

UO_K: 535.343, 621.315.592**ATMOSFERA QATTALARIDAN DIFFUZ RAVISHDA O'TGAN VA QAYTGAN QUYOSH NURLANISH OQIMLARINI SPEKTRAL VA BURCHAK TAQSIMOTINI HISOBLASH****CALCULATION OF THE SPECTRAL AND ANGULAR DISTRIBUTION OF SOLAR RADIATION FLUXES DIFFUSELY TRANSMITTED AND REFLECTED BY ATMOSPHERIC LAYERS****РАСЧЁТ СПЕКТРАЛЬНОГО И УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ДИФFUZНО ПРОШЕДШЕГО И ОТРАЖЁННОГО ОТ СЛОЁВ АТМОСФЕРЫ****Roziqov Jurabek Yuldashboy o'g'li¹** ¹Farg'ona davlat universiteti, fizika-texnika fakulteti, Fizika kafedrasida o'qituvchisi**Muhammadaminov Qodirjon Qobiljon o'g'li²**²Farg'ona davlat universiteti, fizika-matematika fakulteti talabasi**Annotatsiya**

Maqolada havo molekularida Rayle tarqalishini inobatga olgan holda tabiiy quyosh nurlanishining atmosfera qatlamlariga o'tkazilishi nazariy jihatdan tahlil qilingan. Atmosfera qatlamlaridan chiqadigan diffuz ravishda qaytgan, o'tgan va tarqalmasdan o'tgan quyosh nurlari oqimlarining spektral va burchak taqsimoti hisoblandi. Diffuz nurlanish intensivligini hisoblash nazariyasi doirasida amalga oshirildi. Chandrasekarning *S, T* – matritsalar nazariyasini faktorizatsiya usuli yordamida ishlab chiqilgan.

Abstract

The article theoretically analyzes the transmission of natural solar radiation through atmospheric layers, taking into account Rayleigh scattering in air molecules. The spectral and angular distributions of solar radiation fluxes, including diffusely reflected, transmitted, and unscattered radiation emerging from the atmospheric layers, were calculated. The calculation of diffuse radiation intensity was carried out within the framework of the theory. Chandrasekhar's *S, T*-matrix theory was developed using the factorization method.

Аннотация

В статье теоретически проанализировано прохождение естественного солнечного излучения через слои атмосферы с учетом рассеяния Рэлея на молекулах воздуха. Рассчитаны спектральное и угловое распределение потоков солнечного излучения, включая диффузно отраженное, прошедшее и нерассеянное излучение, выходящее из слоев атмосферы. Расчет интенсивности диффузного излучения выполнен в рамках теории. Теория *S, T*-матриц Чандрасекара разработана с использованием метода факторизации.

Kalit so'zlar: quyosh radiatsiyasi, nurlanishni ko'chirish, optik qalinlik, qora jism spektri, atmosfera.**Key words:** Solar radiation, Radiative transfer, Optical thickness, Blackbody spectrum, Atmosphere**Ключевые слова:** Солнечная радиация, перенос излучения, оптическая толщина, спектр абсолютно черного тела, атмосфера**KIRISH**

Atmosfera bilan o'zaro ta'sir qilish natijasida atmosfera yuzasiga tushadigan tabiiy quyosh nurlanish oqimi uchta oqimga bo'linadi: birinchisi umumiy oqimning bir qismi bo'lib, u bir necha marta sochilgandan so'ng, atmosfera qatlamidan o'tib, diffuz shakllanadi. Ikkinchi oqim atmosfera tomonidan kosmosga qaytarilgan va diffuz aks ettirilgan nurlanishni hosil qiluvchi tarqoq nurlanishning bir qismi, uchinchi atmosfera orqali tarqalmasdan o'tadigan birlamchi nurlanishning bir qismi. Bundan tashqari, birlamchi nurlanishning bir qismi, atmosfera holatiga qarab, aerzol zarralari tomonidan so'rilishi va boshqa turdagi energiyaga aylanishi mumkin. Yer yuzasining aks ettiruvchi xususiyatlariga qarab, atmosfera qatlamlari orqali o'tadigan quyosh nurlanishining bir qismi Yer yuzasidan aks etadi va atmosferada qo'shimcha nurlanish oqimini hosil qiladi. Quyosh

nurlanishsining tushayotgan energiyasi bu oqimlar orasida taqsimlanadi. Yoritish burchagi o'zgarganda, har bir oqimga mos keladigan energiya miqdori qayta taqsimlanadi.

Atmosfera fizikasining yuqoridagi muammosi darslik va monografiyalarda keng yoritilgan, ammo adabiyotlarda bu mavzu bo'yicha izchil nazariy hisob-kitoblar yo'q. Kuzatishlar natijalari va o'tgan nurlanishning taxminiy qiymatlari keltirilgan. Bu keng quyosh spektri uchun diffuz nurlanish intensivligining burchak taqsimotini hisoblashda ma'lum qiyinchiliklar bilan bog'liq.

Ushbu maqolada quyosh nurlanishining spektral taqsimotni hisobga olgan holda yorug'lik burchagiga qarab diffuz va tarqalmagan oqimlar o'rtasida qayta taqsimlanishi nazariy jihatdan o'rganiladi. Tarqalgan nurlanishning intensivligini hisoblash Chandrasekarning faktorizatsiya usuli [3-4] bilan ishlab chiqilgan qutblangan nurlanishni yassi-parallel muhitlar uchun ko'chirilish nazariyasi [1,2] doirasida amalga oshirildi. Muhitdan chiqadigan ikkilamchi nurlanish intensivligini qutblangan nurlanish oqimini ko'chirilish tenglamasidan foydalangan holda, hisoblash natijalari [1] yordamida olib borilgan, shu kabi hisob-kitoblarga qaraganda 10% aniqroq ekanligi aniqlandi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Yorug'lik manbalari, tekis monoxromatik nurlanish bilan yassi-parallel, sochuvchi va yutuvchi muhitni yoritganda, muhitdagi diffuz nurlanish maydonini ko'chirilish tenglamasi bilan aniqlanadi [1]

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

Bu erda, τ muhitning optik qalinligi, $\tilde{\omega}_0 = \alpha^{soch} / (\alpha^{yut} + \alpha^{soch})$ bir marta sochilishning kvant chiqishi, $\alpha = \alpha^{soch} + \alpha^{yut}$ so'nish koeffitsienti (hajm birligi uchun), α^{yut} haqiqiy yutilish koeffitsienti, α^{soch} sochilish koeffitsienti, z muhit yuzasiga normal yo'naltirilgan o'q, $\mathbf{P}(\Omega, \Omega_0)$ - Rayle matritsasi. Ushbu tenglama bizga muhitda $\Omega = \Omega(\theta, \varphi)$ - yo'nalishda $\mathbf{I}(\tau, \Omega)$ ni hisoblash imkonini beradi.

Yassi-parallel muhit uchun atmosferaning optik qalinligi τ integral bilan belgilanadi

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

bu yerda integral dengiz sathidan ($z = 0$) atmosferaning yuqori qatlamlarigacha, balandlik bilan havo konsentratsiyasining o'zgarishini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. (2) dan kelib chiqadiki, muhitning optik qalinligi to'lqin uzunligiga qarab o'zgaradi. Bu bog'liqlik turli mualliflar tomonidan hisoblab chiqilgan [2], Eltermanning [5] jadvalarida keltirilgan ma'lumotlar boshqa mualliflarga qaraganda aniqroqdir.

Ko'chirilish tenglamasi (1) monoxromatik nurlanish uchun yozilgan, ammo bu tenglama keng spektrli taqsimotga ega bo'lgan nurlanish uchun umumlashtirilishi mumkin. τ optik qalinlikdagi muhitdan diffuz o'tgan va qaytgan nurlanish intensivligini \mathbf{S}, \mathbf{T} matritsalar yordamida aniqlanadi.

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

$$\mathbf{I}^{(o'tg)}(z, \Omega) = \frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu} \mathbf{T}(\tau, \Omega, \Omega_0) \mathbf{F}(z = 0, \Omega_0). \quad (3)$$

Bu yerda $\pi \mathbf{F}(z = 0, \Omega_0)$ ma'lum bir to'lqin uzunligiga ega bo'lgan tekis monoxromatik to'lqinning umumiy oqimi muhitning birlik yuzasiga tushadi. Elterman jadvaliga ko'ra, bu oqimning to'lqin uzunligi λ ma'lum bir τ optik qalinlikka to'g'ri keladi.

Quyosh nurlanishi keng spektrga ega, unda har bir to'lqin uzunligi $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \dots \lambda_n$ atmosferaning turli optik qalinligiga to'g'ri keladi $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_n$. Reyle yorug'lik tarqalishida nurlanishning bir to'lqin uzunligidan ikkinchisiga o'tishi kuzatilmaydi. Bunday nurlanishning uzatilishini tavsiflash uchun (1) ko'rinishdagi mustaqil n ta tenglamalar va bir xil miqdordagi yechimlar talab qilinadi.

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

$$\mathbf{I}^{(o'tg)}(\tau(\lambda_i), \Omega) = \frac{\tilde{\omega}_0}{4\mu} \mathbf{T}(\tau(\lambda_i), \Omega, \Omega_0) \mathbf{F}(\lambda_i, \Omega_0). \quad (4)$$

(4) dagi diffuz nurlanish intensivligining umumiy oqimlarini aniqlash uchun biz azimutal va qutb burchaklari bo'yicha integrallashni amalga oshiramiz

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

FIZIKA-TEXNIKA

Tarqalgan nurlanishni ko'paytirishdan tashqari, tushayotgan nurlanishning bir qismi sochilmasdan muhitdan o'tadi. Birlamchi oqimning tarqalmagan qismi tushish yo'nalishini o'zgartirishdan, $\exp(-\tau(\lambda)/\mu_0)\pi F(\lambda, \Omega_0)$ ga kuchsizlanadi va muhitni tekis to'lqin shaklida tark etadi [1].

Ushbu uchta oqimning tushayotgan oqimga nisbatini aniqlaymiz va ularni umumlashtiramiz

$$\eta_{qayt}(\lambda) = \Phi_{qayt}(\lambda)/\mu_0 F(\lambda, \mu_0, \varphi_0), \quad \eta_{o'tg}(\lambda) = \Phi_{o'tg}(\lambda)/\mu_0 F(\lambda, \mu_0, \varphi_0). \\ \eta_{umum}(\lambda) = \eta_{qayt}(\lambda) + \eta_{o'tg}(\lambda) + \exp(-\tau(\lambda)/\mu_0). \quad (6)$$

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

$$\eta_{qayt}(\lambda) + \eta_{o'tg}(\lambda) + \eta_{sochmag}(\lambda) = 1. \quad (7)$$

Oxirgi formula bajarilgan analitik va raqamli hisob-kitoblarning to'g'riligini baholash mezonini hisoblanadi. Miqdorlar $\eta_{qayt}, \eta_{o'tg}, \eta_{sochmag}$ - diffuz qaytgan, o'tgan va tarqalmagan nurlanishning qaytarish koeffitsientlari, λ to'lqin uzunligidagi muhitning qaytarish va o'tkazuvchanligini tavsiflaydi va bu miqdorlarni spektr bo'ylab taqsimlash funksiyalari hisoblanadi.

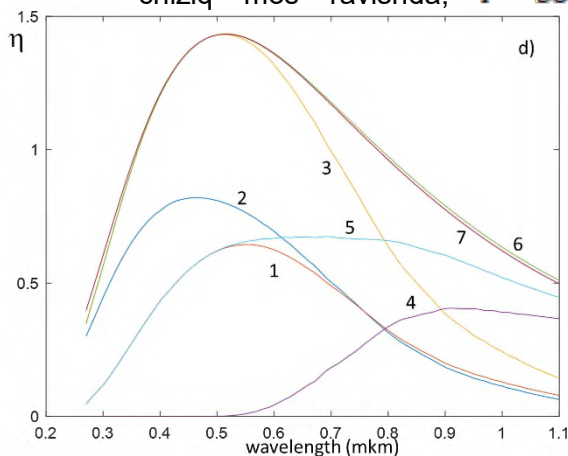
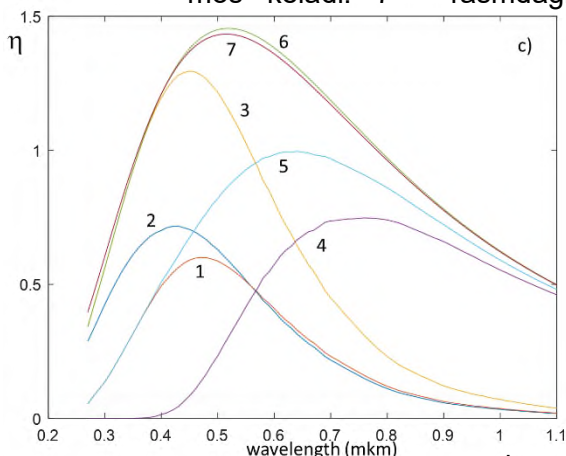
Quyosh energiyasi asosan 0,20 - 4,00 mkm spektral diapazonda to'plangan. Hisob-kitoblar quyosh spektrining 0,27 - 1,10 mkm oralig'ida, 0,01 mkm qadam bilan amalga oshirildi, chunki quyosh nurlanishi atmosferasi yuzasiga tushadigan barcha energiyaning taxminan 91% spektrning ushbu sohasiga to'g'ri keladi.

NATIJA VA MUHOKAMA

1-rasmda $\eta_{qayt}(\lambda), \eta_{o'tg}(\lambda), \eta_{sochmag}(\lambda)$ spektral taqsimotning raqamli hisob-kitoblari natijalari ko'rsatilgan. 1a rasmdan ko'rinib turibdiki, nurlanishning muhitga normal tushishi bilan ($\theta_0 = 0^\circ$) diffuz nurlanish oqimlarining asosiy hissasi qisqa to'lqinli nurlanish tomonidan qo'shiladi. Tushish burchagi me'yordan og'ishi bilan diffuz nurlanish oqimining ulushi ortadi. Buning sababi shundaki, normalga nisbatan tushish burchagi ortishi bilan tushayotgan nurlanish normal yorug'lik ostidagiga qaraganda chiqib ketishdan oldin muhitda kattaroq geometrik masofani bosib o'tadi, buning natijasida tarqalish soni ortadi.

Shuningdek, grafiklardan ko'rinib turibdiki, tarqalmagan nurlanishning ulushi normal tushishda maksimal qiymatga ega. Tushish burchagi me'yordan chetga chiqqanda, tarqalmagan oqimning nisbati kamayadi. $\theta_0 \rightarrow 90^\circ$, spektrning qisqa to'lqinli sohasida tarqalmagan oqimning ulushi amalda nolga teng bo'ladi, tarqalmagan oqim faqat spektrning uzun to'lqinli mintaqasida kuzatiladi (1c, 1d-rasm).

1.Rasm. Turli yorug'lik burchaklarida diffuz qaytgan, diffuz o'tgan va sochilmasdan o'tgan nurlanishning spektral taqsimotini hisoblash natijalari: $\theta_0 = 0^\circ$ (a), 60° (b), 85° (c), 88.5° (d). 1-6 egri chiziqlar $\eta_{o'tg}, \eta_{qayt}, \eta_{qayt} + \eta_{o'tg}, \eta_{sochmag}, \eta_{o'tg} + \eta_{sochmag}, \eta_{qayt} + \eta_{o'tg} + \eta_{sochmag}$ ga mos keladi. 7 - rasmdagi egri chiziq mos ravishda, $T = 5800^\circ$



jismning spectral taqsimot funksiyasini hisoblash natijalari.

XULOSA

Ushbu ishda ko'rsatilganidek, yassi-parallel muhitlarda monoxromatik qutblangan nurlanishning uzatish tenglamasi qutblangan nurlanishning keng spektral taqsimoti uzatilishini

o'rganish uchun ham umumlashtirilishi mumkin. To'liq oqimlarning spektral taqsimoti, shuningdek, (7)-formula bo'yicha, barcha spektral nurlanishlarni o'z ichiga olgan holda, muhitdan chiqayotgan to'liq integral oqim hisob-kitoblari amalga oshirildi. Hisob-kitoblar natijalari shuni ko'rsatdiki, zenitga nisbatan yoritish burchagi kichik bo'lgan hollarda, tarqalmagan nurlanishlar diffuz tarzda tarqalgan nurlanishlarga nisbatan ustunlik qiladi. Yoritish burchagi oshishi bilan tarqalmagan nurlanishlar ulushi pasayadi, tarqalgan nurlanishlar ulushi esa ortadi. Qiziqarli jihati shundaki, barcha to'liq uzunliklari va yoritish burchaklarida diffuz aks etgan nurlanish oqimi diffuz tarzda o'tgan nurlanish oqimiga nisbatan ustunlik qiladi, ayniqsa spektrning qisqa to'liqlik sohasida.

Hisob-kitoblar natijalari shuni ko'rsatadiki, **S,T** - matritsalar nazariyasi doirasida spektrning infraqizil sohasida, asosan atmosfera tomonidan yutiladigan quyosh radiatsiyasi tarkibidagi issiqlik energiyasi ulushini baholash mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Chandrasekhar S 1953 (2003) Radiative transfer. Dover Publications Inc, New York
2. Coulson K. L., Polarization and intensity of light in the atmosphere.: A. Deepak Publishing. r. II, IV, VII, 1988 (2017)
3. Roziqov, Jurabek and Sobirov, Makhmud and Yusupova, Dilfuza and Ruziboyev, Valijon, Some Features in the Angular Distribution of the Degree of Polarization of Diffusely Transmitted Radiation in a Medium with a Finite Optical Thickness. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4378158>
4. Sobirov M.M., Rozikov J.Yu., Ruziboyev V.U. Polyarizatsionniye xarakteristiki diffuzno otrajennogo i propushyennogo izlucheniya v srede s konechnoy opticheskoy tolshinoy // Uzbekskiy fizicheskiy jurnal, AN Ruzb. Tashkent, <http://doi.org/10.52304/v23i2.234>, Vol. 23, No.2, pp.11-20, 2021
5. Elterman, L. UV. Visibe and IR attenuation for altitudes to 50 km, 1968. AFCRL-68-0153, Env. Res. Pap. No. 285. U.S. Air Force.
6. Солнечная энергетика: В.И.Виссарионов, В.Дерюгина, В.А.Кузнецова, Н.К.Калинина. Москва, Изд. МЭИ, 2008, стр.207.
7. James A. Coakley Jr. and Ping Yang, Atmospheric Radiation, 2014, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany
8. Розиков, Ж. Ю., Собиров, М. М., & Рузибоев, В. У. (2021). Поляризационные характеристики диффузно отраженного и проходящего излучения в среде с конечной оптической толщиной. «Узбекский физический журнал», 23(2), 11-20.
9. Sobirov, M. M., Rozikov, J. Y., & Ruziboyev, V. U. Formation of neutral points in the polarization characteristics of secondary radiation in the semi-infinite medium model. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 4, 406-412.
10. Sobirov, M. M., & Rozikov, J. Y. (2020). SOME QUESTIONS OF THE THEORY OF POLARIZED RADIATION TRANSFER IN AN ISOTROPIC MEDIUM WITH A FINITE OPTICAL THICKNESS. *Scientific-technical journal*, 3(4), 16-22.