

## ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИКИ РАН 2022г.

### Галактика и метагалактика в жестких рентгеновских лучах – обзор неба с помощью телескопа ART-XC орбитальной обсерватории СРГ

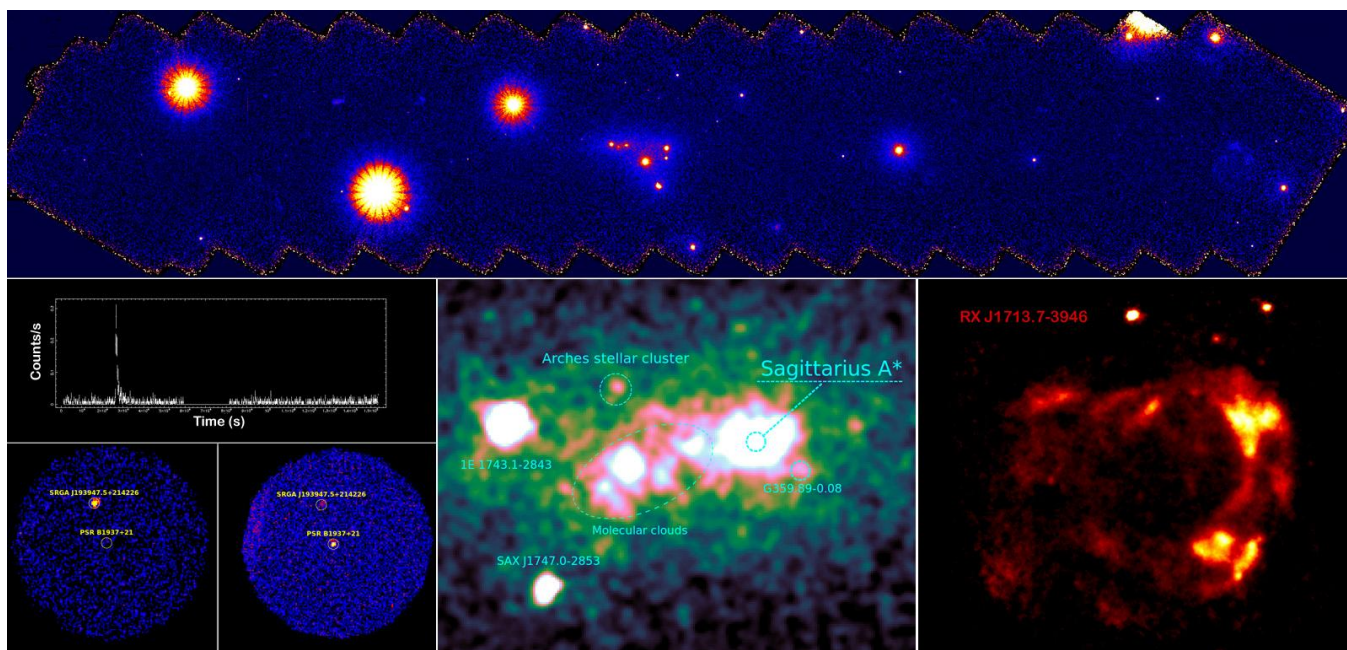
А.А. Лутовинов ([aal@cosmos.ru](mailto:aal@cosmos.ru)), С.Ю. Сазонов ([sazonov@cosmos.ru](mailto:sazonov@cosmos.ru)) и др.

Выпущен каталог источников, зарегистрированных в жестких рентгеновских лучах с помощью телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории Спектр-РГ по данным первого года обзора всего неба. С помощью наблюдений на всех крупных российских оптических телескопах определена природа новых объектов, обнаруженных в ходе этого обзора. Открыто несколько десятков ранее неизвестных аккрецирующих белых карликов и нейтронных звезд в нашей Галактике, а также активно растущих сверхмассивных черных дыр в ядрах других галактик. Обнаружены транзиентные события разной природы – мощные вспышки на звездах, необычные объекты в Галактике, гамма-всплески; впервые построены детальные карты остатков вспышек сверхновых в жестких рентгеновских лучах. Для проведения более полной «переписи» рентгеновских источников в Галактике начиная с марта 2022 года телескоп ART-XC проводит глубокое сканирование Млечного Пути. Это позволяет отыскивать слабые источники жесткого рентгеновского излучения даже на дальнем крае Галактики, заглянув туда сквозь толщу пыли и газа.

1. Pavlinsky M., Sazonov S., Burenin R. et al. “SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: Catalog of sources detected during the first year”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A38 (2022).
2. Zaznobin I., Sazonov S., Burenin R. et al. “Identification of three cataclysmic variables detected by the ART-XC and eROSITA telescopes on board the SRG during the all-sky X-ray survey”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A39 (2022).
3. Mereminskiy I., Dodin A., Lutovinov A. et al. “Peculiar X-ray transient SRGA J043520.9+552226/AT2019wey discovered with SRG/ART-XC”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A32 (2022).
4. Lutovinov A., Tsygankov S., Mereminskiy I. et al. “SRG/ART-XC discovery of SRGA J204318.2+443815: Towards the complete population of faint X-ray pulsars”. *Astronomy & Astrophysics*, 661, A28 (2022).
5. De. K., Mereminskiy I., Soria R. et al. “SRGA J181414.6-225604: A New Galactic Symbiotic X-Ray Binary Outburst Triggered by an Intense Mass-loss Episode of a Heavily Obscured Mira Variable”. *The Astrophysical Journal*, 935, id.36 (2022)
6. Krivonos R., Arefiev V., Lapshov I. et al. “Wide-field X-ray observations of the supernova remnant Puppis A with the SRG/ART-XC telescope”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 510, 3113 (2022).
7. Усков Г., Зазнобин И., Сазонов С. и др. «Новые активные ядра галактик, обнаруженные телескопами ART-XC и eROSITA обсерватории СРГ в ходе рентгеновского обзора всего неба». *Письма в Астрономический журнал*, 48, 95 (2022).
8. Мереминский И., Лутовинов А., Постнов К. и др. «Поиск рентгеновского излучения, предшествующего слиянию двойных нейтронных звезд, в данных обзора всего неба обсерваторией Спектр-РГ». *Письма в Астрономический журнал*, 48, 485 (2022).

Гранты РФФИ 19-12-00396, 19-12-00423, 21-12-00210

Направление ПФНИ: 1.3.7 (Астрономия и исследования космического пространства)

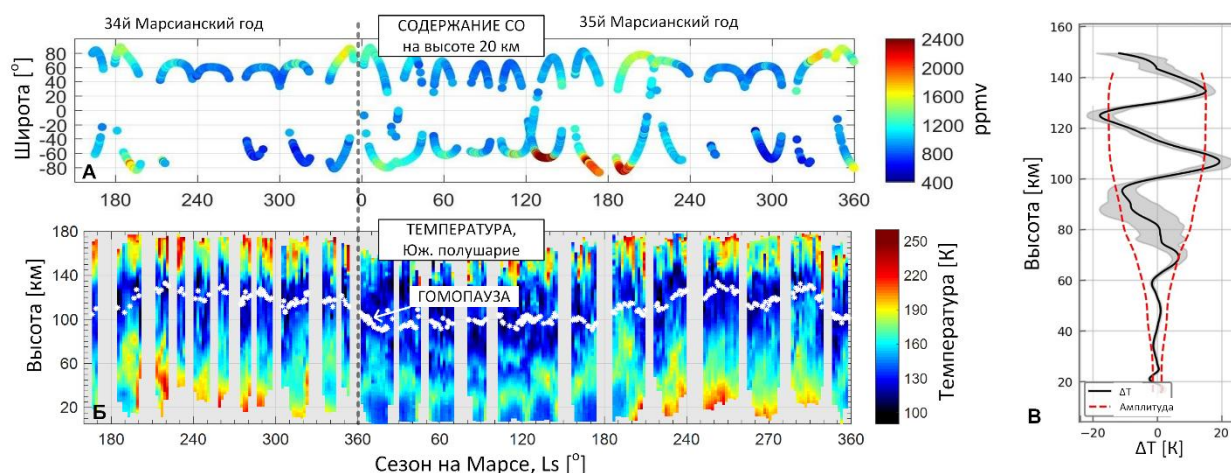


## Моноксид углерода и структура атмосферы Марса по данным ExoMars

Федорова А.А., Беляев Д.А, Трохимовский А.Ю., Стариченко Е.Д., Игнатъев Н.И., Лугинин М.С., Патракеев А.С., Ломакин А.А., Шакун А.В., Кораблев О.И.

Институт космических исследований РАН в кооперации с зарубежными научными организациями.

По данным измерений спектрометра ACS на борту ExoMars Trace Gas Orbiter впервые исследованы сезонные и широтные изменения в высотном распределении угарного газа (CO) в атмосфере Марса от 0 до 80 км. Угарный газ не конденсируется и его относительное содержание меняется по мере сезонной конденсации и сублимации основной составляющей атмосферы Марса (CO<sub>2</sub>). Впервые наблюдались следующие особенности: 1) обогащенный слой CO на 10-20 км в южных полярных областях в конце зимы, что говорит об активных процессах конденсации атмосферы в этих областях, 2) увеличение относительного содержания в 4–5 раз выше 50 км в равноденствии, свидетельство переноса воздуха обогащенного CO, 3) уменьшение содержания CO во время глобальной пылевой бури 2018 г, связанное с влиянием водяного пара на скорость потери CO и его преобразования в CO<sub>2</sub>. Исследовано вертикальное распределение плотности и температуры в рекордном диапазоне высот, от 10 до 180 км. Получены сезонные вариации высоты мезопаузы – температурного минимума в атмосфере и гомопаузы – слоя, выше которого турбулентное перемешивание атмосферы меняется на молекулярное, индивидуальное для каждого газа. Впервые вдоль всего столба атмосферы выявлены волновые эффекты с характерным затуханием волны в области гомопаузы.



**Рисунок. А** – сезонная карта содержания СО в частях на миллион (ppmv) на высоте 20 км. **Б** – вертикальное распределение температуры по сезонам и уровень гомопаузы. По горизонтальной оси ареоцентрическая долгота Солнца (Ls). **В** – колебания температуры вдоль столба атмосферы.

Fedorova A., Trokhimovskiy A., Lefèvre F., Olsen K.S., Korablev O. et al., 2022. Climatology of the CO Vertical Distribution on Mars Based on ACS TGO Measurements. *J. Geophys. Res.-Planets* 127, e07195. <https://doi.org/10.1029/2022JE007195>

Belyaev D.A., Fedorova A.A., Trokhimovskiy A., Alday J., Korablev O.I. et al., 2022. Thermal structure of the middle and upper atmosphere of Mars from ACS/TGO CO<sub>2</sub> spectroscopy. *J. Geophys. Res.-Planets* 127, e007286. <https://doi.org/10.1029/2022je007286>.

Starichenko E.D., Belyaev D.A., Medvedev A.S., Fedorova A.A., Korablev O.I. et al., 2021. Gravity wave activity in the Martian atmosphere at altitudes 20–160 km from ACS/TGO occultation measurements. *J. Geophys. Res.-Planets* 126, e006899. <https://doi.org/10.1029/2021je006899>.

Olsen K. S., Lefèvre F., Montmessin F., Fedorova, A.A., Trokhimovskiy A. et al., 2021. The vertical structure of CO in the Martian atmosphere from the ExoMars Trace Gas Orbiter. *Nature Geosci.* 14, 67-71. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-00678-w>

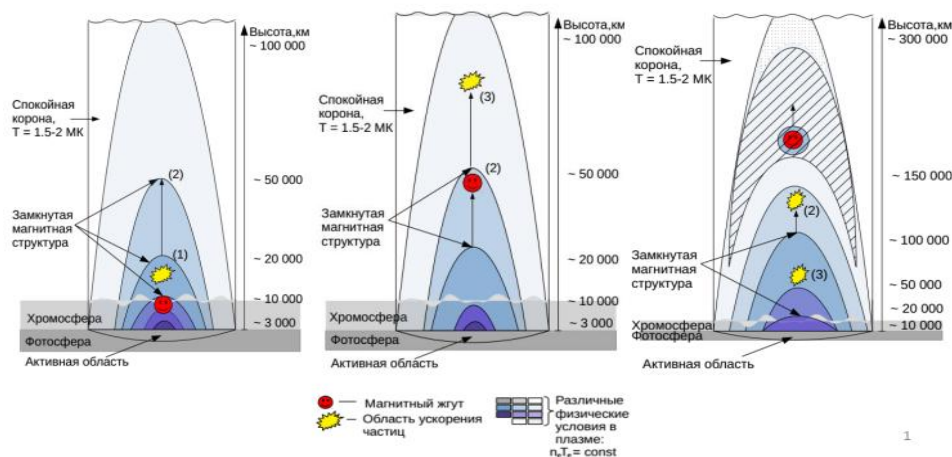
-Результаты получены в рамках госзадания и при поддержке РФФ

-номер научного направления ПФНИ: 1.3.7.5 Планеты и планетные системы.

## Радиационная опасность солнечных вспышечных событий

*А.Б. Струминский, А.М. Садовский и В.А. Ожередов (ИКИ РАН),  
И.Ю. Григорьева (ГАО РАН), Ю.И. Логачев (НИИЯФ МГУ)*

Механизмы энерговыделения в солнечной вспышке – одна из основных проблем солнечной физики. Показано, что длительность выделения энергии в вспышке определяет флюенсы солнечных электронов >1 МэВ и протонов >100 МэВ, а также скорость коронального выброса массы (КВМ). Максимальные величины электромагнитного излучения зависят от высоты развития вспышечного процесса и оказываются вторичным признаком («синдром большой вспышки»). Результат может быть важен для развития статистических моделей предсказания космической погоды.



**Рисунок.** Иллюстрация вспышечного процесса: ускорение частиц и КВМ происходят на высотах более 50 Мм, но наибольшее ЭМ излучение соответствует высотам менее 50 Мм, где плотности плазмы и величины магнитного поля больше.

### Публикации

- 1) Григорьева И.Ю., **Струминский А.Б.** «Формирование источника солнечных космических лучей в эруптивных вспышках X6.9 9 августа 2011 года M5.1 17 мая 2012 года» // *Астрономический журнал*, 2022, том 99, № 6, с. 486–495 DOI: 10.31857/S0004629922060044
- 2) **Struminsky A.B.**, Grigotyeva I.Yu. «Sequential Flares X5.4 and X1.3 on March 7, 2012 and their Associated Coronal Mass Ejections» // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2022, Vol. 63, № 8, pp 1045-1053 DOI: 10.1134/S0016793222080205
- 3) **Струминский А.Б.**, **Садовский А.М.**, Григорьева И.Ю. «Магнитная детонация и ускорение КВМ во вспышке X3.4 13 декабря 2006» // Труды конференции XXV «Солнечная и солнечно-земная физика-2022», Пулковско 3-7 октября 2022, DOI: 10.31725/0552-5829-2022-251-254
- 4) **Ожередов В.А.**, **Струминский А.Б.**, «Статистическая модель ускорения КВМ» // Труды конференции XXV «Солнечная и солнечно-земная физика-2022», Пулковско 3-7 октября 2022, DOI: 10.31725/0552-5829-2022-221-224
- 5) **А. Б. Струминский**, И. Ю. Григорьева, Ю.И. Логачев, **А.М.Садовский** «Солнечные релятивистские электроны и протоны 28 октября 2021 года (GLE 73)» Изв. РАН Серия физическая, 12 октября 2022 (подано в печать)
- 6) И. Ю. Григорьева, **А. Б. Струминский**, Ю.И. Логачев, **А.М.Садовский** «Роль корональных выбросов массы в корональном распространении солнечных космических лучей», *Космические Исследования*, 5 октября 2022 (подано в печать)

**Тема: ПЛАЗМА**

**ПФНИ:** 1.3.7.4. Солнце и околоземное космическое пространство, солнечно-земные связи  
1.3.4.3. Пламенные процессы в геофизике и астрофизике

### Ударно-волновой механизм нагрева солнечного ветра на больших гелиоцентрических расстояниях

Предложено объяснение неадиабатического поведения температуры солнечного ветра с увеличением гелиоцентрического расстояния. Такое поведение солнечного ветра было обнаружено на космическом аппарате «Вояджер-2» в 1980–90 годах. Оказалось, что температура плавно уменьшается до расстояния примерно 20–25 астрономических единиц, или а.е. (уже за орбитой Урана), а потом начинает медленно расти.



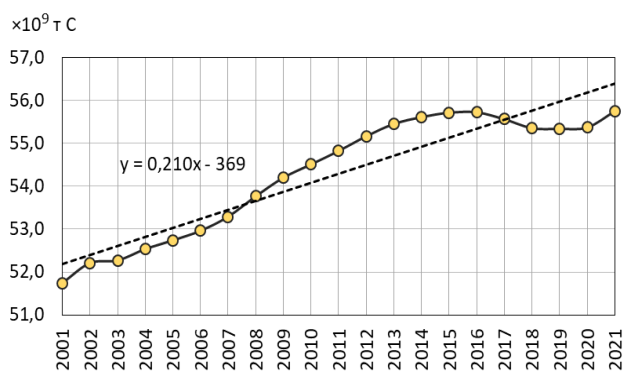


Рисунок 1 – Динамика запаса углерода в лесах России



Рисунок 2 – Изменение запаса углерода в лесах России, 2001-2021 гг.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 19-77-30015, а также государственного задания ИКИ РАН (Распоряжение Правительства РФ от 2 сентября 2022 года №25-15р в целях реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ.)

Барталев С.А. Методология комплексного использования спутниковых данных дистанционного зондирования, выборочных наземных наблюдений и моделирования для мониторинга бюджета углерода в лесах России. Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Электронный сборник материалов конференции. Институт космических исследований Российской академии наук. Москва, 2022. DOI 10.21046/20DZZconf-2022a

Направления ПФНИ:

1.5.12.2. Разработка аппаратуры и методов дистанционного зондирования Земли, включая новые системы измерения и обработки данных (1.5. Науки о Земле)

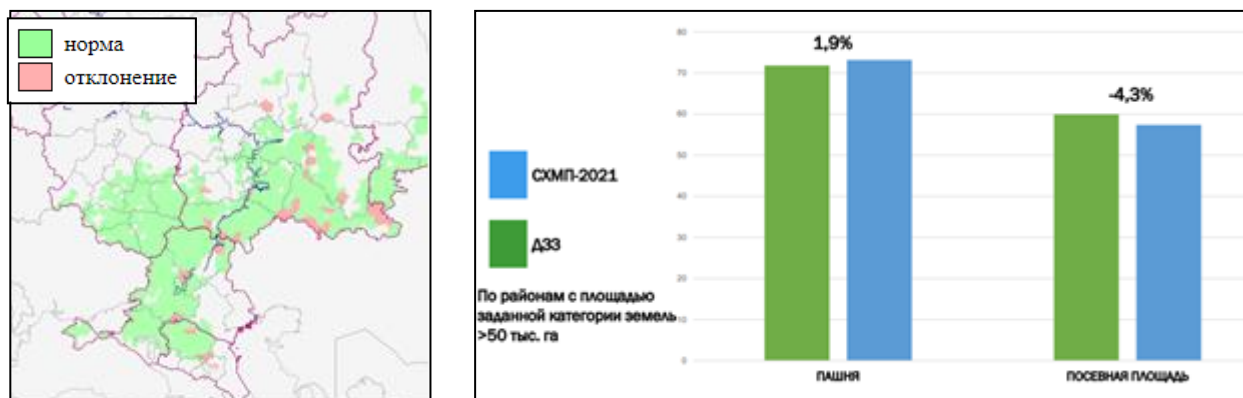
1.6.2.7. Методология мониторинга естественных и антропогенных экосистем (1.6. Биологические науки)

## **Технология контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 года об использовании сельскохозяйственных угодий на основе средств спутникового мониторинга**

ИКИ РАН и ООО «ИКИЗ» по заказу Росстата создали и внедрили технологию контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. (далее - СХМП) об использовании с/х угодий на основе средств спутникового мониторинга (далее - Технология). Разработанная Технология позволила в максимально автоматизированном режиме провести обработку спутниковых данных для получения информации о с/х землях и их использовании в 2021 г. и ее сравнение с данными СХМП, для оценки достоверности полученной статистической информации. Технология активно использовалась на этапе подведения итогов СХМП в 2022 году на территории всех с/х регионов России. Опыт применения Технологии показал, что она позволяет повысить достоверность статистической информации о состоянии и использовании с/х земель и может в дальнейшем использоваться при проведении сельскохозяйственных переписей и ежегодных федеральных статистических наблюдений (сборе текущей сельскохозяйственной статистики).

При создании и внедрении Технологии были использованы решения по организации распределенной работы со сверхбольшими архивами спутниковых данных и результатами их обработки разработанные в рамках темы «Космос-Д» (госрегистрация №122042500019-6) и методов обработки и анализа спутниковых данных, позволяющих оценивать различные

характеристики с/х земель, которые развиваются в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8).



Примеры районов в европейской части России с выявленными расхождениями между данными СХМП и данными спутниковых наблюдений (слева) и сравнение площади пашни и посевной площади (в районах Российской Федерации с площадью анализируемой категорий земель >50 тыс. га) по данным СХМП и данным спутниковых наблюдений (справа)

Лупян Е.А., Денисов П.В., Трошко К.А., Полецкая А.Ю. Технологии спутникового мониторинга для контроля данных статистических наблюдений об использовании сельскохозяйственных угодий // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Электронный сборник материалов конференции. Институт космических исследований Российской академии наук. Москва, 2022. С. XX.F.526. DOI 10.21046/20DZZconf-2022a

Денисов П.В., Трошко К.А., Полецкая А.Ю., Гогачева Н.А., Ленник А.В., Лупян Е.А., Антошкин А.А., Кашницкий А.В., Кобец Д.А., Плотников Д.Е, Прошин А.А., Толпин В.А. Первые результаты контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 года с использованием средств спутникового мониторинга // «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 6. (в печати)