

11-20-2020

SPECIFIC FEATURES IN POLARIZATION OF DIFFUSELY REFLECTED AND TRANSMITTED RADIATION IN A MEDIUM WITH FINITE OPTICAL THICKNESS

M. M. Sobirov

Ferghana State University, Uzbekistan.

J. Yu. Rozikov

Ferghana State University, Uzbekistan.

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Sobirov, M. M. and Rozikov, J. Yu. (2020) "SPECIFIC FEATURES IN POLARIZATION OF DIFFUSELY REFLECTED AND TRANSMITTED RADIATION IN A MEDIUM WITH FINITE OPTICAL THICKNESS," *Scientific-technical journal*: Vol. 24 : Iss. 5 , Article 18.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol24/iss5/18>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК535.343

SPECIFIC FEATURES IN POLARIZATION OF DIFFUSELY REFLECTED AND TRANSMITTED RADIATION IN A MEDIUM WITH FINITE OPTICAL THICKNESS**Sobirov M.M., Rozikov J.Yu.**

Ferghana State University, Uzbekistan.

ОСОБЕННОСТЬ В ПОЛЯРИЗАЦИИ ДИФФУЗНО ОТРАЖЕННОГО И ПРОПУЩЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СРЕДЕ С КОНЕЧНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНОЙ**Собиров М.М., Розиков Ж.Ю.**

Ферганский государственный университет.

ЧЕКЛИ ОПТИК ҚАЛИНЛИКДАГИ МУХИТДАН ДИФФУЗ ҚАЙТГАН ВА ЎТГАН НУРЛАНИШ ҚУТБЛАНИШИДАГИ ЎЗИГА ХОСЛИК**Собиров, М.М. Розиков Ж.Ю.**

Фарғона давлат университети, Ўзбекистон.

Abstract: The article theoretically studies the transfer of polarized radiation in layers of atmosphere with finite thickness, within the limits of Chandrasecar theory. The angular characteristics of the degree of polarization of reflected and transmitted radiation at excitation of the atmosphere layer by natural non-polarized solar radiation are calculated. It is shown that in the polarization characteristics of diffusely reflected solar radiation, there are also three neutral polarization points, similar in the characteristics of diffusely missed radiation.

Keywords: Transfer equations, plane-parallel environment, optical thickness, polarized radiation, scattering, neutral points.

Аннотация: В статье теоретически исследован перенос поляризованного излучения в слоях атмосферы с конечной толщиной, в рамках теории Чандрасекара. Рассчитаны угловые характеристики степени поляризации диффузно отраженного и пропущенного излучения, при возбуждении слоев атмосферы естественным, неполяризованным солнечным излучением. Показано, что в поляризационных характеристиках диффузно отраженного солнечного излучения, также имеются три нейтральные точки поляризации, аналогичные в характеристиках диффузно пропущенного излучения.

Ключевые слова: Уравнения переноса, плоскопараллельная среда, оптическая толщина, поляризованное излучение, рассеяние, нейтральные точки.

Аннотация: Мақолада қутбланган нурланиш оқимини чекли қалинликка эга бўлган атмосфера қатламларида кўчирилишини Чандрасекар назарияси доирасида назарий таҳлил этилган. Табиий, қутбланмаган қуёш нурланишини атмосфера қатламларидан диффуз ўтиши ва ундан орқага қайтишида, қутбланиш даражасини бурчак характеристикалари назарий ҳисобланган. Қуёш нурланиши оқимининг қутбланиш даражасини бурчак характеристикаларида олтига поляризацияси нолга тенг бўлган нейтраль нуқталар мовжудлиги кўрсатилган.

Калит сўзлар: Кўчирилиш тенгламаси, ясси-параллел мухит, оптик қалинлик, қутбланган нурланиш, нурланишнинг сочилиши, нейтраль нуқталар.

К изучению распространения поляризованного излучения в мутных средах в частности, в слоях атмосферы была положена основа в классических работах Чандрасекара [1]. Несмотря на то, что прошло почти больше чем полвека, эти работы не потеряли свои актуальность, так как в последние десятилетие вырос интерес к изучению поляризационных характеристик солнечного излучения. Это связано с появлением методов зондирования из зондов поверхности Земли [2]. Однако, теоретическое изучение переноса поляризованного излучения в слоях атмосферы, которая тесно связана с задачей переноса излучения в среде с конечной оптической толщиной разработанной Чандрасекаром, требует дополнительных уточнений.

В работе [3] теория переноса поляризованного излучения в изотропных средах с конечной толщиной, было обобщена по методике расчёта в [4]. В настоящей работе приведены результаты численных расчётов угловых характеристик интенсивности и поляризации диффузно отраженного и пропущенного излучения, при возбуждении слою атмосферы поляризованным и неполяризованным, естественным солнечным излучением.

Пусть на слою атмосферы с оптической толщиной τ_1 падает плоская световая волна с полным потоком πF , и распространяется в направлении $\Omega_0(\theta_0, \varphi_0)$, задаваемым углами θ_0 и φ_0 . В этом случае уравнение для матрицы $\mathbf{I}(\tau, \Omega)$ рассеянного излучения на глубине τ , можно представить в виде [1]

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

где $\mathbf{P}(\Omega, \Omega')$ - матрица однократного рэлеевского рассеяния с размером (4x4). Уравнение (1) описывает изменение интенсивности $\mathbf{I}(\tau, \Omega)$, в поле излучения, на слое τ . К изменению интенсивности излучения на слое способствует два фактора; первое, ослабленное падающее первичное излучение $\pi F \exp(-\tau / \mu_0)$ которое проникает до уровня τ ; второе, поле диффузного излучения $\mathbf{I}(\tau, \Omega)$, возникающее вследствие многократного рассеяния. После многократного рассеяния часть излучения отражается назад и выходит через слой $\tau = 0$, а часть излучения выходит наружу через слой $\tau = \tau_1$ и образует прошедшего излучения.

Вводится две матрицы $\mathbf{S}(\tau_1, \Omega, \Omega_0)$ и $\mathbf{T}(\tau_1, \Omega, \Omega_0)$, которые зависят от толщины слоя. Эти матрицы связывают интенсивности первичного падающего излучения, с интенсивностью вторичного, диффузно отраженного назад излучения и излучение диффузно прошедшего через толщу атмосферы. Аналитический вид решения \mathbf{S}, \mathbf{T} матриц приведены в [3].

Связь между интенсивностями диффузно отражённого и прошедшего излучений из среды с падающим потоком определяются выражениями

$$\mathbf{I}_{\text{отр}}(\tau = 0, \Omega) = (\tilde{\omega} / 4\mu) \mathbf{S}(\tau_1, \Omega, \Omega_0) \mathbf{F}(\tau = 0, \bar{\Omega}_0), \quad (2)$$

$$\mathbf{I}_{\text{проп}}(\tau = \tau_1, \bar{\Omega}) = (\tilde{\omega} / 4\mu) \mathbf{T}(\tau_1, \Omega, \Omega_0) \mathbf{F}(\tau = 0, \bar{\Omega}_0). \quad (3)$$

В уравнение (1) определяющее решения задачи имеются две параметры $\tilde{\omega}_0$ и τ . Если, расчёты проводить при определённом значении $\tilde{\omega}_0 = \sigma / (\alpha_{\text{ум}} + \sigma) = \text{const}$, то в этом случае изменение значение $\tau = \alpha z = (\alpha_{\text{ум}} + \sigma)z$ зависеть только от геометрической толщины среды z . Другими словами, увеличение значение τ , равносильно к добавлению

нового слоя к среде.

Интенсивности излучения отраженного и прошедшего через слои атмосферы определяются по формулам (2) и (3). Падающее естественное, неполяризованное излучение имеет следующие параметры Стокса,

$$F_l = F_r = (1/2)F, F_U = F_V = 0,$$

а степень поляризации вторичного потока определяется по формуле

$$P_{\text{лин}} = (I_l - I_r) / (I_l + I_r).$$

В литературе по оптике атмосферы обсуждается явление, открытое Араго в 1809 году, когда естественные, неполяризованные солнечные лучи проходя слои атмосферы до поверхности Земли, поляризуются. Степень поляризации наблюдаемого света, в плоскости солнечной вертикали, зависит от точки нахождения Солнца и угла наблюдения относительно зенитной вертикали. В этой плоскости существуют нейтральные точки, где поляризация меняет знак, в которых свет не поляризован. От точки где расположено Солнце, $15^\circ - 20^\circ$ выше находится точка Бабинне, $15^\circ - 20^\circ$ ниже точка Брюстера, а точка Араго на $15^\circ - 20^\circ$ выше антисолярной точки в другой полуплоскости солнечной вертикали.

На рис.1 приведены результаты расчёта степени линейной поляризации интенсивности излучение, прошедшего через слои атмосферы, в зависимости от угла наблюдения μ , при

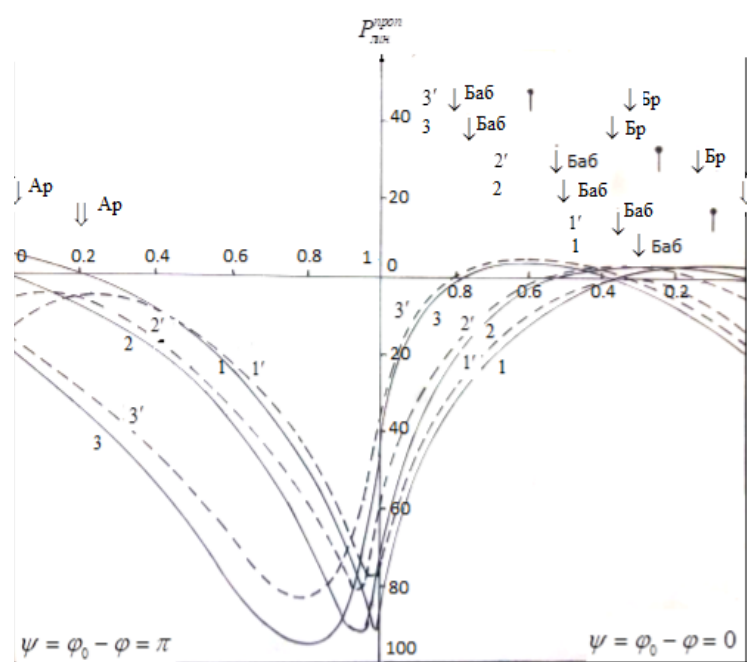


Рис. 1. Смещение нулевых точек в зависимости от значений параметров μ_0 и τ_1 . 1,1' при $\mu_0 = 0.1$; 2,2', $\mu_0 = 0.25$; 3,3', $\mu_0 = 0.6$. Жирные при $\tau = 0.2$, пунктирные $\tau = 1$.

различных значениях μ_0, τ_1 , где $\mu_0 = \cos \theta_0$, θ_0 - угол отклонения Солнца от зенита. Из графиков

видно, что в случае $\tau_1 = 0.2$, при смещении солнце от зенита до горизонта точка Бабинне сохраняется. А точка Брюстера появляется, только при освещении под углами $\mu_0 > 0.2$

($\theta_0 < 78^\circ$). С уменьшением значения μ_0 , когда Солнце приближается к

горизонту, точка Брюстера смещается к границе горизонта, и исчезает при $\mu_0 < 0.2$ ($\theta_0 > 78^\circ$).. Но,

в противоположной полуплоскости солнечной вертикали, вблизи точки антисоляриса, появляется точка

Араго. Это точка сохраняется всех углах освещения $78^\circ < \theta_0 < 90^\circ$. С

приближением солнце к зениту точки Бабинне и Брюстера сливаются в точке $\mu_0 = 1$.

В зависимости от значения угла освещения, с увеличением оптической толщины в пределах $\tau_1 \leq 0.6$ точка Араго исчезает, но точка Брюстера восстанавливается. В области $\tau_1 > 0.8$, точки Бабинне и Брюстера исчезают вблизи горизонта, например при $\tau_1 = 1$ это граница соответствует к углу $\mu_0 \approx 0.13$ или $\theta_0 \approx 82^\circ$. В области между нулевыми точками, максимальное значение степени поляризации невелико,

до (5-6)% в зависимости от значений μ_0 и τ_1 . Максимум поляризации вторичного излучения соответствует точке, где углы падения и наблюдения взаимно перпендикулярны.

На рис.2 приведены результаты расчёта степени поляризации отраженного назад излучения от слоев атмосферы. Как в случае на пропускание, все закономерности в характеристиках отраженного излучения сохраняются, но полуплоскости в меридиональной солнечной вертикали, меняются местами. Точки Брюстера и Бабине появляются около точки антисоляриса, а точка Араго около Солнца, т.е. меняются местами.

В литературе по атмосферной физике приводится, что кроме выше указанных трёх нейтральных точек имеется четвёртая точка которая, наблюдается с высотных самолётов. Четвёртая точка была обнаружена и сфотографирована в 2002 году, с помощью зондирующего зонда [5]. Нейтральные точки, как оптическое явление всегда привлекает к себе внимания специалистов и широко обсуждается в научной литературе (например см.[6-8]). Обзорная работа [8], посвящена к проблемам поляризованного дистанционного зондирования с использованием нейтральных точек в качестве точки наблюдения, для зондирующих аппаратов.

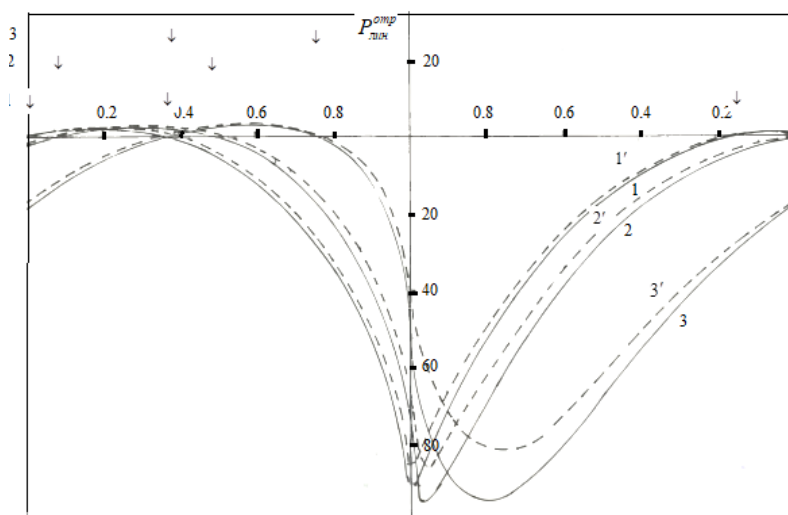


Рис-2. Угловые зависимости поляризации отраженного излучения. Параметры те же, что и на рис.1. Стрелки показывают нейтральные точки.

четыре нейтральные точки.

Следует заметить, что это явление имеет общий характер, в рамках рассмотренной модели такие же нейтральные точки можно наблюдать в поляризационных характеристиках вторичного излучения в изотропных и одноосных кристаллах, когда возбуждающее излучение направлено по оси симметрии.

References:

- [1]. СHandrasekar S. Perenos luchistoy energii. M. IIL, 1953.431 s.
- [2]. Т.А.Sushkevich. O dostizhenii teorii perenosa izlucheniya. Modelirovanie perenosa izlucheniya v prirodnix sredax. Materiali pyatnadsyatoy otkritoy vserossiyskoy konferentsii. "Sovremennye problemi distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa". Moskva, Institut kosmicheskix issledovaniy RAN, 2017 (2008).
- [3]. M.M.Sobirov, J.Yu.Rozikov. Nekotorye voprosi teorii perenosa polyarizovannogo izlecheniya v izotropnoy srede s konechnoy opticheskoy tolshinoy. NTJ, FarPI,2020, 42 c.
- [4]. E.L.Ivchenko, G.E.Pikus, N.X.Yuldashev. Perenos polyarizovannogo izlucheniya v kristallax v eksitonnoy oblasti spektra. Poyaritonnie effekti. JETP,1981, 80, 1228-1246.
- [5]. [Horváth, G](#); [Bernáth, B](#); [Suhai, B](#); [Barta, A](#); [Wehner, R](#). First observation of the fourth neutral polarization point in the atmosphere. J.Optica Society of America A, 2002. 19(10):2085-2099.

Materials of the V International Conference "Optical and photoelectrical phenomenas in semiconductive micro- and nanostructures". Ferghana, November 13-14, 2020.

- [6]. Neutral points in an atmosphere–ocean system 2: Downwelling light field. 2011. *Applied Optics* 50(3):335-46
DOI: [10.1364/AO.50.000335](https://doi.org/10.1364/AO.50.000335)
- [7]. Horváth G., Varjú D. Principal Neutral Points of Atmospheric Polarization. In: *Polarized Light in Animal Vision*. 2004. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-09387-0_4
- [8]. By Lei Yan, Taixia Wu and Xueqi Wang. *Polarization Remote Sensing for Land Observation*. Appleid Optics. 2017; DOI: 10.5772/intechopen.79937.