

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

УДК 523.2 523.4 523.6

Номер государственной регистрации 122042500017-2

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Института космических исследований
Российской академии наук
чл.-корр. РАН



А.А. Петрукович

«21» декабря 2023 г.

м.п.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Исследование атмосфер и поверхностей планет
(промежуточный, этап 2)

Тема ПЛАНЕТА

FFWG-2022-0007

Научный руководитель
чл.-корр. РАН









«20» декабря 2023 г.

О.И.Кораблёв


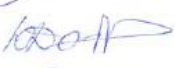







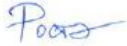
Москва

2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы		20.12.2023	Кораблёв О.И. зав. отд., д.ф.-м.н.
Наименования разделов: Ответственные исполнители разделов темы:			
Раздел 1: Марс		20.12.2023	Федорова А.А. зав. лаб., к.ф.-м.н.
Раздел 2: Венера		20.12.2023	Беляев Д. А. с.н.с., к.ф.-м.н.
Раздел 3: Меркурий		20.12.2023	Беляев Д. А. с.н.с., к.ф.-м.н.
Раздел 4: Ранняя эволюция планетных тел		20.12.2023	Герасимов М.В. зав. лаб., к.ф.-м.н.
Раздел 5: Малые тела Солнечной системы и космическая пыль		20.12.2023	Захаров А.В. г.н.с., д.ф.-м.н.
Раздел 6: Внесолнечные планетные системы		20.12.2023	Тавров А.В. зав. лаб., д.т.н.
Раздел 7: Методы, технологии и аппаратура исследований планет		20.12.2023	Кораблёв О.И. зав. отд., д.ф.-м.н.

Исполнители темы:

н.с., к.ф.-м.н. ,		Ананьева В.И. (раздел 6)	20.12.2023
вед. инж.		Виноградов И.И. (раздел 7)	20.12.2023
с.н.с., к.ф.-м.н.		Доброленский Ю.С. (раздел 7)	20.12.2023
н.с.		Дольников Г.Г. (разделы 5, 7)	20.12.2023
н.с., к.ф.-м.н.		Евдокимова Д.Г. (раздел 2)	20.12.2023
м.н.с.		Зайцев М.А. (раздел 4)	20.12.2023
м.н.с.		Иванова А.Е. (раздел 6)	20.12.2023
с.н.с., к.ф.-м.н.		Игнатьев Н.И. (разделы 1, 2)	20.12.2023
н.с.		Котцов В.А. (раздел 3)	20.12.2023
м.н.с.		Кузнецов И.А. (разделы 5, 7)	20.12.2023
н.с., к.ф.-м.н.		Лугинин М.С. (раздел 1)	20.12.2023
с.н.с., к.ф.-м.н.		Петрова Е.С. (раздел 5)	20.12.2023
с.н.с., к.ф.-м.н.		Спиридонов М.В. (раздел 7)	20.12.2023
н.с.		Трохимовский А.Ю. (раздел 1)	20.12.2023
н.с.		Чумиков А.Е. (разделы 4, 7)	20.12.2023
Нормоконтроль			20.12.2023 Ростэ О.З.

РЕФЕРАТ

Отчет 44 стр., 14 рис., 145 источников

ПЛАНЕТЫ, МАРС, ВЕНЕРА, ЛУНА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЭКЗОПЛАНЕТЫ, МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ, ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ, ЭВОЛЮЦИЯ КОМЕТНЫХ ЯДЕР, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАНЕТ И ИХ СПУТНИКОВ, ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНЕТНЫХ ТЕЛ, КОМЕТЫ, МОДЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ТЕЧЕНИЯ

В отчете представлены результаты исследований, проведенных в 2023г. по теме «ПЛАНЕТА. Исследование атмосфер и поверхностей планет» в рамках Фундаментальных и прикладных научных исследования планет и малых тел (тема FFWG-2022-0007 ПЛАНЕТА). Направления НИР и ОКР по теме соответствуют ряду направлений Программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2021 - 2030 годы:

- 1.3.7.5. Планеты и планетные системы
- 1.3.7.6. Развитие методов наземной и внеатмосферной астрономии
- 1.3.5.4. Развитие методов спектроскопии, люминесценции и прецизионных оптических измерений
- 1.5.4.3. Формирование и эволюция внеземного вещества, Луны, планет и малых тел Солнечной системы
- 1.5.9.5. Создание методов, технологий и аппаратуры атмосферных и ионосферных исследований
- 1.6.1.5. Происхождение жизни и астробиология

Отчет за 2023г работ по теме «ПЛАНЕТА. Исследование атмосфер и поверхностей планет» содержит результаты исследований планет земной группы, Марса, Венеры, Меркурия, полученные, в основном, по данным наблюдений с космических аппаратов, результаты, посвященные ранней эволюции Солнечной системы, малым телам и космической пыли, полученные, как правило, на основе лабораторного моделирования процессов. Также представлен ряд работ по внесолнечным планетным системам, основанных как на теоретическом анализе, так и первых наблюдений внесолнечных планет, проведенных на российских инструментах. Раздел Методы, технологии и аппаратура исследований планет суммирует методические и экспериментальные работы, направленные на создание новой аппаратуры для космических исследований и не поддерживаемые контрактами ГК Роскосмос.

Как и ранее, существенная часть результатов раздела МАРС получена по данным космического проекта «ЭкзоМарс 2016» с российскими приборами и теоретического моделирования атмосферных процессов на основе этих данных. К ним относится и наиболее значимый результат Института, выполняемый в рамках государственного задания в 2023г.: Первое измерение отношения изотопов углерода в угарном газе на Марсе по данным российского прибора ACS на борту ExoMars TGO на основе публикации в журнале Nature Astronomy. Этот результат, как важнейшее достижение астрономических исследований рекомендован для включения в отчет ОФН для Президиума РАН Научным советом по астрономии ОФН РАН по секции Планетные исследования. Один результат получен по данным российского прибора на борту Mars Express. Всего по разделу опубликовано восемь работ, все в журналах первого квартала (Nature Astronomy, J. Geophys Res (Planets), Icarus).

Исследования Венеры (раздел 2) ведутся в основном в рамках выделенной темы государственного задания «ВЕНЕРА-Д». Небольшую часть исследований на основе данных проекта Venus Express (2006–2014) ведут сотрудники, работающие по теме «ПЛАНЕТА». Начато опубликование глав книги серии ISSI об эволюции Венеры (две статьи в журнале Space Science Rev).

В связи с поступлением первых результатов наблюдений Меркурия приборами с российским участием на борту космического аппарата Bepi Colombo при первых двух пролетах планеты в 2021-2022 гг в отчет добавлен раздел МЕРКУРИЙ. Опубликовано три статьи в журнале J. Geophys Res (Planets).

В разделах 4 и 5 собраны результаты лабораторного моделирования ударных процессов в лунном реголите и процессов, связанных с лунной пылью, воздействия излучения на процессы синтеза и разрушения перхлоратов на поверхности Марса и спутниках Юпитера, устойчивость микроорганизмов. Также представлены теоретические работы по изучению заряда пылевых частиц на поверхности Луны и других безатмосферных тел. Опубликовано шесть работ в рецензируемых изданиях, две работы находятся в печати. Также по этой теме подготовлено рабочее место для исследования лунного грунта и развивались методы планетарной защиты Марса и Венеры. Опубликовано четыре статьи в рецензируемых изданиях.

Продолжены исследования экзопланет (раздел 6), ранее поддержанные грантом МОН 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039) «Теоретические и экспериментальные исследования формирования и эволюции внесолнечных планетных систем и характеристик экзопланет». В их числе наиболее значимый результат CAO РАН с участием сотрудников ИКИ: EXPLANATION: Проект исследования экзопланет и транзиентных событий, первые результаты. Этот результат, как важнейшее достижение астрономических исследований рекомендован для включения в отчет ОФН для Президиума РАН Научным советом по астрономии ОФН РАН по секции Оптические телескопы и методы. Развивались методы прямого наблюдения экзопланет. Опубликовано шесть работ в журналах MNRAS, A&A, Atmosphere, Астрон. бюлл., Photonics, ЖЭТФ.

В разделе, посвященном методам, технологиям и аппаратуре для исследований планет рассмотрен ряд задач наблюдений планет Солнечной системы космической обсерваторией Спектр-УФ, технические решения приборов для исследования атмосфер и поверхностей планет, космической пыли и пылевой плазмы. Начата публикация статей по приборам комплекса научной аппаратуры ЭкзоМарс 2022. Опубликовано шесть работ в рецензируемых изданиях, одна работа находится в печати.

По теме «ПЛАНЕТА» работает 30 научных сотрудников и 40 научных работников в составе семи лабораторий, одного сектора и группы, включая 23 молодых ученых и специалистов. Опубликован обзор исследования атмосфер планет и глава по исследованиям Марса в инфракрасном диапазоне для Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science.

Всего по теме опубликовано 59 статей в рецензируемой литературе, из них 26 в журналах Q1-Q2 квартилей.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Раздел 1 Марс.	8
2 Раздел 2 Венера	10
3 Раздел 3 Меркурий.....	10
4 Раздел 4 Ранняя эволюция планетных тел.....	12
5 Раздел 5 Малые тела Солнечной системы и космическая пыль.....	16
6 Раздел 6 Внесолнечные планетные системы	17
7 Раздел 7 Методы, технологии и аппаратура исследований планет	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	28

ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023г. по теме “ПЛАНЕТА. Исследование атмосфер и поверхностей планет” в рамках Фундаментальных и прикладных научных исследования планет и малых тел (тема FFWG-2022-0007 ПЛАНЕТА). Тема FFWG-2022-0007 ПЛАНЕТА является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

Направления НИР и ОКР по теме ПЛАНЕТА соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2021 - 2030 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г., № 3684-р :

- 1.3.7.5. Планеты и планетные системы
- 1.3.7.6. Развитие методов наземной и внеатмосферной астрономии
- 1.3.5.4. Развитие методов спектроскопии, люминесценции и прецизионных оптических измерений
- 1.5.4.3. Формирование и эволюция внеземного вещества, Луны, планет и малых тел Солнечной системы
- 1.5.9.5. Создание методов, технологий и аппаратуры атмосферных и ионосферных исследований
- 1.6.1.5. Происхождение жизни и астробиология

Тема ПЛАНЕТА. Исследование атмосфер и поверхностей планет

Гос.рег. № 122042500017-2

Науч.рук.: чл.-корр. РАН Кораблев О.И.

Зам. рук. темы: д.ф.-м.н. Захаров А.В.

Раздел 1. МАРС

1.1 Влияние глобальных пыльных бурь на водяной пар в южной полярной области Марса

Марсианские глобальные пылевые бури могут существенно влиять на круговорот воды в нижних слоях атмосферы (0–40 км). Было проведено сравнение эволюции содержания водяного пара, содержания аэрозолей и температуры поверхности в Южной полярной области в марсианские годы с глобальными пылевыми бурями в 25, 28 и 34 годах, а также в другие года с меньшей пылевой активностью. В соответствующие года содержание пара в нижней атмосфере Южной полярной области уменьшается после завершения пылевой бури. Наши результаты позволяют предположить, что это уменьшение может быть результатом нарушения переноса воды на юг атмосферной циркуляцией. С другой стороны, уменьшение содержания может быть вызвано уменьшением десорбции пара из недр.

1.2 Верхние пределы содержания азотных компонент в атмосфере Марса

В работе исследовались данные о пропускании атмосферы Марса, полученные прибором ACS MIR. Были проанализированы спектры в области 3332,5–3338,6 см⁻¹ с разрешением порядка 30 000 (λΔλ). Данный диапазон соответствует позициям линий поглощения трех азотсодержащих соединений: аммиака (NH₃), цианистого водорода (HCN) и цианоацетилена (HC₃N). Согласно существующим моделям, не ожидается, что эти соединения будут присутствовать в богатой CO₂ марсианской атмосфере, но нельзя сбрасывать со счетов дегазацию или неизвестные химические источники. По результатам индивидуальных измерений лучшие верхние пределы составляют 14, 1,5 и 11 частей на миллиард соответственно для NH₃, HCN и HC₃N. Данный результат получен во время теплого сезона перигелия 36-го марсианского года. Для аммиака и цианистого водорода верхние пределы улучшены по сравнению с ранее опубликованными результатами, поиск цианоацетилена проведен впервые.

1.3 Состав и распределение аэрозолей в атмосфере Марса во второй половине 34-го и первой половине 35-го марсианских годов

В 2023 году было проведено исследование состава и распределения частиц пыли и водяного льда в атмосфере Марса за период со второй половины 34-го марсианского года (МГ) до первой половины 35-го МГ по данным прибора NOMAD на космическом аппарате TGO. Для восстановления свойств аэрозолей использовались спектральные данные пяти дифракционных порядков в спектральном диапазоне 2.3–3.7 мкм канала SO, работавшего в режиме солнечного просвечивания. Во второй половине 34-го МГ на Марсе наблюдалась глобальная пылевая буря, её пик пришёлся на период с 190° по 210° солнечной долготы (L_s). В этот период аэрозоль достигал высот вплоть до 100 км, а минимальная зондируемая высота поднималась до 30 км. Эффективный радиус пылевых частиц был равен 1 мкм, а водяные частицы были субмикронными. В конце пылевой бури (L_s 210°–260°) аэрозоль был детектирован на более низких высотах, при этом его параметры распределения остались практически неизменными. В конце 34-го и начале 35-го МГ наблюдались региональные пылевые бури, во время которых минимальная зондируемая высота равнялась 20 км.

1.4 Вертикальная структура мезосферы и термосферы Марса: сезонные вариации в разреженной атмосфере

Наблюдения мезосферы и термосферы Марса российским прибором ACS на космическом аппарате ExoMars TGO позволяют исследовать вертикальное распределение плотности и температуры в рекордно широком диапазоне высот, от 10 до 180 км с разрешением 1 км. В 2023 году по полученным профилям были выявлены сезонные вариации различных слоев атмосферы за 2,5 Марсианских года (MY): с середины 34го до конца 36го. В частности, получены долговременные вариации высоты гомопаузы – слоя, выше которого равномерное (турбулентное) перемешивание атмосферы меняется на молекулярное, индивидуальное для каждой компоненты. По высотным профилям плотности и температуры определены параметры внутренних гравитационных волн в тропосфере, мезосфере и термосфере Марса, с характерной диссипацией волны в верхних слоях мезосферы. Статья по данной работе после рецензии в журнале Journal of Geophysical Research была направлена в Astronomy&Astrophysics (возникли проблемы с российской аффилиацией).

Кроме того, параллельные измерения в линиях поглощения H₂O около 2,67-2,7 мкм позволили выявить регулярный подъём концентрации водяного пара до высот 120 км в сезоны перигелия MY34, MY35 и MY36.

1.5 Термические приливы в атмосфере Марса по данным фурье-спектрометра TIRVIM комплекса ACS на КА ExoMars TGO

Анализ полей температуры, полученных при помощи фурье-спектрометра TIRVIM комплекса ACS на борту КА ExoMars TGO, позволил исследовать мигрирующие приливы в атмосфере Марса, которые являются одним из важных факторов, определяющих климат планеты. Орбита КА позволила получить полное покрытие по местному времени, что необходимо для точного определения характеристик приливов. Подробно изучены два периода марсианского года MY34: до глобальной пылевой бури ($L_s = 150^\circ$) и во время неё ($L_s=200^\circ$). В спокойный период прилив имеет амплитуду 2-5 К и распространяется вертикально (вниз), при этом вертикальная длина волны полусуточной гармонике больше, чем суточной. Характеристики приливов, предсказываемые РСМ (Глобальной климатической моделью Марса), хорошо совпадают с измеренными. Во время глобальной пылевой бури картина меняется кардинально: амплитуда суточного прилива достигает 25 К на 65° ю.ш. и 17 К на 50° с.ш., причем суточный прилив вертикально ограничен уровнем, соответствующим давлению 10 Па. Полусуточный прилив достигает максимума в $8-12$ К около $20-30^\circ$ ю.ш. Фаза этой гармонике «наклонена» к экватору в координатах местное время - широта, что объясняется асимметрией широтного распределения пыли.

1.6 Водяной пар в атмосфере Марса и его особенности по надирным данным фурье-спектрометра TIRVIM комплекса ACS на КА ExoMars TGO

Переобработаны все данные наблюдений фурье-спектрометра TIRVIM комплекса ACS на борту КА ExoMars TGO в надир за период с $L_s = 142^\circ$ (MY 34) по $L_s = 116^\circ$ (MY 35). Построены полный суточный цикл средне-долготного температурного поля атмосферы до 60 км, пространственные карты температуры поверхности в разные сезоны на Марсе, а также сезонные вариации общего содержания пыли и водяного льда, включая пылевые бури MY 34 и сезон афелия MY 35. Кроме того, установлено, что соотношения сигнал/шум недостаточно для наблюдения ночного водяного пара в атмосфере, для дневного времени (с 7 ч до 19 ч) построены сезонная карта средне-долготного общего содержания H₂O и пространственные карты для разных сезонов без пылевых бурь. При этом покрытия измерений TIRVIM недостаточно для отображения корреляции содержания воды между утром и вечером. Наконец, рассмотрено уширение линий H₂O в CO₂-атмосфере в 6-мкм полосе воды и проведено сравнение влияния разных моделей его параметризации. Установлено, что восстанавливаемое общее содержание водяного пара в атмосфере варьируется до 25% в зависимости от выбранной модели уширения линий H₂O. Измерениям

TIRVIM лучше всего соответствуют модели с экспериментальными базами линий H_2O с уширением в CO_2 .

Раздел 2. ВЕНЕРА

2.1 Окна прозрачности" Венеры в ближней инфракрасной области по наблюдениям СПИКАВ-ИК/"Венера-Экспресс": неопределенности спектральных параметров

В 2023 году было исследовано, какие неопределенности ИК-спектроскопии могут влиять на точность изучения теплового излучения Венеры в «окнах прозрачности» атмосферы. Данные ИК-канала спектрометра СПИКАВ аппарата «Венера-Экспресс», работавшего на орбите вокруг Венеры в 2006-2014 гг., являются эксклюзивными для исследования спектров «окон прозрачности». Параметры молекулярного и облачного аэрозольного рассеяния, а также излучательная способность различных материалов поверхности имеют слабую спектральную зависимость. Показатели преломления капель облаков зависят от концентрации их основного компонента – водного раствора H_2SO_4 . При изучении спектра высокого разрешения важен выбор спектральной базы данных, содержащей параметры для расчета поглощения газов, а также формы линий CO_2 и H_2O . Условия высокого давления и температуры требуют модуляции крыльев линий поглощения. Дополнительное континуальное поглощение CO_2 , образованное суперпозицией дальних крыльев линий и наблюдаемое на Венере, теоретически не описано. Оно устанавливается путем добавления поправочного коэффициента, зависящего от длины волны. Различные спектральные базы данных или формы линий влекут за собой необходимость в дополнительном изменении этого параметра.

Раздел 3. МЕРКУРИЙ

3.1 Результаты наблюдений Меркурия во время первых пролетов планеты космическим аппаратом «Бепи Колombo»

В 2023 году было обработано более 10 сеансов наблюдений Меркурия в ультрафиолетовом диапазоне спектра прибором ФЕБУС с борта аппарата «Бепи Колombo» при первых двух пролётах планеты в 2021-2022 гг. Спектрометр ФЕБУС регистрировал спектр солнечного излучения, отраженного поверхностью планеты, в диапазоне длин волн 90-160 нм, а также спектр эмиссии межпланетной среды с линиями гелия на длине волны 58 нм и линией Лайман-альфа водорода на 121 нм.

Впервые со времён наблюдений аппаратом «Маринер 10» (1974-1975гг.) была измерена отражательная способность Меркурия в диапазоне вакуумного ультрафиолета [1]. Усреднённое по диску альbedo планеты составило 0.3%, что в 2 раза меньше, чем альbedo Луны в данном диапазоне спектра, что связано с низким содержанием FeO. По измеренным спектрам проведена спектральная калибровка спектрометра, а также валидация с библиотечным спектром Солнца базы ATLAS. В спектре Меркурия отождествлены следующие спектральные линии солнечной эмиссии: 97.6 нм (H Лайман- γ), 102.6 нм (H Лайман- β), 121.6 нм (H Лайман- α), 130.4 нм (O I), 133.5 нм (C+) и дублет около 140 нм (Si3+) (Рис. 1).

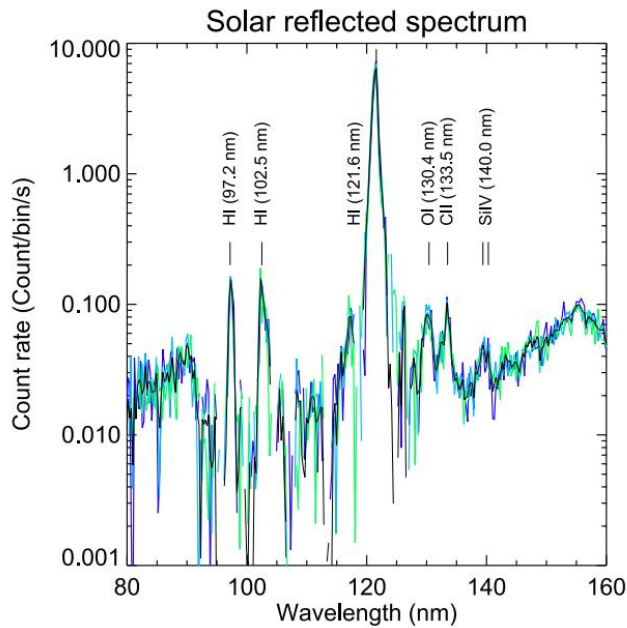


Рис. 1. Спектры отражённого Меркурием солнечного излучения, измеренный прибором ФЕБУС за несколько сеансов (цветные кривые) и усреднённый по сеансам спектр (черная кривая). Отождествлённые линии эмиссии маркированы чёрными полосками.

При пролёте Меркурия также измерялась интенсивность свечения резонансной линии атома гелия на длине волны 58.4 нм в межпланетной среде и экзосфере планеты. При анализе данных была проведена валидация измеренных величин с данными прибора UVS аппарата «Маринер 10» в 1974 г. и с результатами существующих теоретических моделей гелиосферы. Концентрация экзосферного гелия, по оценкам ФЕБУС, оказалась в 4.5-7.5 раз ниже результатов измерений UVS.

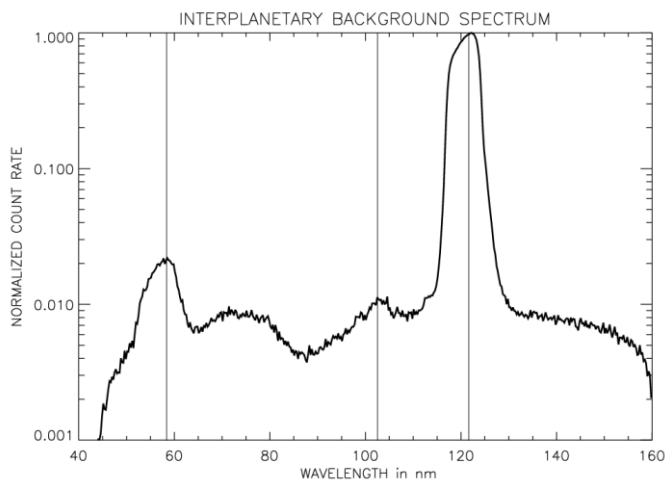


Рис. 2. Спектр эмиссии межпланетной среды, измеренный прибором ФЕБУС. Вертикальные линии указывают свечение атомов гелия (58.4 нм) и водорода (Лайман-Альфа, 121.6 нм, и Лайман-Бэтта, 102.5 нм).

Кроме этого, по результатам первых двух пролётов планеты, были обработаны данные наблюдений Меркурия в каналах видимого диапазона: 404 нм (линия свечения калия) и 422 нм (линия свечения кальция) [3]. Полученное распределение кальция по экзосфере планеты оказалось несимметричным, с большим содержанием в утренние часы, чем в вечерние (Рис. 3). Экзосфера кальция, как показал сигнал в канале 422 нм, распространена крайне далеко от планеты, до 10000 км, с характерным затуханием свечения в e -раз на расстоянии 2500-2800 км. Температура экзобазы кальция, по оценкам, превышает 50000 К, что согласуется с результатами измерений аппарата «Мессенджер». Сигнал в канале 404 нм, содержащий

линии атомов К, Mn и Al, значительно слабее канала кальция (Рис. 3). Распределение по 404 нм имеет меньшие масштабы, с экзобазой около 135 км и её температурой ниже 3000 К.

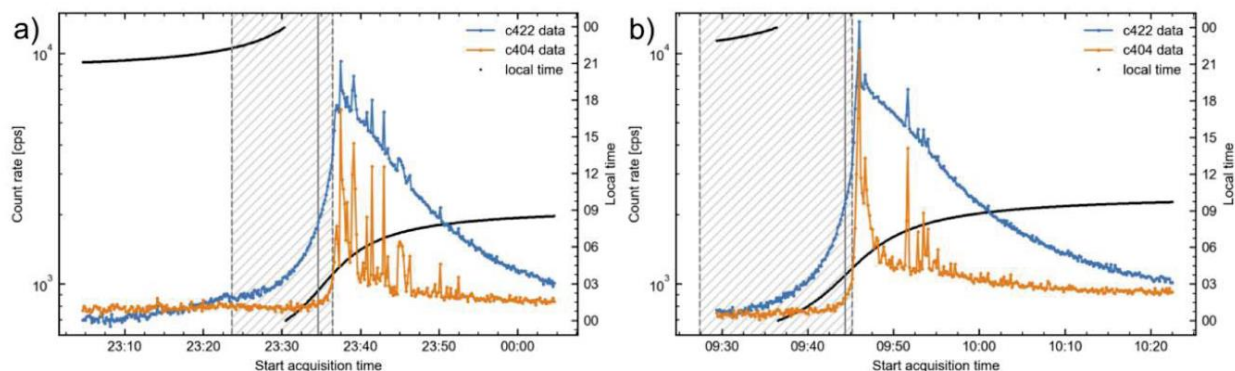


Рис. 3. Профили свечения экзосферы Меркурия в каналах 404 нм (оранжевый) и 422 нм (синий) в зависимости от времени пролёта и местного времени (чёрные кривые). Штрихованная область соответствует ночной стороне планеты. Показаны данные за первый (слева) и второй (справа) пролёты.

Раздел 4. РАННЯЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПЛАНЕТНЫХ ТЕЛ

4.1 Создана установка для исследования взвешенного вещества в контролируемой среде, в т.ч. анализа летучих в составе лунного реголита

В химической лаборатории в составе лаборатории прямых физико-химических исследований планет создана экспериментальная установка для работы с взвешенным веществом в контролируемых по партикулярной и химической чистоте условиях. Установка, главные элементы которой – перчаточный бокс с инертной атмосферой азота особой чистоты и аналитические хромато-масс-спектрометрические комплексы, позволяет в значительной степени предотвращать внесение загрязнений земного происхождения в результате хранения образцов и выполнения манипуляций с ними, а также учитывать уровень загрязнений в ходе экспериментов. Установка будет использоваться в том числе для качественного и количественного определения летучих в лунном реголите.

4.2 В модельных экспериментах с миллисекундным Nd:YAG-лазером предложен механизм обогащения сидерофильными элементами металлического железа в реголите Луны и других безатмосферных тел при микрометеоритных ударах

В экспериментах, выполненных по «стандартной» методике с Nd:YAG-лазером, моделирующих некоторые параметры микрометеоритного удара, получены шарики металлического железа. Самые крупные из них – размером порядка микрон – исследованы методом энергодисперсионного анализа (ЭДА) на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Результаты ЭДА косвенно показали, что за короткое время эксперимента, порядка миллисекунды, происходит не только термическое восстановление оксидов железа, но и диоксида кремния (в виде петрогенных окислов в составе минерального вещества мишени), с последующим растворением кремния в расплаве железа, а также успевают произойти обогащение расплава сидерофильными элементами (фосфором и серой).

Как в том числе было показано нами ранее в аналогичных модельных экспериментах, в результате бомбардировки микрометеоритами в зернах реголита безвоздушных тел могут формироваться нано- и субмикроскопические шарики металлического железа (np-Fe^0). Известно, что присутствие np-Fe^0 существенно изменяет спектр отражения безвоздушных тел – приглушает характерные полосы поглощения в видимом и ближнем ИК диапазонах, смещает интенсивность отраженного света в сторону более длинных волн и уменьшает общее альбедо. При бомбардировке микрометеоритами np-Fe^0 образуется в результате конденсации паров, возникающих при ударном испарении лунных пород. Особенно часто

нанофазное железо можно наблюдать в виде тонкой аморфной пленки на поверхности минеральных частиц.

Для эксперимента использовали импульсный лазер на неодимовом стекле (Nd:YAG-лазер). Длина волны лазерного излучения составляла 1,06 мкм, длительность импульса – 10^{-3} с, энергия импульса - ~600-700 Дж. Плотность потока энергии составляла $\sim 10^6$ - 10^7 Вт/см². Температура в центральной области моделируемого “удара” составляла порядка 4000-5000 К, что соответствовало температуре испарения при высокоскоростных ударных процессах со скоростями столкновения порядка 10-15 км/с.

Использовали несколько типов мишеней – перекристаллизованный базальт из толеита, базальтовое стекло, несколько типов оливинов, несколько пироксенов и перидотит. Многочисленные россыпи наносферул железа различной формы и текстуры были обнаружены во всех мишенях. Шарики размером до 5 мкм анализировали методом ЭДА. Чтобы определить химический состав субмикронных железных шариков, проанализировали кратеры в мишенях из железистого оливина и базальтового стекла. При изучении состава крупных шариков использовали метод последовательного четырехкратного вращения образца и метод прямого определения кислорода. Анализ проводили на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) TESCAN MIRA 3 с анализатором X-MAX 80 EDS в ГЕОХИ РАН.

Были получены очень крупные шарики размером от нескольких мкм до 5 мкм: в базальтовом стекле – 19 шариков, в железооливиновом – 36 шариков. Такие шарики поддаются анализу на СЭМ (рис. 1). Хотя определение кислорода методом ЭДА происходит на полуколичественном уровне и с учетом эффекта окисления металлической фазы на воздухе и даже в камере СЭМ. Например, в кобальтовом стандарте содержится до 1,5 % мас. кислорода, обусловленные формированием оксидной пленки. Косвенно показано, что обнаружено высокое содержание элементов в восстановленном состоянии (таблица 1); даже принимая во внимание возможное загрязнение конденсатом, который мог бы осесть из облака пара, образовавшегося над кратером.

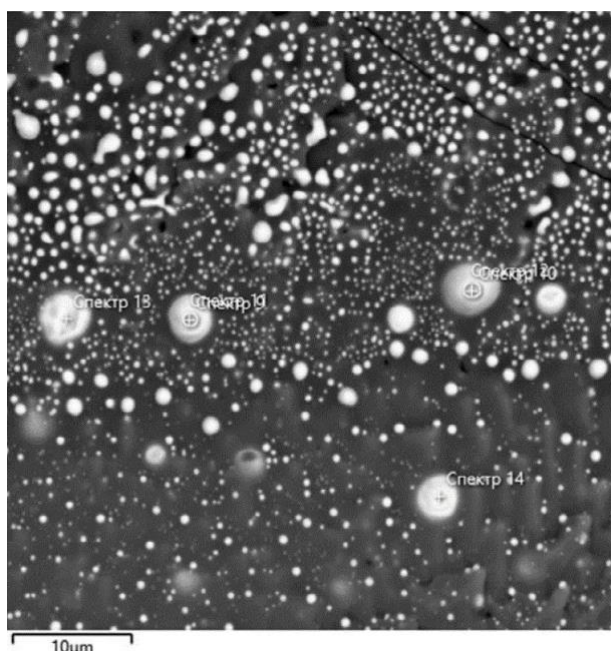


Рис. 1 – Крупные шарики металлического железа в кратере железистого оливина, СЭМ.

Среди примесных элементов в таких микронных шариках были обнаружены Ni (<1 %), Si (до 5 %), P (до 14 %), S (до 0,2 %) и некоторые другие элементы (таблица 1). Содержание таких элементов, как Al, Mg, Ca, имеет прямую корреляцию с содержанием кислорода, в то время как содержание P, Si, Ni – нет (рис. 2).

Таблица 1 – Среднее содержание химических элементов в субмикронных сферах в мишенях из железистого оливина и базальтового стекла

Элемент	Содержание в железистом оливине, % мас.	Содержание в базальтовом стекле, % мас.
O	1,90	6,91
Na	0	0,71
Mg	1,95	1,32
Al	0,06	1,74
Si	1,44	9,23
S	0,01	0
P	0	3,86
Ca	0,03	1,03
Mn	0,04	0,45
Fe	90,39	70,76
Ni	0,27	0,19
Всего	96,10	96,41

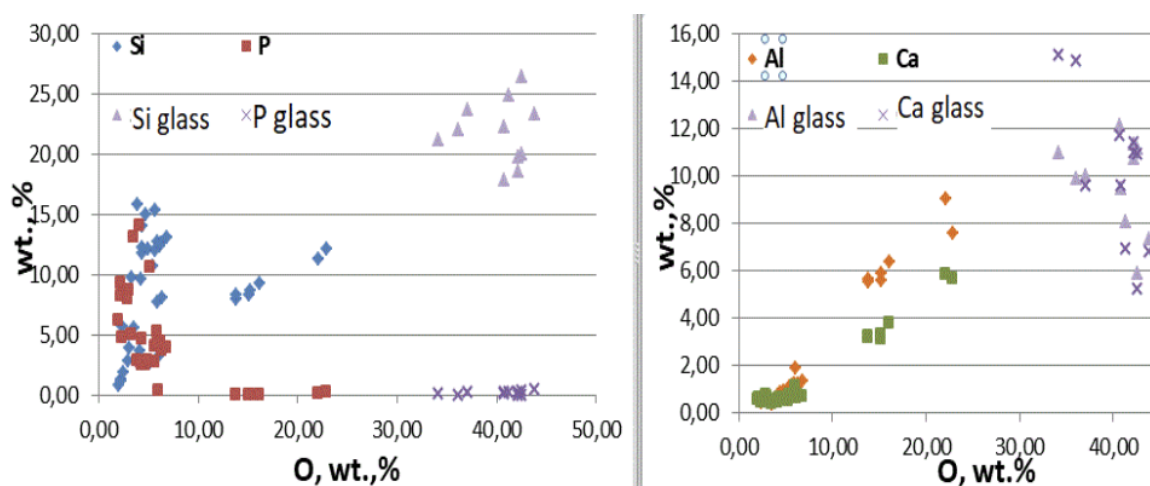


Рис. 2 – Содержание различных элементов в субмикронных сферах железа по отношению к кислороду для мишени из базальтового стекла. Фиолетовые маркеры отвечают за содержание этих элементов в стекле, которое является матрицей для этих наносферул

4.3 Исследование устойчивости микроорганизмов к воздействию факторов внеземного пространства

Дефицит жидкой воды является одним из важнейших факторов, способных ограничивать выживание микроорганизмов на различных телах Солнечной системы. Несмотря на значительное расширение географии исследований почвенных микроорганизмов в различных, в том числе, экстремальных природных средах, исследования биоразнообразия и метаболической активности почвенных микробных сообществ в условиях дефицита влаги являются немногочисленными. Нами изучено биоразнообразие культивируемых бактерий, выделенных из поверхностного горизонта серозема пустыни Негев, после прединкубации почвенных образцов в условиях низкой доступности воды. Выявлено возрастание разнообразия культивируемых бактерий после прединкубации по сравнению с сообществом, выделенным из нативной почвы. Из нативных и прединкубированных образцов были выделены и идентифицированы 153 фенотипически уникальные чистые культуры бактерий 22 родов, относящихся к филумам Actinomycetota, Pseudomonadota, Bacillota и Bacteroidota. Таксономическое разнообразие культивируемых бактерий,

выделенных из прединкубированных при активности воды (A_w) 0.90 образцов, было в 2 раза выше, чем при выделении из нативной почвы. Выявлен штамм рода *Pedobacter*, который может являться представителем не описанного ранее вида бактерий. Обнаружены бактерии родов *Aerococcus*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Staphylococcus* и *Stenotrophomonas*, способные расти при A_w 0.91. Полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что аридные экосистемы, в частности, пустынные почвы и породы, являются депозитарием ранее не изученного таксономического разнообразия бактерий с уникальными физиологическими свойствами.

4.4 Исследование процессов синтеза и разрушения перхлоратов в условиях Марса и Европы

Перхлораты обнаружены в составе реголита Марса и Луны, во льду Европы, в составе метеоритов. Понимание процессов образования и разрушения данных соединений важно как для понимания геологической и климатической эволюции ряда планет и тел Солнечной системы, так и для оценки возможности их обитаемости. К настоящему времени предложен ряд механизмов синтеза перхлоратов в условиях Марса, однако эти механизмы не объясняют наблюдаемых в реголите концентраций перхлората и неприменимы для безатмосферных тел, в частности Европы.

Нами исследованы процессы синтеза и разрушения перхлоратов при облучении высокоэнергичными электронами. В качестве модельного марсианского грунта и поверхностного слоя льда Европы были исследованы три вида образцов: (1) хлорид натрия (NaCl) и дистиллированная вода, (2) хлорид натрия и диоксид кремния (SiO_2), и (3) хлорид натрия, диоксид кремния и дистиллированная вода. Для оценки скорости разрушения перхлората использовали образцы чистого NaClO_4 . Облучение образцов проводилось при температуре -50°C и давлении 0.01 мбар в сканирующем режиме с потоком электронов $4.5 \times 10^{12} \text{ e}^- \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ и при энергии электронов 0.9 МэВ. Концентрации перхлоратов в образцах определялись с помощью ионометрии с перхлорат-селективным электродом.

Установлено, что порядка 6.5% перхлоратов разрушается при поглощённой дозе 10 эВ на одну молекулу перхлората при температуре 223 К, что соответствует 6.5×10^{-3} разрушенных ионов перхлората на один эВ поглощенной энергии электронов. Показано, что синтез перхлоратов возможен непосредственно в реголите Марса и поверхностном слое Европы под действием облучения энергичными электронами и не требует наличия жидкой воды и атмосферы. Количество синтезированного перхлората в образцах с NaCl сильно зависело от наличия SiO_2 и льда. При современной интенсивности излучения на Марсе скорость синтеза NaClO_4 по нашим данным может составлять от 2×10^4 до 2×10^5 молекул $\text{cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ при наличии хлоридов в достаточных количествах. На Европе же на глубине 1 см скорость синтеза может достигать $2-4 \times 10^5$ молекул $\text{cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Раздел 5. МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И КОСМИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ

5.1.1 Экспериментальные работы по лабораторному моделированию физических процессов

-Моделирование динамики пылевых частиц в условиях, близких к приповерхностным областям атмосферы Марса. Исследования проводились с использованием имеющихся в лаборатории ИКИ вакуумных камер и специально созданных методом 3d печати лабораторных установок. Полученные результаты показывают, что заряженные пылевые частицы во время динамики в объеме камеры при столкновениях излучают электромагнитные сигналы, которые регистрировались детектором ЕМА (ЭлектроМагнитный Анализатор) прибора Пылевой Комплекс, разработанного для проекта ЭкзоМарс-2022. По результатам эксперимента подготовлена статья (отправлена в редакцию журнала).

-Выполнены экспериментальные работы по анализу траекторий заряженных микрочастиц с использованием вакуумной камеры ИКИ РАН и предложен метод компьютерного моделирования этих процессов: разработан алгоритм моделирования стереоизображений

левитирующих частиц пыли с заданными параметрами движения, который позволяет учесть трехмерную траекторию движения частицы, ее размер, и параметры фоточувствительной матрицы. Показано, что смоделированные изображения позволяют определить траектории частиц, а точность моделирования движения частицы реализована с субпиксельным разрешением. Проведенное компьютерное моделирование направлено на совершенствование метода оптической регистрации частиц в лабораторном эксперименте, и, в частности, на повышение разрешающей способности стереосистемы, применяемой для контроля параметров левитирующих частиц. Работа была выполнена научной группой в составе сотрудников плазменно-пылевой группы ИКИ и сотрудников Национального исследовательского университета МЭИ. По результатам этих работ направлена статья для публикации.

-Совместно с Институтом радиоэлектроники РАН выполнялись экспериментальные работы по развитию детекторов микрочастиц. С этой целью проведено сравнение чувствительности пьезокерамики ЦТС-19 (титанат-цирконата свинца), кристалла LiNbO_3 (ниобата лития) и PVDF пьезопленки при импульсном, механическом воздействии в задачах порогового обнаружения движущихся частиц микронных размеров. Результаты сравнения показали, что максимальный пьезоэффект наблюдается для пьезокерамики ЦТС, менее выражен для пленки PVDF и минимальный для кристалла ниобата лития. По результатам работы планируется подготовка публикации.

-Выполнены совместные с ОИВТ РАН эксперименты по лабораторному моделированию процессов взаимодействия высокоскоростного ударника с аналогом марсианского реголита. По результатам эксперимента статья Impact response of physical analog of Martian regolith отправлена в редакцию журнала IJIE.

-Проводятся работы по подготовке лабораторных экспериментов по моделированию взаимодействия высокоскоростных (сотни м/с) микрочастиц с мишенью с использованием ускорительной базы НИИЯФ МГУ. Целью таких экспериментов является (1) изучение возникающих под действием высокоскоростных микрочастиц микрократеров на мишени при различных скоростях частиц и свойств мишени, (2) изучение предельных характеристик пьезодатчиков, используемых в научных приборах ИКИ РАН для регистрации пылевых частиц в экспериментах на космических аппаратах, (3) изучение отклика пьезодатчика при ударе микрочастицы в корпус прибора или космического аппарата.

5.1.2 Обработка информации, полученной прибором ПмЛ проекта «Луна-Глоб»

на перелете Земля-Луна и орбитах вокруг Луны (11.08.2023 – 19.08.2023). В этот период прибор ПмЛ включался несколько раз. Обработка полученной телеметрической информации показало его работоспособность. Во время включения прибора, в частности, было зарегистрировано событие, при котором сработали одновременно несколько пьезодатчиков ПмЛ (см. рис.). Это событие было интерпретировано как попадание высокоскоростной микрочастицы в корпус прибора. Во время включения прибора также были получены вольтамперные характеристики приповерхностной плазмы (зонд Ленгмюра, блок ЭД), которые позволили предположить, что, помимо характеристик приповерхностной плазмы, собирающая поверхность плоского зонда регистрировала поток высокоэнергичных ионов.

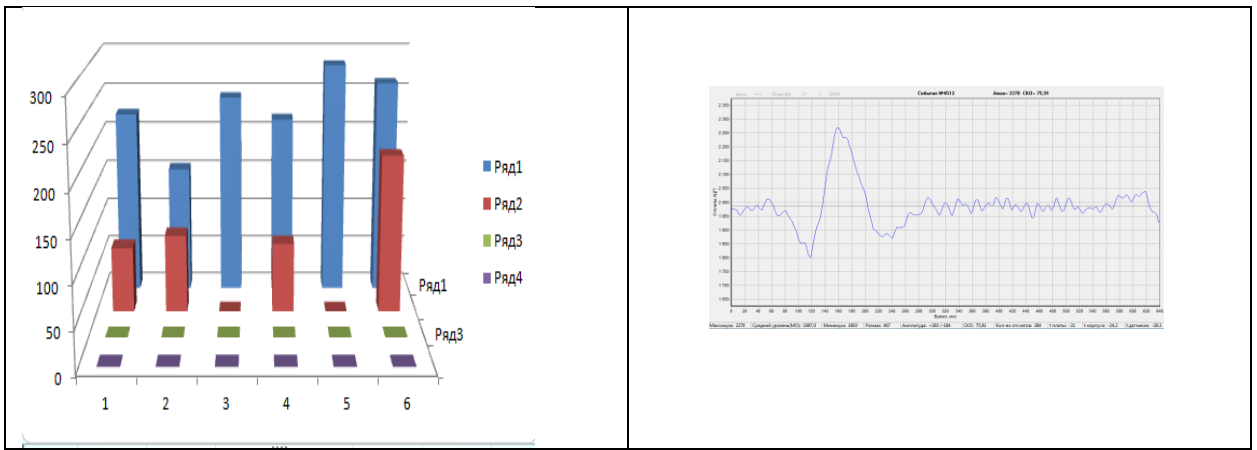


Рис.(а)	Рис.(б)
<p>На рис. (а) представлены отклики 10 из 24 пьезодатчиков апертуры прибора ПМЛ (сверху) – четыре ряда по шесть пьезодатчиков во время регистрации высокоскоростной микрочастицы. Высота каждого столбика указывает величину отклика (в условных единица</p>	<p>На рис. (б) представлен пример сигнала, зарегистрированного прибором в момент события одним из 10 пьезодатчиков.</p>

5.1.3 Теоретические работы

-Продолжались теоретические работы по изучению флуктуаций заряда пылевых частиц на поверхности реголита Луны и других безатмосферных тел, которые приводят к формированию приповерхностных электрических полей, достаточных для преодоления сил адгезии, гравитации и отрыва микрочастиц от поверхности реголита. Теоретическая модель этого механизма была развита в 2021 г. с участием специалистов Института Физики Металлов (ИФМ) УрАН. В текущем году начаты работы по численному моделированию этого механизма. В работах по численному моделированию участвуют специалисты отд. 53, 54 ИКИ РАН и ИФМ УрАН.

-По материалам опубликованных работ выполнен анализ физических процессов формирования и особенности плазменно-пылевой экзосферы Луны. Статья на эту тему принята к публикации в журнале Успехи Физических наук.

-Совместно с лаб. 513 (зав. лаб. С.И. Попель) продолжались работы по математическому моделированию физических процессов в экзосферах безатмосферных тел. В результате опубликовано две совместные работы в журнале Физика Плазмы.

Раздел 6. ВНЕСОЛНЕЧНЫЕ ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ

6.1 Explanatation: проект исследования экзопланет и транзитных событий, первые результаты

Продолжается работа по поиску, валидации и, таким образом, к открытию новых экзопланет на телескопах CAO РАН в сотрудничестве с коллективом CAO РАН и другими ведущими астрономами рабочей группы.

Одно из направлений работ — поиск кандидатов в экзопланеты с помощью наземных средств. Сейчас в нашей стране создаётся сеть оптических телескопов для проведения постоянно обновляемого обзора транзитных событий и экзопланет, объединенных в проект «EXPLANATION (EXoPLANet And Transient events InvestigatiON)». Основой проекта станет комплекс роботизированных телескопов с диаметрами зеркал 50 сантиметров, созданный в Специальной астрофизической обсерватории РАН (Карачаево-Черкесия). Сегодня он включает в себя уже три телескопа, планируется его дальнейшее развитие.

Также спектральный метод измерения лучевой скорости достиг целевой точности измерений (единиц метров в секунду), достаточной для исследования экзопланет.

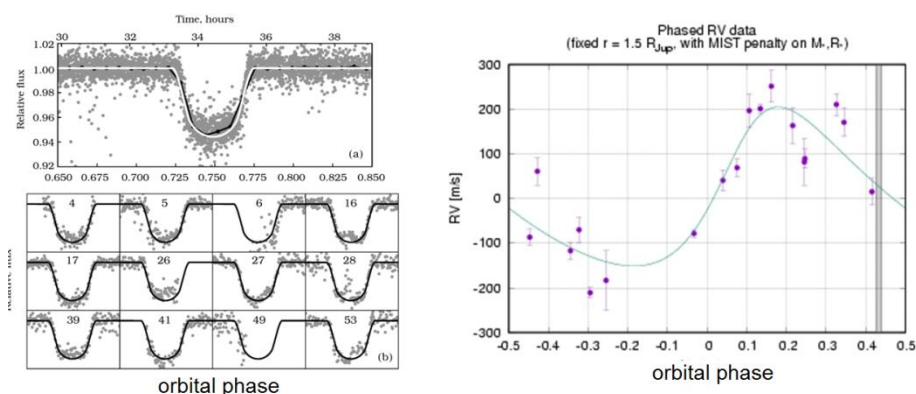


Рис. 1. Слева: транзитные кривые блеска одной из обнаруженных транзитных экзопланет. Справа: доплеровские измерения спектрографа FFOREST одной из обнаруженных доплеровским методом экзопланет.

6.2 Коррекция от наблюдательной селекции статистических распределений экзопланет, открытых методом лучевых скоростей

Метод лучевых скоростей (radial velocity, RV) – один из наиболее результативных методов поиска экзопланет, к началу декабря 2023 года им обнаружено 1070 экзопланет. Этого количества достаточно для проведения различных статистических исследований. Однако распределения, полученные непосредственно из каталогов, значительно искажены наблюдательной селекцией, которая приводит к переоценке количества массивных планет с короткими орбитальными периодами и недооценке количества планет малых масс.

Для коррекции неоднородности каталогов нами ранее был предложен алгоритм «окна видимости» (Detectability window regularization algorithm) (Иванова и др., 2021). В основе метода лежит матрица, каждый элемент которой представляет собой вероятность обнаружить планету с данными орбитальным периодом и минимальной массой (P, m) всей совокупностью наблюдательных программ. Для учета наблюдательной селекции каждая известная экзопланета учитывается со статистическим весом, обратным вероятности ее обнаружения.

Для вычисления матрицы «окна видимости» ранее применялся эмпирический подход (Ананьева и др., 2022; Ananyeva et al, 2023), в котором не учитывалось в явном виде разное количество измерений лучевой скорости родительской звезды, которое особенно важно при поиске планет малых масс. Для учета этой величины был разработан новый подход, основанный на использовании периодограмм Ломба-Скаргла.

Диапазон масс от 0.0061 до 0.21 масс Юпитера (1.94-66.6 масс Земли) и диапазон периодов от 1 до 100 суток были разделены на 60 интервалов, равных в логарифмическом масштабе. В середину каждой ячейки помещалась искусственная планета. Для каждой такой планеты вычислялась полуамплитуда колебаний лучевой скорости K и моделировался RV-сигнал в предположении круговой орбиты, который затем смешивался с гауссовым шумом. Далее строилась периодограмма Ломба-Скаргла. Планета считалась обнаруживаемой, если соответствующий пик на периодограмме имел достоверность выше 99% (вероятность ложного срабатывания меньше 1%).

Было показано, что для каждого значения количества измерений лучевой скорости N существует такое γ , что для планет с $K > \gamma \cdot \sigma$ они будут обнаружены, а с $K < \gamma \cdot \sigma$ не будут, т.е. существует свое пороговое значение $\gamma(N)$.

Чтобы определить характер зависимости $\gamma(N)$, были проведены расчеты γ для $N = 50, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 400$ и 800 измерений лучевой скорости, по десять прогонов для каждого значения N . Полученная зависимость с высокой точностью аппроксимируется

степенным законом $\gamma(N) = 15.85 \cdot N^{-0.63}$. Это позволяет вычислить индивидуальное значение коэффициента γ для каждой звезды.

Для проверки корректности работы алгоритма были случайным образом сгенерированы $2 \cdot 10^4$ планет с массами от 0.0061 до 0.21 масс Юпитера и орбитальными периодами от 1 до 100 суток. Распределение планет по массам следовало степенному закону $\sim m^\alpha$, где α принимала значения -1, -1.5, -2, -2.5 и -3, а по периодам – степенному закону с показателем степени -1 ($\sim P^{-1}$).

Чтобы оценить возможность обнаружения этих планет, были проанализированы 248 реальных RV-планет с массами от 0.0061 до 0.21 масс Юпитера, с учетом количества измерений лучевой скорости N и среднего отклонения от наилучшей кеплеровской кривой $\sigma(O-C)$. На основе этой выборки было сгенерировано $2 \cdot 10^4$ сетов наблюдательных данных с параметрами, близкими к реальной выборке. Далее оценивалось, будет ли обнаружена каждая из сгенерированных планет. Планета считалась обнаруживаемой, если полуамплитуда вызываемых ею колебаний лучевой скорости K превышала $\gamma(N) \cdot \sigma(O-C)$.

На рис. 1 проведено сравнение распределений «реальных» (сгенерированных) планет, обнаруживаемых планет, и распределений, скорректированных новым алгоритмом.

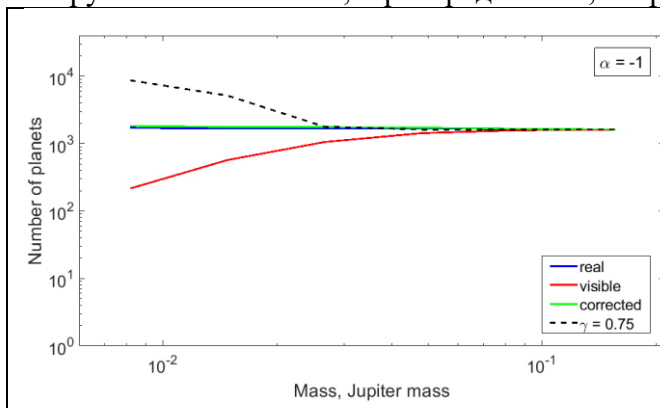
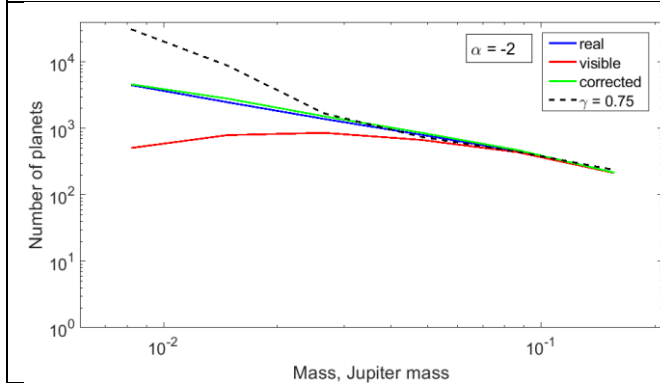
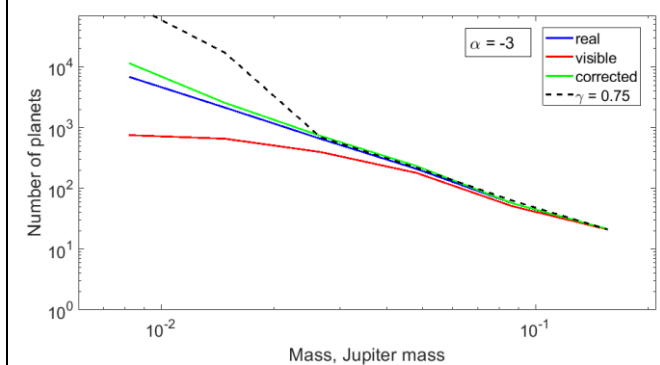


Рис. 1 – Распределение по минимальным массам сгенерированных планет (синяя линия), обнаруживаемых планет (красная линия), скорректированное с помощью нового метода (зеленая линия), распределение, скорректированное с помощью единого значения $\gamma = 0.75$ (черная пунктирная линия):
а) для планет с распределением $\sim m^{-1}$



б) То же, но для планет с распределением $\sim m^{-2}$



в) То же, но для планет с распределением $\sim m^{-3}$

Было показано, что алгоритм учета наблюдательной селекции с учетом количества измерений лучевой скорости каждой звезды гораздо лучше корректирует видимое распределение планет по массам, особенно в области малых масс, чем алгоритм с единым значением $\gamma = 0.75$, примененным в более ранних работах.

6.3 Коррекция волнового фронта для наблюдения экзопланеты на фоне дифракционной окрестности звезды

Разработан и экспериментально проверен метод прецизионной коррекции волнового фронта для астрономического наблюдения экзопланет в дифракционной окрестности звезды. Измерение и коррекция волнового фронта в схеме телескопа и интерференционного коронографа осуществляется без применения Гартрмановских измерителей волнового фронта, которые приносят дополнительную ошибку и неоднозначность измерений в данной задаче. Экспериментально достигнута точность коррекции $\sim \lambda/50$ и коронографический контраст лучше чем 10^5 . Производятся работы по амплитудно-фазовой коррекции волнового фронта. Разработан новый алгоритм измерения волнового фронта в оптической схеме амплитудно-фазовой коррекции. Это увеличит точность коррекции до целевого значения $\lambda/500$ для визуализации Земли в окрестности Солнца, наблюдаемых с расстояния 10 парсек (в ближайшей окрестности Солнечной системы) за счет дополнительной коррекции амплитуды и учета aberrаций необщего пути.

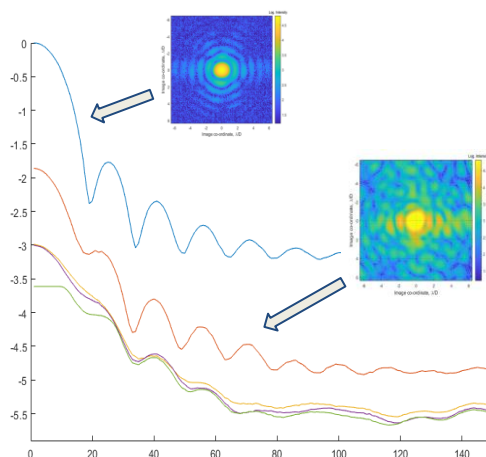


Рис. 2 – Экспериментальные изображения функции рассеяния точки: синяя линия – некоронаграфическое изображение, оранжевая линия – коронографическое изображение без коррекции волнового фронта (оценен уровень ошибок СКО $\sim \lambda/19$), далее коронографическое изображение с коррекцией волнового фронта (оценен уровень ошибок СКО $\sim \lambda/43$)

6.4 Улучшение точности метода лучевых скоростей коррекцией теллурического поглощения

Теллурическое поглощение является одним из факторов, ограничивающих точность измерения лучевой скорости и не позволяющих достигать желаемых точностей.

В работе была решена задача коррекции теллурического поглощения. После коррекции для анализа стали доступны ранее исключаемые из рассмотрения области спектра, что позволило повысить точность измерения лучевой скорости

Был разработан новый метод коррекции теллурического поглощения. В его основе лежит использованием модели земной атмосферы высокого разрешения TAPAS. Метод состоит в том, что модель TAPAS подстраивается под данные наблюдений на основе нескольких факторов, с учетом атмосферных данных, полученных в обсерватории. Также используется синтетический спектр звезды, полученный использованием модели ATLAS/SYNTE, для учета участков спектра, в которых линии земной атмосферы смешиваются со звездными линиями. Это позволяет максимально точно описать атмосферу Земли и сохранить звездные данные, при коррекции. Коррекция производится путем деления данных наблюдения на подстроенную модель земной атмосферы. Ранее разработанные методы коррекции теллурического поглощения либо использовали другие принципы (дополнительные наблюдения звезд – теллурических стандартов, накопление информации о теллурическом поглощении из долгих наблюдений), либо были недостаточно гибкими и простыми для использования, а также не использовали синтетические спектры звезд.

Разработанный метод был опробован на данных в спектральном диапазоне 380-780 нанометров для звезды класса K2.5, полученных спектрографом ESPRESSO. Точность измерений лучевых скоростей после теллурической коррекции повышается, средняя ошибка измерения уменьшается с 1.04 м/с до 0.78 м/с (при работе с данными красного чипа,

длины волн от 525 до 780 нанометров, диапазон подверженный теллурическому поглощению), таким образом коррекция теллурического поглощения позволяет уменьшить время наблюдений телескопов на 35% (для достижения точности 1 м/с). При рассмотрении всего диапазона длин волн средняя ошибка измерения уменьшается с 0.77м/с до 0.64м/с. **6.5**

Раздел 7. МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛАНЕТ

7.1 Наблюдения планет земной группы в УФ диапазоне: современное состояние, актуальные задачи

В 2023 году была начата проработка научных задач наблюдения планет земной группы с борта разрабатываемого космического телескопа «Спектр-УФ». В качестве потенциальных задач рассмотрена спектроскопия атмосферы (и экзосферы) Меркурия, Венеры и Марса в диапазоне длин волн от 115 до 320 нм. Это линии свечения (Н, Не, О, и др. в экзосфере Меркурия и верхних атмосферах Венеры и Марса), а также характерные полосы молекулярного поглощения (SO_2 и «неизвестные поглотители» в облаках Венеры; CO и O_3 на Марсе). Указанные компоненты могут войти в список научных задач блока УФ спектрографов космического телескопа.

7.2 Многоканальный диодно-лазерный спектрометр для исследования летучих компонентов лунного грунта

Исследования лунного грунта *in situ* планируются для лунной околополярной автоматической посадочной станции по программе «Луна-Ресурс». Диодно-лазерный спектрометр ДЛС-Л разработан как составная часть многоцелевого прибора ГАК – газового аналитического комплекса, предназначенного для прямого изучения продуктов пиролиза образцов грунта, собранных на посадочной площадке вблизи станции. Задача ДЛС-Л – измерения динамики и интегрального содержания пиролитического выхода летучих компонентов грунта H_2O и CO_2 , а также изотопных соотношений для элементов Н, О, С. При функциональных испытаниях спектрометра ДЛС-Л в составе КДО блока газового хроматографа ГАК решалась задача оптимизации метрологических возможностей в условиях предельной компактности бортового прибора. Избыточный уровень характерной псевдопериодической шумовой компоненты выходного сигнала из-за рассеяния части лазерного монохроматического излучения на оптических поверхностях и на краях конструктивных элементов компенсировался математическими и аппаратными методами, организацией измерений с эффективным усреднением – «разглаживанием» данной шумовой компоненты при её спектральном дрейфе за счёт термоциклирования оптического узла ДЛС-Л. В итоге для определения изотопных соотношений была достигнута статистическая погрешность менее 10 %, что на порядок величины лучше погрешности первоначальных измерений. Остающиеся небольшие различия некоторых средних значений в сравнении с результатами, полученными другими методами измерений, требуют дополнительного рассмотрения корректности подготовки газовых проб, влияния обменных процессов газовой смеси в её объёме и в области контакта с поверхностью микрокапилляров газоведущей системы ГАК.

7.3 Многопроходная двухлучевая оптическая схема ИК-спектрометра высокого разрешения ИСКРА-В для *in situ* исследований атмосферы Венеры

Эксперимент ИСКРА-В (Измерение Сернистых Компонентов Разрежаемой Атмосферы Венеры) был предложен для продолжения *in situ* исследований атмосферы Венеры – её облачного слоя, средней, нижней и приповерхностной атмосферы. Прибор ИСКРА-В представляет собой абсорбционный спектрометр на основе перестраиваемых лазеров инфракрасного диапазона, размещаемый на борту посадочного модуля или атмосферного баллонного зонда для проекта Венера-Д и последующих миссий исследований Венеры. Каналы измерений прибора ИСКРА-В сосредоточены в окрестности длин волн: 7416 нм или 7280 нм для измерений SO_2 , CO_2 , H_2O ; 4823 нм – для OCS , CO , CO_2 ; 3397 нм – для HCl , 2630 нм – для H_2O , CO_2 ; в некоторых спектральных каналах возможно определение

изотопных соотношений для S, H, O, Cl. Были рассчитаны спектры оптического пропускания газовой смеси, имитирующей пробу атмосферы Венеры. Оптимальные для измерений профили линий молекулярного поглощения формируются при разрежении атмосферной пробы в аналитическом объёме оптической кюветы до давления 25 мбар. При измерениях SO₂ и OCS достаточна длина оптического пути 10 м для проходящего через газовую среду лазерного излучения, в то время как при измерениях H₂O и HCl длина оптического пути должна превышать 20 м. Исходная многопроходная схема Эрриотта была модернизирована для реализации в одной кювете двух конфигураций оптического пути – различных лучей зондирующего лазерного излучения. На основе моделирования многопроходной двухлучевой схемы Эрриотта были оптимизированы оптические параметры кюветы и выполнен расчёт для её нескольких наиболее подходящих вариантов. Проведён анализ оптической стабильности, выявлены критические границы температурных и механических воздействий, допусков изготовления конструктивных элементов кюветы. Было сведено к минимуму возможное проявление рассеяния и перекрёстной интерференции лазерных пучков, многократно пересекающих объём кюветы. Выполненные расчёты позволили приступить к лабораторной отработке оптической схемы прибора и к простейшим измерениям с использованием начального оптического макета многопроходной кюветы.

7.4 Разработка предложений по новым приборам для исследования пыли и пылевой плазмы

Орбитальный аппарат «Луна-26». Разработано предложение по включению в состав аппаратуры проекта прибора ПмЛ-О, направленного на исследования лунных пылевых облаков. Особенность этого предложения является рекордно большая апертура регистрации микрочастиц, более чем на порядок превышающая апертуру прибора Lunar Dust Experiment (LDEX), установленного на лунном орбитальном аппарате NASA Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer (LADEE). В настоящее время рассматривается возможность включения этого прибора в состав комплекса научной аппаратуры КА «Луна-26».

Проект «Венера-Д». Выполнены работы по макетированию приборов Нефас и Нелида (нефелометр и аэрозольный счетчик частиц). Проведено математическое моделирование рассеяния излучения аэрозоля на Венере для трёх мод, определены оптимальные углы расположения фотодетекторов для различных мод. Подготовлен макет экспериментального стенда для экспериментальной отработки регистрации индикатрисы рассеяния на аэрозольных частицах.

Российская орбитальная станция (РОС). Разработано предложение по созданию прибора для мониторинга «пылевой» обстановки на траекториях полета и в прибортовом плазменно-пылевом окружении орбитальной пилотируемой станции. Предложение одобрено ПАО «РКК «Энергия», заинтересованными организациями РАН, секцией №4 КНТС «Роскосмос» и принято для дальнейшей разработки.

Китайский лунный аппарат Chang`E-7. По приглашению китайской национальной космической администрации и при поддержке ГК «Роскосмос» с июля 2023 г. совместно с китайской стороной проводятся работы по интеграции прибора ПмЛ (разработанного для проекта «Луна-25») в состав комплекса научной аппаратуры китайского лунного посадочного аппарата Chang`E-7.

7.5 Прибор ODS миссии ЭкзоМарс-2022: моделирование и наземные полевые измерения

За 2023 год были обработаны результаты наземных верификационных измерений, проведенных прибором ODS в 2022 году (Optical Depth Sensor – датчик оптической толщины). Данный прибор входил в состав Метеокомплекса (МТК) посадочной платформы миссии ЭкзоМарс-2022 и предназначался для длительного наблюдения за состоянием атмосферы Марса. На основе полученных в ходе наземных полевых измерений данных отработана методика удаленного определения ориентации прибора на местности. Получено

хорошее совпадение между модельными и фактическими углами установки прибора. На основе полученных данных о состоянии земной атмосферы проведено моделирование ее свойств, в частности оптической толщины аэрозоля. На основе созданной модели, адаптированной для земной атмосферы, проведен расчет параметров аэрозоля. Полученные величины аэрозольной оптической толщины оказались несколько выше значений, измеренных иными приборами в схожих условиях, что говорит о необходимости проведения дополнительных калибровок прибора ODS в случае его использования в условиях земной атмосферы.

7.6 Оценка применимости масс-спектрометра ЛАЗМА-ЛР для обнаружения водяного льда в лунном реголите

Одной из главных целей КА «Луна-27» является поиск воды в реголите Южной полярной области Луны. На борту КА будет лазерно-ионизационный времяпролетный масс-спектрометр ЛАЗМА-ЛР, основной задачей которого является анализ элементного состава лунного реголита. Этот прибор предназначен для анализа твердых проб и не предназначен для анализа летучих веществ. Тем не менее, ранее нами были рассмотрены некоторые подходы к анализу проб во время лунных миссий с целью оценки применимости ЛАЗМА-ЛР для обнаружения воды в реголите и установлена принципиальная применимость прибора для решения данной задачи. В 2023 г. исследования в данном направлении были продолжены.

Была проведена серия экспериментов по анализу воды в порошке Fe_3O_4 и в аналоге лунного реголита JSC-1. В образцы вносилась D_2O в концентрациях 0.5, 2, 5% и проводился масс-спектрометрический анализ элементного состава и определение концентрации дейтерия. Также в контрольных экспериментах без D_2O была определена фоновая концентрация молекулярных ионов H_2^+ , маскирующих сигнал дейтерия. Концентрации дейтерия, определенные в образцах Fe_3O_4 , были прямо пропорциональны концентрации D_2O в образце, т. е. их соотношения составляли 1:4:10 при внесении 0.5, 2 и 5% D_2O . Аналогичные результаты были получены и для аналога реголита JSC-1. Таким образом, концентрация D_2O не влияла на коэффициент относительной чувствительности дейтерия. В то же время концентрации дейтерия, определенные в образцах Fe_3O_4 и JSC-1 при одинаковых концентрациях D_2O , значительно отличались. Так, при 5% D_2O , для образцов Fe_3O_4 и JSC-1 площадь пиков дейтерия составляла 0.52% и 1.25% от площади всех пиков в спектре соответственно. Таким образом, состав минеральной матрицы оказывает существенное влияние на коэффициент относительной чувствительности дейтерия. Это указывает на необходимость проведения дополнительных наземных калибровок после определения состава реголита в ходе космического эксперимента.

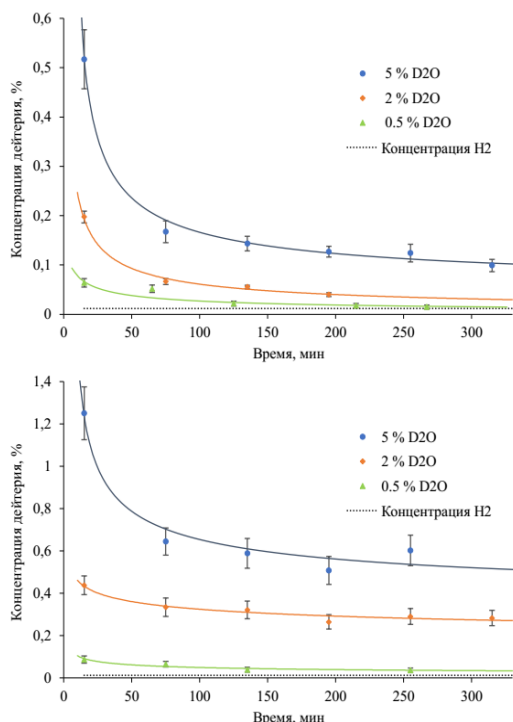


Рис. 1. Динамика концентрации дейтерия в образцах порошка Fe_3O_4 (сверху) и аналога лунного реголита JSC-1 (снизу) при различных концентрациях D_2O . Планки погрешностей обозначают 2σ .

7.7 Определение временных характеристик деградации детектора летного прибора ЛАЗМА-ЛР в ходе длительного хранения

Целью работы являлась оценка изменения чувствительности детектора прибора вследствие временной деградации интегрального коэффициента усиления микроканальных пластин (МКП) в течение его длительного хранения в нормальных климатических условиях (НКУ). Со временем коэффициент усиления МКП может снижаться, и это снижение существенно зависит от условий хранения. В частности, при хранении МКП в атмосфере воздуха при влажности более 20% на поверхности МКП образуются пленки гидроксидов и оксидов щелочных металлов, что приводит к снижению коэффициента усиления МКП. Наилучшими условиями хранения МКП являются условия вакуума (около 10^{-5} торр и ниже) или среда сухого инертного газа. Однако на практике обеспечение подобных условий в ходе изготовления приборов, сборки космических аппаратов, проведения испытаний и т.д. дорого и трудозатратно, а иногда и вовсе технически невозможно.

Работы по оценке степени деградации детектора проводились на лётном приборе ЛАЗМА миссии Фобос-Грунт, детектор которого аналогичен детектору ЛАЗМА-ЛР и представляют собой шевронную сборку микроканальных пластин (МКП). На протяжении 9 лет хранения прибора периодически снимали серии спектров сплава MC131 (содержащего W, Ti, Ta, Nb, Co и C в концентрациях 25.07, 14.21, 2.23, 2.73, 11.53 и 44.23 ат.% соответственно), вклеенного в одну из ячеек грунтоприемного диска прибора в качестве эталонного образца. После проведения измерения прибор извлекался из вакуумной камеры и консервировался в НКУ до следующего измерения.

Чувствительность детектора за 9 лет наблюдений снизилась в 2.4–2.8 раз, а за 15 лет хранения предполагается снижение в 2.6–3.5 раз в сравнении с начальной чувствительностью. Наиболее быстрое изменение чувствительности детектора наблюдалось в первые годы хранения, со временем скорость деградации снижалась. Прибор ЛАЗМА-ЛР обеспечивает высокое пространственное разрешение анализа и имеет

малый диаметр лазерного пятна (25–30 мкм). Принимая во внимание, что примесные элементы в породах распределены неоднородно и образуют, как правило, локальные участки с концентрациями, на порядки превышающими средние концентрации, в случае лазерного микроанализа чувствительность прибора в одном спектре не определяет общую чувствительность всего анализа (при условии сохранения и анализа каждого отдельного спектра). Таким образом, деградация чувствительности детектора при хранении прибора даже в течение 10–15 лет не оказывает критического влияния на чувствительность элементного анализа.

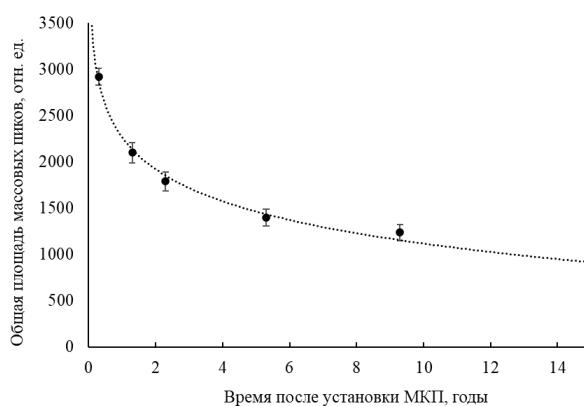


Рис. 2. Зависимость суммарной площади массовых пиков тантала и вольфрама от времени после установки детектора. Пунктирной линией обозначена аппроксимирующая кривая. Планки погрешности обозначают стандартное отклонение среднего.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023г. по теме ПЛАНЕТА.

Наиболее значимый результат института, выполняемый в рамках государственного задания в 2023г.:

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

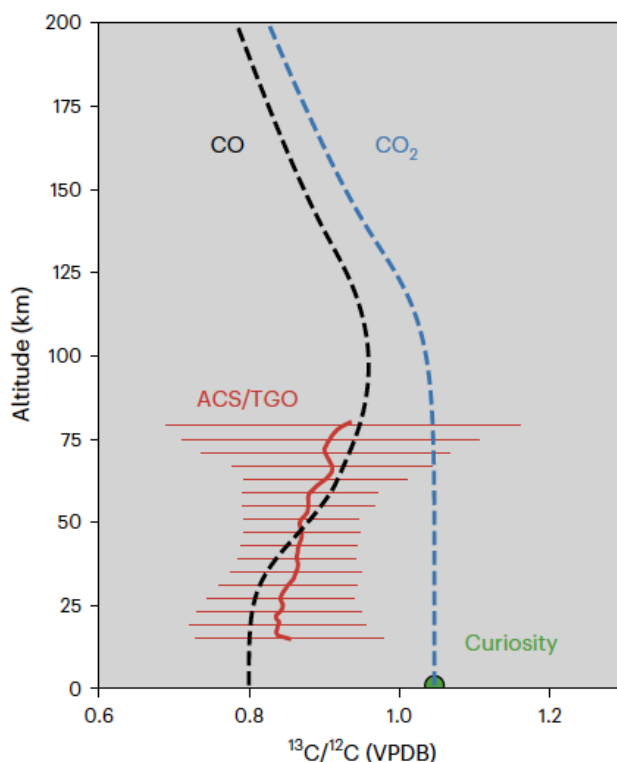


Рис. 1. Профили $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в CO и CO_2 атмосферы Марса в зависимости от высоты по отношению к Венскому стандарту Pee Dee Belemnite. Красная кривая – измерения ACS/TGO; штриховые линии – результаты фотохимического моделирования.

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., Patrakeev 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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список публикаций:

Всего научных публикаций в 2023 г: **67**

Число опубликованных научных публикаций без РФ в 2023 г: **59**

Статьи в зарубежных изданиях: **50**

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах: **17**

Глава в *Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science* : **1**

Статьи в сборниках материалов конференций: **9**

Доклады, тезисы, циркуляры: **58**

Статьи в научно-популярных изданиях: **0**

Другие издания: **2**

Публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учёными: **25**

В печати: **9**

Статьи в зарубежных изданиях:

1. Abdelaal Mohamad, Alexander Zakharov, Igor Dokuchaev and Sergey Bednyakov
Electromagnetic Signatures of Dust Particles in the Mesosphere-Thermosphere System.
Frontiers in Astronomy and Space Sciences, **В печати**
2. Alday, Juan ; Trokhimovskiy, Alexander ; Patel, Manish R. ; Fedorova, Anna A. ;
Lefèvre, Franck ; Montmessin, Franck ; Holmes, James A. ; Rajendran, Kylash ; Mason,
Jon P. ; Olsen, Kevin S. ; Belyaev, Denis A. ; Korablev, Oleg ; Baggio, Lucio ;
Patrakeev, Andrey ; Shakun, Alexey . Photochemical depletion of heavy CO isotopes in
the Martian atmosphere. *Nature Astronomy*, Volume 7, p. 867-876, July 2023,
DOI:10.1038/s41550-023-01974-2, **IF 14.1, Q1**
3. Ananyeva Vladislava , Anastasiia Ivanova , Inna Shashkova , Oleg Yakovlev , Alexander
Tavrov , Oleg Korablev, Jean-Loup Bertaux. Exoplanets Catalogue Analysis: The
Distribution of Exoplanets at FGK Stars by Mass and Orbital Period . *Atmosphere*, 2023,
14, 353, Published: . 10 February 2023, <https://doi.org/10.3390/atmos14020353>, **IF 2.9,
Q2**
4. Bisikalo D. V., Valyavin G. G., Vlasyuk V. V., et al Кораблев. Yurii Yur'evich Balega
(on his 70th birthday) *PhyU Physics-USpekhi* 66, 103 (2023)
<https://doi.org/10.3367/UFNe.2023.01.039311>, **IF 2.943, Q2**
5. Busarev, V. V. ; Petrova, E. V. ; Shcherbina, M. P. ; Kuznetsov, S. Yu. ; Burlak, M. A. ;
Ikonnikova, N. P. ; Savelova, A. A. ; Belinskii, A. A. Search for Signs of Sublimation-
Driven Dust Activity of Primitive-Type Asteroids Near Perihelion. *Solar System
Research*, Volume 57, Issue 5, p.449-466, October 2023, DOI
10.1134/S0038094623050015, **IF 0.9, Q3 (PHФ 22-12-00115)**
6. Chaufray, J. -Y. ; Quémerais, E. ; Koutroumpa, D. ; Robidel, R. ; Leblanc, F. ; Réberac,
A. ; Yoshikawa, I. ; Yoshioka, K. ; Murakami, G. ; Korablev, O. ; Belyaev, D. ; Pelizzo,
M. G. ; Corso, A. J. The EUV Reflectance of Mercury's Surface Measured by
BepiColombo/PHEBUS. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 128, Issue
3, article id. e2022JE007669, March 2023, DOI 10.1029/2022JE007669, **IF 4.8, Q1**
7. Cheptsov, V. S. ; Belov, A. A. ; Sotnikov, I. V. Diversity of Bacteria Cultured from Arid
Soils and Sedimentary Rocks under Conditions of Available Water Deficiency. *Eurasian
Soil Science*, Volume 56, Issue 5, p.535-544, May 2023, DOI
10.1134/S1064229322602761, **IF 1.4, Q2**
8. Chumikov A.E., Cheptsov V.S., Managadze N.G. Microchannel plate detector gain
degradation through storage under ambient conditions. *IEEE Transactions on*

- Instrumentation & Measurement*. 2023. V. 72, P. 7003208. DOI: 10.1109/TIM.2023.3265633 **IF 5.6, Q1**
9. Coustenis Athena, Niklas Hedman, Peter T. Doran, Omar Al Shehhi, Eleonora Ammannito, Masaki Fujimoto, Olivier Grasset, Frank Groen, Alexander G. Hayes, Vyacheslav Ilyin, K. Praveen Kumar, Caroline-Emmanuelle Morisset, Christian Mustin, Karen Olsson-Francis, Jing Peng, Olga Prieto-Ballesteros, Francois Raulin, Petra Rettberg, Silvio Sinibaldi, Yohey Suzuki, Kanyan Xu and Maxim Zaitsev. Planetary protection: an international concern and responsibility (2023). *Frontiers in Astronomy and Space Sciences., Sec. Planetary Science*. V. 10. DOI: 10.3389/fspas.2023.1172546 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspas.2023.1172546/full> , **IF 3.0, Q2**
 10. Coustenis Athena, Niklas Hedman, Peter T. Doran, Omar Al Shehhi, Eleonora Ammannito, Masaki Fujimoto, Olivier Grasset, Frank Groen, Alex Hayes, Vyacheslav Ilyin, Praveen Kumar K, Caroline-Emmanuelle Morisset, Christian Mustin, Karen Olsson-Francis, Jing Pen, Olga Prieto Ballesteros, Francois Raulin, Petra Rettberg, Silvio Sinibaldi, Yohey Suzuki, Kanyan Xu, Maxim Zaitsev. Planetary protection: Updates and challenges for a sustainable space exploration (2023) *Acta Astronautica*, V. 210, pp: 446-452. DOI: 10.1016/j.actaastro.2023.02.035 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576523001005> **IF 3.5, Q1**
 11. Fedorova A. A., O. I. Korablev, F. Montmessin, J.-L. Bertaux, D. S. Betsis, F. Lefèvre, Distribution of atmospheric aerosols during the 2007 Mars dust storm (MY 28): Solar infrared occultation observations by SPICAM, *Icarus*. **(PHΦ N23-12-00207) В печати**
 12. Fedorova, A., Korablev, O., 2023. Infrared Remote Sensing of the Martian Atmosphere. *Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190647926.013.126>
 13. Fedorova, Anna ; Montmessin, Franck ; Trokhimovskiy, Alexander ; Luginin, Mikhail ; Korablev, Oleg ; Alday, Juan ; Belyaev, Denis ; Holmes, James ; Lefevre, Franck ; Olsen, Kevin ; Patrakeev, Andrey ; Shakun, Alexey. A Two-Martian Years Survey of the Water Vapor Saturation State on Mars Based on ACS NIR/TGO Occultations. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 128, Issue 1, article id. e2022JE007348, January 2023, DOI 10.1029/2022JE007348, **IF 4.8, Q1**
 14. Galazutdinov, G. A. ; Baluev, R. V. ; Valyavin, G. ; Aitov, V. ; Gadelshin, ; Valeev, A. ; Sendzikas, E. ; Sokov, E. ; Mitiani, G. ; Burlakova, T. ; Yakunin, I., Antonyuk, K. A. ; Vlasyuk, V. ; Romanyuk, I. ; Rzaev, A. ; Yushkin, M. ; Ivanova, A. ; Tavrov, A. ; Korablev, O. Doppler confirmation of TESS planet candidate TOI-1408.01: grazing transit and likely eccentric orbit . *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 526, Issue 1, pp.L111-L115, November 2023, DOI 10.1093/mnras/slad127, **IF 4.8, Q1**
 15. Galazutdinov, G. A. ; Baluev, R. V. ; Valyavin, G. ; Aitov, V. ; Gadelshin, ; Valeev, A. ; Sendzikas, E. ; Sokov, E. ; Mitiani, G. ; Burlakova, T. ; Yakunin, I., Antonyuk, K. A. ; Vlasyuk, V. ; Romanyuk, I. ; Rzaev, A. ; Yushkin, M. ; Ivanova, A. ; Tavrov, A. ; Korablev, O. Doppler confirmation of TESS planet candidate TOI-1408.01: grazing transit and likely eccentric orbit. 2023, DOI 10.48550/arXiv.2309.03009
 16. Guerlet, S. ; Fan, S. ; Forget, F. ; Ignatiev, N. ; Millour, E. ; Kleinböhl, A. ; Shakun, A. ; Grigoriev, A. ; Trokhimovskiy, A. ; Montmessin, F. ; Korablev, O. Thermal Tides on Mars Before and During the 2018 Global Dust Event as Observed by TIRVIM-ACS Onboard ExoMars Trace Gas Orbiter. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 128, Issue 9, article id. e2023JE007851, September 2023, DOI 10.1029/2023JE007851, **IF 4.8, Q1**

17. Irbah, Abdanour ; Bertaux, Jean-Loup ; Montmessin, Franck ; Scheveiler, Léa. ; Lacombe, Gaetan ; Rouanet, Nicolas ; Trokhimovskiy, Alexander ; Korablev, Oleg ; Fedorova, Anna. Spectral contamination between diffraction orders of the NIR spectrometer (TGO) but possible solutions to overcome it. *Proceedings of the SPIE*, Volume 12777, id. 127776Z 20 pp. (2023), July 2023, DOI 10.1117/12.2691362, **IF 0.37**
18. Ivanova, A.; Lallement, R.; Bertaux, J. -L. Improved precision of radial velocity measurements after correction for telluric absorption. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 673, Date 05/2023, Page A56, DOI:10.1051/0004-6361/202245089. **IF 6.5, Q1**
19. Ivanova A., Lallement R., Bertaux J.-L. Improved precision of radial velocity measurements after correction for telluric absorption arXiv:2302.03897 (2023) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.03897>
20. Khorkin, V. S. ; Fedorova, A. A. ; Dobrolenskiy, Yu. S. ; Korablev, O. I. ; Vyazovetskiy, N. A. ; Dzyuban, I. A. ; Sapgir, A. G. ; Titov, A. Yu. ; Toledo, D. ; Pommereau, J. -P. ; Rannou, P. ExoMars-2022 Mission ODS Instrument: Modeling and Ground Field Measurements. *Solar System Research*, Volume 57, Issue 4, p.324-335, August 2023, DOI 10.1134/S0038094623040056, **IF 0.9, Q3**
21. Kuznetsov, I. A. ; Zakharov, A. V. ; Zelenyi, L. M. ; Popel, S. I. ; Morozova, T. I. ; Shashkova, I. A. ; Dolnikov, G. G. ; Lyash, A. N. ; Dubov, A. E. ; Viktorov, M. E. ; Topchieva, A. P. ; Klumov, B. A. ; Usachev, A. D. ; Lisin, E. A. ; Vasiliev, M. M. ; Petrov, O. F. ; Poroikov, A. Yu. Erratum to: Dust Particles in Space: Opportunities for Experimental Research. *Astronomy Reports*, Volume 67, Issue 5, p.536-536, May 2023, DOI 10.1134/S1063772923330016, **IF 1.0, Q3 (HЦФМ)**
22. Kuznetsov, I. A. ; Zakharov, A. V. ; Zelenyi, L. M. ; Popel, S. I. ; Morozova, T. I. ; Shashkova, I. A. ; Dolnikov, G. G. ; Lyash, A. N. ; Dubov, A. E. ; Viktorov, M. E. ; Topchieva, A. P. ; Klumov, B. A. ; Usachev, A. D. ; Lisin, E. A. ; Vasiliev, M. M. ; Petrov, O. F. ; Poroikov, A. Yu. Dust Particles in Space: Opportunities for Experimental Research. *Astronomy Reports*, Volume 67, Issue 1, p.35-60, January 2023, DOI 10.1134/S1063772923010110, **IF 1.0, Q3 (HЦФМ)**
23. Lipatov, A. N. ; Ekonomov, A. P. ; Makarov, V. S. ; Lesnykh, V. A. ; Goretov, V. A. ; Zakharkin, G. V. ; Zaitsev, M. A. ; Khlyustova, L. I. ; Antonenko, S. A. Accelerometers of the Meteorological Complex for the Study of the Upper Atmosphere of Mars. *Solar System Research*, Volume 57, Issue 4, p.349-357, August 2023, DOI 10.1134/S0038094623040081, **IF 0.9, Q3**
24. Lipatov, A. N. ; Ekonomov, A. P. ; Makarov, V. S. ; Lesnykh, V. A. ; Goretov, V. A. ; Zakharkin, G. V. ; Zaitsev, M. A. ; Khlyustova, L. I. ; Antonenko, S. A. Temperature and Pressure Sensors of the Meteorological Complex for the Study of the Mars's Atmosphere. *Solar System Research*, Volume 57, Issue 4, p.336-348, August 2023, DOI 10.1134/S003809462304007X, **IF 0.9, Q3**
25. Lipatov, A. N. ; Lyash, A. N. ; Ekonomov, A. P. ; Makarov, V. S. ; Lesnykh, V. A. ; Goretov, V. A. ; Zakharkin, G. V. ; Khlyustova, L. I. ; Antonenko, S. A. ; Rodionov, D. S. ; Korablev, O. I. LIDAR for Investigation of the Martian Atmosphere from the Surface. *Solar System Research*, Volume 57, Issue 4, p.358-372, August 2023, DOI 10.1134/S0038094623040093, **IF 0.9, Q3**
26. Luginin M., A. Fedorova, D. Belyaev, F. Montmessin, O. Korablev, J.-L. Bertaux. Bimodal aerosol distribution in Venus' upper haze from joint SPICAV-UV and -IR observations on Venus Express. *Icarus*, November 2023, , Vol 409, February 2024, 115866, DOI <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115866>, **IF 3.2, Q1 (PHФ 23-12-00207)**

27. Mantsevich, Sergey N.; Kostyleva, Ekaterina I. Examination of an acoustic field longitudinal power distribution in quasicollinear acousto-optic cells. *Ultrasonics*, Volume 128, Issue Page Published 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2022.106875> **IF 4.2, Q1 (PHΦ 19-12-00072)**
28. Meshcherinov V., Gazizov I., Kazakov V., Spiridonov M., Lebedev Y., Vinogradov I., Gerasimov M. Spectrometer to Explore Isotopologues of Lunar Volatiles on Luna-27 Lander. arXiv:2311.14608 (2023) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.14608>
29. Olsson-Francis Karen, Peter T. Doran, Vyacheslav Ilyin, Francois Raulin, Petra Rettberg, Gerhard Kminek, María-Paz Zorzano Mier, Athena Coustenis, Niklas Hedman, Omar Al Shehhi, Eleonora Ammannito, James Bernardini, Masaki Fujimoto, Olivier Grasset, Frank Groen, Alex Hayes, Sarah Gallagher, Praveen Kumar K, Christian Mustin, Akiko Nakamura, Elaine Seasley, Yohey Suzuki, Jing Peng, Olga Prieto-Ballesteros, Silvio Sinibaldi, Kanyan Xu, Maxim Zaitsev. The COSPAR Planetary Protection Policy for robotic missions to Mars: A review of current scientific knowledge and future perspectives (2023) *Life Sciences in Space Research*. V. 36, pp: 27-35. DOI: 10.1016/j.lssr.2022.12.001 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214552422001018> **IF 2.5, Q2**
30. O'Rourke, Joseph G. ; Wilson, Colin F. ; Borrelli, Madison E. ; Byrne, Paul K. ; Dumoulin, Caroline ; Ghail, Richard ; Gülcher, Anna J. P. ; Jacobson, Seth A. ; Korablev, Oleg ; Spohn, Tilman ; Way, M. J. ; Weller, Matt ; Westall, Frances. Venus, the Planet: Introduction to the Evolution of Earth's Sister Planet. *Space Science Reviews*, Volume 219, Issue 1, article id.10, February 2023, DOI 10.1007/s11214-023-00956-0, **IF 10.3, Q1**
31. Pankine Alexey A., Cecilia Leung, Leslie Tamppari, German Martinez, Marco Giuranna, Sylvain Piqueux, Michael Smith, Alexander Trokhimovskiy. Effects of Global Dust Storms on Water Vapor in the Southern Polar Region of Mars JGRE accepted. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 06 December 2023, <https://doi.org/10.1029/2023JE008016>, **IF 4.8, Q1**
32. Pershin, S.M., Gordeev, E.I., Grishin, M.Y. , Zavozin V.A., Makarov V.S., Lednev V.N., Ponurovsky Ya.Ya., Fedorov A.N., Ushakov A.A., Kazalov V.V. Air Convection Reversal in a Hot Tunnel above the Elbrus Volcano Chamber. *Bull. Lebedev Phys. Inst.* 50, 77–83 (2023). <https://doi.org/10.3103/S1068335623030089> **IF 0.4, Q3 (PHΦ 19-19-00712-P)**
33. Pershin, S.M., Makarov, V.S., Grishin, M.Y., Zavozin V.A., Koromyslov A.L., Lednev V.N., Sdvizhenskii P.A., Prochazka I., Tupitsyn I.M., Cheshev E.A. New Lasing Mode of a Diode Laser: A 200-Picosecond Leading Edge of a Nanosecond Pulse. *Bull. Lebedev Phys. Inst.* 50 (Suppl 3), S383–S388 (2023). <https://doi.org/10.3103/S1068335623150125> **IF 0.4 (PHΦ 19-19-00712-P)**
34. Petrova, E. V. ; Busarev, V. V. On the Prospects for Estimating the Properties of Particles in an Active Asteroid Exosphere by Features in the UV and Visible Reflectance Spectra. *Solar System Research*, Volume 57, Issue 2, p.161-174, April 2023, DOI 10.1134/S0038094623020065, **IF 0.9, Q3**
35. Petrova T.M., A.M. Solodov, A.A. Solodov, V.M. Deichuli, A.A. Fedorova, CO₂-broadened lineshapes in the oxygen A-band, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, Volume 314, 2024, 108850, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2023.108850>, **IF 2.342, Q2 (PHΦ N22-22-00800)**

36. Popel, S. I. ;Zakharov, A. V. ; Zelenyi, L. M. Dusty Plasmas in the Vicinity of the Moon: Current Research and New Vistas. *Plasma Physics Reports*, vol. 49, issue 1, pp. 29-40, January 2023, DOI 10.1134/S1063780X22601341, **IF 1.1, Q2**
37. Popel, S. I. ;Zelenyi, L. M. ; Zakharov, A. V. Dusty Plasma in the Solar System: Celestial Bodies without Atmosphere. *Plasma Physics Reports*, Volume 49, Issue 8, p.1006-1013, August 2023, DOI 10.1134/S1063780X23600780, **IF 1.1, Q2**
38. Quémerais, Eric ; Koutroumpa, Dimitra ; Lallement, Rosine ; Sandel, Bill R. ; Robidel, Rozenn ; Chaufray, Jean-Yves ; Reberac, Aurélie ; Leblanc, Francois ; Yoshikawa, Ichiro ; Yoshioka, Kazuo ; Murakami, Go ; Korablev, Oleg ; Belyaev, Denis ; Pelizzo, Maria G. ; Corso, Alain J. Observation of Helium in Mercury's Exosphere by PHEBUS on Bepi-Colombo. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 128, Issue 6, article id. e2023JE007743, June 2023, DOI 10.1029/2023JE007743, **IF 4.8, Q1**
39. Robidel R., Quémerais E., Chaufray J. Y., Koutroumpa D., Leblanc F., Reberac A., Yoshikawa I., Yoshioka K., Murakami G., Korablev O., Belyaev D., Pelizzo M.G., Corso A. J. Mercury's Exosphere as seen by BepiColombo/PHEBUS Visible Channels During the First Two Flybys *Journal of Geophysical Research: Planets*, doi:10.1029/2023JE007808. (2023). **В печати**
40. Siddhi Y. Shah, S. A. Haider, O. Korablev. Impact of Mars GDS 2018 on the Chemistry of Water, Nitrogenated and Deuterated Cluster Ions: NOMAD Observations. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Volume 128, Issue 11 e2023JE007993, First published: 31 October 2023, <https://doi.org/10.1029/2023JE007993>, **IF 4.8, Q1**
41. Starichenko E. D., Medvedev A. S., Belyaev D. A., et al. Climatology of Gravity Wave Activity from Two Martian Years of ACS/TGO Observations esoar 788, [essoar.169008287](https://doi.org/10.22541/essoar.169008287) (2023) <https://doi.org/10.22541/essoar.169008287.78855998/v1>
42. Stolzenbach, A., López Valverde, M.-A., Brines, A., Modak, A., Funke, B., González-Galindo, Thomas I., Liuzzi G., Villanueva G., Luginin M., Aoki S., Grabowski U., Lopez Moreno J.J., Rodriguez-Gomez J., Wolff M., Ristic B., Daerden F., Bellucci G., Patel M., Vandaele A.-C. (2023). Martian atmospheric aerosols composition and distribution retrievals during the first Martian year of NOMAD/TGO solar occultation measurements: 1. Methodology and application to the MY 34 global dust storm. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 128, e2022JE007276. <https://doi.org/10.1029/2022JE007276>, **IF 4.8, Q1**
43. Stolzenbach, A., López Valverde, M.-A., Brines, A., Modak, A., Funke, B., González-Galindo, Thomas I., Liuzzi G., Villanueva G., Luginin M., Aoki S., Grabowski U., Lopez Moreno J.J., Rodriguez-Gomez J., Wolff M., Ristic B., Daerden F., Bellucci G., Patel M., Vandaele A.-C. (2023). Martian atmospheric aerosols composition and distribution retrievals during the first Martian year of NOMAD/TGO solar occultation measurements: 2. Extended results, end of MY 34 and first half of MY 35. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 128, e2023JE007835., <https://doi.org/10.1029/2023JE007835> **IF 4.8, Q1**
44. Trokhimovskiy A., A.A. Fedorova, F. Lefèvre, O. Korablev, K.S. Olsen, J. Alday, D. Belyaev, F. Montmessin, A. Patrakeevev, N. Kokonkov, Revised upper limits for abundances of NH₃, HCN and HC₃N in the Martian atmosphere, *Icarus*, Volume 407, **2024**, 115789, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2023.115789>, **IF 3.2, Q1**
45. Trokhimovskiy A.Yu., Korablev O.I., Ivanov Yu.S., Patrakeevev A. S., Fedorova A.A., Dzyuban I.A., Druzhin V.V., Poluarshinov M.A., Smirnov Yu.V. Infrared Channel of the Driada Spectrometer for Greenhouse-Gas Measurement from Space. *Cosmic*

46. Widemann, Thomas ; Smrekar, Suzanne E. ; Garvin, James B. ; Straume-Lindner, Anne Grete ; Ocampo, Adriana C. ; Schulte, Mitchell D. ; Voirin, Thomas ; Hensley, Scott ; Dyar, M. Darby ; Whitten, Jennifer L. ; Nunes, Daniel C. ; Getty, Stephanie A. ; Arney, Giada N. ; Johnson, Natasha M. ; Kohler, Erika ; Spohn, Tilman ; O'Rourke, Joseph G. ; Wilson, Colin F. ; Way, Michael J. ; Ostberg, Colby ; Westall, Frances ; Höning, Dennis ; Jacobson, Seth ; Salvador, Arnaud ; Avice, Guillaume ; Breuer, Doris ; Carter, Lynn ; Gilmore, Martha S. ; Ghail, Richard ; Helbert, Jörn ; Byrne, Paul ; Santos, Alison R. ; Herrick, Robert R. ; Izenberg, Noam ; Marcq, Emmanuel ; Rolf, Tobias ; Weller, Matt ; Gillmann, Cedric ; Korablev, Oleg ; Zelenyi, Lev ; Zasova, Ludmila ; Gorinov, Dmitry ; Seth, Gaurav ; Rao, C. V. Narasimha ; Desai, Nilesh Venus Evolution Through Time: Key Science Questions, Selected Mission Concepts and Future Investigations . *Space Science Reviews*, Volume 219, Issue 7, article id.56, October 2023, DOI October 2023, DOI:10.1007/s11214-023-00992-w, **IF 10.3, Q1**
47. Widemann, Thomas ; Smrekar, Suzanne E. ; Garvin, James B. ; Straume-Lindner, Anne Grete ; Ocampo, Adriana C. ; Schulte, Mitchell D. ; Voirin, Thomas ; Hensley, Scott ; Dyar, M. Darby ; Whitten, Jennifer L. ; Nunes, Daniel C. ; Getty, Stephanie A. ; Arney, Giada N. ; Johnson, Natasha M. ; Kohler, Erika ; Spohn, Tilman ; O'Rourke, Joseph G. ; Wilson, Colin F. ; Way, Michael J. ; Ostberg, Colby ; Westall, Frances ; Höning, Dennis ; Jacobson, Seth ; Salvador, Arnaud ; Avice, Guillaume ; Breuer, Doris ; Carter, Lynn ; Gilmore, Martha S. ; Ghail, Richard ; Helbert, Jörn ; Byrne, Paul ; Santos, Alison R. ; Herrick, Robert R. ; Izenberg, Noam ; Marcq, Emmanuel ; Rolf, Tobias ; Weller, Matt ; Gillmann, Cedric ; Korablev, Oleg ; Zelenyi, Lev ; Zasova, Ludmila ; Gorinov, Dmitry ; Seth, Gaurav ; Rao, C. V. Narasimha ; Desai, Nilesh . Correction to: Venus Evolution Through Time: Key Science Questions, Selected Mission Concepts and Future Investigations. *Space Science Reviews*, Volume 219, Issue 8, article id.72. December 2023, DOI 10.1007/s11214-023-01022-5, **IF 10.3, Q1**
48. Yakovlev, O. Ya. ; Valeev, A. F. ; Valyavin, G. G. ; Tavrov, A. V. ; Aitov, V. N. ; Mitiani, G. Sh. ; Beskin, G. M. ; Korablev, O. I. ; Galazutdinov, G. A. ; Vlasyuk, V. V. ; Emelyanov, E. V. ; Fatkhullin, T. A. ; Sasyuk, V. V. ; Perkov, A. V. ; Bondar', S. F. ; Burlakova, T. E. ; Fabrika, S. N. ; Romanyuk, I. I. Eight Exoplanet Candidates in SAO Survey. *Astrophysical Bulletin*, Volume 78, Issue 1, p.79-93, May 2023, DOI 10.1134/S1990341323010108, **IF 1.2, Q2**
49. Yakovlev, O. Ya. ; Valeev, A. F. ; Valyavin, G. G. ; Tavrov, A. V. ; Aitov, V. N. ; Mitiani, G. Sh. ; Beskin, G. M. ; Korablev, O. I. ; Galazutdinov, G. A. ; Vlasyuk, V. V. ; Emelyanov, E. V. ; Fatkhullin, T. A. ; Sasyuk, V. V. ; Perkov, A. V. ; Bondar', S. F. ; Burlakova, T. E. ; Fabrika, S. N. ; Romanyuk, I. I. Eight Exoplanet Candidates in SAO Survey. *Astrophysical Bulletin*, Volume 78, Issue 1, p.79-93, March 2023, DOI 10.48550/arXiv.2304.01076, **IF 1.2, Q2**
50. Yudaev, A. V. ; Shashkova, I. A. ; Kiselev, A. V. ; Komarova, A. A. ; Tavrov, A. V. Wavefront Correction for the Observation of an Exoplanet against the Background of the Diffraction Stellar Vicinity. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, Volume 136, Issue 2, p.109-130, February 2023, DOI 10.1134/S1063776123020127, **IF 1.1, Q3**
51. Yudaev, Andrey ; Kiselev, Alexander ; Shashkova, Inna ; Tavrov, Alexander ; Lipatov, Alexander . Wavefront Sensing by a Common-Path Interferometer for Wavefront Correction in Phase and Amplitude by a Liquid Crystal Spatial Light Modulator Aiming

- the Exoplanet Direct Imaging. *Photonics*, vol. 10, issue 3, p. 320. March 2023, DOI 10.3390/photonics10030320, **IF 2.4, Q2**
52. Zelenyi L.M., A.V.Zakharov, S.I.Popel, I.A.Kuznetsov, E.V.Rosenfeld. Physical processes of formation and features of the plasma-dusty exosphere of the Moon. *Physics-Uspekhi*. 2023. <https://doi.org/10.3367/UFNe.2023.09.039567>. **IF 2.943, Q2**
53. Zorzano Mier María Paz, Karen Olsson-Francis, Peter T. Doran, Petra Rettberg, Athena Coustenis, Vyacheslav Ilyin, Francois Raulin, Gerhard Kminek, Niklas Hedman, Omar Al Shehhi, Eleonora Ammannito, Masaki Fujimoto, Olivier Grasset, Frank Groen, Alex Hayes, Sarah Gallagher, Praveen Kumar, Christian Mustin, Akiko Nakamura, Yohey Suzuki, Jing Peng, Olga Prieto Ballesteros, Silvio Sinibaldi, Kanyan Xu, Maxim Zaitsev. The COSPAR Planetary Protection Requirements for Space Missions to Venus. (2023) *Life Sciences in Space Research*. V. 37, pp: 18–24. DOI 10.1016/j.lssr.2023.02.001 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214552423000159> **IF 2.5, Q2**

Статьи в отечественных научных рецензируемых журналах:

1. Ананьева В.И., Тавров А.В., Кораблев О.И., Коррекция наблюдательной селекции при анализе статистики экзопланет, открытых методом лучевых скоростей, "Известия Крымской астрофизической обсерватории". **В печати.**
2. Белов А.А., Чепцов В.С. Таксономическая и функциональная характеристика ксеротолерантного культивируемого прокариотного сообщества серозема пустыни Негев. *Бюллетень Почвенного института имени В.В.Докучаева*. 2023. Т. 116, № 10. С. 129–154. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-116-129-154
3. Белоусов Д.В., Чепцов В.С., Павлов А.К. Радиолиз как возможный механизм синтеза перхлоратов на Марсе и Европе. *Астрономический вестник*. **В печати.**
4. Бисикало Д.В., Г.Г. Валявин, В.В. Власюк, Л.М. Зелёный, Н.Р. Ихсанов, О.И. Кораблёв, К.А. Постнов, И.И. Романюк, О.В. Руденко, Е.Э. Филиппова, А.М. Черепашук, Б.М. Шустов. Юрий Юрьевич Балега (к 70-летию со дня рождения). *УФН*, Т 193, N1, январь 2023. DOI: 10.3367/UFN.2023.01.039311 **IF 2.7**
5. Борзосексов В.Д., Ахмадуллина Н.С., Соколов А.С., Гаянова Т.Э., Резаева А.Д., Степахин В.Д., Кончечков Е.М., Малахов Д.В., Воронова Е.В., Нугаев И.Р., Логвиненко В.П., Князев А.В., Летунов А.А., Харлачев Д.Е., Образцова Е.А., Морозова Т.И., Зайцев М.В., Ищенко А.В., Вайнштейн И.А., Гроховский В.И., Шишилов О.Н., Скворцова Н.Н. Получение плазменно-пылевых облаков из метеоритного вещества, его аналогов и имитаторов лунного реголита с помощью микроволнового разряда. *Астрономический вестник*. **(РНФ № 21-72-10164) В печати**
6. Бусарев В.В., Е.В. Петрова, М.П. Щербина, С.Ю. Кузнецов, М.А. Бурлак, Н.П. Иконникова, А.А. Савелова, А.А. Белинский. Поиск признаков сублимационно-пылевой активности астероидов примитивных типов вблизи перигелия. *Астрономический вестник* 2023. Т. 57. № 5. С. 439–457. DOI: 10.31857/S0320930X23050018. **IF 0.653 (РНФ 22-12-00115)**
7. Власов П. В., Игнатъев Н. И., Кораблев О. И., Федорова А. А., Григорьев А. В., Пацаев Д. В., Маслов И. А., Шакун А. В., Герле С., Грасси Д., Засова Л. В., Термическое зондирование атмосферы Марса при помощи фурье-спектрометра ACS TIRVIM на борту КА ExoMars TGO: Метод решения обратной задачи. *Астрономический вестник*, 2023, Том 57, № 6, С. 503–520, DOI: 10.31857/S0320930X23060087. **IF 0.653**
8. Зеленый Л.М., А.В. Захаров, С.И. Попель, И.А. Кузнецов, Е.В. Розенфельд, Физические процессы формирования и особенности плазменно-пылевой экзосферы Луны, *УФН*. 2023.. DOI: 10.3367/UFN.2023.09.039567 **IF 2.7**
9. Киливник Е.О., Петросян А.С., Федорова А.А., Кораблев О.И. Одномерная модель вертикального переноса химических составляющих в атмосфере Марса вплоть до высот термосферы. *Астрономический вестник*. Исследования Солн. Системы. Т. 58. №2. (2024) **В печати**
10. Кораблев О.И. Исследования планетных атмосфер в России (2019–2022). *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. Т. 59. № 7. С. 955–975 (2023) <https://doi.org/10.31857/S0002351523070052> **IF 0.837**
11. Кораблев О.И., Родионов Д.С., Зеленый Л.М. Комплекс научной аппаратуры посадочной платформы ЭкзоМарс-2022. *Астрономический вестник*. Исследования Солн. Системы. Т. 58. № 1. (2024) **В печати**
12. Кузнецов И. А., А. В. Захаров, Л. М. Зеленый, С. И. Попель, Т. И. Морозова, И. А. Шашкова, Г. Г. Дольников, А. Н. Ляш, А. Е. Дубов, М. Е. Викторов, А. П. Топчиева, Б. А. Клумов, А. Д. Усачев, Е. А. Лисин, М. М. Васильев, О. Ф. Петров,

- А. Ю. Поройков. Пылевые частицы в космосе: возможности экспериментальных исследований. *Астрономический журнал*, 2023, Т. 100, № 1, стр. 41-69. DOI: 10.31857/S0004629923010115 **IF 0.408 (ИЦФМ)**
13. Липатов А. Н., А. Н. Ляш, А. П. Экономов, В. С. Макаров, В. А. Лесных, В. А. Горетов, Г. В. Захаркин, Л. И. Хлюстова, С. А. Антоненко, Д. С. Родионов, О. И. Кораблев. Лидар для исследования атмосферы Марса с поверхности. *Астрономический вестник*, 2023, Т. 57, № 4, стр. 342-356. DOI: 10.31857/S0320930X23040096 **IF 0.653**
 14. Липатов А. Н., А. П. Экономов, В. С. Макаров, В. А. Лесных, В. А. Горетов, Г. В. Захаркин, М. А. Зайцев, Л. И. Хлюстова, С. А. Антоненко. Датчики температуры и давления метеокомплекса для исследования атмосферы Марса. *Астрономический вестник*, 2023, Т. 57, № 4, стр. 319-332. DOI: 10.31857/S0320930X23040072 **IF 0.653**
 15. Липатов А. Н., А. П. Экономов, В. С. Макаров, В. А. Лесных, В. А. Горетов, Г. В. Захаркин, М. А. Зайцев, Л. И. Хлюстова, С. А. Антоненко. Акселерометры метеокомплекса для исследования верхней атмосферы Марса. *Астрономический вестник*, 2023, Т. 57, № 4, стр. 333-341. DOI: 10.31857/S0320930X23040084 **IF 0.653**
 16. Першин С. М., В. А. Завозин, В. Н. Леднев, Г. А. Болдин, М. Я. Гришин, В. С. Макаров, Л. Б. Безруков, А. К. Межох, В. В. Синев. Лидарный мониторинг динамики аэрозолей, индуцированных аэроионами. *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*, 2023, Т. 509, № 1, стр. 15-20. DOI: 10.31857/S2686740023020086, **IF 0.828**
 17. Петрова Е.В., В.В. Бусарев. О возможностях оценки свойств частиц в экзосфере активного астероида по деталям в УФ и видимом диапазонах спектров отражения. *Астрономический вестник* 2023, Т. 57. № 2. С. 166–180. DOI: 10.31857/S0320930X23020068. **IF 0.653 (РНФ 22-12-00115)**
 18. Петрова Е.В. Влияние экзосферы активного астероида на поляризацию рассеянного света и возможности оценки ее свойств из наземных измерений. *Астрономический вестник* 2024. Т. 58. № 2. С **(РНФ 22-12-00115). В печати.**
 19. Попель С. И., А. В. Захаров, Л. М. Зеленый. Пылевая плазма в окрестностях Луны: Современные исследования и новые перспективы. *Физика плазмы*, 2023, том 49, № 1, с. 12-24. 2023. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367292122600935> **IF 0.816**
 20. Попель С. И., Л. М. Зеленый, А. В. Захаров. Пылевая плазма в солнечной системе: Безатмосферные космические тела. *Физика плазмы*. 2023, том 49. №8, стр. 813-820. DOI: 10.31857/S0367292123600437 **IF 0.816**
 21. Хоркин В.С., А.А. Федорова, Ю.С. Доброленский, О.И. Кораблев, Н.А. Вязоветский, И.А. Дзюбан, А.Г. Сапгир, А.Ю. Титов, Д. Толедо, Ж.-П. Помро, П. Ранну, Прибор ODS миссии ЭкзоМарс-2022: моделирование и наземные полевые измерения // *Астрономический вестник. Исследования солнечной системы*, 2023, Т.57, №4, с.1–12. DOI: 10.31857/S0320930X23040059, **IF 0.653**.
 22. Чепцов В.С., Белов А.А., Сотников И.В. Разнообразие бактерий, культивируемых из аридных почв и пород в условиях дефицита доступной воды. *Почвоведение*. 2023. №5, С. 525-535. DOI: 10.31857/S0032180X22601372. **IF 2.601**
 23. Юдаев А. В., Шашкова И. А., Киселев А. В., Комарова А. А., Тавров А. В. Коррекция волнового фронта для наблюдения экзопланеты на фоне дифракционной окрестности звезды *ЖЭТФ*, 2023, том 163, вып. 2, стр. 131–152, <https://doi.org/10.31857/S0044451023020013> **IF 0.892**

Статьи в сборниках материалов конференций:

1. Tian Y., A.Yu. Poroykov, I.A. Shashkova, I.A. Kuznetsov, A.V. Zakharov. Computer simulation of microparticle trajectories in a laboratory study of lunar dust dynamics. 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). – IEEE, 2024.
2. Барбашин Д.Д., Чепцов В.С., Белов А.А. Устойчивость бактерий из аридных почв к воздействию перхлората натрия. В сборнике: «4-я Всероссийская конференция по Астробиологии. Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач». 2023, С. 38–39.
3. Барке В. В., Венкстерн А. А., Котцов В. А. Новые решения в технологии ориентации по звездам. Материалы 11-й международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли». Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. Москва, 2023 Тезисы. С. 72-73
4. Белов А.А., Чепцов, В.С. Таксономическое разнообразие и физиологические особенности культивируемых бактериальных сообществ в условиях дефицита влаги. В сборнике: «4-я Всероссийская конференция по Астробиологии. Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач». 2023, С. 32–34.
5. Веденев Д.А., Ежелев З.С., Чепцов В.С., Белов А.А. Влияние перхлоратов на температуру кристаллизации воды и выживаемость бактерий в механических аналогах реголита Марса. В сборнике: «4-я Всероссийская конференция по Астробиологии. Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач». 2023, С. 40–42.
6. Котцов В.А. Логическая арифметика потоковой обработки цифровой видеoinформации. Сборник докладов IV Всесоюзный конгресс по сенсорике и экономике «Сенсорное слияние» Санкт-Петербург, Кронштадт, 2023, С.31-40. ISBN 978-5-02-038183-4
7. Котцов В.А., Егоров В.В., Балтер Д.Б., Стальная М.В. Новая корреляционная оценка для результатов многопараметрических наблюдений и опыт её применения. Сборник докладов Всероссийская конференция «Современные технологии обработки сигналов» (СТОС -2023) С. <http://www.rntores.ru/>
8. Тянь Я., А.Ю. Поройков, И.А. Шашкова, И.А. Кузнецов, А.В. Захаров. Моделирование стереоизображений траекторий микрочастиц в лабораторном исследовании динамики лунной пыли // Оптические методы исследования потоков: Труды XVII Международной научно-технической конференции, Москва, 26–30 июня 2023 года. – Москва: Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, 2023. – С. 691-698. (статья в сборнике трудов конференции)
https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54941653_69454934.pdf
9. Чепцов В.С., Павлов А.К., Белоусов Д.В., Ломасов В.Н. Устойчивость пептидов к облучению ускоренными электронами в модельных условиях Европы. В сборнике: «4-я Всероссийская конференция по Астробиологии. Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач». 2023, С. 35–36.

Доклады, тезисы, циркуляры:

1. Abdelaal M. et al., “Dust particle dynamics and electromagnetic phenomena” Outer Planets Assessment Group (OPAG), May 2–3, 2023
2. Abdelaal M. et al., “Dusty Phenomena on the Moon and Mars: Geologic and Geophysical Insights” The Arab conference on Astronomy and geophysics ACAG, October 9-12, 2023, Cairo, Egypt
3. Abdelaal M. et al., “Electromagnetic phenomena and the dynamics of dust particles”, The 6th Middle East and Africa Regional IAU Meeting (MEARIM VI), Cairo, 13-16 February 2023
4. Abdelaal M. et al., “Solar Activities and Lunar Dust: Implications for Dust Levitation and Lunar Missions” The Arab conference on Astronomy and geophysics ACAG, October 9-12, 2023, Cairo, Egypt
5. Abdelaal M. et al., Exploring electromagnetic signatures of dust particles collisions: Experimental setup and station construction for signal acquisition. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. 2023.
6. Abdelaal M. et al., Investigating high-voltage charging effects and substrate material on dust particle dynamics and electromagnetic signatures in a low-pressure conditions: lunar regolith analogue study. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. 2023.
7. Ananyeva V.I., A. V. Tavrov, O. I. Korablev. The refined method for taking into account observational selection for planets detected by the radial velocity technique, доклад на The Fourteenth Moscow Solar System Symposium (14 M-S3), ИКИ РАН, 9-13 октября 2023 г.
8. Barbashin D.D., Cheptsov V.S., Belov A.A. Bacterial tolerance to the influence of sodium perchlorate: estimation in extreme ecotopes communities. In The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. 2023, P. 375–376.
9. Barbashin D.D., Mironov D.D., Ivanova A.E., Cheptsov V.S. Development of biomining technology using *Aspergillus niger*: application to the Lunar program. In The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. 2023, P. 357–359.
10. Belousov D.V., Cheptsov V.S., Pavlov A.K. Possible source of perchlorates on Mars and Europa. In The Fourteenth Moscow Solar System Symposium 14M-S3. 2023, P. 41–42.
11. Belyaev D.A. et al., 2023. CO₂ and H₂O spectroscopy at 2.65-2.7 μm range in the ACS/TGO experiment to study atmospheric structure and water climatology on Mars. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, L5, p. 105. (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
12. Belyaev D.A., Evdokimova D.G., Spiridonov M.V., Ignatiev N.I., Vinogradov I.I., Vyazovetskiy N.A., Dzuban I.A., 2023. Scientific concept of the DAVUS experiment: Descent in the atmosphere of Venus with an ultraviolet spectrometer. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, D26, p. 53. (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>). (ПФ 23-12-00207)
13. Belyaev Denis et al. Scientific concept of VOLNA experiment to study spectroscopy of Venus atmosphere// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023 https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf

14. E.M. Sorokin, O.I. Yakovlev, E.N. Slyuta, M.V. Gerasimov, M.A. Zaitsev, K.M. Ryazantsev (2023) Thermal reduced Si and P in metallic iron nanospherules: experimental data. In: The Fourteenth Moscow Solar System Symposium (14M-S3). IKI RAS, Moscow, 9-13 October, 2023, Abs. # 14MS3-MN-PS-20.
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
15. Evdokimova D.G., Fedorova A.A., Nazarova A.V., Zharikova M.S., Korablev O.I., Bertaux J.-L. Analysis of near-infrared transparency windows of Venus observed by SPICAV IR/Venus Express: spectroscopy uncertainties. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, L3, стр 103. (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>).
16. Evdokimova Daria et al. Venus lower cloud variations by SPICAV-IR/VEV night emission observations and supplemented radiative transfer model// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
17. Fedorova A.A., Trokhimovskiy A.Yu., Lomakin A.A., Petrova T.M., Deichuli V.M., Montmessin F., Korablev O.I. New spectroscopy of the 1.38 μm water band for CO₂ atmospheres: application to the water vapor retrieval on Mars in SPICAM/MEX and ACS NIR/TGO experiments. . // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, D9 (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
18. Fedorova Anna et al. Distribution of atmospheric aerosols during the 2007 Mars dust storm by solar infrared occultation on Mars-Express // The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
19. Fedorova Elizaveta et al. Study of the HDO/H₂O isotope ratio in the mesosphere of Venus based on SOIR observations for 2006-2014// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
20. Irbah, Abdanour ; Bertaux, Jean-Loup ; Montmessin, Franck ; Trokhimovskiy, Alexander ; Korablev, Oleg ; Fedorova, Anna. High-resolution solar spectrum obtained from TGO orbiting Mars reveals new solar lines in the 0.7-1.7 μm range. EGU23, the 25th EGU General Assembly, held 23-28 April, 2023 in Vienna, Austria and Online. Online at <https://egu23.eu/>, id. EGU-9484, May 2023, [10.5194/egusphere-egu23-9484](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9484)
21. Ivanova Anastasiia et al. Telluric absorption correction and radial velocity method// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
22. Korablev Oleg and the ACS Team. The Mars Atmosphere as Reveled by IR spectroscopy in the ExoMars TGO ACS Experiment, vapor retrieval on Mars in SPICAM/MEX and ACS NIR/TGO experiments. . // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, K1, (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
23. Kuznetsov Ilia et al. Investigation of the cosmic dusty plasmas with dust monitoring instruments // The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
24. Kuznetsov Ilia et al. UV-influence on dust particles electrostatic lift-off processes in experimental set-up// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI:

- 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
25. Luginin Mikhail et al. Retrieval of upper haze aerosol properties at Venus from SPICAV–UV and –IR data// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
26. Meshcherinov V.V., Spiridonov M.V., Kazakov V.A., Rodin A.V. Lidar-based infrared remote gas sensor for measuring the atmospheric air methane concentration. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, стр 111. (
<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
27. Olsen, Kevin S. ; Trokhimovskiy, Alexander ; Fedorova, Anna A. ; Kleinbohl, Armin ; Lefèvre, Franck ; Montmessin, Franck ; Korablev, Oleg I. ; Alday, Juan ; Baggio, Lucio ; Belyaev, Denis A. ; Patrakeev, Andrey S. ; Shakun, Alexey ; Patel, Manish. The chlorine cycle on Mars: What do we know after three Mars years of observation with ACS on TGO? EGU23, the 25th EGU General Assembly, held 23-28 April, 2023 in Vienna, Austria and Online. Online at <https://egu23.eu/>, id. EGU-16154, May 2023, DOI [10.5194/egusphere-egu23-16154](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-16154)
28. Petrova E.V.. On the evaluation possibility for the properties of the exosphere of an active asteroid from polarimetric data. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium (14M-S3), October 9–13, 2023. Abstract No. 14MS3-SB-PS-04,
<https://ms2023.cosmos.ru/> - **(PHΦ 22-12-00115)**
29. Starichenko E.D. et al., 2023. Two years of gravity waves observation in the Martian atmosphere by the ACS experiment on board the EXOMARS/TGO. // The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, 14MS3-MS-08, p. 36-37. DOI: 10.21046/14MS3-2023.
30. Taysum, Benjamin M. ; Palmer, Paul I. ; Luginin, Mikhail ; Ignatiev, Nikolay ; Trokhimovskiy, Alexander ; Shakun, Alexey ; Grigoriev, Alexey ; Montmessin, Franck ; Korablev, Oleg ; Olsen, Kevin. Martian atmospheric chemistry of HCl: implications for the lifetime of atmospheric methane. EGU23, the 25th EGU General Assembly, held 23-28 April, 2023 in Vienna, Austria and Online. Online at <https://egu23.eu/>, id. EGU-17592, May 2023, DOI [10.5194/egusphere-egu23-17592](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-17592)
31. Vinogradov I.I., M.V. Spiridonov, V.V. Meshcherinov, V.A. Kazakov, Yu.V. Lebedev, A.A. Venkstern, V.V. Barke, Ya.Ya. Ponurovskiy, Design of a compact multichannel diode laser spectrometer for the Luna-27 mission: challenges and achievements. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium (14M-S3) Space Research Institute Of Russian Academy Of Sciences, 9-13 October 2023, Moscow, Russia, Program and Abstracts, #14MS3-MN-PS-15, P. 164-166, IKI RAS 2023. ISBN: 978-5-00015-061-0, DOI: 10.21046/14MS3-2023.
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
32. Vinogradov I.I., P.A. Volkov, Yu.V. Lebedev, M.V. Spiridonov, Optical design of a high-resolution IR spectrometer ISCRA-V for the Venera-D mission. The Fourteenth Moscow Solar System Symposium (14M-S3) Space Research Institute Of Russian Academy Of Sciences, 9-13 October 2023, Moscow, Russia, Program and Abstracts, #14MS3-VN-PS-04, P. 220-221, IKI RAS 2023. ISBN: 978-5-00015-061-0, DOI: 10.21046/14MS3-2023.
https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf

33. Vinogradov I.I., Spiridonov M.V., Meshcherinov V.V., Kazakov V.A., Lebedev Yu.V., Venkstern, A.A., Barke V.V. Multichannel diode laser spectrometer DLS-L for Luna-27 mission. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, стр 104. (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
34. Vlasov P.V., Ignatiev N.I., Korablev O.I., Fedorova A.A., Shakun A.V., Patsaev D.V., Maslov I.A., Evdokimova D.G., Zasova L.V., Luginin V.C., Trokhimovskiy A.Yu., Grigoriev A.V., Montmessin F. An affect of H2 O-CO2 collisional broadening parameterization at 6 μm fundamental H2 O band on retrieval of column water vapor abundance in Martian atmosphere from ACS TIRVIM nadir measurements onboard ExoMars TGO, . // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, L8, (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
35. Vlasov Pavel et al. Martian global water vapor column abundance from ACS TIRVIM nadir observations onboard ExoMars TGO// The 14th Moscow Solar System Symposium, Abstract book, DOI: 10.21046/14MS3-2023 https://ms2023.cosmos.ru/docs/2023/14ms3_ABSTRACT_BOOK-2023-12-06.pdf
36. Volkov Pavel, Imant Vinogradov, Maxim Spiridonov. Multipass dual pattern optical scheme of the ISKRA-V high resolution IR spectrometer onboard Venera-D mission. // XX Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy HighRus-2023: Abstracts of Reports. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, стр 52. (<https://symp.iao.ru/ru/hrms/20/progpdf>)
37. Ананьева В. И., А. В. Тавров, О. И. Кораблев, Коррекция наблюдательной селекции при анализе статистики экзопланет, открытых методом лучевых скоростей, доклад на Всероссийской конференции "Современные инструменты и методы в астрономии", САО РАН, 04-09 сентября 2023 г.
38. Барке В.В., Венкстерн А.А., Котцов В.А. Исключение противоречий в выборе поля зрения и разрешения для приборов звездной ориентации. Материалы 21-й международной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса ". Москва, ИКИ РАН, 13–17 ноября 2023 г. С. 127. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a; ISBN 978-5-00015-065-8. Электронный сборник <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/index.htm>
39. Беляев Д.А. и др., 2023. Климатология водяного пара и температурная структура в верхней атмосфере Марса по данным эксперимента ACS миссии ExoMars/TGO // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 424. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a. (<http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/9940.htm>)
40. Беляев Д.А. и др., 2023. Наблюдения планет земной группы в УФ диапазоне: современное состояние, актуальные задачи. // Тезисы Всероссийской конференции УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ВСЕЛЕННАЯ — 2023. Москва, РАН. С. 16. (http://www.inasan.ru/wp-content/uploads/2023/10/tesis_v5.pdf).
41. Беляев Д.А. и др., 2023. Температурная структура и климатология водяного пара в средней и верхней атмосфере Марса по данным эксперимента ACS миссии ExoMars/TGO. // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, с. 250-251. (https://events.spbu.ru/eventsContent/events/2023/0307_Сборник_тезисов.pdf).
42. Власов П.В., Игнатъев Н.И., Кораблёв О.И., Фёдорова А.А., Григорьев А.В., Шакун А.В., Пацаев Д.В., Маслов И.А., Евдокимова Д.Г., Засова Л.В., Лугинин М.С.,

- Трохимовский А.Ю., F. Montmessin. Обзор тепловой структуры атмосферы Марса и общего содержания пыли, водяного льда и водяного пара в атмосфере Марса по данным наблюдений ACS TIRVIM в надир на борту КА EхоMars TGO , // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, стр252-253
43. Захаров А.В., Дольников Г.Г., Кузнецов И.А., Ляш А.Н., Дубов А.Е., Карташева А.А., Грушин В.А., Докучаев И.В. Данные включения прибора ПмЛ миссии Луна-25 на окололунной орбите // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 428. DOI. 10.21046/21DZZconf-2023a
44. Кораблев О.И., Котцов В.А., Грабчиков С.С., Моисеев П.П. Опыт решения проблем ЭМС в приборных комплексах космических аппаратов. Материалы 21-й международной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса ". Москва, ИКИ РАН, 13–17 ноября 2023 г. С. 138. Электронный сборник DOI 10.21046/21DZZconf-2023a; ISBN 978-5-00015-065-8 <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/index.htm>
45. Коссова Д.А. и др., 2023. Исследование гомопаузы атмосферы Марса по данным ACS/TGO за 2,5 марсианских года. // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 433. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a. (<http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/10066.htm>)
46. Кузнецов И.А. и др., «Реголит и динамика плазменно-пылевой экзосферы Луны». Двадцать четвертая международная конференция «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле», Москва, 25 – 27 сентября, Борок, 29 сентября 2023 г.
47. Кузнецов И.А. и др., «Реголит и динамика плазменно-пылевой экзосферы Луны». XXXIV Молодежная научная школа-конференция, посвященная памяти член-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии
48. Лугинин М.С., Игнатьев Н.И., Фёдорова А.А., Трохимовский А.Ю.,Беляев Д.А., Григорьев А.В., F. Montmessin, Кораблёв О.И. CO₂ облака на Марсе по данным прибора ACS на борту орбитального аппарата TGO проекта «ЭкзоМарс» // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, стр 118-120
49. Морозова Т.И., И.А. Кузнецов, Фотозарядка пыли в условиях протопланетных дисков, *Астрономия, астрофизика и космология*, ВМУ. Серия 3. Физика. *Астрономия*. 78(3), 2330802 (2023) (**грант Президента РФ МК-2001.2021.6.**)
50. Стариченко Е.Д. и др., 2023. Два года наблюдений гравитационных волн в атмосфере Марса по данным эксперимента ACS с борта аппарата EхоMars/TGO. // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, с. 226-227. (https://events.spbu.ru/eventsContent/events/2023/0307_Сборник_тезисов.pdf)
51. Тавров А.В., Юдаев А.В., Шашкова И.А., Шульгина И.В. Звездный коронограф с адаптивной оптикой для визуализации экзопланет для внеатмосферного телескопа / Докладчик – Тавров А.В. XXX Рабочая группа “Аэрозоли Сибири”, г.Томск, 28 ноября – 1 декабря 2023 года, «Применение адаптивной оптики в случайных средах»

52. Трохимовский А.Ю., Фёдорова А.А., Лугинин М.С., F. Montmessin, Кораблёв О.И. Хлороводород в атмосфере Марсе по данным прибора ACS миссии «ЭкзоМарс» // Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, стр 253-255
53. Тянь Я., А.Ю. Поройков, И.А. Шашкова, И.А. Кузнецов, А.В. Захаров. Моделирование стереоизображений траекторий микрочастиц в лабораторном исследовании динамики лунной пыли // Оптические методы исследования потоков. XVII Международная научно-техническая конференция «Оптические методы исследования потоков». Москва, 26-30 июня 2023 г. <https://omfi-conf.ru/omfi2023/OMFI-2023-Programm.pdf> (стр. 16)
54. Федорова А.А., Lefevre F., Трохимовский А.Ю., Olsen K., Игнатьев Н.И., Alday J., Кораблёв О.И., F. Montmessin. Климатология вертикального распределения CO и O₂ в атмосфере Марса по данным эксперимента ACS на борту КА ExoMars TGO// Международный симпозиум «Атмосферная радиация и динамика» (МСАРД – 2023): Сборник тезисов. - СПбГУ, стр 255-257
55. Федорова Е.С. и др., 2023. Восстановление концентраций CO₂, HDO и H₂O и температуры в мезосфере Венеры по данным солнечного просвечивания SOIR/VEh за 2006-2014 гг. // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2023. С. 440. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a. (<http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/9916.htm>). (РНФ 23-12-00207)
56. Хоркин В.С., Федорова А.А., Доброленский Ю.С., Дзюбан И.А., Вязоветский Н.А., Титов А.Ю., Кораблев О.И., Сапгир А.Г., Результаты наземных верификационных измерений прибора ODS (Optical Depth Sensor), Сборник тезисов докладов Международного Симпозиума «Атмосферная Радиация и Динамика» (МСАРД – 2023), 21 – 24 июня 2023, СПб, стр.78-79
57. Чепцов В.С. 4-я Всероссийская конференция по Астробиологии. Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач, Пущино, ИФХиБПП РАН, 27 февраля - 2 марта 2023 г. Сайт конференции: <https://issp.pbcras.ru/index.php/news/conference/astrobiology-2023>
58. Юдаев А.В., Тавров А. В., Кораблев О. И. Построение коронографа с адаптивной оптикой для визуализации экзопланет, Москва, «Ультрафиолетовая вселенная», 19 октября 2023 года

Другие издания:

1. Барке В.В., Венкстерн А.А., Котцов В.А. Способ определения ориентации по изображениям участков звездного неба. Патент РФ 2799623 от 07.07. 2023 г.
2. Захаров А.В. Статья «Марс» для Большой Российской Энциклопедии (БРЭ)