

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИКИ РАН 2023г.

Измерения рентгеновского излучения газа скоплений галактик на рекордно больших расстояниях от центра скопления

Лыскова Н.С. (lyskova@cosmos.ru, +79199921784), Чуразов Е.М., Хабибуллин И.И.,
Буренин Р.А., Старобинский А.А., Сюняев Р.А.
ИКИ РАН, ИТФ РАН

Скопления – самые массивные вириализованные объекты в наблюдаемой Вселенной, которые заполнены горячим газом и являются мощными источниками рентгеновского излучения. Вдали от центра скоплений плотность газа падает, и изучать его становится крайне сложно - ведь тормозное излучение зависит от квадрата плотности газа и становится слишком слабым для большинства современных рентгеновских обсерваторий. Эту проблему удалось решить обсерватории SRG, используя исключительную однородность фона и неограниченное поле зрения в обзоре всего неба. Наложив друг на друга изображения 40 массивных скоплений галактик, были получены профили плотности, температуры и энтропии вплоть до рекордных расстояний, где плотность газа лишь в 50 раз выше, чем в среднем по Вселенной. Отличное согласие с космологическими численными расчетами показывает, что в режиме таких плотностей наши представления о формировании и эволюции скоплений достаточно точны.

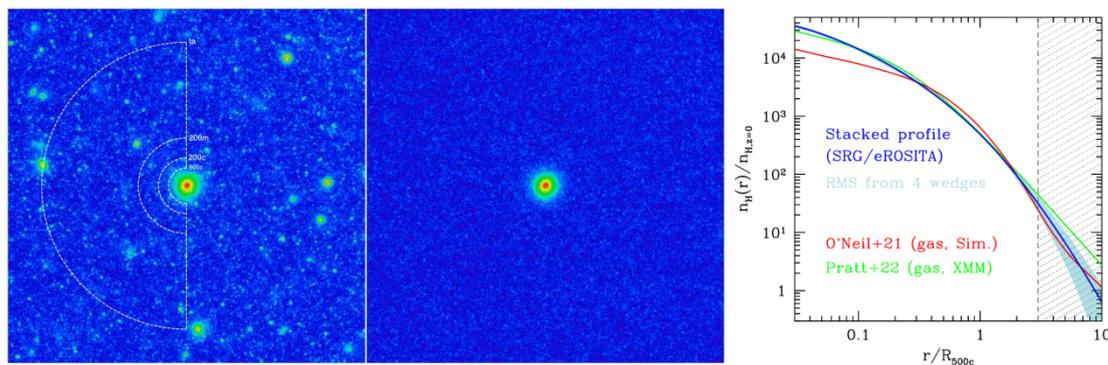


Рисунок 1. Изображение “усредненного” скопления галактик в рентгеновском диапазоне длин волн, полученное на основе данных SRG/eРОЗИТА, без вычитания компактных и протяженных источников, не относящихся к скоплению, (слева) и с вычитанием источников (в центре). Справа показан измеренный радиальный профиль плотности газа вокруг скопления в сравнении с численными расчетами формирования крупномасштабной структуры Вселенной.

Lyskova N., Churazov E., Khabibullin I., Burenin R., Starobinsky A., Sunyaev R.
"X-ray surface brightness and gas density profiles of galaxy clusters up to $3 \times R_{500c}$ with SRG/eROSITA", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525, 898 (2023)
(<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad2305>)

Результаты получены в рамках госзадания

Направление ПФНИ: 1.3.7 (Астрономия и исследования космического пространства)

Первое измерение отношения изотопов углерода в угарном газе на Марсе по данным российского прибора ACS на борту ExoMars TGO

Трохимовский А.Ю., Федорова А.А., Беляев Д.А., Кораблев О.И., Патракеев А.С., Шакун А.В.
Институт космических исследований РАН. a.trokh@cosmos.ru +7 495 3332102

В результате атмосферных потерь атмосфера Марса обогащена тяжелыми изотопами по сравнению с Землей. Наиболее ярко это проявляется в отношении D/H~5 в водяном паре, в меньшей степени – в отношениях изотопов углерода и кислорода в составе углекислого газа – основы атмосферы Марса. Измеренные на марсоходе Curiosity обогащения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ на ~5% предполагают, что после стабилизации атмосферы за ~4 млрд. лет из нее ушло не менее 50% CO_2 . Но потери идут из верхних слоев, и необходимо учитывать множество процессов между нижней и верхней атмосферой. Первые измерения вертикальных профилей изотопологов угарного газа (CO) российским прибором ACS на борту ExoMars TGO показали, напротив, существенное (~15%) обеднение тяжелого C в CO, объясняемое фотохимическим разделением (Рис. 1). В верхней атмосфере доля CO растет, и новые данные снижают общую оценку разделения покидающих Марс изотопов C на ~25%, а значит Марс потерял меньше углерода, чем считалось ранее. Учет этой обедненной ^{13}C фракции в составе поверхности подтверждает абиотическую природу недавно обнаруженной марсианской органики.

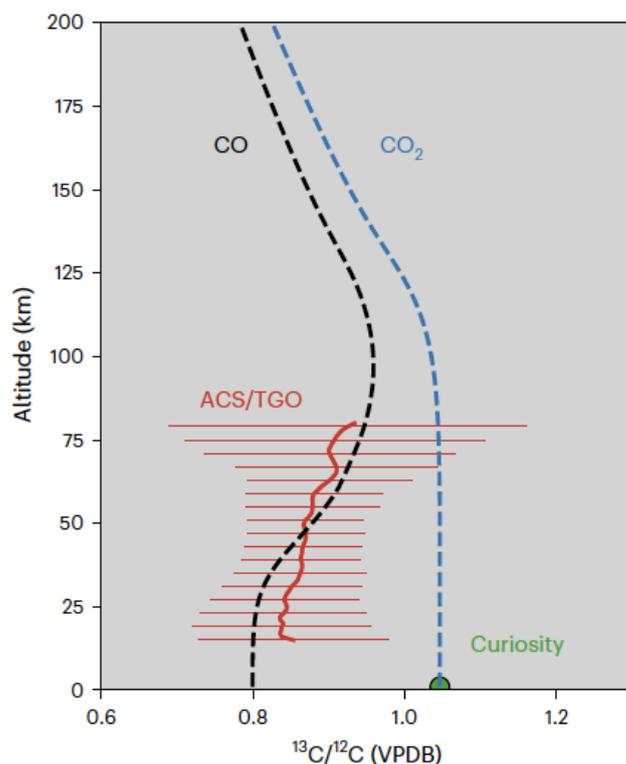


Рис. 1. Профили $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в CO и CO_2 атмосферы Марса в зависимости от высоты по отношению к Венскому стандарту Pee Dee Belemnite. Красная кривая – измерения ACS/TGO; штриховые линии – результаты фотохимического моделирования.

Alday J., Trokhimovskiy A., Patel M.R., Fedorova A.A., Lefèvre F., Montmessin F., Holmes J.A., Rajendran K., Mason J.P., Olsen K.S., Belyaev D.A., Korablev O., Baggio L., Patrakeeve A., Shakun A. Photochemical depletion of heavy CO isotopes in the Martian atmosphere *Nature Astronomy* **7**, 867 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41550-023-01974-2>

Тема государственного задания FFWG-2022-0007 ПЛАНЕТА рег. №122042500017-2

Направление ПФНИ 2021–2030 1.3.7.5. Планеты и планетные системы

Новая структурная особенность в строении магнитосферы в виде кольца плато плазменного давления

И.П. Кирпичев¹ ikir@cosmos.ru, Е.Е. Антонова^{2,1} elizaveta.antonova@gmail.com

¹ ИКИ РАН, Москва, Россия; ² НИИЯФ МГУ, Москва, Россия

ПЛАЗМА 122042700118-4, ПФНИ 1.3.7.4

Впервые обнаружено существование квазистационарных областей с крайне малыми градиентами давления (плато давления) на геоцентрических расстояниях от Земли $\sim 8-10 R_E$ (Рис.1). Использовались данные одновременных наблюдений в пяти спутниковом эксперименте THEMIS (~ 600 событий). Проецирование областей плато давления на малые (~ 800 км) высоты показало, что области плато проецируются как в конкретных случаях, так и статистически, на области зазоров (малых величин продольных токов) между крупномасштабными продольными токами зон I и II (Рис. 2). Области плато давления являются результатом релаксации пиковых возрастных давления в возмущенные периоды и таким образом хорошо вписываются в самосогласованную картину распределения продольных токов. Данный эффект не выделялся ранее. Выделение кольца плато плазменного давления дает принципиально новый взгляд на глобальную картину строения магнитосферы Земли.

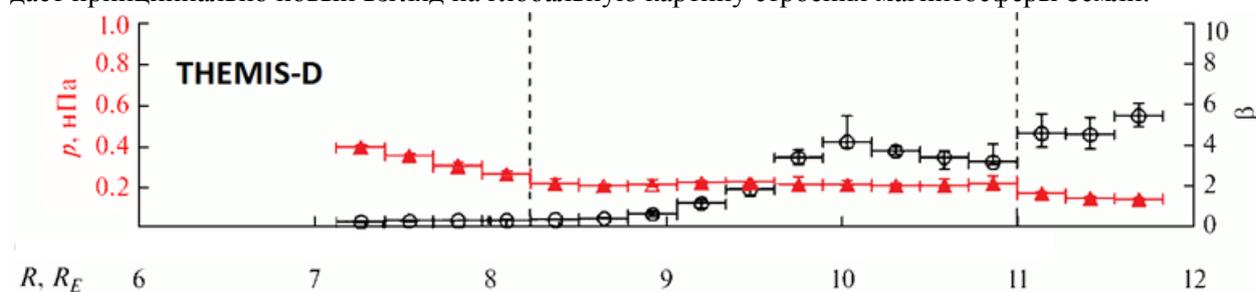


Рис. 1. Пример события регистрации плато давления 02.02.2009 г.

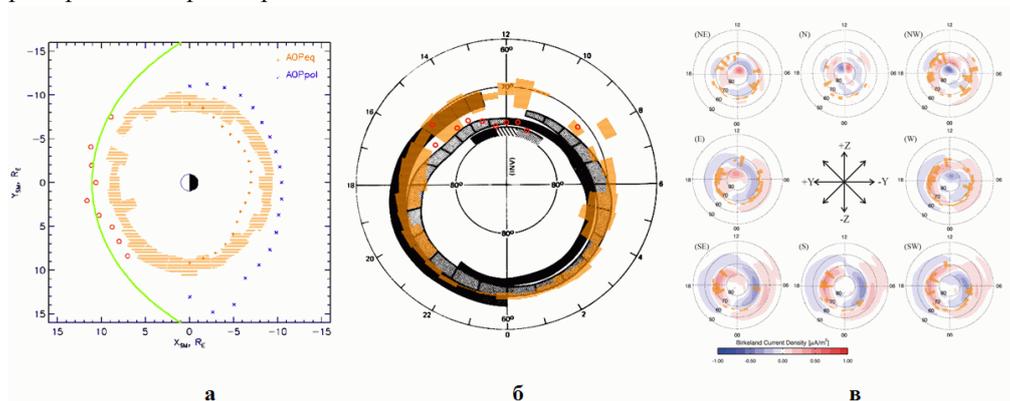


Рис. 2. Положение областей плато давления в экваториальной плоскости (а); сравнения положений проекций на ионосферные высоты областей плато давления со статистическими картинками продольных токов (Iijima and Potemra, 1978) (б) и в модели (Anderson et al., 2008) (в)

Кирпичев И.П., Антонова Е.Е. Плато плазменного давления в ночном секторе магнитосферы Земли и его устойчивость, *Геомагнетизм и аэрономия*, 2023, том 63, № 1, с. 31–42, doi:10.31857/S001679402260034X

Kirpichev, I. P., Antonova, E. E., & Stepanova, M. V. (2023). On the relationship between regions of large-scale field-aligned currents and regions of plateau in plasma pressure observed in the equatorial plane of the Earth's magnetosphere. *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL105190. <https://doi.org/10.1029/2023GL105190>

Вариации условий природной среды во время геомагнитной бури, приведшие к потере серии спутников Starlink

Лукьянова Р.
ИКИ РАН

В феврале 2022 г. при запуске с Мыса Канаверал очередной серии спутников системы Starlink произошла техногенная катастрофа. Этот запуск совпал с развитием двухфазной геомагнитной бури. Пики бури пришлись на 3 февраля 11 UT и 4 февраля 11 UT. После старта 3 февраля 38 из 49 запущенных КА не достигли запланированной высоты и вследствие усиленного торможения сошли с орбиты и вернулись обратно в атмосферу 8 февраля. Был проведен сравнительный анализ изменения параметров термосферы и ионосферы для пяти последовательных запусков Starlink в условиях космической погоды, варьирующихся от спокойных до буревых возмущений. Для оценки степени волновой активности, турбулентности и неустойчивости в ионосфере во время запусков Starlink, были рассчитаны средние значения ПЭС — интегральной плотности плазмы в столбе площадью 1 м^2 в ионосфере и плазмосфере на высоте от 65 км до 20200 км — вдоль терминатора на его утренней и вечерней половинах на высоте 300 км.

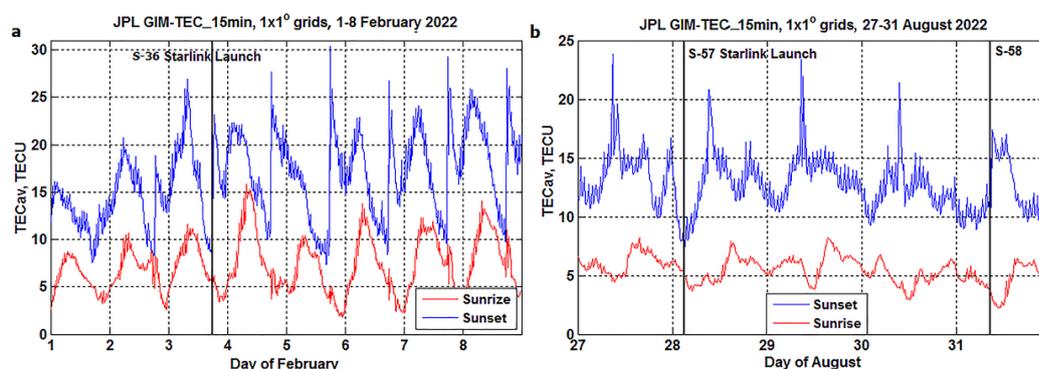


Рисунок 1.5.4 - Изменение ПЭС вдоль терминатора на восходе и заходе солнца на высоте 300 км; (а) запуск S-36, 2-8 февраля 2022 г.; (б) запуски S-57 и S-58, 27-31 августа 2022 г. Время запусков S-36, S-57 и S-58 обозначено вертикальными линиями

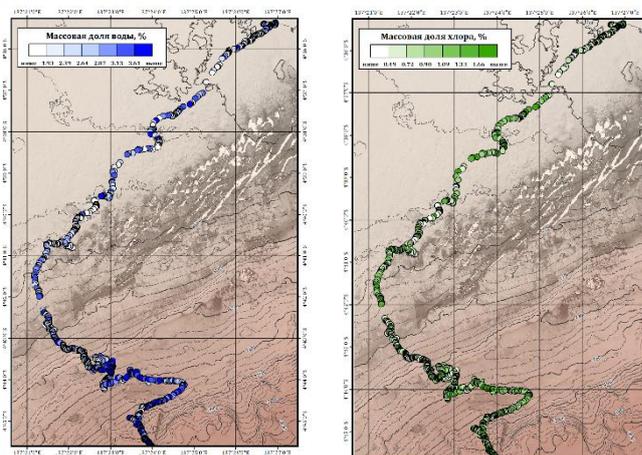
По результатам исследования можно сделать следующие выводы: 1) сравнение данных пяти запусков Starlink с геомагнитными индексами Dst показывает, что по мере развития магнитной бури 3–5 февраля 2022 г. нейтральная плотность термосферы увеличивается примерно на 50%, что приводит к увеличению сил сопротивления, в результате чего были потеряны 38 из 49 запущенных спутников; 2) во всех случаях наблюдались колебания ПЭС на солнечном терминаторе с асимметрией утренне-вечерних значений с преобладанием вечерних величин. Амплитуда колебаний была наибольшей во время бури 3–5 февраля 2022 г.; 3) изменение среднего ПЭС на закате и восходе солнца имело волновой характер с периодами колебаний 24 часа, 12 часов и меньше. То есть именно условия космической погоды оказали решающее влияние на то, что запуск S-36 закончился потерей спутников.

Gulyaeva T., Lukianova R., Haralambous H. (2023). Ionosphere heterogeneities at dawn–dusk terminator related to the Starlink satellites launch disaster on 3–8 February 2022 // Journal of Geophysical Research: Space Physics, 128, e2023JA031577. <https://doi.org/10.1029/2023JA031577>. (РИНЦ, Scopus, WoS, Q2)

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Тема Космос-Д, № 1021052104167-6-1.2.1. Направления ПФНИ: 1.3.4.3. Пламенные процессы в геофизике и астрофизике; 1.3.7.4. Солнце и околоземное космическое пространство, солнечно-земные связи

Оценки массовых долей воды и хлора в грунте Марса на основе каталогизированных данных нейтронного зондирования в российском космическом эксперименте ДАН на борту марсохода НАСА «Кьюриосити»

Митрофанов И.Г.¹, Никифоров С.Ю.¹, Литвак М.Л.¹, Дьячкова М.Ю.¹✉, Лисов Д.И.¹
Российский прибор ДАН (от англ. *Dynamic Albedo of Neutrons*), работающий на Марсе на борту марсохода НАСА «Кьюриосити», является первым активным нейтронным детектором, зондирующим поверхность другого небесного тела. Прибор создан в Институте космических исследований РАН с участием Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова Госкорпорации «Росатом».



А

Б

Рисунок. Распределение воды (А) и эквивалентного хлора (Б) в грунте вдоль трассы движения марсохода “Кьюриосити” по данным прибора ДАН

Основной целью эксперимента является измерение массовой доли воды и хлора в грунте Марса. В созданном общедоступном Каталоге представлены данные указанных измерений вдоль 27-километровой трассы марсохода, полученные за период от даты его посадки 9 августа 2012 года до 21 декабря 2021 года. Данные Каталога позволят исследователям Марса выяснить условия гидрологической эволюции «красной» планеты и определить свойства минералов ее поверхности на современном этапе.

Результаты опубликованы: Mitrofanov, I. G., Nikiforov, S. Y., et al. Water and chlorine in the Martian subsurface along the traverse of NASA's Curiosity rover: 1. DAN measurement profiles along the traverse. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 2022, 127, e2022JE007327 <https://doi.org/10.1029/2022JE007327> ; Djachkova M. V., Mitrofanov I. G., et al. Testing Correspondence between Areas with Hydrated Minerals, as Observed by CRISM/MRO, and Spots of Enhanced Subsurface Water Content, as Found by DAN along the Traverse of Curiosity. *Advances in Astronomy*, vol. 2022, Article ID 6672456, 10 pages, 2022 <https://doi.org/10.1155/2022/6672456> ; Litvak, M. L., Mitrofanov, I. G., et al. Depth distribution of chlorine at Gale crater, Mars, as derived from the DAN and APXS experiments onboard the Curiosity rover. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 2023, 128, e2022JE007694 <https://doi.org/10.1029/2022JE007694>.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Тема ОСВОЕНИЕ, № 122042500014-1.

Направления ПФНИ: 1.3.3.7. Ядерно-физические методы в медицине, энергетике, материаловедении, биологии, экологии, системах безопасности и других областях; 1.3.7.5. Планеты и планетные системы.

¹ Институт космических исследований Российской академии наук

✉ djachkova@np.cosmos.ru , 8(495)333-42-77

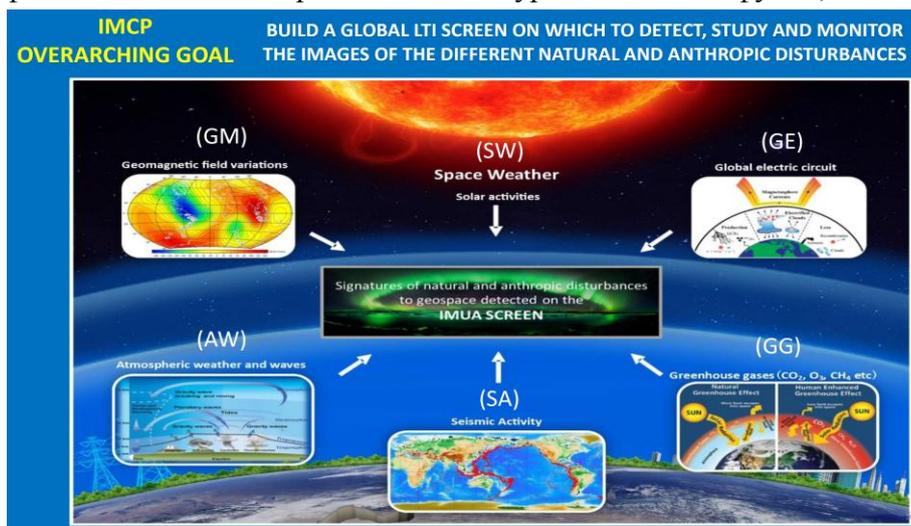
Физическая модель генерации атмосферных и ионосферных аномалий над областями подготовки катастрофических землетрясений и методы их автоматического поиска с использованием космических технологий

Пулинец Сергей Александрович,

главный научный сотрудник ИКИ РАН, д.ф.-м.н., pulse@cosmos.ru, +7 926 235 9117

Установлено, что ионизация пограничного слоя атмосферы как результат тектонической активности и увеличения эманации радона из земной коры приводит к формированию крупномасштабных неоднородностей в атмосфере и ионосфере в результате развития термодинамической неустойчивости. Процесс носит взрывной характер и является частью глобальной системы взаимодействия геосфер. Международное признание результата выразилось во включении данного механизма в международную программу исследований в рамках глобального проекта IMCP (International Meridional Circle Program), где в систему взаимодействия геосфер, включающую космическую погоду, солнечную активность, глобальную электрическую цепь, тропосферные процессы была включена и тектоническая активность (Рисунок 1).

Концепция взаимодействия геосфер под воздействием ионизации разрабатывалась более 25 лет, начиная с доклада на секции Общей физики и астрономии РАН в 1998 г. В результате были разработаны методы не только краткосрочного прогноза землетрясений, но и диагностики эффектов от других источников ионизации, в том числе регистрации местоположения и интенсивности радиационного заражения при авариях на атомных электростанциях и при испытаниях ядерного оружия в различных средах, эффектов ионизации при инициации ураганов и тайфунов, самовозгорания



хвойных лесов.

Рисунок 1 - Система взаимодействия геосфер, рассматриваемая в рамках проекта IMCP

1. Pulinets S.A., Physical bases of the short-term earthquake forecast // *Astronomical and Astrophysical Transactions (AAPT)*, Vol. 34, Issue 1, pp. 65-84, 2023
2. Pulinets S., Budnikov P., Karelin A., Žalohar J. Thermodynamic instability of the atmospheric boundary layer stimulated by tectonic and seismic activity // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 246, 106050, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2023.106050>

Работа выполнена в рамках темы УПРАВЛЕНИЕ - Исследования в области динамики сложных механических систем, проектирования орбит и построения математических моделей планирования космических экспериментов (номер FFWG-2022-0005).

Направление Программы фундаментальных научных исследований (ПФНИ) 2021-2030 - Науки о Земле. 1.5.1.6. Изучение и прогнозирование катастрофических явлений (землетрясения, извержения вулканов, цунами); оценки сейсмической, вулканической и цунами опасности

Методы и средства автономной оптической навигации для космических аппаратов на околоземной и лунной орбитах, а также для посадки на Луну

Г.А. Аванесов (genrikh-avanesov@yandex.ru), Б.С. Жуков, В.А. Гришин, Н.А. Строилов
Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

Автономная оптическая навигация позволяющая определять положение КА путем бортовой обработки изображений поверхности Земли, Луны и других планет незаменима при выводе КА на околопланетную орбиту, после коррекций орбиты, и особенно при обеспечении автоматической посадки КА на поверхность Луны.

В ходе отработки **методов и алгоритмов автономной оптической навигации на специализированном стенде** получены оценки точности навигации путем имитационного моделирования этих процессов для различных высот полета КА над поверхностью Луны, подтвержденные натурными навигационными измерениями по снимкам лунной поверхности, полученному камерой СТС-Л с борта КА «Луна-25» в августе 2023 г. Снимки были сделаны с окололунной круговой орбиты высотой 100 км. Приведенные среднеквадратические ошибки определения координат КА по изображениям составили около 70 м в плановых координатах и около 200 м по высоте, что полностью соответствует модельным оценкам, подтверждая правильность методического и алгоритмического обеспечения и перспективность автономных средств оптической навигации в практическом применении.

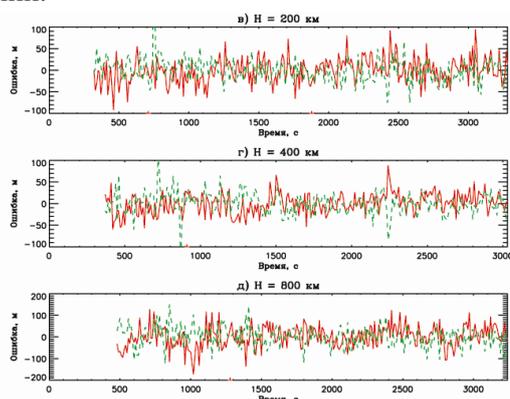


Рисунок 1 – Результаты стендовой оценки ошибок измерения координат КА на окололунных полярных орбитах высотой 200, 400 и 800 км: синяя линия – ошибка по высоте; красная линия – ошибка в плоскости орбиты; зеленая линия – ошибка в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты

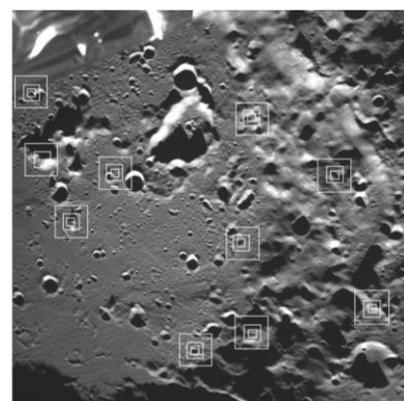


Рисунок 2 - Изображение поверхности Луны, полученное камерой КАМ-С/СТС-Л 17 августа 2023 г. Белыми вложенными квадратами показаны найденные контрольные точки при трех уровнях разрешения их эталонных изображений

Таблица 1 - Сравнение оценок координат КА в ПГСК по баллистическому прогнозу и по результатам обработки снимка КАМ-С/СТС-Л

	X, км	Y, км	Z, км	H, км
Баллистические данные	-299,974	-267,074	-1788,522	95,664
По снимку СТС-Л	-298,160±0,069	-266,860±0,069	-1787,217±0,208	94,064±0,201

1. Жуков Б.С., Аванесов Г.А., Лискив А.С., Сметанин П.С. Стендовая и натурная отработка оптической системы автономной припланетной навигации на окололунных орбитах // Космические исследования. – принята к публикации.

Тема «Вектор»

Направление ПФНИ: 1.3 Физические науки (1.3.5)

Объяснение Хаббловского несоответствия при наличии взаимосвязи темной энергии и материи в современной Вселенной.

Г. С. Бисноватый-Коган^{1,*}, А. М. Никишин^{2,**}

1 Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

2 Московский инженерно-физический институт (МИФИ), Москва, Россия

**E-mail: gkogan@iki.rssi.ru*

***E-mail: nikishin-5@yandex.ru*

В современной космологии принято, что скалярное поле, ответственное за инфляционную стадию ранней Вселенной, полностью превращается в вещество. Ускоренное расширение в настоящее время связано с темной энергией (DE), которая определяется космологической постоянной Эйнштейна. Рассматривается космологическую модель, в которой DE имеет два компонента: постоянная Эйнштейна (Λ), и меньший переменный компонент DE_V (Λ_V), связанный с остатком инфляционного скалярного поля. Предполагается, что превращение скалярного поля в вещество в настоящее время и сопровождается обратным процессом превращения DM в скалярное поле. Рассматривается различная связь между DM и DE_V , включая линейную $\rho_{DM} = \alpha \rho_{DE_V}$ и с зависимостью от красного смещения коэффициента $\alpha(z)$. Проблема Hubble Tension (HT) состоит в расхождении значений постоянной Хаббла H_0 по наблюдениям Вселенной на красных смещениях ($z < 1$), и из наблюдений флуктуаций реликтового излучения во Вселенной при красных смещениях ($z \cong 1100$). HT объясняется отклонением реальной космологической модели от общепринятой Λ CDM модели плоской Вселенной, действием добавочного компонента темной энергии DE_V на стадиях после рекомбинации.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2023, том 100, № 2, с. 133–143

ТАБЛИЦА

Значения искомого коэффициента α_{HT} , устраняющее HT, для различных γ .

$$\gamma = 0,235 \quad \alpha_{HT} \cong 60,9$$

$$\gamma = 0,1 \quad \alpha_{HT} \cong 34,5$$

$$\gamma = 0,01 \quad \alpha_{HT} \cong 24,8$$

$$\gamma \rightarrow 0 \quad \alpha_{HT} \rightarrow 23,9$$

$$\rho_{DM} = \alpha(z)\rho_{DE_V}, \quad \alpha(z) = \alpha_{HT} / (1+z)^\gamma$$

Тема **Звезды**

Работа ГСБК была частично поддержана грантом РФФИ 20-52-12053.

Направление Программы фундаментальных научных исследований (ПФНИ) 2021-2030:

1.3.7.2. Физика галактик и межгалактической среды

Особенности SS-AS циркуляции в верхней мезосфере Венеры определяются термическим приливом

А.В. Шакун, Засова Л.В., Горинов Д.А., Хатунцев И.В., Игнатьев Н.И., Пацаева М.В., Тюрин А.В. Свечение молекулярного кислорода $O_2(a^1\Delta_g)$ в полосе 1.27 мкм и динамика верхней мезосферы Венеры // *Астрон. вестник* 2023. № 3. С. 209-224.

L.V. Zasova, I.V. Khatuntsev, M.V. Patsaeva, et al. Some Peculiarities of the Venusian Mesosphere Dynamics // 14MS3-VN-04, p. 191-192. zasova@cosmos.ru

Ночное свечение O_2 1.27 мкм (максимум интенсивности на высоте 97 ± 2 км) является маркером динамики верхней мезосферы, ее SS-AS циркуляции. Несимметричность SS-AS циркуляции впервые была обнаружена Шакуном и др. (2010) по данным VIRTIS-M/VEX. В настоящей работе показано, что максимум свечения, а также область, где встречаются и опускаются потоки, идущие от терминаторов с дневной стороны (т.н. область конвергенции) соответствуют местному времени 22 ± 0.5 часа вместо полуночи (Рис. 1b), т.е. смещена в направлении, противоположном суперротации. На кривой термического прилива $T(P, LT)$, относящейся к уровню 0,1 мбар (около 95 км) максимум температуры наблюдается также около 22 часов (ФС «Венера-15», Zasova et al., 2007) (рис.1a), то есть, его положение, как и максимума свечения, коррелирует с нисходящим потоком. Несмотря на переменность яркости, смещение усредненного положения области конвергенции горизонтальных потоков, идущих от терминаторов, в низких и средних широтах южного полушария, во время наблюдений VIRTIS-M/VEX также оказалось связанным с термическим приливом. Влияния зональной суперротации при этом не обнаружено. Термические приливы играют важную роль в поддержании суперротации, поставляя энергию, и ярко проявляются в мезосфере. Примером может служить изменение скорости ветра в средне-широтном джете (Рис.1c). Фаза прилива изменяется с высотой, но на уровне 100 мб (высота среднеширотного джета) максимум температуры приходится на местное время - около 10 и 22 часов, то есть совпадает с максимумами скорости в джете.

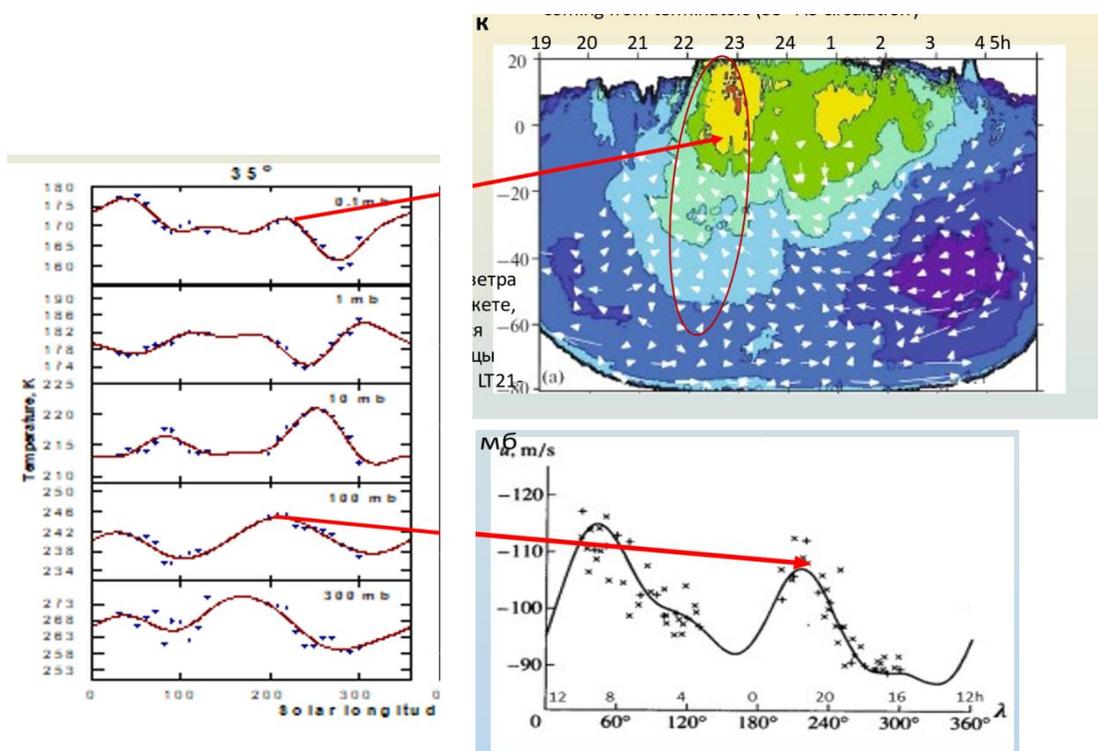


Рис1. а) зависимость температуры атмосферы от солнечной долготы (местного времени), аппроксимированной термическим приливом; б) карта яркости ночного свечения O_2 1.27мкм и поле ветра; в) скорость ветра в среднеширотном джете в зависимости от солнечной долготы (местного времени): $u(\lambda) = -98.44 + 5.78 \cos(\lambda + 89.64) + 9.36 \cos(2\lambda + 88.65) + 0.19 \cos(3\lambda + 32.99) + 3.52 \cos(4\lambda + 34.69)$

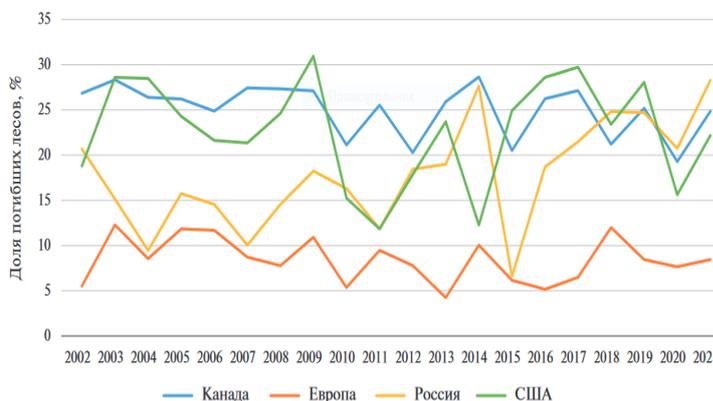
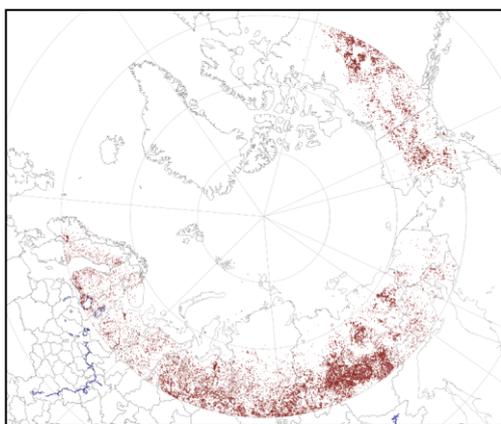
Результат получен в рамках выполнения темы «Венера-Д» FFWG-2022-0002 (номер гос. регистрации 122042500018-9). ПФНИ 1.3.7.5.

Оценка гибели северных лесов от пожаров в XXI веке на основе анализа спутниковых данных об интенсивности горения

В работе представлены результаты оценки гибели лесов от пожаров на северных территориях в 21 веке на основе анализа данных об интенсивности горения по спутниковым данным. Оценки проведены с использованием созданных в ИКИ РАН методов и более чем 20 летних архивов данных о повреждениях лесов пожарами. В работе представлен анализ распределений площади пожаров и погибших от их воздействия лесов по различным годам и странам, а также в следующих зонах:

- зона, расположенная севернее 60 гр. с.ш. («Зона 60»)
- зона, расположенная севернее Полярного круга («Зона ПК»).

Представленные в работе данные позволили сделать предварительный вывод о том, что в последние два десятилетия значимых изменений в числе пожаров в «Зоне 60» не наблюдалось. В тоже время необходимо отметить, что в «Зоне ПК» в 2019-2020 годах произошел резкий рост числа пожаров на территории России. В тоже время в исследуемый период не наблюдается трендов изменения доли площади погибших лесов от общей их площади в странах с наличием территорий в анализируемых зонах. Средняя доля ежегодно погибающих лесов от пожаров лесов по отношению к общей площади последних в стране за последнее десятилетие сопоставима в России, США и Канаде и существенно ниже в странах северной Европы. В тоже время, в среднем за весь анализируемый период доли площади погибших лесов по отношению к пройденной огнем площади леса в Канаде и США почти в 1,5 раза выше чем в России и почти в 3 раза выше чем в Европе. Это отчасти может быть связано с различным уровнем охраны лесов от пожаров в разных странах.



Поврежденные пожарами территории северных лесов (севернее 60 гр. с.ш.) в период с 2012 по 2021 годы (слева) и доля погибших лесов по отношению к пройденным огнем площади в разрезе различных стран (справа)

1. Лозин Д.В., Лупян Е.А., Балашов И.В., Барталев С.А. Оценка гибели северных лесов от пожаров в XXI веке на основе анализа данных прибора MODIS об интенсивности горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 2. С. 292-301. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-292-301.
(D. V. Lozin, E. A. Loupian, I. V. Balashov, and S. A. Bartalev Estimation of Northern Burnt Forest Mortality in the 21st Century Based on MODIS Data on Fire Intensity // Cosmic Research, 2023, Vol. 61, Suppl. 1, pp. S118–S124.)

Направление ПФНИ:

1.6.2.7. Методология мониторинга естественных и антропогенных экосистем (1.6. Биологические науки)

