028

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, yorug‘likning tushish burchagi o‘zgarishi bilan muhitdan o‘tuvchi oqimlarning qayta taqsimlanishi kuzatiladi, ammo energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra, ularning yig‘indisi doimiy bo‘lib qoladi. Hisob-kitoblarning aniqlik darajasi 1% dan past bo‘lib, bu esa hisob-kitoblarning aniqlik darajasi yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Agar, tushayotgan nurlanishning taqsimot funksiyasi uchun, normirovka sharti $[\lambda_1, \lambda_2]$ to‘lqin uzunligi oralig‘i uchun olinsa, (8) ga asosan

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda f(\lambda) = 1. \quad (10)$$

shart bajarilishi kerak va bu shart tushishi burchagini qiymatiga bog‘liq emas.

Maqolaning oxirida shuni aytib o‘tish mumkinki, muhitda nurlanishni yutilishi mavjud bo‘lsa, yuqoridagi xisoblashlarni bunday konservativ bo‘lmagan muhit uchun ham bajarish mumkin.

XULOSA

Maqolada moxromatik, qutblangan nurlanishni tekis-parallel muhitda ko‘chirilish tenglamasini, keng spektrga ega bo‘lgan qutblangan nurlanishning ko‘chirilish uchun qo‘llash mumkinligi ko‘rsatildi. Xisoblashlar atmosfera qatlamlariga tushayotgan undan chiqqan quyosh nurlanish oqimini to‘liq spektr bo‘ylab amalga oshirildi.

Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, yorug‘lik tushish burchagining zenitga nisbatan kichik qiymatlarida sochilmagan nurlanish diffuz sochilgan nurlanishdan ustun turadi. Yoritish burchagi qiymatining oshishi bilan sochilmagan nurlanishlar ulushi kamayadi, sochilgan nurlanishlar ulushi esa ortadi. To‘lqin uzunliklari va yorug‘lik burchagining barcha qiymatlari uchun diffuz ravishda aks ettirilgan nurlanish oqimi, ayniqsa spektrning qisqa to‘lqinli spektr sohasida sochilgan nurlanishdan ustun bo‘lishini kutilmagan deb hisoblash mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Chandrasekhar S 1953 (2003) Radiativ uzatish. Dover Publications Inc, Nyu-York

[2] Coulson KL, Atmosferadagi yorug‘likning qutblanishi va intensivligi.: A. Deepak nashriyoti. r. II, IV, VII, 1988 (2017)

[3] Roziqov, Jo‘rabek va Sobirov, Maxmud va Yusupova, Dilfuza va Ro‘ziboyev, Valijon, Cheklangan optik qalinlikdagi muhitda diffuz uzatiladigan nurlanishning qutblanish darajasining burchak taqsimotidagi ba’zi xususiyatlar. SSRN da mavjud: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4378158

[4] Sobirov M.M., Roziqov J.Yu., Ro‘ziboyev VU Polyarizatsionn i ye xarakteristiki diffuzno otrajennogo i propu sh yennogo izlucheniya v srede s konechnoy opticheskoy tol sh inoy // Uzbekskiy fizicheskiy jurnal, AN RUzb. Toshkent, http://doi.org/10.52304/.v23i2.234 , jild. 23, No2, 11-20-betlar, 2021 yil

[5] Elterman, L. UV. 50 km gacha balandliklar uchun Visibe va IR zaiflashuvi, 1968. AFCRL-68-0153, Env. Res. Pap. yo‘q. 285 AQSh havo kuchlari.

[6] Quyosh energiya : V. I . Vissarionov , V. Deriugina , V. A . Kuznetsova , N. K. Kalinin. Moskva , Ed . MPEI , 2008, 207-bet .

[7] Jeyms A Coakley Jr. va Ping Yang, Atmosfera radiatsiyasi, 2014 yil, Wiley-VCh Verlag GmbH & Co. KGaA, Bosch str. 12, 69469 Vaynxaym, Germaniya.