

механізми коливань блиску та показники кольору цього блазара. Для АЯГ Markarian 501 в основному спостерігалось невелике почервоніння впродовж періоду спостережень (2018-2020 рр.). Це співпадає зі зменшенням блиску об'єкта у 2019-2020 роках і можна пояснити зростанням відносного внеску теплового випромінювання у загальний потік.

Список використаних джерел:

1. Пономаренко В., Сімон А., Василенко В., Ізвєкова І., Баранський О. Результати фотометричного оптичного моніторингу чотирьох активних ядер галактик у 2018-2019 роках. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. 2019. №. 59. с. 48-55.
2. Doroshenko V.T., Efimov Y.S., Borman G.A., Pulatova N.G. BVRI CCD-Photometry of Comparison Stars in the Fields of Galaxies with Active Nuclei. Astrophysics. 2014. 57. № 2. С. 176-196.
3. Doroshenko V.T., Efimov Y.S., Borman G.A., Pulatova N.G. BVRI CCD-Photometry of Comparison Stars in the Fields of Galaxies with Active Nuclei. VI. Astrophysics. 2014. 57. № 1. С. 30-49.
4. Doroshenko V.T., Sergeev S.G., Efimov Y.S., Borman G.A., Okhmat D.N., Pulatova N.G., Nazarov S.V. BVRI CCD-Photometry of comparison stars in the fields of galaxies with active nuclei. V. Astrophysics. 2013. 56. № 3. С. 343-358.
5. Acciari V.A., Arlen T., Aune T., et al. Spectral energy distribution of Markarian 501: Quiescent state versus extreme outburst. The Astrophysical Journal, 729(1), p. 2, 2011.
6. Feng H.C., Liu H.T., Zhao Y.H., et al. ir/i-band host galaxy contamination of TeV/i-ray blazar mrk 501: effects of aperture size and seeing. Research in Astronomy and Astrophysics, 18(2), p. 021, 2018.
7. Tuorla Observatory blazar monitoring Optical light curves. [Електронний ресурс] // [сайт] URL: <https://users.utu.fi/kani/1m/index.html>.

OPTICAL MONITORING RESULTS OF ACTIVE GALACTIC NUCLEUS MARKARIAN 501

Vasyl Ponomarenko – PhD, Senior Research Fellow

Andrew Simon – methodologist of the National Academy of Sciences of Ukraine, honored teacher of Ukraine

Volodymyr Vasylenko – methodologist of the National Academy of Sciences of Ukraine

Kateryna Kulish – master's student at Comenius University in Bratislava

Hereby we present the results of photometric observations and research AGN Markarian 501. The observations were performed with the AZT-8 ($D = 0.70$ m, $F = 2.8$ m) telescope of the observation station Lisnyky of Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv during 2018-2020. The AZT-8 equipped with the PL4710-1-BB-E2V CCD and broadband Johnson/Bessel UBVR filters system.

The substrate (bias), dark current, flat-field were taken into account during processing. The fluxes of energy from the object of research with the help of standard stars have been turned into visible stellar magnitudes. The light curves over the observation period were plotted. Variability of brightness in BVRI filters was detected. Color indexes were also studied.

Keywords: active galaxy nuclei (AGN), photometry, optical observations, changes of brightness, UBVR-filters.

ДОПОВНЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ АЕРОЗОЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ АТМОСФЕРИ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРАЛЬНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ НЕБА

Олександр Овсак – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Анатолій Відьмаченко – д-р фіз.-мат. наук, професор

Запропоновано доповнити алгоритми методу відновлення параметрів основних аерозольних мод у земній атмосфері розширенням діапазону значень параметрів

аерозольних часток грубодисперсної моди. В результаті, зростає інформативність масивів значень середньоквадратичного відхилення обчислених фазових залежностей ступеню лінійної поляризації світла, розсіяного модельним газом–аерозольним середовищем від даних вимірювань поляризаційних характеристик неба. Отримані залежності дозволяють вже на перших етапах аналізу виявити ймовірну кількість основних аерозольних мод, присутніх в досліджуваній атмосфері й зробити попередню оцінку значень параметрів часток основної грубодисперсної моди аерозолю та параметра відносного вкладу молекулярного розсіяння в атмосфері. З використанням доповнення алгоритмів методу, виконано аналіз даних спектральних фазових поляриметричних вимірювань неба над позицією ГАО, Київ (Україна) та над позицією CESAR (Нідерланди).

Ключові слова: атмосфера, ступінь лінійної поляризації, аерозоль, відновлення параметрів, моди.

У роботі [3] запропоновано метод виявлення ознак багатомодовості аерозольної компоненти в атмосфері досліджуваної ділянки неба. Метод дозволяє відновити мікрофізичні параметри аерозольних часток, включно з їх функцією розподілу за розмірами, оцінити кількісне співвідношення основних аерозольних мод в атмосфері та уточнити її загальні спектральні параметри. Для аналізу використовуються дані вимірювань спектральних фазових значень $P(\alpha, \lambda)$ ступеню лінійної поляризації (*DoLP*) сонячного світла, яке розсіюється ділянкою безхмарного неба без впливу на нього розсіювання від земної поверхні та сторонніх предметів (тут α – кут розсіяння сонячного світла, λ – довжина хвилі). Досліджувана атмосфера представляється модельною однорідною газом–аерозольною сумішшю, аерозольна компонента якої є композицією мультидисперсних ансамблів сферичних аерозольних часток з нормально–логарифмічним розподілом за розмірами (мод). Мікрофізичні параметри аерозольних часток у кожній з мод можуть приймати визначені, фізично допустимі значення. В алгоритмі аналізу застосовується послідовний підбір величини кожного з параметрів чергової досліджуваної моди, при фіксованих значеннях усіх інших її параметрів, а також параметрів інших, вже визначених мод. Ціллю аналізу є виявлення загальної кількості та відновлення значень параметрів основних аерозольних мод, які формують такі поляризаційні характеристики розсіяння світла модельного середовища, що є найбільш близькими до спектральних фазових залежностей *DoLP* світла, розсіяного досліджуваною ділянкою неба. Для цього виконується мінімізація функції *RMSD* (Root Mean Square Deviation, https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation), що обчислюється, як середньоквадратична сума похибок між виміряними та обчисленими для модельного газом–аерозольного середовища спектральними фазовими значеннями *DoLP*:

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (P_{meas}(\alpha_i, \lambda) - P_{mod}(\alpha_i, \lambda))^2}, \quad (1)$$

де $P_{meas}(\alpha_i, \lambda), P_{mod}(\alpha_i, \lambda)$ – виміряні та обчислені спектральні величини *DoLP* при кожному з N кутів вимірювань α_i , відповідно. Величини $P_{mod}(\alpha_i, \lambda)$ розраховуються з урахуванням сумарного вкладу величин *DoLP* газової та аерозольної компонент атмосфери.

Наші подальші дослідження показали, що представлений у [3] алгоритм аналізу даних вимірювань величини *DoLP* ділянки неба в припущенні одномодової аерозольної складової атмосферного середовища можна доповнити обчисленнями значень функції *RMSD* у більш розширеному діапазоні величин безрозмірного параметра M_i аерозольних часток ($\ln \rho$) та з використанням набору фізично допустимих значень дійсної частини показника заломлення часток Nr . Побудовані графічно результати таких обчислень

надають можливість виявити ймовірну кількість основних аерозольних мод у атмосферному середовищі досліджуваної ділянки неба та попередньо оцінити розміри й природу часток основних грубодисперсних мод.

На Рис.1 приведені результати обчислень залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ при одномодовій аерозольній складовій модельного середовища, отримані з використанням даних вимірювань 18 квітня фазової залежності $DoLP$ неба на довжині хвилі 578 нм [1]. Тут проаналізований діапазон значень параметра $\ln \rho_1$ $[-2.0...5.0]$, при кроковій зміні параметра Nr у діапазоні $[1.4...1.6]$. Для мінімізації функції $RMSD$ виконано підбір оптимального спектрального значення параметра $\beta_{pick}(578nm)$. Як бачимо, розраховані при різних значеннях параметра Nr залежності функції $RMSD$ мають дві області мінімумів, що вказує на ймовірну присутність в досліджуваній ділянці неба двох основних мод, а саме грубодисперсної (coarse) моди 1 з параметром $\ln \rho_1(578)$ у діапазоні значень $[3.8...4.8]$ та дрібнодисперсної (fine) моди 2 з параметром $\ln \rho_2(578) < 1.5$. Область моди 1 мінімальних значень функції $RMSD$ визначається наступними її параметрами: $Nr = 1.45, \ln \rho_1 \approx 4.1...4.5$ при $\beta(578nm) = 0.72$. Слід відзначити, що ці параметри часток грубодисперсної моди повторюють результати робіт [2, 3].

Рис.2 показує результати аналізу даних вимірювань 26 квітня $DoLP$ неба на довжині хвилі світла 578 нм [1]. Тут отримані залежності функції $RMSD$ від параметру $\ln \rho_1$ у діапазоні його значень $[0.0...6.0]$, при зміні параметра Nr у діапазоні значень $[1.43...1.46]$. Відмітимо, що підібраний нами параметр $\beta_{pick}(578nm) = Beta = 0.65$ відрізняється від значення $\beta_{pick}(578nm) = 0.72$, отриманого за даними вимірювань 18 квітня. Крім того, на залежностях функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ спостерігаються ознаки ймовірної присутності трьох основних мод.

$RMSD$

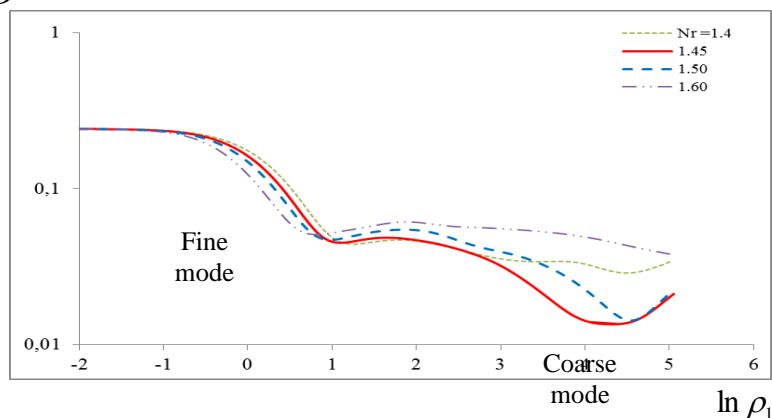
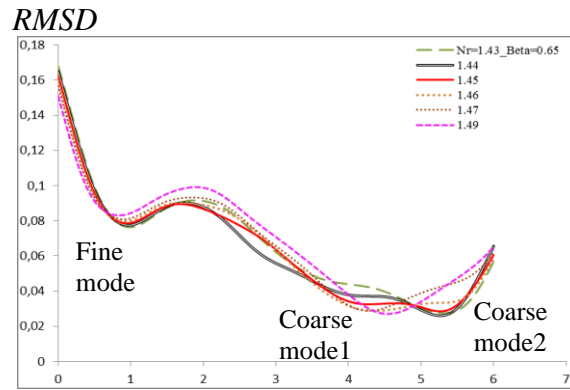


Рис. 1. Залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ при зміні значень параметра Nr . Підписані області існування основних мод аерозоллю. Обчислено за даними вимірювань 18 квітня $DoLP$ неба над позицією ГАО, Київ (Україна) [1]

Найчіткіше ці ознаки виявляються при значеннях параметра $Nr = 1.44$ та $Nr = 1.45$. Таким чином, над досліджуваною позицією, станом на 26 квітня ймовірна присутність в аерозольній компоненті атмосфери двох грубодисперсних мод з параметром $\ln \rho$ їх часток у діапазоні значень $(3.8...4.7)$ та $(5.0...5.7)$, а також дрібнодисперсної моди з параметром $\ln \rho < 1.5$. Отже, при подальшому аналізі даних вимірювань 26 квітня необхідно у модельній аерозольній компоненті врахувати ще одну грубодисперсну моду 3 й за алгоритмами методу визначити її параметри.



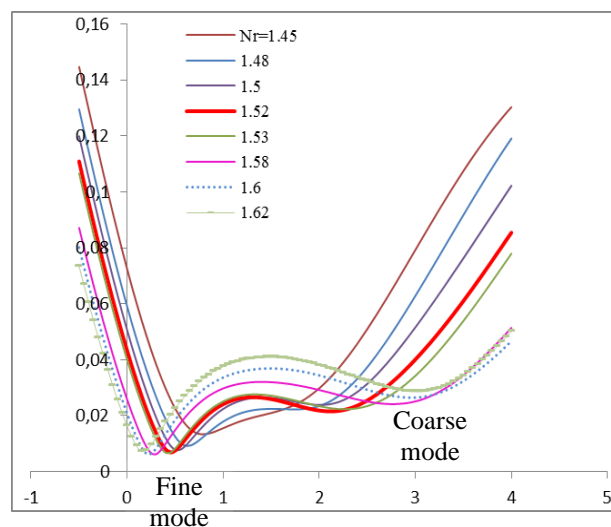
$\ln \rho_1$

Рис.2. Те ж саме, що й на Рис.1, але для даних вимірювань 26 квітня [1]

В роботі [4] приведені результати вимірювань фазової залежності величини $DoLP$ неба, отримані 9 липня 2013 р. над позицією Cabauw Experimental Site for Atmospheric Research (Нідерланди) (далі по тексту CESAR) з використанням спеціально розробленої для наземного використання моделі спектрополяриметра SPEX. Через відсутність табличних даних, ми виконали оцифрування графіків з цієї роботи за допомогою програмного забезпечення Graph2Digit 0.7.1b (<https://soft.mydiv.net/win/download-Graph2Digit.html>).

На рис. 3 приведені залежності функції $RMSD$ від параметра $\ln \rho_1$ у діапазоні його значень $[-0.5 \dots 4.0]$ при зміні величини параметра $Nr = n_{r1}$ у діапазоні $[1.45 \dots 1.62]$, розраховані за даними вимірювань $DoLP$ неба на довжині хвилі 870 нм [4]. Як бачимо, над позицією CESAR виявляються ознаки присутності двох основних аерозольних мод. В області існування грубодисперсної моди функція $RMSD$ набуває мінімальних значень при $Nr = 1.52$ та значенні параметру $\ln \rho_1(870 \text{ nm})$ у діапазоні $(2.0 \dots 2.2)$. Перерахунок на довжину хвилі 578 нм дає відповідні значення параметра $\ln \rho_1(578 \text{ nm}) \approx (1.6 \dots 1.8)$. Таким чином, при однаковій кількості основних аерозольних мод, параметри грубодисперсної моди в небі над позицією CESAR значно відрізняються від параметрів грубодисперсної моди над позицією ГАО, Київ.

$RMSD$



$\ln \rho_1$

Рис. 3. Те ж саме, що й на рис.1, але для даних вимірювань 9 липня 2013 р. над позицією CESAR (Нідерланди) [4]

Висновки. Запропоноване розширення діапазону параметрів аерозольних часток, при виконанні модельного аналізу даних фазових поляризаційних вимірювань неба, надає можливість вже на початкових етапах обчислень виявити ймовірний модовий склад аерозольної компоненти й оцінити параметри часток основних мод в небі над досліджуваною позицією.

Список використаних джерел:

1. Аврамчук В.В. (1965). Многоцветная поляриметрия света сумеречного и дневного неба в зените. *Вопр. астрофиз. Киев: Наук. думка*, 112.
2. Бовчалюк В., Міліневський Г., Данилевський В., Голуб Ф., Сосонкін М., Юхимчук Ю., Подвін Т. (2017). Властивості аерозолію в атмосфері над Києвом за лідарними та фотометричними спостереженнями. *Косм. наука і технол.*, 23(6), 34.
3. Ovsak, O., Vashchenko, V., Vid'machenko, A., Loza, Y., Patlashenko, Z., & Ovsak, B. (2021). Recovery of Parameters for the Multimodal Aerosol Component in the Atmosphere from Spectral Polarimetric Measurements. *Ukrainian Journal of Physics*, 66(6), 466. <https://doi.org/10.15407/ujpe66.6.466>
4. van Harten, G., de Boer, J., Rietjens, J. H. H., Di Noia, A., Snik, F., Volten, H., Smit, J. M., Hasekamp, O. P., Henzing, J. S., and Keller, C. U. (2014). Atmospheric aerosol characterization with a ground-based SPEX spectropolarimetric instrument, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 4341–4351, <https://doi.org/10.5194/amt-7-4341-2014>

AN ADDITION TO THE METHOD OF ATMOSPHERIC AEROSOL COMPONENTS ANALYSIS BASED ON THE DATA OF SPECTRAL POLARIZATION MEASUREMENTS OF THE CLEARSKY

Oleksandr Ovsak O.S. – PhD, Senior Research Fellow
Anatoliy Vidmachenko – Doctor of Science, Professor

It is proposed to supplement the algorithms of the recovering method for the parameters of the main aerosol modes in the Earth's atmosphere by expanding the analyzed range of the parameters of aerosol particles values. As a result, the informativeness of the arrays of values of the root mean square deviation of the calculated phase dependences of the degree of linear polarization of the light scattered by the model gas-aerosol environment from the relevant data of measurements of the polarization characteristics of the sky increases significantly. The obtained dependences make it possible to identify the probable number of main aerosol modes present in the studied atmosphere at the first stages of the analysis and to make a preliminary estimate of the values of the microphysical parameters of the particles of the main coarse-dispersed mode of the aerosol and the parameter of the relative contribution of molecular scattering in the atmosphere. Using an addition to the algorithm of the method, an analysis of data from spectral phase polarimetric measurements of the sky over the site MAO, Kyiv (Ukraine) and over the site CESAR (Netherlands) was performed.

Keywords: atmosphere, degree of linear polarization, aerosol, recovery of parameters, modes.

МЕТЕОРНІ ЯВИЩА ТА ЇХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Олександр Голубаєв – канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник

Альона Мозгова – канд. фіз.-мат. молод. наук. співробітник

У роботі висвітлено важливість та специфіку досліджень метеорних явищ. Описано методи та засоби, що застосовуються під час спостережень метеорів.

Ключові слова: метеор, спектр, метеорний патруль.

Всі тіла Сонячної системи занурені в пилову хмару, яку з поверхні Землі ми спостерігаємо у вигляді Зодіакального Світла. А в області екліптики навпроти Сонця спостерігається Протисяйво (нім. Gegenschein) – слабе освітлення нічного неба, викликане відбиттям сонячного світла міжпланетним пилом у Сонячній системі. Варто не