

**НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
«IX БРЕДИХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**



ТЕЗИСЫ

24 – 28 августа 2026

ЗАВОЛЖСК

РОССИЯ

<https://bredikhin2026.tilda.ws/>

Научно-практическая конференция с международным участием «IX Бредихинские чтения»

В г. Заволжск с 24 по 28 августа 2026 г. состоится научно-практическая конференция с международным участием «IX Бредихинские чтения».

Серия конференций, посвященных новейшим достижениям в теории комет, динамике малых тел солнечной системы, астероидно-кометной опасности под названием «Бредихинские чтения» была организована Российской академией наук (до 1991 АН СССР). Конференции названы в честь великого русского астронома Ф. А. Бредихина, директора Московской обсерватории, директора Пулковской обсерватории, внесшего определяющий вклад в развитие исследований комет и метеоров. Организаторы конференции: Институт астрономии РАН, Муниципальное казенное учреждение культуры «Заволжский городской художественно-краеведческий музей» и Администрация Заволжского городского поселения.

Сборник тезисов общим объемом 28 стр., содержащий 21 работу, позволяет ознакомиться с представленными на конференции докладами.

© ИНАСАН. 2026.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 КОМЕТЫ.....5

Баканас Е. С., Емельяненко В. В., Карташова А. П., Нароенков С. А. Фотометрические наблюдения кометы 3I/ATLAS в 2025–2026 году.....5

Дудченко В. А., Дорофеева В. А. Модели образования внешнего тугоплавкого органического слоя кометных ядер и его разрушения под воздействием инсоляции.....6

Емельяненко В. В. Формирование кометного облака Оорта в массивном планетезимальном диске.....8

Емельяненко Н. Ю. Модельные орбиты малых тел в низкоскоростных сближениях.8

Киселёв Н., Щербина М., Петров Д., Жужулина Е., Карпов Н. Результаты поляриметрических и фотометрических исследований межзвездной кометы 3I/ATLAS. 9

Кохирова Г. И., Баканас Е. С., Емельяненко В. В., Рахматуллаева Ф. Д., Карташова А. П. Исследование фотометрических свойств кометы C/2019 U5 (PANSTARRS) по оптическим наблюдениям в до-перигелийный период и ее динамическая эволюция.....11

Кохирова Г.И., Рахматуллаева Ф. Д. Фотометрические свойства кометы C/2019 Y4 (ATLAS) в период фрагментации по квазисинхронным наблюдениям в Таджикистане и Индии.....12

Шематович В. И. Полярные сияния комет в УФ диапазоне.....12

Шематович В. И., Сачков М. Е. О астробиологическом потенциале комет.13

СЕКЦИЯ 2 МЕТЕОРОИДЫ, МЕТЕОРЫ, МЕТЕОРИТЫ14

Баканас Е. С., Бадак Л. А. Сравнительный морфометрический и мультисенсорный анализ земных импактных кратеров по данным дистанционного зондирования.....14

Брыкина И. Г., Егорова Л. А. О влиянии основных параметров уравнений метеорной физики: параметра абляции и коэффициента сопротивления на моделирование взаимодействия метеороидов с атмосферой.15

Брыкина И. Г., Егорова Л. А. Описание распределения по массам метеороидов в метеорных потоках.16

Жабин В. С., Карташова А. П., Муртазов А. К. Достоверность регистрации метеорных явлений изолированной камерой.17

Ефимов А. В., Жабин В. С., Муртазов А. К. Яркие метеоры в потоках второй половины 2025 г.....19

Карташова А., Кохирова Г., Пузин В., Попова О., Муртазов А., Жабин В. Мониторинг метеорных событий IP камерами.21

Клочков В. И., Шустов Б. М. Особенности динамической эволюции зодиакального облака.....22

<i>Подобная Е. Д., Попова О. П.</i> Исследование распределения недавних ударных кратеров на поверхности Марса.....	22
<i>Попов А. А., Петрова Е. В., Кокорин А. Ф., Гроховский В. И.</i> Экспериментальное моделирование абляции обыкновенных хондритов.....	23
СЕКЦИЯ 3 ИСТОРИЯ КОМЕТНО-МЕТЕОРНОЙ АСТРОНОМИИ.....	25
<i>Александрова Н. А.</i> Генеалогическая коллекция Ю.Б. Шмарова: история и современность.....	25
<i>Касаткина С. В. Ф. А.</i> Бредихин.....	26
<i>Кохирова Г. И.</i> Кометная школа в Таджикистане и ее вклад в развитие кометной астрономии.	27

СЕКЦИЯ 1 КОМЕТЫ

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТЫ 3I/ATLAS В 2025–2026 ГОДУ

Баканас Е. С., Емельяненко В. В., Карташова А. П., Нароенков С. А.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Межзвёздная комета 3I/ATLAS (C/2025 N1) является третьим достоверно подтверждённым объектом межзвёздного происхождения после 1I/‘Oumuamua и 2I/Borisov. Комета была открыта 1 июля 2025 г. обзором ATLAS в Чили [1]. Сильно гиперболическая орбита с эксцентриситетом $e \approx 6.1$ указывает, что объект не связан гравитационно с Солнцем и прибыл из межзвёздного пространства [1]. Кинематические исследования допускают, что родительская планетная система кометы может быть старше Солнечной системы [2].

Редкость межзвёздных объектов и возможность прямого исследования вещества другой планетной системы обусловили широкую международную наблюдательную кампанию. К августу 2026 г. опубликованы результаты фотометрических, спектроскопических, инфракрасных, радионаблюдательных, поляриметрических, динамических и изотопных исследований 3I/ATLAS. В газовой коме обнаружено преобладание CO_2 над H_2O [3]. Оптические исследования показали красноватую окраску пылевой комы [4, 5].

Наблюдения выявили выраженную эволюцию морфологии 3I/ATLAS. Уже на гелиоцентрических расстояниях свыше 4 а.е. комета проявляла пылевую активность [6]. В июле 2025 г. были зарегистрированы асимметричная кома и солнечно-направленная веерообразная структура; позднее сформировался антисолнечный пылевой хвост [7–9]. В августе 2025 г. во внутренней коме была выявлена вращательно-модулированная струйная структура [10]. Эти результаты создают необходимый контекст для интерпретации независимых наземных данных, полученных на последующих стадиях эволюции кометы.

В рамках международной кампании нами проведён цикл широкополосных фотометрических наблюдений 3I/ATLAS в фильтрах BVRI системы Johnson–Cousins. Наблюдения получены на двух площадках ИНАСАН: Кисловодской горной астрономической станции и в ЦКП «Терскольская обсерватория ИНАСАН». Кисловодская серия охватывает период с середины ноября до декабря 2025 г.; Терскольские наблюдения дополняют её несколькими ночами в ноябре–декабре 2025 г. и январе 2026 г. Объединённый материал обеспечивает протяжённое временное покрытие эволюции комы и хвоста кометы.

Цель данной работы состоит в исследовании активности, цветовых характеристик и морфологии комы 3I/ATLAS по данным двух географически разнесённых наблюдательных пунктов. В докладе представлены показатели цвета в системе BVRI, результаты многоапертурной фотометрии комы, оценки параметра A_{fr} и характеристики морфологии комы и хвоста. Сопоставление независимых серий наблюдений позволяет проверить устойчивость выявляемых деталей и снизить влияние инструментальных артефактов и фоновых объектов.

Предварительный анализ показывает, что полученные показатели цвета согласуются с опубликованными данными и подтверждают красноватую окраску пылевой комы. Выявленные структурные особенности качественно соответствуют независимым сообщениям об асимметрии комы, развитии антисолнечного хвоста и внутренних структурах [7–10]. Представленные результаты дополняют опубликованные обзорные и спектроскопические данные, расширяя временную последовательность наблюдений 3I/ATLAS.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2026-236.

Литература:

1. *Seligman D. Z., Micheli M., Farnocchia D., et al.* Discovery and Preliminary Characterization of a Third Interstellar Object: 3I/ATLAS // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 989. L36.
2. *Taylor A. G., Seligman D. Z.* The Kinematic Age of 3I/ATLAS and Its Implications for Early Planet Formation // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 990. L14.
3. *Cordiner M. A., Roth N. X., Kelley M. S. P., et al.* JWST Detection of a Carbon-dioxide-dominated Gas Coma Surrounding Interstellar Object 3I/ATLAS // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 991. L43.
4. *Opitom C., Snodgrass C., Jehin E., et al.* Snapshot of a New Interstellar Comet: 3I/ATLAS Has a Red and Featureless Spectrum // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*. 2025. Vol. 544. L31–L35.
5. *Santana-Ros T., Ivanova O., Mykhailova S., et al.* Temporal Evolution of the Third Interstellar Comet 3I/ATLAS: Spin, Color, Spectra, and Dust Activity // *Astronomy & Astrophysics*. 2025. Vol. 702. L3.
6. *Ye Q., Kelley M. S. P., Hsieh H. H., et al.* Prediscovery Activity of New Interstellar Object 3I/ATLAS: Rapid Brightening from 6 to 4 au // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 993. L31.
7. *Jewitt D., Hui M.-T., Mutchler M., et al.* Hubble Space Telescope Observations of the Interstellar Interloper 3I/ATLAS // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 990. L2.
8. *Jewitt D., Luu J.* Pre-perihelion Development of Interstellar Comet 3I/ATLAS // *Astrophysical Journal Letters*. 2025. Vol. 994. L3.
9. *Bolin B. T., Abron L.-M., Belyakov M., et al.* The Anti-Solar Tail of Comet 3I/ATLAS Seen in Deep Multi-band Imaging Taken at Gemini South // *The Astronomer's Telegram*. 2025. No. 17363.
10. *Serra-Ricart M., Licandro J., Alarcon M. R., et al.* Pre-perihelion Detection of a Wobbling High-latitude Jet in the Interstellar Comet 3I/ATLAS // *Astronomy & Astrophysics*. 2026. Vol. 705. L3.

МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ ВНЕШНЕГО ТУГОПЛАВКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЛОЯ КОМЕТНЫХ ЯДЕР И ЕГО РАЗРУШЕНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИНСОЛЯЦИИ

Дудченко В. А., Дорофеева В. А.
ГЕОХИ РАН, г. Москва, Россия

Все предшествующие наблюдения за проявлением газо-пылевой активности кометных ядер при их сближении с Солнцем свидетельствуют, что она наблюдается лишь на небольшой части освещаемой поверхности ядер (менее 10%). Среди первых причин: неровность поверхности и теневые участки (как результат неправильной формы ядра). Однако, в результате длительного (1 млрд лет и более) воздействия галактических космических лучей (ГКЛ) на поверхность кометных ядер на ней образуется богатая органическими веществами тугоплавкая мантия (кора, слой) с низкими теплопроводящими свойствами [1, 2, 3, 4]. В качестве возможного механизма [4] указывается реакция диспропорционирования СО (лед) на СО₂ (лед) с одновременным синтезом богатой органическими веществами корки. Мы рассматриваем сложный физический процесс разрушения тугоплавкой органической корки под воздействием инсоляции в целом.

Важно предположить, что воздействие ГКЛ было неравномерным, поэтому, во-первых, толщина образующейся коры также различна на разных участках поверхности. Во-вторых, неравномерное по поверхности образование коры вероятно приводило к образованию в ней трещин разной глубины и по всей поверхности ядра, и возможно

внутри самой этой мантии. Можно принять за характерную величину трещин 10 м, исходя из оценок глубины проработки ГКЛ материала кометного ядра 15–20 м [1]. Опираясь на результаты спектроскопических наблюдений второй межзвездной кометы 3I/ATLAS в до- и постперигельный периоды, мы полагаем, что именно через трещины в основном могло происходить выделение CO₂(газ) в доперигельный период, которое наблюдалось у 3I/ATLAS. В дальнейшем с усилением инсоляции (по мере приближения кометы к Солнцу) образовывались депрессии, которые и являются основным каналом потери массы кометным ядром.

Имеющиеся оценки [6] общей массы потери за пролет 3I/ATLAS в зоне инсоляции при трех (четырех) активных депрессиях на основании снимка джетных структур [7] дают возможность оценить глубину ямы величиной порядка от 300 м и более. Это согласуется с тем фактом, что характерный визуальный размер депрессий на поверхности составляет 100 м.

Мы представили внутреннюю структуру кометного ядра как конгломерат пебблов, хаотично расположенных друг к другу, но каждый пеббл имеет одинаковый состав. Для получения величины теплопроводности самого пеббла мы построили двумерную модель с гексагональной симметрией (рис.1) в предположении, что валовый химический состав вещества ядра кометы 3I/ATLAS аналогичен среднему валовому составу солнечных комет, согласно которому, вторым по распространенности после воды летучим компонентом является CO.

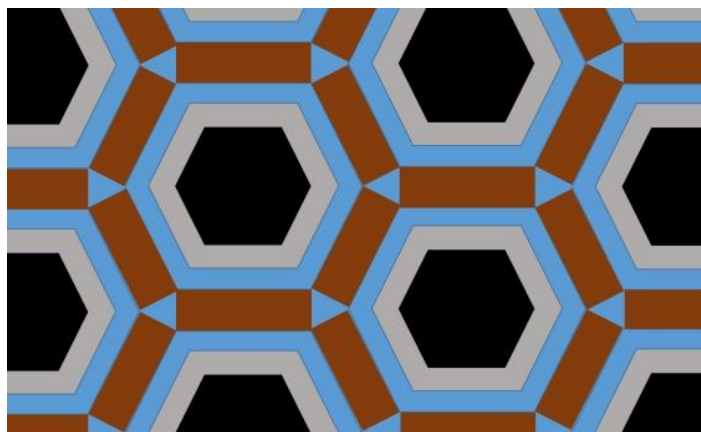


Рис.1. Двумерная модель пористого кометного вещества с гексагональной симметрией: минеральные зерна обозначены коричневыми прямоугольниками; нанопоры – внутренними шестиугольниками черного цвета; лёд H₂O – синим цветом; слой органики – серым.

Литература:

1. *Maggiolo R. et al.* Interstellar Comet 3I/ATLAS: Evidence for Galactic Cosmic Ray Processing // The Astrophysical Journal Letters, Volume 996, Issue 2, id.L34, 11 pp. 2026.
2. *Cordiner M.A. et al.* JWST Detection of a Carbon-dioxide-dominated Gas Coma Surrounding Interstellar Object 3I/ATLAS // 2025. The Astrophysical Journal Letters, 991:L43 (10pp).
3. *Dartois et al.* Heavy ion irradiation of crystalline water ice // 2015, A&A, 576.
4. *Gronoff G.P. et al.* The Effect of Cosmic Rays on Cometary Nuclei: I Dose deposition // 2020, The Astrophysical Journal.
5. *Wickramasinghe J.T., Wickramasinghe N.C., Wallis M.K.* Liquid water and organics in Comets: implications for exobiology // 2009, International Journal of Astrobiology. 8(4):281-290.
6. *Frincke T.T., Seligman D.Z.* Assessment of the Mass Loss and Radius Change of 3I/ATLAS Based on Observed Production Rates // 2026, arXiv:2606.01377 [astro-ph.EP].
7. *Scarmato T., Loeb A.* Linking System of Jets to the Non-Gravitational Acceleration of 3I/ATLAS // 2026, arXiv:2604.18773 [astro-ph.EP].

ФОРМИРОВАНИЕ КОМЕТНОГО ОБЛАКА ООРТА В МАССИВНОМ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЬНОМ ДИСКЕ

Емельяненко В. В.

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Кометные популяции, включая облако Оорта, образовались преимущественно в планетезимальном диске, расположенном за орбитой Нептуна. Модели транснептунового диска, разработанные с учетом планетных возмущений и самогравитации планетезимального диска, были использованы для изучения динамического процесса формирования облака Оорта. Рассмотрены как схемы, близкие к модели Ниццы с планетами-гигантами [1], так и схемы с дополнительными маломассивными планетами [2]. Проведены численные эксперименты на промежутках времени порядка возраста Солнечной системы, включающие учет галактических и звездных возмущений для далеких объектов Солнечной системы. Планируется обсудить динамические особенности облака Оорта, формирующегося в самогравитирующем транснептуновом диске.

Литература:

1. Emel'yanenko V.V. Dynamical evolution of a self-gravitating planetesimal disk in the distant trans-Neptunian region // *Astronomy & Astrophysics*. 2022. 662. Article id. L4
2. *Emel'yanenko V.V.* Distant trans-Neptunian objects produced by perturbations of migrating giant planets, planetary embryos and massive planetesimals // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 2025. 137. Article number 6

МОДЕЛЬНЫЕ ОРБИТЫ МАЛЫХ ТЕЛ В НИЗКОСКОРОСТНЫХ СБЛИЖЕНИЯХ

Емельяненко Н. Ю.

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

В работе [1] на плоскости (a, e) выделена область – область орбит комет с особенностями в сближениях с планетами и предложены модели сближений комет с Юпитером. Модели реализуются в рамках плоской парной задачи двух тел (Солнце – планета, Солнце – малое тело).

В предлагаемой работе показано:

Модели применимы к низкоскоростным сближениям комет и других малых тел с произвольной планетой.

В рамках моделей параметр Тиссерана относительно планеты зависит только от эксцентриситета орбиты малого тела.

Модели реализуются в сближениях наблюдаемых комет и других малых тел с Землей, Юпитером и Сатурном.

Литература:

1. *Emel'yanenko N.Yu.* Low-speed encounters as a result of specific orbital parameters of a small body // *Solar System Research*. 2015. 49. P. 398-403

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЖЗВЕЗДНОЙ КОМЕТЫ 3I/ATLAS

Киселёв Н.^{1,2}, Щербина М.¹, Петров Д.², Жужулина Е.², Карпов Н.¹

¹Институт Астрономии РАН, Москва, Россия

²Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым

Крупным достижением в непосредственном изучении малых тел других планетных систем стало открытие и исследование свойств первых межзвёздных (м/з) объектов: астероида 1I/Oumuamua в 2017 году и кометы 2I/Borisov в 2019 году.

Первые м/з объекты продемонстрировали, что эта популяция может быть физически разнообразной. Поэтому обнаружение третьего м/з объекта C/2025 N1 (ATLAS) (далее 3I/ATLAS) предоставило возможность получить новые данные об этом классе объектов.

Мы представляем результаты поляриметрических и фотометрических наблюдений м/з кометы 3I/ATLAS, которые проведены в период с 18 ноября 2025 года по 26 января 2026 года с поляриметрами “POLSHAKH” на 2-м телескопе Zeiss-2000 обсерватории Пик Терскол, 2,6-м телескопе Крымской астрофизической обсерватории и с фокальным редуктором SCORPIO-2 на 6-м БТА Специальной астрофизической обсерватории. Наблюдения проведены с широкополосными фильтрами BVRI, g-sdss и r-sdss и специальными узкополосными кометными фильтрами.

Цель исследования состояла в определении поляриметрических и фотометрических характеристик кометы 3I/ATLAS и моделирование физических свойств частиц её комы.

В результате наблюдений и их анализа получено:

1. Комета 3I/ATLAS продемонстрировала уникально высокую степень поляризации как в области отрицательной ветви поляризации (по абсолютной величине), так и в области положительной ветви поляризации (Рис. 1). Ветвь отрицательной поляризации кометы 3I/ATLAS сильно асимметрична с минимумом поляризации $P_{\min} = -3,01 \pm 0,05\%$ на фазовом угле $\alpha_{\min} = 5,46 \pm 0,05^\circ$, углом инверсии $\alpha_{\text{inv}} = 17,6 \pm 0,7^\circ$ и поляриметрическим наклоном $h = 0,53 \pm 0,01\%/^\circ$. На положительной ветви фазовой кривой поляризация кометы 3I/ATLAS выше, чем у всех ранее наблюдавшихся комет.
2. В видимом диапазоне комета 3I/ATLAS продемонстрировала более слабое увеличение поляризации с увеличением длины волны $\Delta P(\lambda)/\Delta\lambda = 0,004 \pm 0,001\%/nm$ по сравнению со средним значением $\Delta P(\lambda)/\Delta\lambda = 0,008 \pm 0,001\%/nm$ для комет Солнечной системы (Рис. 2).
3. Показатели цвета $B-V$, $V-R$ и $R-I$ были $\approx 0,4$ зв. вел., а $g-r = 0,71$ зв. вел.
4. Параметр Afp , характеризующий производительность пыли, составил 5461 ± 70 см для фильтра r-sdss, диаметра комы 22696 км на гелиоцентрическом расстоянии 1,710 а.е.
5. Наилучшее соответствие наблюдаемой фазовой зависимости степени поляризации, получено для Sh-матричной модели сопряжённых случайных гауссовых частиц с шероховатостью $G_{50}^7(0,5)$ и смеси, состоящей из 95 % аморфного углерода, 4,5 % богатых магнием силикатов и 0,5 % водяного льда.

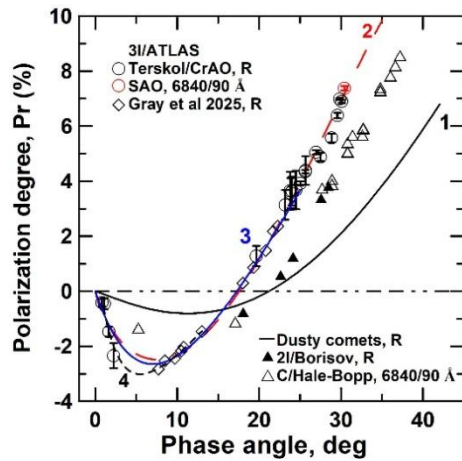


Рис.1. Комета 3I/ATLAS обладает рекордно высокой линейной поляризацией на положительной ветви и демонстрирует глубокую и асимметричную отрицательную ветвь поляризации (пунктирная кривая 4).

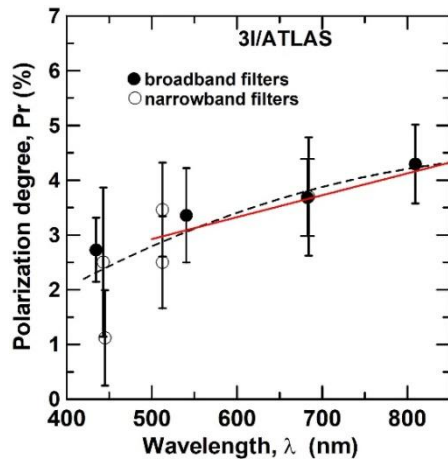


Рис. 2. В видимом диапазоне поляризация кометы 3I/ATLAS слабо увеличивается с увеличением длины волны:
 $\Delta P(\lambda)/\Delta\lambda = 0.004 \pm 0.001\%/nm$ (красная линия).

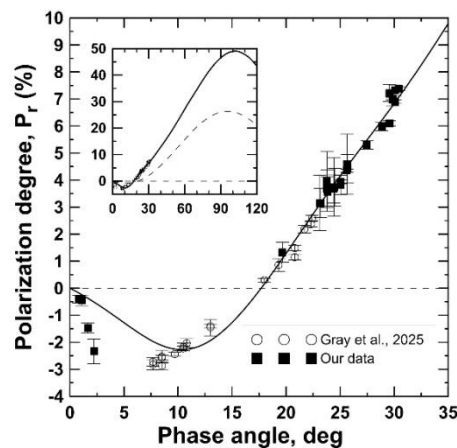


Рис.3. Наилучшее соответствие наблюдаемой фазовой зависимости степени поляризации получено для Sh-матричной модели сопряжённых случайных гауссовых частиц с шероховатостью $G_{50}^7(0.5)$ и смеси, состоящей из 95 % аморфного углерода, 4.5 % богатых магнием силикатов и 0.5 % водяного льда. На вставке показана модельная кривая поляризации в широком диапазоне фазовых углов (непрерывная кривая) по сравнению со средней кривой (пунктирная) для комет Солнечной системы.

Эти и другие особенности кометы будут обсуждены в сравнение с типичными свойствами комет Солнечной системы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМЕТЫ C/2019 U5 (PANSTARRS) ПО ОПТИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ В ДО-ПЕРИГЕЛИЙНЫЙ ПЕРИОД И ЕЕ ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Кохирова Г. И.¹, Баканас Е. С.², Емельяненко В. В.², Рахматуллаева Ф. Д.¹,
Карташова А. П.²

1-Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе,
Таджикистан

2-Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

Оптические многоцветные (BVR) наблюдения кометы C/2019 U5 (PANSTARRS), движущейся в настоящее время по гиперболической орбите, были проведены с помощью телескопа Zeiss-1000 в Международной астрономической обсерватории Санглох (код MPC 193), Таджикистан, в период с мая по сентябрь 2022 года, во время приближения кометы к перигелию. Мы представляем результаты фотометрического анализа, а также исследование активности кометы перед перигелием и ее динамической эволюции. Видимые и абсолютные звездные величины, показатели цвета и параметр пылевой продуктивности были определены по многоапертурным измерениям изображений кометы. Эти измерения позволили оценить размеры внутренней и внешней комы и изучить, как фотометрические параметры изменяются в зависимости от расстояния от оптического центра изображения кометы. Анализ морфологии суммированных изображений и скорости образования пыли указывает на значительный уровень пылевой активности в комете на гелиоцентрических расстояниях 4.63–4.03 а.е. Морфология кометы C/2019 U5, полученная из изображений, обработанных с использованием методов повышения контрастности, не показывает струйных или других структурных особенностей внутри комы. Помимо зависимости от ориентации оси вращения ядра и положения ядра относительно наблюдателя, такая видимая морфология может также быть результатом квазистабильной кометной активности. Поведение видимых звездных величин на нескольких апертурах и радиальные профили скорости образования пыли дополнительно указывают на то, что активность кометы оставалась квазистабильной на протяжении всего периода наблюдений, что, вероятно, отражает сочетание общего стабильного выброса пыли и локальной фрагментации пылевых зерен. На основании наших наблюдений, фотометрический параметр и общая абсолютная звездная величина кометы в полосе R оцениваются как $p = 2.31 \pm 0.05$ и $H_R = 6.84 \pm 0.02$ зв. вел. Средние показатели цвета $B - V = 0.70 \pm 0.05$, $V - R = 0.47 \pm 0.02$ и $B - R = 1.18 \pm 0.05$ соответствуют диапазонам, установленным как для долгопериодических, так и для короткопериодических комет. Радиальные профили показателей цвета не имеют значительных цветовых вариаций между внутренней и внешней комой кометы, что также указывает на квазистационарную активность. Фотометрические характеристики кометы C/2019 U5 в основном соответствуют типичным параметрам активных долгопериодических комет, наблюдаемых на больших гелиоцентрических расстояниях. Исследование динамической эволюции кометы показало, что ее происхождение связано с облаком Оорта и в будущем она покинет Солнечную систему.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМЕТЫ C/2019 Y4 (ATLAS) В ПЕРИОД ФРАГМЕНТАЦИИ ПО КВАЗИСИНХРОННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ В ТАДЖИКИСТАНЕ И ИНДИИ

Кохирова Г. И., Рахматуллаева Ф. Д.

Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе, Республика
Таджикистан

Долгопериодическая комета C/2019 Y4 (ATLAS) была открыта в конце 2019 г., а 31 мая 2020 г. прошла перигелий своей орбиты. В конце марта 2020 г. наблюдения, выполненные с помощью космического телескопа «Хаббл», зарегистрировали распад ядра кометы на несколько фрагментов. Для исследования данного явления в марте–апреле 2020 г. были проведены квазисинхронные фотометрические наблюдения кометы в обсерватории Цефеид (Индия) и Международной астрономической обсерватории Санглох Института астрофизики Национальной академии наук Таджикистана. По результатам обработки наблюдений выявлено снижение видимого и абсолютного блеска кометы в фильтрах V, R и I, что обусловлено процессом фрагментации ядра в рассматриваемый период. Оценена скорость разлета фрагментации и показано ее соответствие установленному диапазону скоростей, свойственному процессам мощного газовыделения, приведшим к разрушению механических связей между конгломератами вещества ядра кометы.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ КОМЕТ В УФ ДИАПАЗОНЕ

Шематович В. И.

Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Кометы обычно наблюдаются с Земли по свечениям кометных газопылевых оболочек ядра, которые представляют собой газовую оболочку, образующуюся в результате сублимации льда из ядра по мере приближения кометы к Солнцу. Наблюдения за комами комет в дальней ультрафиолетовой части спектра выявили наличие свечений атомарного водорода и кислорода. При наблюдении на больших пространственных масштабах, как с Земли, в таких свечениях преобладает резонансная флуоресценция за счет накачки солнечным излучением. Недавно было установлено [1], что свечения атомов Н и О, наблюдавшиеся КА Rosetta вокруг кометы 67P/Чурюмова-Герасименко на больших гелиоцентрических расстояниях, являются результатом диссоциативного возбуждения кометных молекул ускоренными электронами солнечного ветра (а не электронами, образующимися в результате фотоионизации кометных молекул). Как и дискретные полярные сияния на Земле и Марсе, это кометное полярное сияние вызвано воздействием солнечного ветра на окружающую ядро кометы нейтральную кому. Важнейшим индикатором присутствия авроральной составляющей в УФ свечении комы кометы являются наблюдения кислородной линии ОI на длине волны 135.6 нм, которые могут быть использованы в качестве характеристики изменчивости потока электронов солнечного ветра.

Образование полярных сияний является универсальным процессом [2]. Сочетание процесса диссоциативного возбуждения молекул O₂ (аналогично, как на спутниках Юпитера Ганимед и Европа) и процесса ускорения заряженных частиц (возникающего в результате взаимодействия солнечного ветра с небесным телом посредством ускорения электрическим полем, аналогично дискретным полярным сияниям на Земле и Марсе) позволяет заключить, что УФ полярные сияния в коме кометы 67P представляют собой интересное явление, которое дает возможность использовать УФ полярные сияния для исследования свойств космической среды около кометы во внешних областях Солнечной системы [3]: наблюдения за свечениями атомарного кислорода ОI 135.6 нм (излучение, на которое не влияет резонансная флуоресценция) могут быть использованы в качестве

индикатора изменчивости потока электронов солнечного ветра, что было бы очень полезно для наших представлений о космической погоде.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №22-12-00364-П).

Литература:

1. *Galand M. et al.* Far-ultraviolet aurora identified at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko // *Nature Astronomy*. 2020. V. 4. P. 1084–1091.
2. *Шематович В. И., Бусикало Д. В.* Полярные сияния в Солнечной системе// *Земля и Вселенная*. 2021. №6. С. 92-105.
3. *Bisikalo D. V., Shematovich V. I., Gérard J.-C., Jehin E., Decock A., Hutsemékers D., Manfroid J., Hubert B.* Monte Carlo simulation of metastable oxygen photochemistry in cometary atmospheres// *Astrophys. J.* 2015. V. 798:21 (10pp).

О АСТРОБИОЛОГИЧЕСКОМ ПОТЕНЦИАЛЕ КОМЕТ

Шематович В. И., Сачков М. Е.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Малые тела Солнечной системы активно изучаются посредством как космических миссий, так и наземных средств наблюдений, так как представляют собой небесные тела, образовавшиеся на ранних стадиях эволюции Солнечной системы порядка 4,6 миллиарда лет тому назад. Они часто рассматриваются как носители важной информации о первичном веществе, вовлеченном в образование Солнечной системы. За последние три десятилетия наземные и космические наблюдения комет, в сочетании с теоретическими исследованиями, изменили наше понимание малых тел в Солнечной системе. Так, например, сейчас принято считать, что ядра комет, возможно, представляют собой «груды щебня»: гравитационно связанные, неконсолидированные фрагменты первичного вещества протосолнечной туманности. Собственно, интерес к исследованию комет определяется рядом причин: (а) они представляют собой оставшиеся фрагменты с самых ранних времен формирования Солнечной системы; (б) они могут содержать ключи к происхождению жизни – органическое вещество.

Дистанционные наблюдения и *in situ* исследования газопылевых ком вокруг кометных ядер показали наличие множества сложных органических молекул, в том числе углеродных цепочек, спиртов, иминов и аминокислоты глицин. Такая химическая сложность кометного вещества позволяет предположить, что столкновения с кометами могли привести к попаданию на поверхность молодых планет реагентов для пребиотической химии.

В докладе обсуждается ряд новых данных о физических свойствах и химическом составе малых тел в Солнечной системе, полученных в недавних космических миссиях к астероидам и кометам. Будет дан обзор важных и наиболее интересных результатов изучения химического разнообразия ядра и комы кометы по результатам миссии КА ROSETTA к комете 67P/Чурюмова-Герасименко, а также по наблюдениям химического состава межзвездной кометы 3I/Atlas. Основное внимание будет уделено обсуждению астробиологического потенциала комет как мобильных носителей богатой органики. Результаты космических миссий и текущие наблюдения комет дают ключи к пониманию как механизмов формирования и эволюции комет как одних из самых ранних и сохранившихся почти в первозданном виде малых тел Солнечной системы, так и особенностей истории планеты Земля. Например, каковы химические и физические характеристики для сближающихся с Землей комет и каков их астробиологический потенциал как носителей сложной абиотической органики в Солнечной системе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №22-12-00364-П).

СЕКЦИЯ 2 МЕТЕОРОИДЫ, МЕТЕОРЫ, МЕТЕОРИТЫ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ И МУЛЬТИСЕНСОРНЫЙ АНАЛИЗ ЗЕМНЫХ ИМПАКТНЫХ КРАТЕРОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Баканас Е. С.^{1,2}, Бадак Л. А.²

¹НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы», Москва, Россия

²Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Импактные структуры являются важными объектами для изучения истории столкновений Земли с малыми телами Солнечной системы, процессов преобразования поверхности и сохранности геологических свидетельств ударных событий. Однако кольцевая или чашеобразная форма, выявляемая на снимках и цифровых моделях рельефа, не является достаточным критерием импактного происхождения: сходные формы могут иметь вулканическую, тектоническую, карстовую или эрозионную природу. Надёжное подтверждение ударного генезиса требует независимых геологических, петрографических и геохимических данных, включая признаки ударного метаморфизма. Поэтому методы дистанционного зондирования Земли целесообразно рассматривать как средство выявления, количественного описания и сопоставления морфологических, спектральных и радарных признаков структур, но не как самостоятельный способ доказательства их происхождения.

В работе показана возможность проведения сравнительного анализа земных импактных кратеров в среде Google Earth Engine. В качестве демонстрационных объектов выбраны кратеры Бэрринджера (Barringer Crater, Meteor Crater), Lonar и Wolfe Creek, различающиеся породами мишени, размерами, степенью сохранности и условиями постимпактной переработки. Используются цифровые модели рельефа, оптические данные Sentinel-2 и радиолокационные данные Sentinel-1. Для каждого объекта формируются карты высот, уклонов и отмывки рельефа, RGB-, NIR- и SWIR-композиции Sentinel-2, спектральные индексы NDVI и NDMI, а также радарные слои VV, VH и VV–VH.

Основу морфометрического анализа составляют радиальные профили рельефа, строящиеся от уточнённого центра кратера по нескольким азимутам. По профилям оцениваются высота центральной зоны, положение и высота гребня вала, диаметр и относительная глубина структуры. Для описания асимметрии вала рассчитывается коэффициент вариации его радиуса, интерпретируемый как относительная неоднородность радиуса вала. Нормированные профили позволяют сопоставлять форму кратеров разного абсолютного размера. Дополнительно для центральной зоны, внутреннего склона и вала, внешней зоны выбросов и окружающей равнины рассчитывается зональная статистика рельефных, спектральных и радарных признаков.

Для обеспечения корректного межобъектного сравнения реализован режим использования единой цифровой модели рельефа Copernicus GLO-30; данные максимального локального разрешения рассматриваются отдельно. Получаемые дистанционные характеристики сопоставляются с опубликованными морфометрическими и геологическими параметрами исследуемых кратеров. Разработанная методика обеспечивает единообразное получение карт, профилей и табличных характеристик и может применяться для сравнительного анализа известных импактных структур, а также для предварительной оценки объектов с неопределённой природой.

О ВЛИЯНИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УРАВНЕНИЙ МЕТЕОРНОЙ ФИЗИКИ: ПАРАМЕТРА АБЛЯЦИИ И КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ НА МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОИДОВ С АТМОСФЕРОЙ

Брыкина И. Г., Егорова Л. А.

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Взаимодействие с атмосферой метеороида и его фрагментов после разрушения моделируется в рамках уравнений метеорной физики (МФ). Основные параметры этих уравнений – коэффициент сопротивления C_D , зависящий от формы тела, и параметр абляции σ , равный отношению коэффициента теплопередачи к эффективной (за счет различных процессов) теплоте абляции. Существует неопределенность в задании этих параметров в силу неизвестности формы метеорного тела и недостаточности данных по радиационному тепловому потоку и теплоте абляции в метеорном диапазоне скоростей. В связи с этим при решении уравнений МФ параметр σ в литературе обычно полагается постоянным, как и коэффициент C_D , и подбирается так, чтобы результаты расчетов соответствовали данным наблюдений за полетом и светимостью метеорного тела. Значения σ , подбираемые эмпирически для воспроизведения световых кривых разных болидов, лежат в широком диапазоне: от 0.0001 до 0.35 с²/км² и сильно отличаются в разных работах даже для одного и того же тела, что во многом определяется разными используемыми моделями фрагментации. В реальности параметр абляции зависит от условий полета и от размера и материала метеороида. Поэтому в работе ставилась цель исследовать, как влияет использование постоянного параметра σ в уравнениях МФ вместо реального, меняющегося вдоль траектории, а также использование не зависящего от реальной формы тела коэффициента C_D , на моделирование уноса массы, скорости, энерговыделения и траектории метеороида, включая место падения метеорита.

Для разных условий входа метеороида в атмосферу получены численные решения уравнений МФ как при постоянных значениях параметра абляции σ , так и при переменном σ , определяемом в зависимости от размера тела, скорости и высоты полета по предложенным авторами корреляционным формулам [1]. Для исследования влияния на решение формы тела (которая часто задается сферической, хотя формы найденных метеоритов далеки от нее [2]), оно полагалось эллипсоидом вращения, соотношение осей которого варьировалось, при этом коэффициент сопротивления C_D рассчитывался по формулам [3]. Проанализированы результаты моделирования взаимодействия метеороида с атмосферой, полученные при разном задании параметров σ и C_D , в широком диапазоне начальных скоростей, размеров и углов входа в атмосферу. Исследовано, как зависят масса, скорость, энерговыделение и траектория метеороида от формы тела (коэффициента сопротивления), а также от значения параметра абляции, подставляемого в уравнения МФ. Определено, при каких начальных данных применение постоянного параметра σ позволяет адекватно рассчитать моделируемые характеристики. Получены оценки возможных погрешностей моделирования потери массы, энерговыделения и траектории метеороида, включая место падения метеорита, связанные с неточностью задания параметров σ и C_D . Определено влияние параметров входа в атмосферу на эти погрешности. Оценки неопределенности решений уравнений МФ могут быть полезны при воспроизведении наблюдательных данных, при поиске метеоритов и при прогнозировании возможных последствий при входе в атмосферу потенциально опасных объектов.

Литература:

1. Брыкина И.Г., Егорова Л.А. Влияние модели абляции на моделирование траектории, уноса массы и энерговыделения метеорных тел в атмосфере // Физ.-хим. кинетика в газовой динамике. 2025. 26. № 6. ID 1216
2. Слюта Е.Н. Форма малых тел Солнечной системы // Астрон. вестн. 2014. 48. С. 234–256

3. Брыкина И.Г. О модели фрагментации крупного метеороида: моделирование взаимодействия Челябинского метеороида с атмосферой // Астрон. вестн. 2018. 52. С. 437-446

ОПИСАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МАССАМ МЕТЕОРОИДОВ В МЕТЕОРНЫХ ПОТОКАХ

Брыкина И. Г., Егорова Л. А.

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Распределение фрагментов по массам и размерам является важной характеристикой разрушения небесных тел в космическом пространстве и в атмосфере Земли. Эта характеристика важна при изучении и численном моделировании метеороидных потоков и используется для определения индексов распределения метеороидов по массам на основе метеорных наблюдений [1–4]. Распределение по массам принято описывать функцией кумулятивного числа фрагментов $N(m)$, т.е. числа фрагментов с массой больше или равной m . Общепринятый подход к аналитическому описанию распределений метеороидов в метеорных потоках – это применение степенного закона для плотности распределения числа фрагментов по массам $dN/dm \propto m^{-\alpha}$ в простой форме: $N \propto m^{-\alpha+1}$, где показатель α называется индексом масс. Этот подход в логарифмических координатах даёт линейную зависимость N от m , которая может аппроксимировать лишь часть кривой распределения, в большинстве случаев не являющейся линейной. Для аппроксимации нелинейных распределений в [5] был разработан новый подход, основанный на точном решении дифференциального уравнения $dN/dm \propto m^{-\alpha}$, который даёт нелинейную зависимость N от m . Этот подход, применённый ранее для описания результатов ударных экспериментов, моделирующих фрагментацию астероидов при столкновении, и для описания распределений по массам найденных фрагментов метеоритных дождей [6], в данной работе используется для анализа распределений по массам метеороидов в метеорных потоках. Рассмотрены распределения метеороидов в потоках Геминиды, Леониды, Ориониды и Персеиды, основываясь на наблюдательных данных Глобальной Метеорной Сети (Global Meteor Network (GMN)) [7]: <https://globalmeteornetwork.org/data/> за последние четыре года, с 2022 по 2025. Распределения метеороидов по массам построены для каждого метеорного потока за каждый год. Проведено аналитическое описание распределений с помощью разработанного метода. Полученные значения степенного индекса α (индекса масс) анализируются и сопоставляются со значениями общепринятого индекса масс.

Литература:

1. Blaauw R.C., Campbell-Brown M.D., Weryk R.J. A meteoroid stream survey using the Canadian Meteor Orbit Radar –III. Mass distribution indices of six major meteor showers // MNRAS. 2011. V. 414. P. 3322–3329
2. Pokorný P., Brown P.G. A reproducible method to determine the meteoroid mass index // Astron. Astroph. 2016. V. 592. A150
3. Шустов Б.М., Золотарев П.В. Об индексах массы метеорных тел. I. Модель образования метеороидных потоков // Астрон. журн. 2022. Т. 66. № 2. С. 165–176
4. Wisniewski K.S., Brown P.G., Moser D.E. Longenbaugh R. Determining the population of large meteoroids in major meteor showers // Icarus. 2024. V. 417. Id. 116118
5. Brykina I.G., Egorova L.A. On the mass distribution of fragments of an asteroid disrupted in the Earth's atmosphere // Advances in Astron. 2021. V. 2021. Id. 9914717
6. Brykina I.G., Egorova L.A. //Solar Syst. Res. 2026. V. 2021.
7. Vida D, Šegon D., Gural P.S., Brown P.G., et al. The global meteor network – methodology and first results // MNRAS. 2021. V. 506. P. 5046–5074.

ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ МЕТЕОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ ИЗОЛИРОВАННОЙ КАМЕРОЙ

Жабин В. С.¹, Карташова А. П.², Муртазов А. К.¹

¹Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, Рязань, Россия

²Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Нами организована метеорная сеть на базе Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН, геофизической обсерватории Института динамики геосфер РАН «Михнево» и астрономической обсерватории РГУ имени С.А. Есенина.

В наблюдениях используются камеры Sony IMX 307 с объективами диаметром 4 мм и полем зрения $87^\circ \times 45^\circ$, позволяющие регистрировать метеоры до +5 звездной величины (в городских условиях +3).

Ниже представлен краткий анализ результатов мониторинга метеоров камерой в Рязани в 2025 г. и обсуждена проблема надежности регистрации метеорных явлений на фоне многочисленных помех.

В период июнь–декабрь 2025 г. камерой обсерватории РГУ имени С. А. Есенина зарегистрировано более тысячи явлений, идентифицированных как метеорные, определены радианты 32 потоков (распределение этих метеоров по блеску приведено на рис. 1).

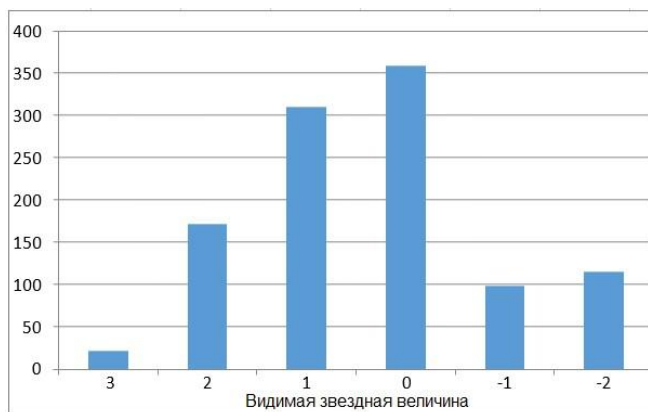


Рис. 1. Звездная величина зарегистрированных метеоров

Исследования полученных данных привели к ряду выводов, связанных с надежностью полученных данных.

1. В общем и целом система зарекомендовала себя как достаточно надежная как в случае фиксации отдельных метеоров и определения их орбит, так и сбора статистики.

2. Технически система нуждается в некоторых доработках для уверенной работы при отрицательной температуре.

3. Система не всегда собирает полную информацию даже из полученных наблюдений, что связано с особенностями распознавания метеоров.

Изучение исходных данных и выборок, формируемых системой, позволяют заключить, что система склонна к двум типам ошибок. В первом случае следы объектов не являющихся метеорными определяются как метеорные, в ряде случаев для них даже находится радиант. В данной группе можно выделить также два типа ошибок.

А) Реальные объекты, зафиксированные камерами. В наших условиях городской засветки это чаще всего были насекомые и птицы, подсвеченные неравномерностями городской засветки.

Б) Неравномерности, возникающие на этапе обработки изображения камерой. В нашем случае данный эффект проявлялся в виде «сдвига кадра», приводящего к резко контрастной полосе на снимке, которая воспринималась камерой как метеорный объект.

Во втором случае система не определяет метеорные следы. Причиной данной ошибки вероятнее всего является обучение системы на недостаточно разнообразном датасете.

В ряде случаев количество ошибок может достигать значительных величин. Ниже приведено распределение ошибок по дням для сентября 2025 года.



Рис. 2. Количество зарегистрированных метеоров с выделенной долей ошибок

Оба типа ошибок почти полностью компенсируются при работе системы камер, так как в общую базу данных попадают только метеоры, зафиксированные двумя и более камерами.

Однако представляется желательным повышение надежности данных, полученных и с одиночной камеры. Система позволяет хранить необработанные данные до этапа распознавания (с одной камеры объем составляет около 4 ГБ) и проводить их последующую обработку другими методами.

Литература:

1. *Ефимов А.В., Жабин В.С., Карташова А.П., Муртазов А.К.* Организация метеорного мониторинга в рамках Russian Meteor Network. Материалы VIII Национальной научно-практической конференции (с международным участием). - Рязань: Россия. РГУ, 2026.
2. *Жабин В.С., Муртазов А.К.* Надежность регистрации быстролетающих объектов ПЗС-системой в метеорной астрономии // Надежность и качество сложных систем. 2025, № 1. С. 103-108. doi: 10.21685/2307-4205-2025
3. *Жабин В.С., Муртазов А.К.* Точность и надежность фотометрических измерений в метеорной ПЗС-астрономии. Тезисы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Околоземная астрономия–2025» (ОЗА–2025). М: ИКИ РАН, 2025. С. 68-70. <https://oza2025.tilda.ws/>
4. *Карташова А.П., Попова О.П., Муртазов А.К., Жабин В.С., Ефремов В.В.* Анализ метеорных наблюдений. В сб.: Триггерные эффекты в геосистемах. Тезисы докладов VIII Международной конференции. М: ИДГ РАН, 2026. - С. 84-85.
5. *Murtazov A.K., Zhabin V.S.* Results of Perseids-2022 CCD-observations. In: Proceedings of the International Meteor Conference-2023 / Ed. by Urška Pajer and Cis Verbeeck. IMO, 2024. P. 41-42. ISBN 978-2-87355-036-3. <https://adsabs.harvard.edu> with publication code 2024pimo.conf
6. *Murtazov A.K.* 2007-2022 bright Perseids wide-angle CCD-monitoring. WGN, the journal of international meteor organization. 2025. n 2, pp. 53-57. NASA ADS bibcode 2025JMO...53....1M

ЯРКИЕ МЕТЕОРЫ В ПОТОКАХ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ 2025 г.

Ефимов А. В., Жабин В. С., Муртазов А. К.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань, Россия

Исследования содержания метеорных тел в околоземном пространстве и метеорных потоках актуальны в связи как с общими проблемами экологии и экологической опасности, так и с потенциальным риском для космической техники от метеороидов сравнительно небольших размеров [1].

В рамках системы базового мониторинга метеорных явлений Russian Meteor Network в Центральной России [2] по наблюдениям одной камеры на обсерватории Рязанского госуниверситета во второй половине 2025 г. оценена плотность потока опасных метеороидов в пике активности Персеид, Леонид и Геминид, оценен риск их соударения с космической техникой.

Ниже (рис. 1) представлены результаты определения интенсивности метеорных потоков во второй половине 2025 г. по наблюдениям камеры РГУ имени С.А. Есенина, которые в данном случае являются продолжением наблюдений 2007-2022 гг. [3].

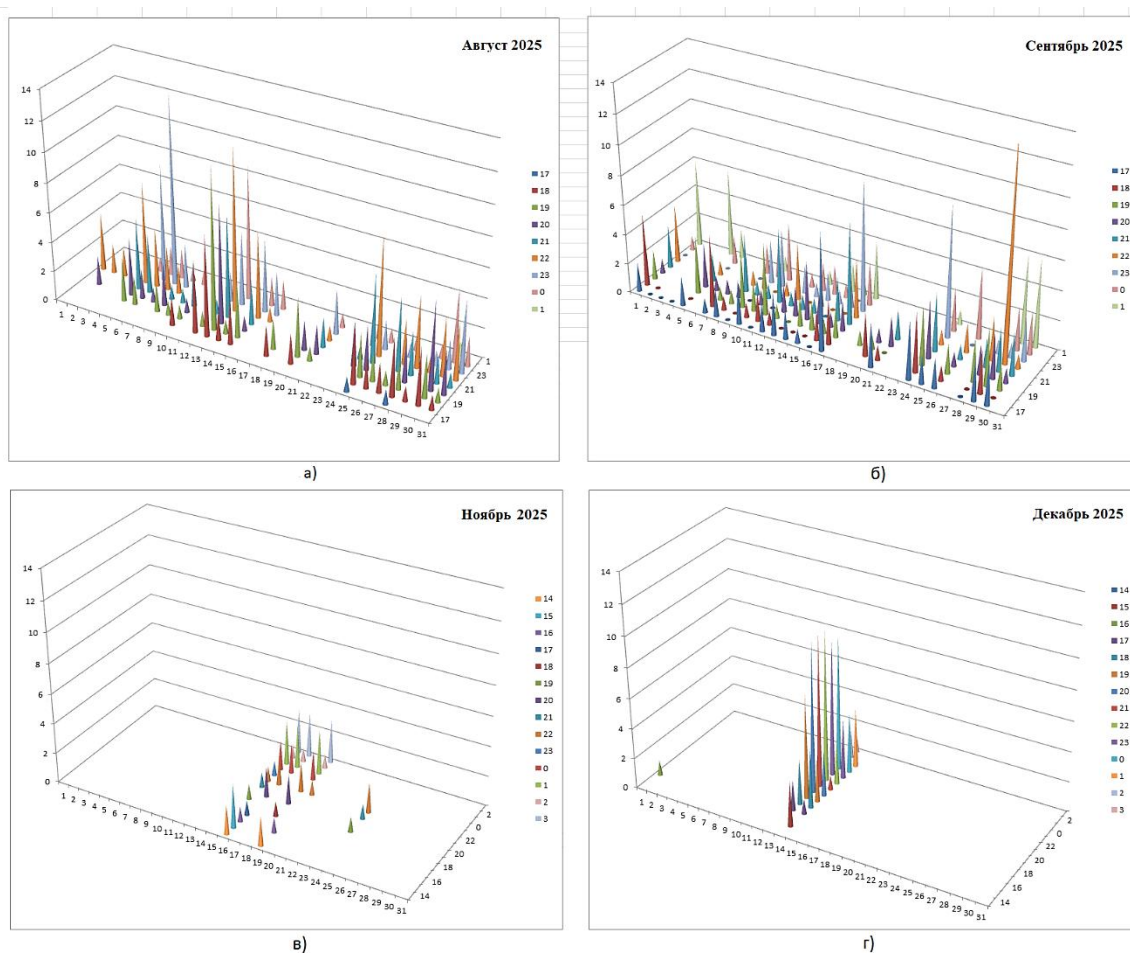


Рис. 1. Интенсивность метеорных потоков во второй половине 2025 г.
(а – август; б – сентябрь; в – ноябрь; г – декабрь)

Здесь показаны часовые числа метеоров, зарегистрированные камерой в Рязани в июле, августе, сентябре, ноябре и декабре 2025 г. Лакуны в результатах связаны с облачной погодой во время наблюдений. В связи с этим наблюдения в ноябре дали активность метеоров вблизи максимума потока Леониды, а сам максимум (17/18 ноября) не зафиксирован.

Общие результаты регистрации метеорных явлений во второй половине 2025 г. представлены в Таблице 1 (всего зарегистрировано 1076 метеорных явлений).

Таблица 1. Результаты регистрации метеорных явлений во второй половине 2025 г.

Месяц	Всего	Принадле- жащих потокам	Потоков	Месяц	Всего	Принадле- жащих потокам	Потоков
Июль	156	32	9	Октябрь	99	4	3
Август	342	140	8	Ноябрь	47	21	5
Сентябрь	341	20	4	Декабрь	92	90	3

В Таблице 2 представлены результаты расчета плотности потока ярких (опасных) метеороидов вблизи пика активности потоков Персеиды, Леониды, Геминиды 2025 г., по данным их широкоугольного мониторинга камерой в Рязани, редуцированные для зенитного расположения радианта. Актуальным является учет плотности потока опасных метеороидов не для всего времени действия потоков, а в пике активности шириной около $\lambda_{\odot} \approx 1^\circ$ вблизи максимума интенсивности.

Таблица 2. Плотность потока опасных метеороидов вблизи пика активности потоков Персеид, Леонид, Геминид 2025 г.

Метеорный поток	Период пика активности	Долгота Солнца в пике активности, град	Плотность потока опасных метеороидов, $\text{км}^{-2}\text{с}^{-1}$	
Персеид	Август, 12-13	140.4-140.7	$1.2 \cdot 10^{-7}$	$292 \cdot 10^{-7}$
Леонид	Ноябрь, 15-16	232.8-233.2; 233.6-234.2	$0.2 \cdot 10^{-7}$	$19.6 \cdot 10^{-7}$
Геминид	Декабрь, 13-14	261.1-261.5; 262.0-262.4	$0.4 \cdot 10^{-7}$	$44.8 \cdot 10^{-7}$

Вблизи наиболее активных периодов вблизи пиков активности: зарегистрировано: 31 яркий метеор в Персеидах за 6 часов мониторинга; 12 ярких метеоров в Леонидах за 18 часов; 40 ярких Геминид за 20 часов. Это соответствует плотности потока, указанной в последнем столбце таблицы (рядом указана плотность потока метеороидов по данным наблюдений визуальных метеоров Международной метеорной организации [4]).

В результате оценено минимальное среднее число соударений опасных метеороидов с нормально расположенной к направлению радианта поверхностью площадкой 1 км^2 в этих потоках в период наблюдений: Персеиды – 0.003 соударения за 6 часов; Леониды – 0.0013 соударений за 18 часов; Геминиды – 0.003 соударения за 20 часов.

Можно в итоге отметить, что по сравнению с предыдущими годами показатели метеороидной опасности Персеид во второй половине 2025 г. являются минимальными. Это же можно сказать и об опасности потоков Леониды и Геминиды, к тому же данные об их интенсивности в 2025 г. являются недостаточными.

Литература:

1. Бодрова И.В., Жабин В.С., Муртазов А.К. Космическая пыль в атмосфере Земли как экологический фактор // Экологические системы и приборы. – 2025, № 11. - С. 3-12. doi: 10.25791/esip.11.2025.1553
2. Ефимов А.В., Жабин В.С., Карташова А.П., Муртазов А.К. Организация метеорного мониторинга в рамках Russian Meteor Network: Материалы VIII Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве». Рязань: РГУ, 2026.
3. Murtazov A.K. 2007-2022 bright Perseids wide-angle CCD-monitoring. WGN, the journal of international meteor organization. 2025. n 2. pp. 53-57. NASA ADS bibcode 2025JIMO...53....1M
4. Meteor International Organization (IMO) – www.imo.net

МОНИТОРИНГ МЕТЕОРНЫХ СОБЫТИЙ IP КАМЕРАМИ

Карташова А.П.¹, Кохирова Г.И.², Пузин В.Б.¹, Попова О.П.³, Муртазов А.К.⁴, Жабин В.С.⁴

¹Институт астрономии РАН, Москва, Россия

²Институт астрофизики НАНТ, Душанбе, Таджикистан

³Институт динамики геосфер им. М. А. Садовского РАН, Москва, Россия

⁴Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина, Рязань, Россия

Метеорные потоки ежегодно наблюдаются многими любительскими и профессиональными астрономическими группами (например, Международной метеорной организацией (ИМО) [1], Центральноевропейской метеорной сетью (CEMeNt) [2], Глобальной метеорной сетью (GMN) [3], Европейской сетью шаровых молний (EN) [4] и другими). Наличие непрерывных данных наблюдений на различных долготах позволяет нам изучать тонкую структуру метеорных потоков. Кроме того, одни и те же наблюдения из разных географических точек (на разных долготах) могут обеспечить непрерывные наблюдения (24 часа в сутки). Для наблюдения за метеорами используются различные типы систем метеорного наблюдения. Однако при анализе характеристик как самих метеорных тел, так и их потоков удобнее использовать данные одного типа.

Территория России очень обширна, и метеорные установки расположены в разных частях страны. В центральной части России активное участие в метеорных наблюдениях принимают ИНАСАН, ИДГ РАН и РГУ. Метеорные наблюдения проводятся с нескольких станций (Звенигородская обсерватория ИНАСАН, геофизическая обсерватория Михнево ИДГ РАН и астрономическая обсерватория РГУ) расположенных на расстоянии ~100 км. Одновременно наблюдения проводятся с двух пунктов, расположенных на территории Таджикистана.

В последнее время для метеорных наблюдений используются IP-камеры с широким полем зрения (например, GMN состоит из камер такого типа). В 2024 году на российских и таджикских наблюдательных пунктах были организованы базисные метеорные наблюдения с использованием таких камер. Метеорные установки состоят из камер Sony IMX 307 с объективами с диагональю 4 мм (с полем зрения 87°x 45°), а для мониторинга и первичной обработки данных используется программное обеспечение RMS [5, 6]. В 2024-2026 годах было зарегистрировано несколько тысяч метеоров. Индивидуальные параметры (координаты радианта, геоцентрическая скорость, высоты и параметры орбиты) были рассчитаны для всех зарегистрированных метеоров, наблюдавшихся на двух и более станциях. Метеоры были идентифицированы с известными метеорными потоками. Все обнаруженные метеоры слабее -2^m обрабатываются в автоматическом режиме после проведения наблюдений. Также регистрируются метеоры ярче -2^m , и оценки их параметров обрабатываются вручную. Таким образом, мы получаем данные наблюдений, полученных на пунктах разнесенных по долготе и широте, и эти данные можно сравнить с данными GMN без каких-либо допущений (принимая во внимание только ошибки наблюдателя).

Совместные скоординированные метеорные наблюдения (три станции в центральной части России и две станции в Таджикистане) позволяют нам получать данные для оценки структуры метеорных потоков и различных характеристик каждой метеорной частицы. Дана оценка эффективности сочетания российско-таджикских сегментов при изучении метеороидов и метеорных потоков.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2026-236.

Литература:

1. www.imo.net
2. cementcz.eu
3. <https://globalmeteornetwork.org>
4. J. Borovička et al. (2022) *Astronomy & Astrophysics* 667: A157
5. Vida D. et al. (2020). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 491, 2: 2688-2705.
6. Vida D. et al. (2021). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 506, 4: 5046-5074.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗОДИАКАЛЬНОГО ОБЛАКА

Клочков В. И., Шустов Б. М.
Институт астрономии РАН, Москва, Россия

Зодиакальное облако (ЗО) – хорошо известный с древних времен объект Солнечной системы. Это более-менее симметричное (относительно Солнца) дискообразное скопление межпланетной пыли, которая концентрируется к плоскости эклиптики. В облаке, по-видимому, присутствуют и более крупные тела (метеороиды), но наблюдается излучение Солнца, рассеянное именно пылью. ЗО прослеживается на расстоянии от Солнца до 5 а.е. Толщина диска зависит от размера рассеивающих частиц пыли, более крупные частицы сильнее сконцентрированы к плоскости диска. Пространственное распределение частиц также коррелирует с их химическим составом, что, скорее всего, связано с особенностями происхождения пыли.

ЗО – динамическое образование. В течение ряда лет динамика пыли в ЗО рассматривалась многими авторами. Было показано, что шкала времени существования частиц в ЗО составляет от нескольких лет до нескольких десятков тысяч лет. Это означает, что есть постоянные источники пополнения пылевого населения. Основные механизмы образования пыли в ЗО – это распад комет и столкновения астероидов. Однако до сих пор нет согласованного ответа на вопрос – какова относительная роль астероидов и комет в пополнении ЗО.

Поскольку ЗО выглядит как стационарный объект, должно быть динамическое равновесие между процессами убыли и пополнения. Поэтому в данной работе поставлена задача – более подробно изучить процесс убыли пыли в ЗО. Для этого с помощью метода (Rebound) численного моделирования динамики ансамбля частиц в условиях Солнечной системы исследованы каналы убыли частиц различных размеров. Кроме гравитационного влияния Солнца и планет Солнечной системы, учтены динамические факторы, обусловленные солнечным излучением и солнечным ветром, межпланетным магнитным полем. Также обсуждаются фактор столкновения частиц между собой и влияние на динамическую эволюцию важных параметров: структуры пылевых частиц и их состава.

Представлены первые (базовые) результаты, имеющие в основном методический характер. Основные результаты будут получены и представлены в дальнейшем.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕДАВНИХ УДАРНЫХ КРАТЕРОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА

Подобная Е. Д., Попова О. П.
Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН, Москва, Россия

Снимки марсианской поверхности, полученные за последние десятилетия с помощью орбитальных камер, позволили выявить свыше 1400 недавно образованных и датированных мест падения метеороидов метрового масштаба [1, 2]. Более половины входящих тел разрушаются в атмосфере, формируя кратерные поля (кластеры кратеров). Анализ недавних мест удара на Марсе предоставляет возможность для изучения популяции метеороидов, являющейся общей как для Земли, так и для Марса.

Ранее было рассмотрено 830 кратерных полей, которые были разделены на три типа [3]. Первый тип включает кластеры с одним главным кратером, дополненным рядом гораздо более мелких; второй тип соответствует густонаселенным кластерам; последняя группа относится к малонаселенным кластерам, содержащим два или более крупнейших кратера сравнимого размера.

Для каждой из выделенных групп были построены кумулятивные распределения кратеров внутри кластеров по размерам (SFD) и аппроксимированы с использованием двух различных законов. Стандартная степенная аппроксимация оценивает средние показатели степени $b=1.2$, 2.0 и 1.5 для каждой из трех выделенных групп соответственно, в то время

как аппроксимация усечённым степенным законом смещает эти значения до 1.3, 0.9 и 0.6. Анализ гистограмм полученных показателей степени указывает на то, что группа с доминирующим главным кратером является наиболее однородной и структурно четко выраженной.

Brykina & Egorova (2024) [3] оценили параметры модифицированного усеченного степенного закона распределения фрагментов по массам и диаметрам для ударных экспериментов ($b=2.34$) и тринадцати реальных метеоритных падений ($b=1.8-2.1$ и $b=1.2-1.5$ в зависимости от количества фрагментов). Эти оценки степени усеченного степенного закона близки к нашим оценкам для группы кластеров, в которых доминирующий главный кратер дополнен рядом более мелких, и заметно превышают оценки степени для двух других групп.

Оценки показателя степени, полученные для обоих степенных законов методом максимального правдоподобия и его модификацией, в среднем хорошо коррелируют друг с другом и с нашими оценками, хотя и дают недостоверные оценки для некоторых кластеров в связи с малым числом точек и/или неравномерностью данных.

Различные статистические тесты подтверждают устойчивые и статистически значимые различия между выделенными группами. Полученные результаты позволяют предположить, что наблюдаемые группы кластеров могут соответствовать различным типам ударных тел и/или специфическим сценариям фрагментации метеороидов в атмосфере Марса.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 125012200624-5.

Литература:

1. Malin M.C., Edgett K.S., Posiolova L.V., McColley S.M., Dobrea E.Z.N. Present-day impact cratering rate and contemporary gully activity on Mars // *Science*. 2006. V. 314. P. 1573–1577.
2. Daubar I.J., Dundas C.M., McEwen A.S., Gao A., Wexler D., Piqueux S., Collins G.S., Miljkovic K., Neidhart T., Eschenfelder J., Bart G.D., Wagstaff K.L., Doran G., Posiolova L., Malin M., Speth G., Susko D., Werynski A. New Craters on Mars: An Updated Catalog // *Journal of Geophysical Research (Planets)*. 2022. V. 127. No 7. e2021JE007145.
3. Podobnaya E., Popova O., Ivanov B., Glazachev D. Classification of Craters Clusters in the Expanded Catalog of Fresh Impact Sites on Mars // *Solar System Research*. 2025. V. 59. No. 5. P. 46.
4. Brykina I.G., Egorova L.A. Describing the fragment mass distribution in meteorite showers // *Planetary and Space Science*. 2024. V. 241. P. 105838.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АБЛЯЦИИ ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ

Попов А. А., Петрова Е. В., Кокорин А. Ф., Гроховский В. И.

Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

При вторжении в атмосферу Земли космическое вещество испытывает ряд сложных процессов и разрушается под действием аэродинамических сил. Атомы в газовой прослойке, образованной в ходе абляции, возбуждаются плазмой, возникающей при пролете болида в плотных слоях атмосферы Земли. При снятии возбуждения эти атомы могут излучать кванты света, энергия которых зависит от электронной структуры атома, что позволяет использовать оптическую спектрометрию для изучения процесса атмосферной абляции космических тел. Для детального изучения процессов, происходящих при атмосферной абляции, в том числе разрушения метеороидного вещества, были инициированы различные лабораторные исследования. В экспериментальных установках, генерирующих плазменный факел, исследовалось разрушение образцов метеоритов

и земных пород, с составом сходным с метеоритным веществом [1-3]. Результатами этих исследований стало определение спектральных особенностей, характерных для абляции вещества метеоритов разных типов [4].

В данной работе рассматриваются результаты экспериментального моделирования абляции образцов трех метеоритов, относящихся к обыкновенным хондритам: Царев L5, Челябинск LL5, Calama 009 L6 [5, 6]. Все три образца были подвергнуты воздействию скоростного, высокотемпературного газового потока, генерируемого с помощью плазмотрона с высокочастотным дуговым разрядом [7]. Длительность воздействия составила 10-15 секунд. В ходе экспериментов были зарегистрированы оптические эмиссионные спектры абляции с низким разрешением и получена искусственная кора плавления на метеоритных образцах. В спектрах идентифицированы линии Fe, Na, Ca, Mg, Sr, общий вид спектров сопоставим с описанными в литературе лабораторными спектрами абляции обыкновенных хондритов [1-4], а также, с учетом особенностей поглощения и рассеивания квантов света в атмосфере, сопоставим с известными зарегистрированными спектрами абляции падений обыкновенных хондритов [4, 8]. Химический анализ вещества естественной и искусственной коры плавления, а также внутреннего вещества метеорита показал общие тенденции для естественной и искусственно смоделированной абляции: обеднение и обогащение коры плавления отдельными химическими элементами.

Данная работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, Проект №24-27-00392.

Литература:

1. Loehle S., Zander F., Hermann T., et al. Experimental Simulation of Meteorite Ablation during Earth Entry Using a Plasma Wind Tunnel // *The Astrophysical Journal*. 2017. vol. 837, pp. 112-121
2. Helber B., Dias B., Bariselli F., et al. Analysis of Meteoroid Ablation Based on Plasma Wind-tunnel Experiments, Surface Characterization, and Numerical Simulations // *The Astrophysical Journal*. 2019. vol. 876, pp. 120–134
3. Wang L., Ning Dang L., Wei Yang L., et al. Study of Iron and Stony Meteorite Ablation Based on Simulation Experiments in an Arc Heater // *The Astrophysical Journal*. 2024. vol. 962, pp. 23-39
4. Matlovič P., Pisarčíková A., Pazderová V., et al. Spectral properties of ablating meteorite samples for improved meteoroid composition diagnostics // *Astronomy & Astrophysics*. 2024. vol. 689, A323
5. Petrova E.V., Grokhovsky V.I. The Fusion Crust of Meteorites is the Result of Changes in the Meteoroid Material under the Influence of Atmospheric Ablation // *Solar System Research*, 2026, vol. 60:28.
6. Grokhovsky V.I., Petrova E.V., Yakovlev G.A., Popov A.A., Kartashova A.P., Harachka, Y. Matching of the compositions of chondrites and their fusion crust with the emission spectra of meteoroids // *Meteoritics & Planetary Science*. 2025. vol. 60 (S1), 5235
7. Кокорин А.Ф. Стенд на основе высокочастотного дугового плазмотрона для исследования свойств теплозащитных материалов // *Известия Вузов. Физика*. 2014. № 57 (2-3). С. 138-141
8. Petrova E.V., Kartashova A.P., Grokhovsky V.I. Fusion crust: from the initial meteoroid matter to the observation spectrum // *Icarus*. 2026. vol. 456, A117147

СЕКЦИЯ 3

ИСТОРИЯ КОМЕТНО-МЕТЕОРНОЙ АСТРОНОМИИ

ГЕНЕАЛОГИЧЕСКАЯ КОЛЛЕКЦИЯ Ю.Б. ШМАРОВА

Александрова Н. А.
Государственный музей А.С. Пушкина, Москва

В Государственном музее А.С. Пушкина (Москва) хранится уникальная коллекция генеалогических материалов Ю.Б. Шмарова, не имеющая аналогов.

Юрий Борисович Шмаров (1898-1989) в сложный период первых лет советской власти начал собирать коллекцию, посвященную истории российского дворянства, и посвятил этому занятию всю жизнь. Изначально собрание состояло из четырех разделов: архивного, иконографического, библиотеки и оригинальных произведений живописи и графики. В музей поступили две части: архивная и иконографическая, а затем добавился раздел по истории русской усадьбы.

Юрий Борисович Шмаров – дворянин по происхождению, известен как генеалог, библиофил и коллекционер. Окончив юридический факультет Московского университета, он служил юристом в разных учреждениях и даже был штатным сотрудником Московского областного уголовного розыска. В турбулентное для страны время его арестовали, осудили (1933) и отправили отбывать наказание в Ухтинско-Печорский исправительно-трудовой лагерь. В 1937 г. получив справку об освобождении, профессиональный юрист Ю.Б. Шмаров понимал, что возвращение в г. Москву без реабилитации невозможно и принял решение остаться на поселении в г. Печоре (Республика Коми). Только в конце 1950-х гг. случилась реабилитация и возвращение в Москву. С этого момента и до конца жизни Ю.Б. Шмаров был одним из основных московских консультантов по вопросам генеалогии, геральдики, военной истории, атрибуции произведений живописи и идентификации портретных изображений для сотрудников столичных и провинциальных музеев, архивов и библиотек, киностудий, научных учреждений.

Коллекция генеалогических материалов Ю.Б. Шмарова хранится в музее по правилам открытого хранения и включает опубликованные и неопубликованные письменные и изобразительные материалы, связанные с генеалогией и историей российского дворянства.

Документы в архивном разделе систематизированы по папкам-досье, именуемых по фамилиям. В папках содержатся родословные, копии и оригиналы документов, выписки из архивных и опубликованных источников, записи устных свидетельств, воспоминания представителей дворянства и их потомков, личная переписка, вырезки и извлечения из дореволюционных и советских изданий. Особо ценными являются подлинные документы, датированные XVII–XX вв.

Иконографический раздел состоит из портретов. Каждое изображение наклеено на паспарту с генеалогическими сведениями. Портреты выполнены в различных техниках, включая оригинальную и печатную графику, подлинные фотографии XIX–XX вв., вырезки из дореволюционных и советских изданий, а также многочисленные фотокопии фотографий, изданий, произведений живописи и графики.

Раздел по истории русской усадьбы формировался поэтапно. Он состоит из изображений усадеб с середины XIX до второй половины XX в. Здесь основными изобразительными материалами являются фотографическая коллекция Общества изучения русской усадьбы (ОИРУ) 1920-х г., спасенная Ю.Б. Шмаровым и снимки, созданные членами «шмаровского» историко-краеведческого кружка.

Коллекция генеалогических материалов Ю.Б. Шмарова используется в различных направлениях музейной деятельности, где основное место занимает научно-исследовательская и выставочная работа. Изучение коллекции и предоставление материалов для различных проектов привело к выявлению разнообразных тематических комплексов, в т.ч. связанных с астрономией, а вернее с личностями, внесшими неоценимый вклад в развитие этой фундаментальной естественнонаучной дисциплины.

В коллекции хранятся документы и изображения по истории семьи Ф.А. Бредихина, включая историю рода его жены А.Д. Бологовской и внучатой племянницы и дарительницы пушкинского музея А.С. Головиной. Не менее интересны материалы, связанные с именем одной из первых русских женщин астрономов и сотрудницы Пулковской обсерватории Н.А. Бобринской, ур. Половцевой. Заслуживают внимание документы по истории дворянских родов Энгельгардт, Олсуфьевых, Воронцовых-Вельяминовых и др. В иконографической части присутствуют портреты многих видных деятелей науки, в т.ч. имеющих отношение к астрономии.

Хотелось бы обратить внимание на материалы Б.А. Воронцова-Вельяминова. Он был не только видным ученым и автором многочисленных изданий по астрономии, но и историком. В коллекции сохранились автографы составленных им генеалогических схем рода Вороновых-Вельяминовых, записки и публикации, в т.ч. с дарственными надписями Ю.Б. Шмарову.

Среди усадебных материалов на снимках можно встретить загородные дома, где были обустроены обсерватории (Глинки, Быково) или ставшие в определенный период научными центрами (Никольское-Обольяниново), а также родовые имения многих видных деятелей науки.

Коллекция включает множество портретов родственников, друзей и коллег известных ученых и аристократов, интересовавшихся научными открытиями, а также фотографии памятных мест и другие материалы, прямо или косвенно связанные с историей одной из самых древнейших наук – астрономии.

Ф. А. БРЕДИХИН

Касаткина С. В.

Муниципальное казенное учреждение культуры
«Заволжский городской художественно-краеведческий музей»

КОМЕТНАЯ ШКОЛА В ТАДЖИКИСТАНЕ И ЕЕ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ КОМЕТНОЙ АСТРОНОМИИ

Кохирова Г.И.

Институт астрофизики Национальной академии наук Таджикистана, Душанбе,
Таджикистан

В обзоре приведены исторические факты, связанные со становлением и развитием всемирно признанной школы по кометной астрономии, в Институте астрофизики Национальной академии наук Таджикистана. Освещен вклад академика Добровольского О.В., основателя этой школы, в проблемы статистической связи кометных и солнечных явлений, механизмов взаимосвязи корпускулярных потоков Солнца с атмосферами комет и коллективных процессов в этих взаимодействиях. Им предложена теория оптически плотных атмосфер комет как саморегулирующихся явлений. Академик Добровольский О.В. является инициатором лабораторного моделирования комет в СССР и под его руководством впервые в мире была создана лаборатория экспериментальной астрофизики в ИА НАНТ. Здесь его учениками и последователями к.ф.-м.н. Хашимовым Н.М., чл.-корр. НАНТ Ибадиновым Х.И., к.ф.-м.н. Алиевым С., к.ф.-м.н. Шоекубовым Ш.Ш., к.ф.-м.н. Рахмоновым А. организовано моделирование сублимации гетерогенных кометных ядер под воздействием внешних факторов, которое подтвердило предложенный Добровольским О.В. механизм разлома поверхностного слоя ядра кометы под давлением скапливающегося под поверхностью газа. Группой его учеников и коллег к.ф.-м.н. Ошеровым Р.С., к.ф.-м.н. Иоффе З.М. и др. исследованы тепловой режим вращающихся кометных ядер и влияние экспериментально определённой реактивной силы на эволюцию ядра, предложена теория пылевых оболочек в головах комет, определены размеры и начальные скорости составляющих их частиц.

Большой вклад в развитие кометной школы в Таджикистане также внесли д.ф.-м.н. Киселев Н.Н., к.х.н. Чернова Г.П., снс Герасименко С.И. и др., особенно в части наблюдательной кометной астрономии, подтвердив многие теоретические изыскания наблюдательными фактами. Стоит отметить роль чл.-корр. НАНТ Ибадова С.И. в становлении кометной астрономии, который один из первых в мире среди экспертов предсказал существование рентгеновского излучения в кометных атмосферах. Результаты, полученные в этой школе и опубликованные в виде монографий и статей в ведущих международных изданиях, по настоящее время привлекают внимание ученых, что отражается в высоких показателях их цитирования.