

MPNТИ: 41.27.29; 41.17.00; 41.51.41; 41.51.27

<https://doi.org/10.26577/RCPH97220263>А.У. Темиржанова¹  И. Рева² , Д.М. Насирова¹ , С.А. Шомшекова² ¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан²Астрофизический институт имени В. Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

*e-mail: shomshekova@fai.kz

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 7469

В данной работе представлены результаты новых B , V и R_c фотометрических наблюдений сейфертовской галактики типа 1.5 NGC 7469, проведенных с октября 2025 г. по январь 2026 г. на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории. Основной целью исследования был мониторинг состояния активного ядра галактики (АЯГ) после значительной оптической вспышки, зафиксированной в конце 2024 года. Наблюдения проводились на 1-метровом телескопе Carl Zeiss и обрабатывались методами дифференциальной ПЗС-фотометрии с использованием апертуры 7". Результаты показывают, что в течение периода исследования галактика оставалась в состоянии относительной фотометрической стабильности со средней звездной величиной в полосе V около 13.2–13.3. Зафиксированная амплитуда переменности составила ~ 0.12 mag, что значительно превышает погрешности измерений ($\sigma_V \approx 0.007$). Сравнение с историческими данными указывает на то, что, хотя быстрый рост яркости 2024 года прекратился, объект стабилизировался на уровне светимости, заметно превышающем минимум 2021 года. Эта стабильность в повышенном состоянии подтверждает сохранение новой активной фазы ядра. Полученные результаты предоставляют важные данные для понимания цикла аккреционных процессов и взаимодействия между АЯГ и окружающим кольцом звездообразования в системах LIRG.

Ключевые слова: сейфертовские галактики, активные ядра галактик, фотометрия, NGC 7469, оптическая переменность, аккреционные диски.

А.У. Темиржанова¹, И.Рева², Д.М.Насирова¹, С.А. Шомшекова²¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан²В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты, Алматы, Қазақстан*e-mail: shomshekova@fai.kz

NGC 7469 Сейферт галактикасының фотометриялық мониторингі

Бұл жұмыста 2025 жылдың қазанынан 2026 жылдың қаңтарына дейін Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясында жүргізілген NGC 7469 Сейферт 1.5 галактикасының жаңа B , V және R_c фотометриялық бақылауларының нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің негізгі мақсаты — 2024 жылдың соңында тіркелген айтарлықтай оптикалық жарылыстан кейін белсенді галактика ядросының (AGN) күйін бақылау болды. Бақылаулар 1 метрлік Carl Zeiss телескопының көмегімен жүргізіліп, 7" апертураны қолдана отырып, дифференциалды ПЗС-фотометрия әдістерімен өңделді. Нәтижелер зерттеу кезеңінде галактиканың орташа V -шамасы шамамен 13,2–13,3 болатын салыстырмалы фотометриялық тұрақтылық күйінде қалғанын көрсетеді. Тіркелген айнымалылық амплитудасы $\sim 0,12$ mag құрады, бұл фотометриялық қателіктерден ($\sigma_V \approx 0,007$) айтарлықтай асып түседі. Тарихи деректермен салыстыру 2024 жылғы жарықтылықтың жылдам өсуі тоқтағанымен, объект 2021 жылы байқалған минимумнан айтарлықтай жоғары жарықтылық деңгейінде тұрақталғанын көрсетеді. Бұл жоғарылаған күйдегі тұрақтылық ядроның жаңа белсенді фазасының сақталуын растайды. Алынған нәтижелер аккреция процестерінің циклін және LIRG жүйелеріндегі AGN мен айналадағы жұлдыз түзілу сақинасы арасындағы өзара әрекеттесуді түсіну үшін маңызды деректер береді.

Түйін сөздер: Сейферт галактикалары, белсенді галактика ядролары, фотометрия, NGC 7469, оптикалық айнымалылық, аккрециялық дискілер.

A.U. Temirzhanova¹, I. Reva², D.M. Nasirova³, S.A. Shomshekova⁴

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Fesenkov astrophysical institute, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: shomshekova@fai.kz

Photometric monitoring of the Seyfert galaxy NGC 7469

This paper presents the results of new B, V, and R_c photometric observations of the Seyfert 1.5 galaxy NGC 7469, conducted from October 2025 to January 2026 at the Tian Shan Astronomical Observatory. The primary goal of the study was to monitor the state of the active galactic nucleus (AGN) following a significant optical outburst recorded in late 2024. Observations were performed using a 1-meter Carl Zeiss telescope and processed with differential CCD photometry techniques using a 7" aperture. The results show that during the study period, the galaxy remained in a state of relative photometric stability with a mean V-band magnitude of approximately 13.2–13.3. The recorded variability amplitude was ~ 0.12 mag, which significantly exceeds the photometric errors ($\sigma_V \approx 0.007$). Comparison with historical data indicates that while the rapid brightness increase of 2024 has ceased, the object has stabilized at a luminosity level notably higher than the minimum observed in 2021. This stability at an elevated state confirms the persistence of a new active phase of the nucleus. The findings provide critical data for understanding the duty cycle of accretion processes and the interaction between the AGN and the surrounding starburst ring in LIRG systems.

Keywords: Seyfert galaxies, active galactic nuclei, photometry, NGC 7469, optical variability, accretion disks.

Введение

Сейфертовские галактики представляют собой один из наиболее изученных классов объектов с активными ядрами (AGN), светимость которых поддерживается аккрецией вещества на сверхмассивную черную дыру (СМЧД) [1-3]. Изучение их переменности на различных временных масштабах позволяет диагностировать физические условия в аккреционном диске и горячей короне [4-6]. Среди таких объектов NGC 7469 (тип Sy 1.5) занимает особое место как «лаборатория» для изучения взаимодействия между активным ядром и интенсивным звездообразованием [7-10].

Галактика классифицируется как яркая инфракрасная система (LIRG), где центральное ядро окружено мощным околядерным кольцом звездообразования радиусом около 500 пк. Современные исследования с помощью космического телескопа James Webb (JWST) выявили в этом кольце 66 областей звездообразования, включая 37 новых объектов, ранее скрытых пылью, что подчеркивает сложность структуры этой системы [11-13]. Кроме того, данные JWST NIRSpec показали наличие сложных газовых притоков (inflows), скорость которых на два порядка превышает

скорость аккреции на черную дыру, что указывает на процессы саморегуляции питания ядра [14, 15].

Активность NGC 7469 сопровождается мощными ионизованными оттоками (outflows). Наблюдения на телескопе VLT/MUSE выявили ионизованный ветер, распространяющийся на расстояние до 2 кпк, что свидетельствует о значительном влиянии AGN на эволюцию родительской галактики [16, 17]. Дополнительный интерес к объекту вызван недавним обнаружением пространственно совпадающих с ним нейтрино высоких энергий (~ 100 ТэВ), что делает NGC 7469 потенциальным кандидатом в источники космических лучей [18, 19].

Проблема исследования. Несмотря на десятилетия мониторинга, характер переменности ядра остается нестабильным. После периода относительного затишья в 2021–2023 годах, в конце 2024 года был зафиксирован резкий всплеск яркости (на 0.3–0.5m), который может знаменовать начало нового активного этапа эволюции объекта [20-23].

Целью данной работы является фотометрический мониторинг NGC 7469 в пост-вспышечный период (октябрь 2025 – январь

2026). Научная новизна исследования заключается в получении новых данных о состоянии блеска галактики спустя год после зафиксированной в 2024 году вспышки активности. Анализ стабильности объекта в этот интервал времени необходим для проверки

гипотез о длительности активных фаз аккреции и корреляции между оптической переменностью и физическими процессами в околоядерном регионе, выявленными в недавних наблюдениях JWST и ALMA [24,25].

Материалы и методы

Наблюдения объекта NGC 7469 проводились в период с 30 октября 2025 года по 28 января 2026 года на 1-метровом телескопе Carl Zeiss Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (ТШАО). Телескоп оснащен ПЗС-камерой Alta F16M с размером матрицы 4096×4096 пикселей, что обеспечивает масштаб изображения $0.76''/\text{пиксель}$. Фотометрические измерения выполнялись в стандартных широкополосных фильтрах Джонсона-Казинса B, V и R_c.

Для обработки полученных кадров применялся пакет программ MaximDL 6. Процедура редукции данных включала стандартную первичную коррекцию за темновой ток, плоское поле. Определение звездных величин проводилось методом высокоточной дифференциальной ПЗС-фотометрии относительно звезд сравнения, находящихся в одном поле зрения с исследуемым объектом, что позволило

минимизировать влияние атмосферной экстинкции и изменений воздушной массы.

Основной опорной звездой служила GSC 1160:1473 (TYC 1160-1473-1) с характеристиками $B = 12.644$, $V = 11.806$ и $R = 11.280$. Для контроля стабильности и оценки погрешностей использовались контрольные звезды: GSC 1160:784 ($V=12.770$), GSC 1160:585 ($V=13.460$) и GSC 1160:1473 ($V=12.600$).

Все фотометрические измерения были выполнены с использованием апертуры $7''$. Выбор данной апертуры обусловлен необходимостью минимизации вклада излучения мощного околоядерного кольца звездообразования NGC 7469, диаметр которого составляет около 1 кпк. Кроме того, использование апертуры $7''$ обеспечивает методическую однородность и прямую сопоставимость полученных результатов с данными многолетнего мониторинга 2020–2024 гг. [20].

Результаты и обсуждение

Основные результаты проведенного мониторинга за период с октября 2025 г. по январь 2026 г. представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Фотометрические данные объекта NGC 7469.

Дата	JD	JD-2400000	B	σ_B	V	σ_V	R	σ_R
30.10.2025	2460979	60979	13,9394	0,0078	13,294	0,007	12,5988	0,0064
25.11.2025	2461005	61005	13,835	0,0062	13,244	0,0062	12,576	0,006
30.11.2025	2461010	61010	13,8234	0,0072	13,2264	0,0076	12,5472	0,0068
02.12.2025	2461012	61012	13,8234	0,0076	13,2172	0,0074	12,5444	0,007
08.01.2026	2461049	61049	13,917	0,0074	13,2916	0,0076	12,5868	0,0068
28.01.2026	2461069	61069	14,006	0,0098	13,3354	0,008	12,6182	0,0066

На основании полученных данных была построена сводная кривая блеска в фильтре V, представленная на рисунке 1. Для наглядного анализа долговременной эволюции объекта на графике совмещены наши новые измерения с

архивными данными мониторинга [ASAS-SN](#) и результатами Fesenkov Astrophysical Institute (FAI) за предыдущие годы.

Визуальный анализ рисунка 1 позволяет зафиксировать текущее состояние объекта в

широком временном масштабе. Отчетливо видно, что после мощного всплеска яркости на 0,3-0,5^m в конце 2024 года, описанного в работе [20], объект не вернулся к состоянию глубокого фотометрического минимума 2021 года ($V \approx 13.43$). Вместо этого на кривой блеска наблюдается выход на «плато» относительной стабильности

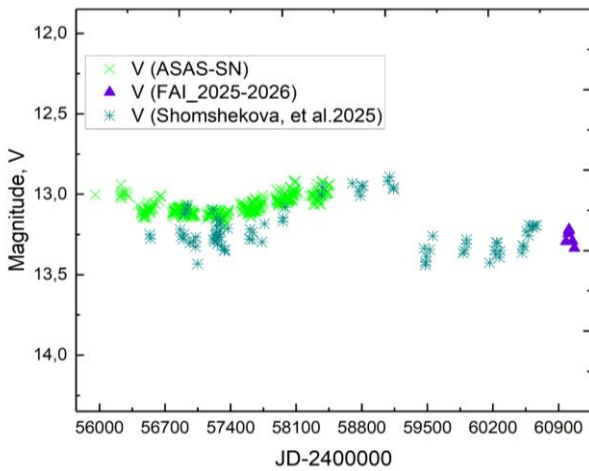


Рисунок 1 – Кривая блеска галактики NGC 7469 в фильтре V, включающая новые и архивные данные (ASAS-SN, FAI)

Заключение

По результатам фотометрических наблюдений галактики NGC 7469 в период октябрь 2025 г. - январь 2026 г. выявлена умеренная оптическая переменность во всех исследованных полосах. Амплитуда переменности за рассматриваемый интервал наблюдений равна: $\Delta B \approx 0.18 \text{ mag}$, $\Delta V \approx 0.12 \text{ mag}$, $\Delta R_c \approx 0.07 \text{ mag}$. Полученные результаты показывают синхронный характер изменений блеска в фильтрах B, V и R_c, что типично для активных ядер галактик и указывает на доминирующий вклад переменного континуума

Зафиксированные в таблице 1 измерения показывают, что в исследуемый период блеск объекта испытывал лишь умеренные колебания. В фильтре V звездная величина изменялась от 13.217 до 13.335 с амплитудой $\sim 0.12^m$. Сравнение этой амплитуды со средней погрешностью измерений ($\sigma \approx 0.007$) подтверждает физическую реальность обнаруженных колебаний блеска даже в спокойной фазе. Аналогичная согласованная динамика наблюдается в полосах B и R_c.

Отсутствие резких скачков цветовых индексов (B-V) и (V-R_c) на фоне стабильного уровня светимости свидетельствует о сохранении повышенного темпа аккреции, установившегося после событий 2024+ года. В контексте данных JWST, обнаруживших мощные газовые притоки к ядру, наблюдаемое на Рисунке 1 плато может объясняться устойчивым механизмом питания сверхмассивной черной дыры из околядерного региона.

Зафиксированная малая амплитуда переменности (0.12^m) объясняет отсутствие в наших данных выраженного эффекта «bluer-when-brighter» (BWB), который обычно проявляется в NGC 7469 при более масштабных вспышках. Таким образом, новые данные подтверждают, что галактика вошла в новую фазу активности, характеризующуюся стабилизацией светимости на более высоком уровне по сравнению с периодом 2021-2023 гг.

центрального источника. Наибольшая амплитуда наблюдается в синей полосе B, что согласуется с общепринятой картиной более сильной переменности в коротковолновой области спектра АЯГ.

Информация о финансировании

Исследование выполнено при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программы № BR24992807.

Вклад авторов: А.У. Темиржанова: обработка данных, измерение данных; И. Рева: проведение наблюдений и сбор данных; Д.М. Насирова: анализ данных; С.А. Шомшекова: научное руководство, привлечение финансирования, анализ данных, визуализация.

Литература

1. B. M. Peterson, G. De Rosa, C. J. Grier, K. Horne, R. W. Pogge, M. C. Bentz, K. D. Denney, P. Martini, S. G. Sergeev, S. Kaspi, T. Minezaki, Y. Zu, C. S. Kochanek, B. J. Shappee, C. Araya Salvo, T. G. Beatty, J. C. Bird, J. C. Brown, D. Denisenko, C. Chen, C.-T. Chen, S. A. Cohen, M. Dietrich, V. T. Doroshenko, T. Drake, Yu. S. Efimov, U. Frey, J. Ginsburg, C. B. Henderson, A. L. King, S. Koshida, M. Mogren, A. M. Mosquera, K. Motohara, S. V. Nazarov, N. N. Okhmat, O. Pejcha, S. Rafter, R. E. Schild, D. M. Skowron, M. Valluri, J. L. Van Saders, and Y. Yoshii,

- Reverberation mapping of the Seyfert 1 galaxy NGC 7469, *Astrophys. J.* **795**, 149 (2014). <https://doi.org/10.1088/0004-637X/795/2/149>
2. R. Middei, S. Bianchi, M. Cappi, P.-O. Petrucci, F. Ursini, N. Arav, E. Behar, G. Branduardi-Raymont, E. Costantini, B. De Marco, L. Di Gesu, J. Ebrero, J. S. Kaastra, S. Kaspi, J. Mao, M. Mehdipour, S. Paltani, U. Peretz, and G. Ponti, Multi-wavelength campaign on NGC 7469. IV. The broad-band X-ray spectrum, *Astron. Astrophys.* **615**, A163 (2018). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201832726>
 3. N. Arav, X. Xu, G. A. Kriss, C. Chamberlain, T. Miller, E. Behar, J. S. Kaastra, J. C. Ely, U. Peretz, M. Mehdipour, G. Branduardi-Raymont, S. Bianchi, M. Cappi, E. Costantini, B. De Marco, L. Di Gesu, J. Ebrero, S. Kaspi, R. Middei, P.-O. Petrucci, and G. Ponti, Multi-wavelength campaign on NGC 7469. V. Analysis of the HST/COS observations: Super solar metallicity, distance, and trough variation models, *Astron. Astrophys.* **633**, A61 (2020). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935342>
 4. F. M. Vincentelli, M. Beard, I. M. McHardy, E. Cackett, K. Horne, and M. Pahari, The evolution of the UV/optical lag spectrum of NGC 7469 seen by the Liverpool Telescope, *arXiv arXiv:2302.09152* (2023). <https://arxiv.org/abs/2302.09152>
 5. S. Grafton-Waters, G. Branduardi-Raymont, M. Mehdipour, M. J. Page, E. Behar, J. S. Kaastra, N. Arav, S. Bianchi, E. Costantini, J. Ebrero, L. Di Gesu, S. Kaspi, J. Mao, R. Middei, P.-O. Petrucci, and G. Ponti, Multi-wavelength campaign on NGC 7469. VI. Photoionisation modelling of the emission line regions and the warm absorber, *Astron. Astrophys.* **633**, A62 (2020). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935815>
 6. E. Seifina, L. Titarchuk, and L. Ugolkova, Scaling of X-ray spectral properties of a black hole in the Seyfert 1 galaxy NGC 7469, *Astron. Astrophys.* **619**, A21 (2018). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833169>
 7. L. Armus, T. S.-Y. Lai, V. U, K. L. Larson, T. Diaz-Santos, A. S. Evans, M. A. Malkan, J. Rich, A. M. Medling, D. R. Law, H. Inami, F. Muller-Sanchez, V. Charmandaris, P. van der Werf, S. Stierwalt, S. T. Linden, L. Barcos-Muñoz, C. C. Hayward, Y. Song, P. Appleton, S. Aalto, T. Bohn, T. Böker, M. J. I. Brown, L. Finnerty, J. Howell, K. Iwasawa, F. Kemper, J. Marshall, J. M. Mazzarella, J. McKinney, E. J. Murphy, D. Sanders, and D. Suresh, GOALS-JWST: Mid-infrared spectroscopy of the nucleus of NGC 7469, *Astrophys. J. Lett.* **942**, L37 (2023). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/acac66>
 8. E. Behar, S. Kaspi, G. Paubert, N. Billot, U. Peretz, R. D. Baldi, A. Laor, J. Kaastra, and M. Mehdipour, Simultaneous millimetre-wave and X-ray monitoring of the Seyfert galaxy NGC 7469, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **491**, 3253 (2019). <https://doi.org/10.1093/mnras/stz3273>
 9. S. Cazzoli, A. Gil de Paz, I. Márquez, J. Masegosa, J. Iglesias, J. Gallego, E. Carrasco, R. Cedazo, M. L. Garcia-Vargas, Á. Castillo-Morales, S. Pascual, N. Cardiel, A. Pérez-Calpena, P. Gómez-Alvarez, I. Martínez-Delgado, and L. Hermosa-Muñoz, NGC 7469 as seen by MEGARA: New results from high-resolution IFU spectroscopy, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **493**, 3656 (2020). <https://doi.org/10.1093/mnras/staa409>
 10. S. Cazzoli, A. Gil de Paz, I. Márquez, J. Masegosa, J. Iglesias, J. Gallego, E. Carrasco, R. Cedazo, M. L. Garcia-Vargas, Á. Castillo-Morales, S. Pascual, N. Cardiel, A. Pérez-Calpena, P. Gómez-Alvarez, I. Martínez-Delgado, and L. Hermosa-Muñoz, NGC 7469 as seen by MEGARA at the GTC, *Proc. Int. Astron. Union* **356**, 202 (2021). <https://doi.org/10.1017/S174392132000318X>
 11. T. Bohn, H. Inami, T. Diaz-Santos, L. Armus, S. T. Linden, V. U, J. Surace, K. L. Larson, A. Evans, S. Hoshikawa, T. S.-Y. Lai, Y. Song, J. M. Mazzarella, L. Barcos-Muñoz, V. Charmandaris, J. Howell, C. Ricci, S. Stierwalt, S. Aalto, T. Böker, M. J. I. Brown, K. Iwasawa, M. A. Malkan, P. P. van der Werf, P. Appleton, C. C. Hayward, F. Kemper, D. Law, J. Marshall, E. Murphy, D. Sanders, and D. Suresh, GOALS-JWST: NIRCам and MIRI imaging of the circumnuclear starburst ring in NGC 7469, *Astrophys. J. Lett.* **942**, L36 (2023). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/acacb1>
 12. V. U, T. Lai, M. Bianchini, R. P. Remigio, L. Armus, K. L. Larson, T. Diaz-Santos, A. Evans, S. Stierwalt, D. R. Law, M. A. Malkan, S. Lien, Y. Wang, P. P. van der Werf, Y. Gao, G. C. Privon, A. M. Medling, L. Barcos-Muñoz, C. C. Hayward, H. Inami, J. Rich, S. Aalto, P. Appleton, T. Bohm, M. L. Brown, V. Charmandaris, J. Howell, K. Iwasawa, F. Kemper, J. Marshall, J. M. Mazzarella, J. McKinney, F. Muller-Sánchez, E. J. Murphy, D. Sanders, and J. Surace, GOALS-JWST: Resolving the circumnuclear gas dynamics in NGC 7469 in the mid-infrared, *Astrophys. J. Lett.* **940**, L15 (2022). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac961c>
 13. T. S.-Y. Lai, L. Armus, V. U, T. Diaz-Santos, K. L. Larson, A. Evans, M. A. Malkan, P. Appleton, J. Rich, F. Muller-Sánchez, H. Inami, T. Böhm, J. McKinney, D. R. Law, S. Linden, H. Goldstein, G. C. Privon, Y. Song, S. Stierwalt, P. P. van der Werf, L. Barcos-Muñoz, A. Togi, T. Böker, V. Charmandaris, J. Howell, K. Iwasawa, F. Kemper, J. Marshall, J. M. Mazzarella, E. J. Murphy, M. J. I. Brown, C. C. Hayward, D. Sanders, and J. Surace, GOALS-JWST: Tracing AGN feedback on the star-forming interstellar medium in NGC 7469, *Astrophys. J. Lett.* **941**, L36 (2022). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac9ebf>
 14. M. Bianchini, V. U, Y. Song, T. S.-Y. Lai, R. P. Remigio, L. Barcos-Muñoz, T. Diaz-Santos, L. Armus, H. Inami, K. L. Larson *et al.*, GOALS-JWST: Gas dynamics and excitation in NGC 7469 revealed by NIRSspec, *Astrophys. J.* **965**, 103 (2024). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad2a50>
 15. T. Izumi, D. D. Nguyen, M. Imanishi, T. Kawamuro, S. Baba, S. Nakano, K. Kohno, S. Matsushita, D. S. Meier, J. L. Turner, T. Michiyama, N. Harada, S. Martin, K. Nakanishi, S. Takano, T. Wiklind, N. Nakai, and P.-Y. Hsieh, ALMA observations of multiple CO and CI lines toward the active galactic nucleus of NGC 7469: An X-ray-dominated region caught in the act, *Astrophys. J.* **898**, 75 (2020). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9cb1>

16. X.Xu and J Wang, Spatially resolved ionized outflows extending to ~ 2 kps in Seyfert 1 galaxy NGC 7469 revealed by the Very Large Telescope/MUSE, *Astrophys. J.* **933**, 110 (2022). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac7222>
17. A. C. Robleto-Orduz, J. P. Torres-Papaqui, A. L. Longinotti, R. A. Ortega-Minakata, S. F. Sánchez, Y. Ascasibar, E. Bellocchi, L. Galbany, M. Chow-Martinez, J. J. Trejo-Alonso, T. E. Rivera-Thorsen, and P. J. Romero-Cruz, MUSE reveals extended circumnuclear outflows in the Seyfert 1 NGC 7469, *Astrophys. J. Lett.* **906**, L8 (2021). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/abd32f>
18. G. Sommani, A. Franckowiak, M. Lincetto, and R.-J. Dettmar, High-energy neutrino emission from the Seyfert galaxy NGC 7469, *J. Phys.: Conf. Ser.* **3053**, A012025 (2025). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/3053/1/012025>
19. G. Sommani, A. Franckowiak, M. Lincetto, and R.-J. Dettmar, Two 100 TeV neutrinos coincident with the Seyfert galaxy NGC 7469, *Astrophys. J.* **981**, 103 (2025). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/adb031>
20. S. Shomshbekova, I. Reva, L. Kondratyeva, N. Huseynov, V. Kim, and L. Aktay, Spectral and photometric studies of NGC 7469 in the optical range, *Universe* **11**, 227 (2025). <https://doi.org/10.3390/universe11070227>
21. M. Pahari, I. M. McHardy, F. Vincentelli, E. Cackett, B. M. Peterson, M. Goad, K. Gultekin, and K. Horne, Evidence for variability time-scale-dependent UV/X-ray delay in Seyfert 1 AGN NGC 7469, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **494**, A057 (2020). <https://doi.org/10.1093/mnras/staa1055>
22. E. R. Partington, E. M. Cackett, R. Edelson, K. Horne, J. A. Miller, A. J. Barth, J. Gelbord, and J. V. Hernández Santisteban, Testing X-ray reprocessing and mapping the soft excess of NGC 7469 with NICER, *Astrophys. J.* **986**, 81 (2025). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/add3ef>
23. Z. F. Binnatova, B. I. Abdullayeva, and N. A. Huseynov, BVRcIc monitoring of the Seyfert galaxy of the first type NGC 7469, *Astron. J. Azerbaijan* **18**, 47 (2023) [in English]. <https://doi.org/10.59849/2078-4163.2023.1.47>
24. T. S.-Y. Lai, L. Armus, M. Bianchini, T. Diaz-Santos, S. T. Linden, G. C. Privon, H. Inami, V. U. T. Bohn, A. S. Evans, K. L. Larson *et al.*, GOALS-JWST: Small neutral grains and enhanced 3.3 μm PAH emission in the Seyfert galaxy NGC 7469, *Astrophys. J. Lett.* **957**, L26 (2023). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ad0387>
25. M. V. Zanchettin, M. Massardi, F. Salvestrini, M. Bischetti, C. Feruglio, F. Fiore, and A. Lapi, The resolved star formation law in NGC 7469 from JWST, ALMA, and VLA, *Astrophys. J.* **970**, 75 (2024). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad57bd>

Информация об авторах:

Аяжан Темиржанова – PhD докторант, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, (Алматы, Казахстан, e-mail: temirzhanova_avazhan@mail.ru)

Инна Рева – старший научный сотрудник, Астрофизический институт имени В. Г. Фесенкова, (Алматы, Казахстан, e-mail: reva@fai.kz)

Диана Насирова – ассоциированный профессор кафедры физики, Казахский Национальный педагогический университет им. Абая, (Алматы, Казахстан, e-mail: d.nasirova@abaiuniversity.edu.kz)

Сауле Шомшекова – PhD, Астрофизический институт имени В. Г. Фесенкова, (Алматы, Казахстан, e-mail: shomshekova@fai.kz)

Авторлар туралы мәлімет:

Аяжан Теміржанова – PhD докторанты, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, (Алматы, Қазақстан, e-mail: temirzhanova_avazhan@mail.ru)

Инна Рева – аға ғылыми қызметкер, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, (Алматы, Қазақстан, e-mail: reva@fai.kz)

Диана Насирова – физика кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университет, (Алматы, Қазақстан, e-mail: d.nasirova@abaiuniversity.edu.kz)

Сауле Шомшекова – PhD, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, (Алматы, Қазақстан, e-mail: shomshekova@fai.kz)

Information about authors:

Ayazhan Temirzhanova – PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: temirzhanova_avazhan@mail.ru)

Inna Reva – Senior Researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: reva@fai.kz)

Diana Nasirova – associate Professor of the Department of Physics, Abai Kazakh National Pedagogical University, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.nasirova@abaiuniversity.edu.kz)

Saule Shomshekova – PhD, Fesenkov Astrophysical Institute, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: shomshekova@fai.kz)

История статьи: поступила: 25 февраля 2026; после доработки 11 апреля; принята: 18 мая 2026.

Мақала тарихы: түсті: 12 қантар 2026; түзетілді: 11 сәуір; қабылданды: 18 мамыр 2026.

Article history: received: 25 February 2026; revised: 11 April; accepted: 18 May 2026.