

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИКИ РАН, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАДАНИЯ

Первые результаты, полученные по данным российского прибора ФРЕНД на борту КА ЕКА Trace Gas Orbiter: Картографирование воды/водяного льда в приповерхностном слое марсианского грунта с высоким пространственным распределением и дозиметрия на перелете к Марсу.

Авторы: И.Г. Митрофанов, А.В. Малахов, Д.В. Головин, А.Б., М.Л. Литвак

В начале 2018 года КА ЕКА Trace Gas Orbiter (TGO) приступил к основной программе научных измерений на орбите вокруг Марса. В состав научной аппаратуры КА TGO входит российский нейтронный спектрометр ФРЕНД позволяющий измерять нейтронное альbedo Марса с ранее недоступным высоким пространственным разрешением (до 40 км) и, тем самым, оценивать содержание подповерхностной воды/водяного льда, сопоставляя его с геологическими особенностями поверхности. Первые 120 дней наблюдений позволили построить глобальную карту нейтронного потока от Марса и отождествить на умеренных широтах локальные районы с возможным наличием реликтового водяного льда, расположение которых хорошо коррелирует с геологическим контекстом местности. Нейтронный спектрометр ФРЕНД также имеет в своём составе болгарский дозиметр Люлин-МО. Измерения радиационной обстановки за время перелета КА TGO от Земли к Марсу показали, что в течение перелета к Марсу и обратно космонавты будущей марсианской экспедиции могут получить дозу до примерно 60% от полной величины, допустимой для космонавта за всю его жизнь.

Иллюстративный материал:

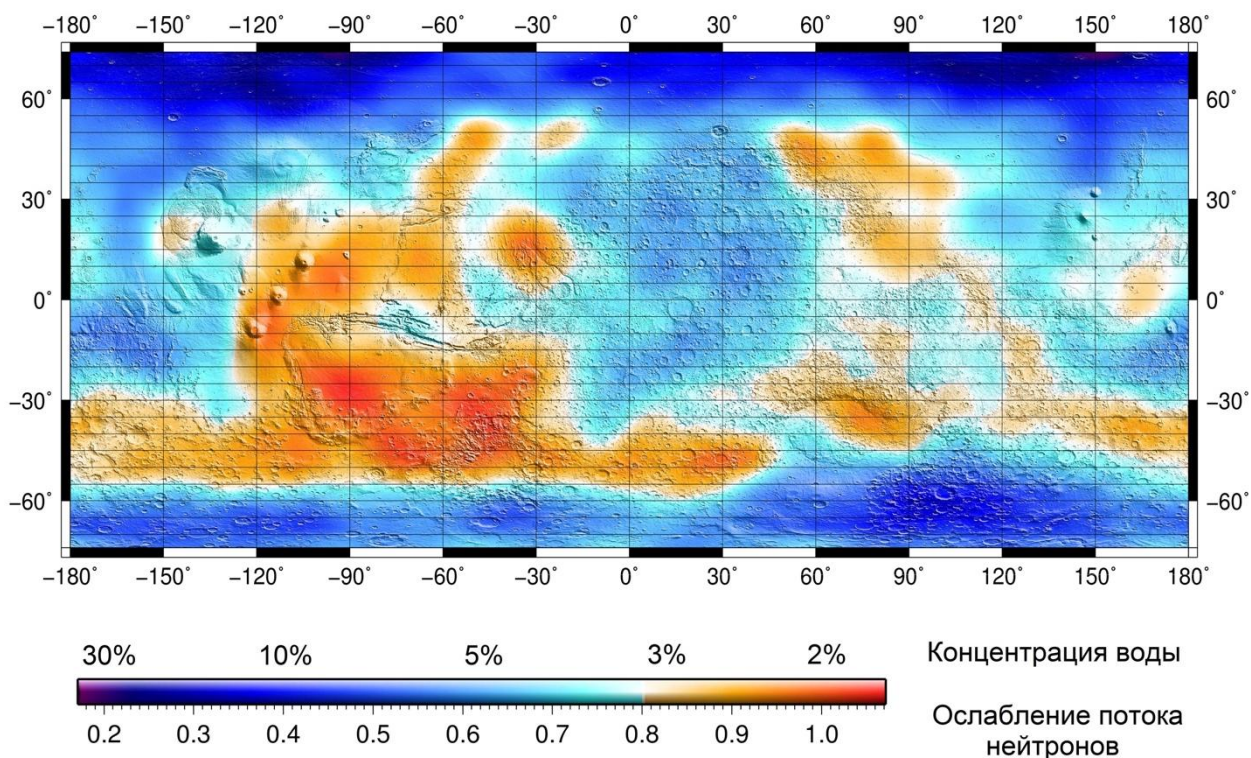


Рис. Карта распределения воды в приповерхностном слое марсианского грунта, полученная по данным прибора ФРЕНД.

Публикации:

- 1) Mitrofanov I.G. et al., 2018, Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FRIEND) Onboard the ExoMars Trace Gas Orbiter// Space Science Reviews, Volume 214, Issue 5, article id. 86, 26;
- 2) Статья про первые результаты (сейчас готовится к отправке в журнал Nature).
- 3) Semkova J. et al., 2018, Charged particle radiation measurements with Lulin-MO dosimeter of FRIEND instrument aboard ExoMars Trace Gas Orbiter during the transit and high elliptic Mars orbit, Icarus, Volume 303, pages 53-66.

II. Физические науки, направление 16

Тема ОСВОЕНИЕ номер в системе «Парус» НИРи ГЗ: 0028-2018-0003

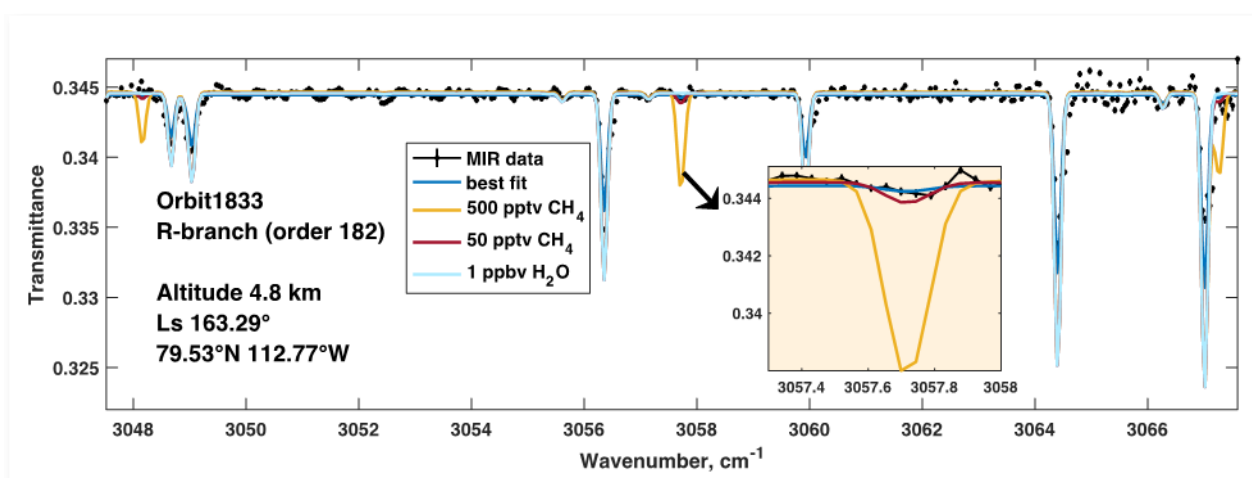
Гос. регистрация №: АААА-А18-118012290370-6

Измерения газовых составляющих атмосферы спектрометрическим комплексом АЦС на борту спутника ЭкзоМарс 2016

Кораблев, О.И., Федорова, А.А., Трохимовский, А.Ю., Игнатьев Н.И., Шакун, А.В., Григорьев, А.В., Мошкин, Б.Е., Ануфрейчик К.В., Козлова, Т.О., Кунгуров, А., Макаров, А., Мартынович, Ф., Маслов, И., Мерзляков, Д., Никольский, Ю., Патракеев, А., Пацаев, Д., Сантос-Скрипко, А., Семенов, А., Шашкин, В., Степанов, А.В., Ступин, И., Тимонин., Д., Титов, А.Ю., Дзюбан И., Жарков, А., Беляев, Д.А., Берто Ж.Л., Бецис Д.С., Засова Л.В., Кузьмин, Р.О., Лугинин М., Родин, А.В., Хатунцев, И.В., Родионов, Д.С., Зеленый, Л.М.

Институт Космических Исследований РАН

В апреле 2018 года на борту космического аппарата ЭкзоМарс 2016 (TGO) начал работу созданный в ИКИ РАН спектрометрический комплекс АЦС/ACS (Atmospheric Chemistry Suite) для исследования атмосферы. Три инфракрасных спектрометра регистрируют излучение в диапазоне от 0,7 до 17 микрон. Их рекордные характеристики позволяют проводить мониторинг климата Марса и поиск малых газовых составляющих с высокой точностью. Получены первые данные по профилям атмосферы, водяного пара, изотопов, в том числе отношения HDO/H₂O, и их изменение по мере развития и затухания пылевой бури 2018г. Установлен очень низкий предел содержания метана CH₄ (≤ 50 частей на триллион), в 10 раз меньше фонового содержания метана, измеренного на марсоходе Curiosity. ЭкзоМарс — совместный проект Роскосмоса и Европейского космического агентства.



Спектр пропускания атмосферы Марса, измеренный прибором АЦС. Отсутствие спектральных особенностей метана позволяет констатировать верхний предел детектирования ≤ 50 частей на триллион.

Korablev, O., Montmessin, F., Trokhimovskiy, A. et al. The Atmospheric Chemistry Suite (ACS) of three spectrometers for the ExoMars 2016 Trace Gas Orbiter. *Space Sci. Rev.* DOI 10.1007/s11214-017-0437-6 (2018).

Vandaele, A.C., Korablev, O., Daerden, F. et al. ExoMars Trace Gas Orbiter observes atmospheric dust, H₂O and HDO during the 2018 dust storm. *Nature*, in revision.

Korablev, O., Vandaele, A.C., Early observations by ExoMars Trace Gas Orbiter show no signs of methane on Mars. *Nature*, in revision.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОГУТ БЫТЬ ОБНАРОДОВАНЫ ТОЛЬКО ПОСЛЕ ПРИНЯТИЯ СТАТЕЙ К ПЕЧАТИ

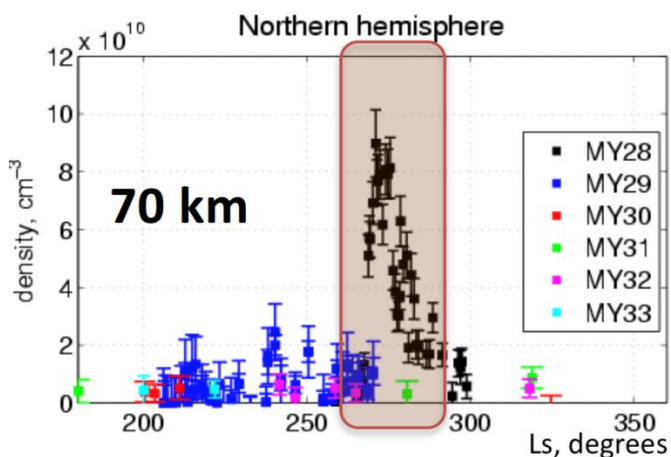
-номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0011

-номер научного направления ПФНИ ГАН: II. Физические науки, 16.

Водяной пар на больших высотах в атмосфере Марса во время глобальной пылевой бури 2007 г.

Федорова А.А., Бецис Д.С., Кораблев О.И.

Вопрос о древнем влажном Марсе обсуждается давно. Долгое время оценки потерь воды планетой, определяемых скоростью диссипации водорода, не совпадали с ожидаемой мощностью гидросферы древнего Марса. Основным поставщиком водорода в экзосферу Марса является атмосферный водяной пар, молекулы которого диссоциируют в нижней атмосфере. Наблюдения водородной короны Марса во время глобальной пылевой бури 2007г показали существенное увеличение темпа диссипации водорода, в разрез с предсказаниями моделей. Поставщиком водорода мог бы служить обильный водяной пар на высотах 50-80 км, что ранее никогда не наблюдалось. Вертикальные профили водяного пара, полученные по данным российско-французского прибора СПИКАМ ИК на борту КА Марс-Экспресс во время пылевой бури 2007г, показали резкое, на порядок величины увеличение содержания водяного пара на высотах 60-80 км. Увеличение наблюдалось как в южном, так и в северном полушарии. По мере затухания пылевой бури количество водяного пара на больших высотах уменьшилось, немного позднее уменьшилась и скорость диссипации водорода. Приток воды в верхнюю атмосферу во время эпизодов пылевой активности на Марсе помогает согласовать наблюдаемые темпы диссипации атмосферы и оценки количества воды в прошлом Марса.



Концентрация водяного пара на высоте 70 км в средних и высоких широтах северного полушария Марса для разных марсианских лет от 28го до 33го. Глобальная пылевая буря 2007 года происходила в 28-м марсианском году (черные символы под выделенной областью).

Fedorova A., Bertaux J.L., Betsis D., Montmessin F., Korablev O., Maltagliati L., Clarke J. Water vapor in the middle atmosphere of Mars during the 2007 global dust storm, *Icarus* 300, 440-457 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.09.025>.

II. Физические науки, направление 16

тема ПЛАНЕТА, номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0011

Глория на Венере и выбор вещества неизвестного УФ поглотителя

Е. В. Петрова

Явление глории, которое неоднократно наблюдала камера VMC в ходе миссии *Venus Express* на верхнем слое облаков Венеры, возникает только при рассеянии на сферических частицах. Сравнение измеренных фазовых профилей глорий и рассчитанных для капель H_2SO_4 , содержащих примесь, обеспечивающую наблюдаемое УФ поглощение, облегчает выбор между кандидатами на роль неизвестного УФ поглотителя в облаках Венеры, поскольку среди них есть как смачивающиеся, так и не смачивающиеся серной кислотой. Исследовано, как картина глории, характерная для однородных капель, изменяется для капель, образовавшихся при гетерогенной нуклеации. Показано, что один из наиболее часто обсуждаемых кандидатов, сера, вряд ли может отвечать за УФ контрасты верхних облаков, так как сера не смачивается H_2SO_4 , и при конденсации образуются капли, декорированные мелкими частицами серы. Это существенно искажает или вообще размывает картину глории, в то время как на изображениях облаков Венеры она всегда видна на малых углах фазы. Для УФ-поглощающих веществ, частицы которых могут обволакиваться серной кислотой при конденсации, например, для широко обсуждаемого $FeCl_3$, проблем при интерпретации наблюдений глории не возникает.

Elena V. Petrova Glory on Venus and selection among the unknown UV absorbers
Icarus 306 (2018) 163–170, <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.02.016>

II Физические науки, направление п.16
номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0011

Динамика в области мезопаузы Венеры на высоте 90 – 110 км по движению «облаков» свечения молекулярного кислорода на ночной стороне Венеры по данным VIRTIS-M на КА «Венера-Экспресс» ЕКА.

Горинов Д.А., Засова Л.В., Хатунцев И.В., Тюрин А.В. (ИКИ РАН)

Изучается «переходная» область между двумя режимами циркуляции. Ниже 90 км – зональная суперротация, скорость западного ветра растет от 1 м/с вблизи поверхности до максимума 100 м/с. Выше 110 км в термосфере - основной режим циркуляции от подсолнечной точки к антисолнечной (SS-AS). Наблюдение движения «облаков» свечения $O_2(a^1\Delta_g)$ 1.27 мкм (соответствует высоте около 100 км) - единственный эффективный метод изучения циркуляции в этой важной для понимания динамики атмосферы области. По движению «облаков» свечения O_2 построены поля скоростей горизонтального ветра. Режим SS-AS на этих высотах присутствует, но не симметричен: потоки с утренней и вечерней стороны встречаются в секторе $22.5 \pm 0.5h$ вместо полуночи, т.е. наблюдается смещение в направлении, обратном зональной суперротации, при этом «утренняя» скорость ветра превышает «вечернюю» на 20-40 м/с. В полях скоростей выявляются детали рельефа планеты: наблюдаются круговые движения, похожие на «огибание» ветром возвышенностей; а также удивительное повторение крупных деталей рельефа иногда со сдвигом до 2 тыс. км в направлении основного потока. Интерпретируется как действие стационарных орографических волн. Проявления рельефа поверхности на высоте ~100 км обнаружены впервые. Ранее в переходной области было найдено влияние термических приливов и гравитационных волн.

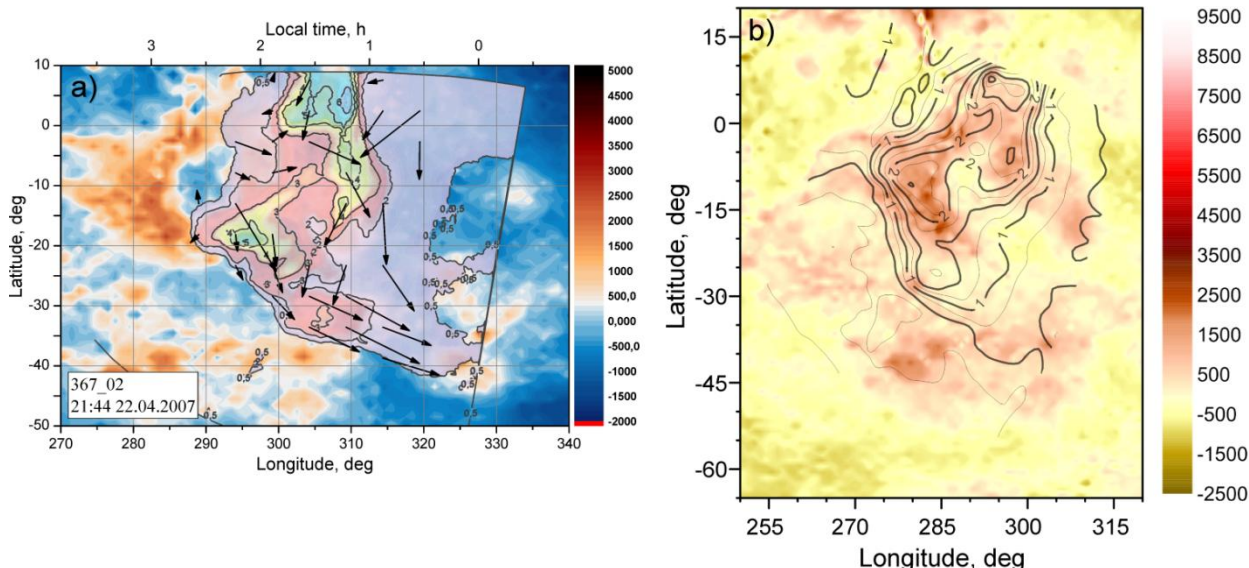


Рисунок 1. Орбита №367, область Феба. (а) На топографическую карту (Magellan) наложены: скорость ветра - стрелки; интенсивность свечения O_2 , MR - изолинии; (б) изолинии свечения, (а), наложенные на топографическую карту; после смещения на 20° на запад, 7° на север и поворота на 14° по часовой стрелке повторяют контуры рельефа

Gorinov, D. A., Khatuntsev, I. V., Zasova, L. V., Turin, A. V., & Piccioni, G. (2018). Circulation of Venusian atmosphere at 90–110 km based on apparent motions of the O_2 1.27 μm nightglow from VIRTIS-M (Venus Express) data. *Geophysical Research Letters*, 45. <https://doi.org/10.1002/2017GL076380>

II. Физические науки, направление 16
тема ВЕНЕРА-Д, номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0013

Экспериментальные исследования плазмосферного пограничного слоя по данным спутника МАГИОН - 5

Г.А. Котова, М.И. Веригин, В. В. Безруких ФГБУН Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

Ж. Лемэр, В. Пьера Royal Belgian Institute for Space Aeronomy, Space Physics, Brussels, Belgium

J. Smilauer Institute of Atmosphere Physics, Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic

Обычно граница плазмосферы - плазмопауза - считается резкой и четкой. В работе детально исследуется, как на самом деле устроена эта вовсе не бесконечно тонкая граница. Впервые на основе экспериментальных данных, полученных на спутнике МАГИОН-5 российского проекта ИНТЕРБОЛ, исследованы свойства плазмосферного пограничного слоя, иногда очень резкого, иногда достаточно протяженного толщиной до 1.5 радиусов Земли в экваториальной плоскости.

Впервые показано, что в пограничном слое плотность плазмы $N(L)$ падает экспоненциально с увеличением L - оболочки $N(L) \sim \exp\left(\frac{L_{PP}-L}{w_B}\right)$, (рис.1). Обнаружено, что внутри пограничного слоя плотность ионов обратно пропорциональна объему силовой

трубки с единичным магнитным потоком $Vol(L) \sim L^4 \sqrt{1 - \frac{1}{L} \left(1 + \frac{1}{2L} + \frac{3}{8L^2} + \frac{5}{16L^3}\right)}$, а толщина слоя W_B - пропорциональна объему такой магнитной трубки. Впервые выявлено, что толщина плазмосферного пограничного слоя зависит также от геомагнитной активности и от времени, прошедшего после последней вспышки активности. Для оценки толщины плазмосферного пограничного слоя предложено аналитическое выражение ее зависимости от величины последнего максимума K_p -индекса и от времени, прошедшего до наблюдения плазмопаузы после этого максимума K_p (рис.2).

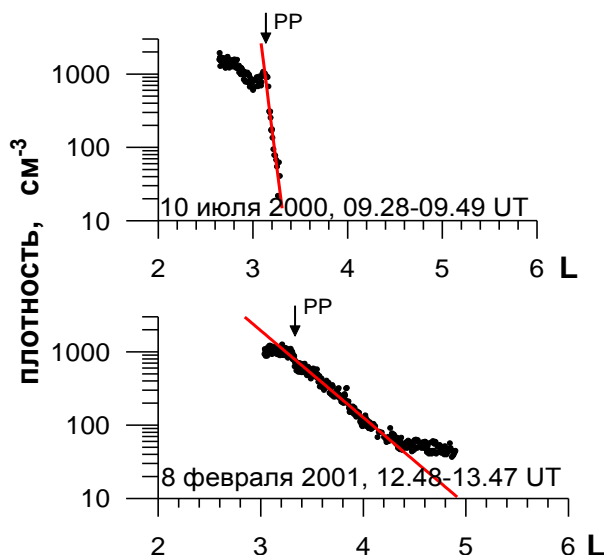


Рис.1. Примеры наблюдения плазмосферного пограничного слоя на спутнике МАГИОН-5.

Рис.2. Сравнение рассчитанной W_{BCalc} и измеренной W_B толщины плазмосферного пограничного слоя. На красной линии $W_B = W_{BCalc}$

G. Kotova, M. Verigin, J. Lemaire, V. Pierrard, V. Bezrukikh, and J. Smilauer, Experimental Study of the Plasmasphere Boundary Layer Using MAGION 5 Data, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, **123**, 1251–1259, 2018, <https://doi.org/10.1002/2017JA024590>

II. Физические науки, направление 16
тема ПЛАЗМА, номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0008

Влияние поверхности релятивистского объекта на формирование спектров рентгеновского излучения при аккреции

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

По данным наблюдений рентгеновских двойных обнаружено, что спектры аккрецирующих нейтронных звезд зависят от частоты их вращения. Рентгеновское излучение медленно-вращающихся нейтронных звезд в среднем мягче спектров нейтронных звезд с большой частотой вращения, а в пределе быстрого вращения нейтронные звезды могут быть отчасти похожими на черные дыры. Причина в том, что порядка половины энергии аккрецирующего

вещества, запасенная в виде кинетической энергии его Кеплеровского вращения, выделяется на поверхности нейтронной звезды и оказывает критическое влияние на процесс Комptonизации. Однако величина этого энерговыделения определяется разницей скоростей вращения нейтронной звезды и падающего вещества. В случае быстрого вращения нейтронной звезды эта разница невелика, и энерговыделение на ее поверхности мало, что делает ее отчасти похожей на черную дыру, в которой кинетическая энергия вращения адвектируется падающим веществом внутрь горизонта событий.

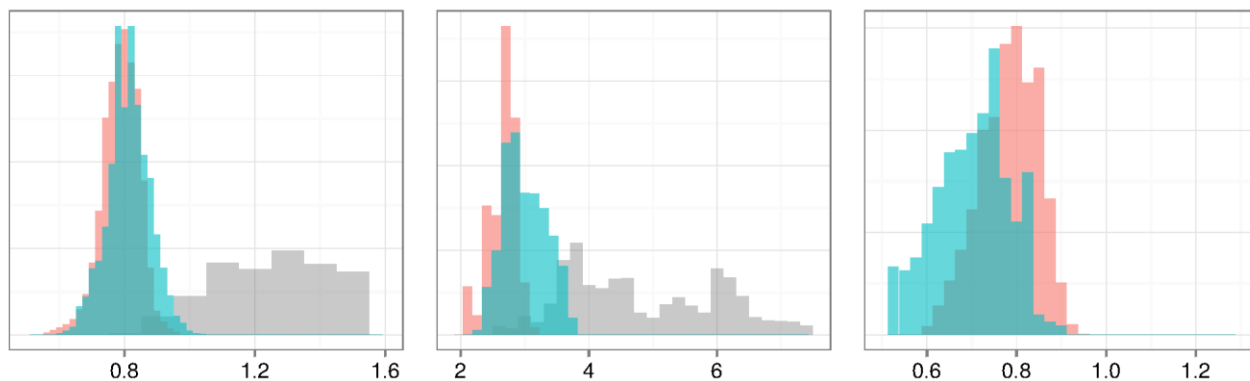


Рисунок: Распределение параметра Комptonизации y (слева), коэффициента усиления при Комptonизации A (в центре) и температуры электронов в короне kT_{BB} (справа) в быстро-вращающихся (>500 Гц, голубая гистограмма) и медленно-вращающихся (<500 Гц, красная гистограмма) нейтронных звездах и черных дырах (серая гистограмма).

Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev "The impact of neutron star spin on X-ray spectra", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 474, 760 (2018)

II. Физические науки, направление 16

Тема ВСЕЛЕННАЯ, номер в системе «Парус» НИРи ГЗ: 0028-2018-0009

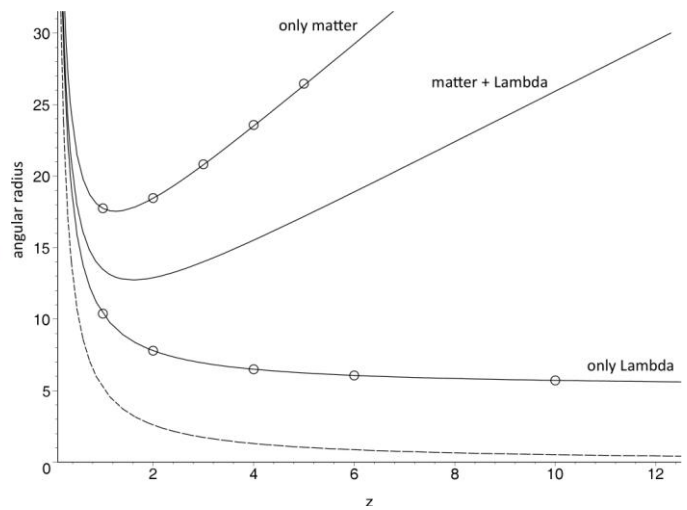
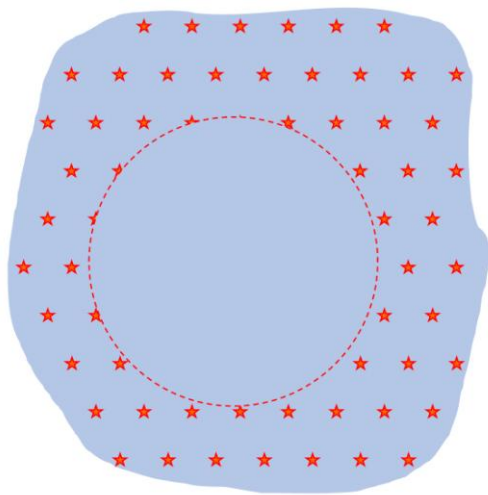
Тени черных дыр на космологических расстояниях

Г.С. Бисноватый-Коган¹, О.Ю. Цупко¹, Ф. Перлик²
(G.S. Bisnovatyi-Kogan, O.Yu. Tsupko, V. Perlick)

¹ Институт космических исследований РАН, Москва

² Университет Бремена, Германия

Удаленный наблюдатель должен "видеть" черную дыру как темное пятно на небе на фоне других ярких источников, это темное пятно называется "тенью черной дыры". Было впервые рассчитано влияние космологического расширения на угловой размер тени черной дыры, наблюдаемой сопутствующим наблюдателем. Показано, что за счет расширения Вселенной размер тени сверхмассивной черной дыры на больших космологических расстояниях увеличивается. Основным результатом и предсказанием состоит в том, что размер тени такой черной дыры может достигать величин, всего на один порядок меньших, чем размер тени черной дыры в центре нашей галактики, где в настоящий момент проводятся наблюдения двумя международными проектами, и текущего предела чувствительности. Таким образом, эффект может быть проверен в ближайшем будущем.



Рисунки. Слева – тень черной дыры. Справа – угловой размер тени в расширяющейся Вселенной в зависимости от красного смещения, кружки – точное численное решение с использованием метрики Мак-Витти, кривые – приближенное решение с использованием соотношений между угловым размером объекта и красным смещением и эффективным линейным размером тени.

Публикации:

1. G.S. Bisnovatyι-Kogan and O.Yu. Tsupko, *Physical Review D* 98 (2018) 084020 (грант РФФ 18-12-00378)

2. V. Perlick, O.Yu. Tsupko and G.S. Bisnovatyι-Kogan, *Physical Review D* 97 (2018) 104062.

II. Физические науки, направление 16.

Тема ЗВЕЗДЫ, номер в системе «Парус» НИРи ГЗ: 0028-2018-0002

Работа 1 выполнена при поддержке гранта РФФ 18-12-00378

Новые массивные скопления галактик на высоких красных смещениях в обзоре обсерватории им. Планка

Р.А. Буренин¹, И.Ф. Бикмаев^{2,3}, И.М. Хамитов^{2,4}, И.А. Зазнобин¹, Г.А. Хорунжев¹, М.В. Еселевич⁵, В.Л. Афанасьев⁶, С.Н. Додонов⁶, Х.-А. Рубино-Мартин⁷, Н. Агханим⁸, Р.А. Сюняев^{1,9}

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Казанский федеральный университет, Казань, Россия

Академия наук Татарстана, Казань, Россия

Государственная обсерватория ТУБИТАК, Анталья, Турция

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, Россия

Канарский институт астрофизики, Тенерифе, Испания

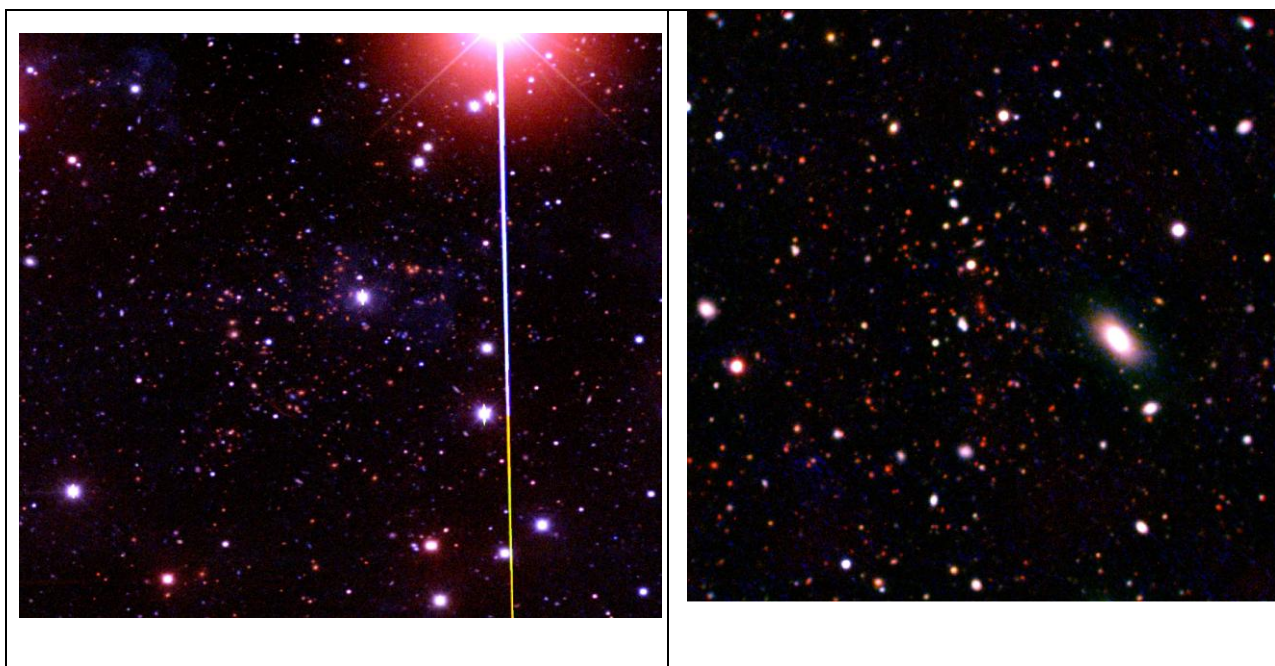
Институт космической астрофизики, Орсэ, Франция

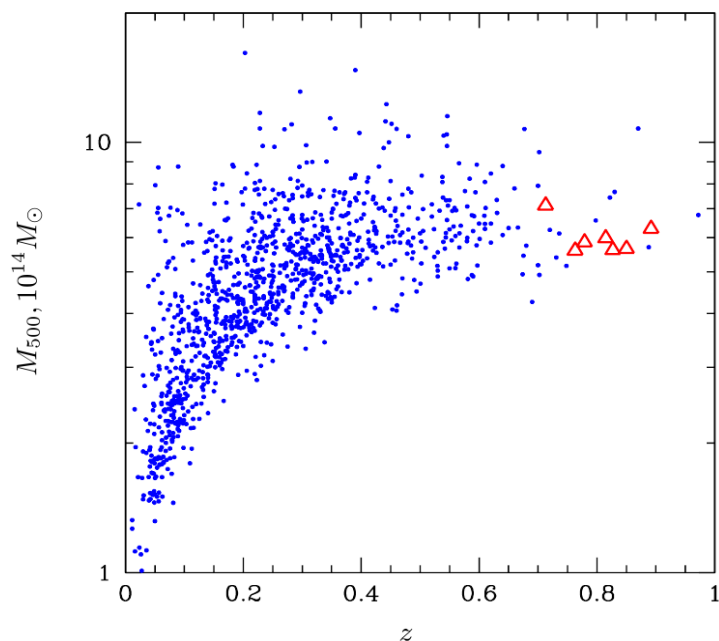
Институт астрофизики общества им. Макса Планка, Гархинг, Германия

При помощи российских оптических телескопов – 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА), 1.5-м Российско-Турецкого телескопа (РТТ-150), 1.6-м телескопа Саянской обсерватории, а также при помощи 3.5-м телескопа обсерватории Калар-Альто (Испания), среди источников Сюняева-Зельдовича из обзора всего неба обсерватории им. Планка обнаружены семь скоплений галактик на высоких красных смещениях, $z \approx 0.8$, для всех скоплений получены спектроскопические измерения красных смещений. В центральных областях двух скоплений обнаружены дуги сильного гравитационного линзирования далеких галактик, одна из которых находится на красном смещении $z = 4.262$.

Эти скопления относятся к числу наиболее массивных скоплений галактик в наблюдаемой части Вселенной. Полученные данные примерно удваивают число известных скоплений галактик в обзоре обсерватории им. Планка на таких высоких красных смещениях, значительно увеличивается полнота каталога обзора всего неба для таких скоплений галактик.

Письма в *Астрономический журнал*, т. 44, с. 317 (2018)





Примеры обнаруженных массивных скоплений галактик. Красные галактики в центре каждого изображения образуют т. н. «красную последовательность» и являются членами скопления.

Соотношение между красным смещением и массой для скоплений галактик, отождествленных в каталоге источников Сюняева-Зельдовича обзора обсерватории им. Планка (синие точки) и в нашей работе (красные треугольники). Видно, что полученные данные примерно удваивают число известных скоплений галактик в обзоре обсерватории им. Планка на высоких красных смещениях, $z \approx 0.8$

II. Физические науки, направление 16

Тема ВСЕЛЕННАЯ, номер в системе «Парус» НИРи ГЗ: 0028-2018-0009

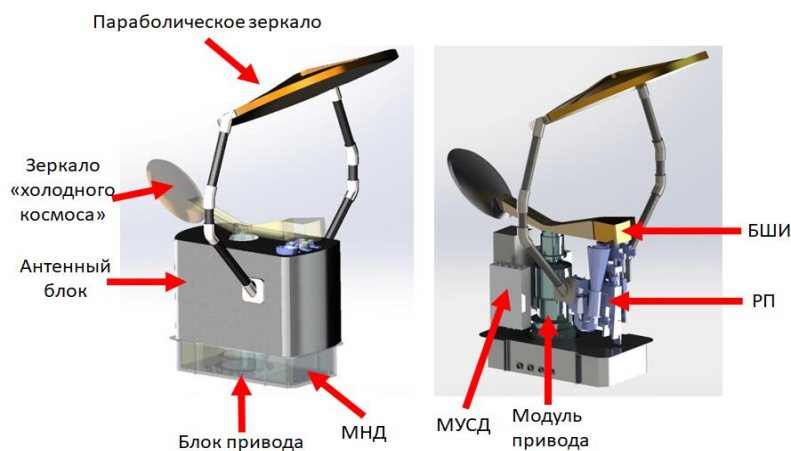
Разработка облика микроволнового сканера нового поколения для мезомасштабных задач переноса тепла и массообмена в системе океан-атмосфера, включая телекоммуникационные связи тропической зоны и полярных регионов

Шарков Е.А., Кузьмин А.В., Козлова Т.О., Пашинов Е.В., Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Селунский А.Б., Стерлядкин В.В., Хапин Ю.Б.

Представлен облик микроволнового сканера нового поколения, основной задачей которого является восстановление трёхмерного поля водяного пара в нижней тропосфере для оценки горизонтальной адвекции и конвективных потоков скрытого тепла на различных высотах, наряду с определением основных метеорологических параметров системы океан-атмосфера, таких как интегральные характеристики влажности и водозапаса капельной влаги тропосферы, интенсивность выпадающих осадков, температура морской поверхности, скорость и направление приповерхностного ветра. Микроволновый радиометр-спектрометр (МИРС) предназначен для измерения радиотеплового излучения атмосферы Земли и её поверхности в микроволновом диапазоне и представляет собой многоканальный радиометр панорамного типа обзора со сканированием пространства лучами, вращающимися вокруг направления в надир (коническое сканирование) под постоянным углом $46,6\text{--}51,9^\circ$ (угол встречи с Землёй

50,7...56,9°) с периодом 1.3 с. При таком способе обзора поверхности Земли для высоты орбиты (410 км) полоса обзора будет составлять 830 км. В антенной системе используются девять рупорных облучателей, которые обеспечивают прием излучения на 22 частотах от 10,65 до 183,3 ГГц, что составляет с учетом принимаемых поляризаций 33 радиометрических канала.

Для получения профилей влажности в тропосфере в радиометре МИРС используются традиционные измерения в полосе 183 ГГц с новыми дифференциальными измерениями в полосе 22,235 ГГц, которые обещают улучшить качество восстановления профиля влажности в нижних атмосферных слоях, которые несут основной запас водяного пара и отвечают за развитие опасных явлений. Другой особенностью эксперимента является использование поляриметрических измерений для получения скорости и направления приповерхностного ветра. Измерение трёх параметров Стокса собственного электромагнитного излучения морской поверхности (на частотах 10,65, 18,7 и 36,5 ГГц), позволяет определять параметры вектора скорости ветра с точностью ± 1 м/с и $\pm 10^\circ$, по модулю и направлению соответственно.



Внешний вид микроволнового радиометра-спектрометра (МИРС)

Публикации:

Шарков Е.А., Кузьмин А.В., Веденькин Н.Н., Jeong S., Ермаков Д.М., Квитка В.Е., Козлова Т.О., Комарова Н.Ю., Минаев П.Ю., Oh S., Park П.Н., Пашинов Е.В., Позаненко А.С., Прасолов В.О., Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Селунский А.Б., Стерлядкин В.В., Хапин Ю.Б., Hong G., Черненко А.М. Космический эксперимент «Конвергенция»: научные задачи, бортовая аппаратура, методики обратных задач. // *Исслед. Земли из космоса.*, 2018, № 4,

IX. Науки о Земле, направление 137

Тема МОНИТОРИНГ, номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0006

Методы формирования бортовых звездных каталогов датчиков ориентации КА.

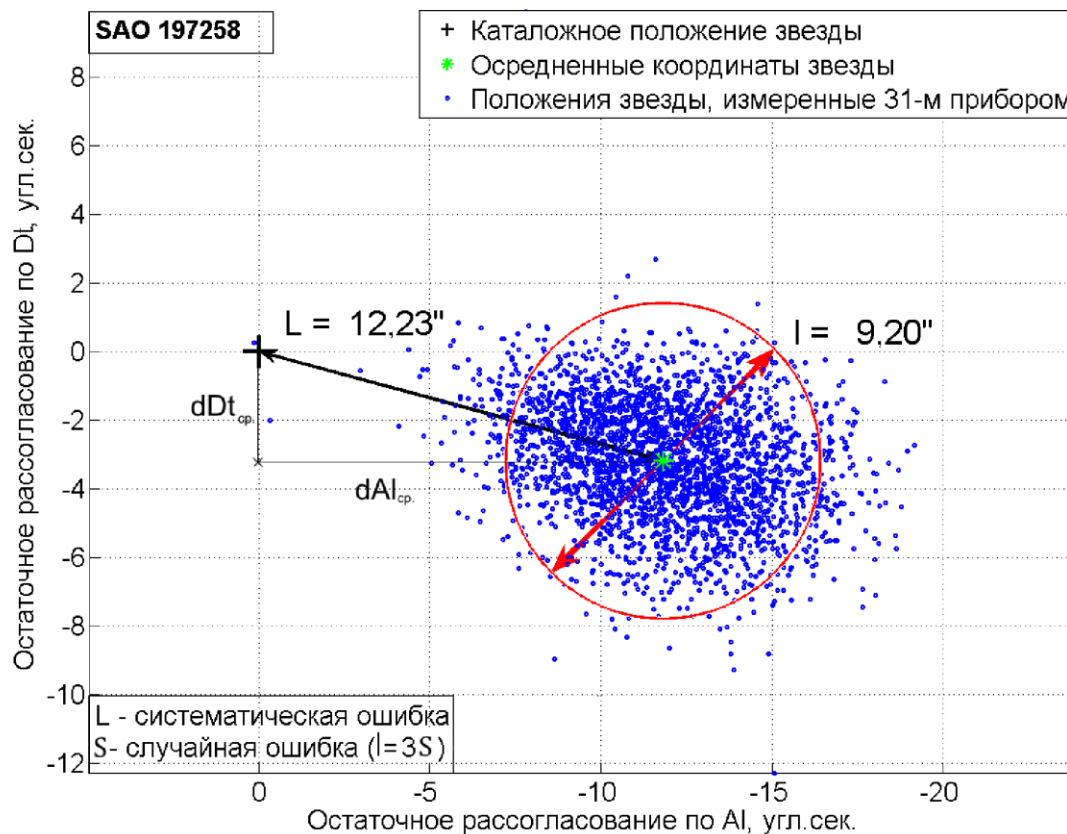
Г.А.Аванесов, Р.В.Бессонов, Н.И. Снеткова, О.В.Филиппова, О.В.Эльяшев

На основе исследования работы звездных датчиков ориентации на борту отечественных КА ДЗЗ выявлены систематические ошибки в измеряемых приборами координатах значительного числа звезд по отношению к их каталожным значениям. Установлены причины возникающих несоответствий, разработаны и экспериментально

проверены методы формирования бортовых звездных каталогов, исключающие в будущем возникновение подобных ошибок в измерениях.

Разработанные методы формирования бортовых звездных каталогов позволяют вычислить поправки в координаты звезд с учетом фоновой обстановки в ближайших окрестностях каждой из них и наблюдательных свойств приборов. Их применение позволит повысить точность геопривязки данных ДЗЗ.

Необходимость внесения поправок в координаты звезд иллюстрирует рисунок:



Черным крестом на рисунке показаны координаты каталожной звезды SAO 197258. Множественными синими точками показаны измеренные прибором БОКЗ-М60 координаты этой звезды. Центр проекции облака измерений отстоит от каталожного значения на величину $L=12,23''$. Звезда наблюдалась прибором с борта КА «Ресурс-П» №3 на протяжении нескольких суток на разных витках, что позволяет классифицировать ошибку измерения, как систематическую.

1. Аванесов Г.А., Бессонов Р.В., Сметанин П.С., Филиппова О.В., Эльяшев Я.Д. Особенности измерения координат звезд оптико-электронными приборами с различными угловыми разрешениями // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли их космоса, 2018. Т.15. №6. В печати. (Импакт фактор 2,074, Scopus)
2. Аванесов Г.А., Снеткова Н.И., Филиппова О.В., Эльяшев Я.Д. Исследование звезд участка небесной сферы двумя датчиками ориентации БОКЗ-М60 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли их космоса, 2018. Т.15. №6. В печати. (Импакт фактор 2,074, Scopus)
3. Аванесов Г.А., Куркина А.Н., Филиппова О.В., Эльяшев Я.Д. Эксперимент по коррекции фрагмента бортового каталога прибора БОКЗ-М60 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли их космоса, 2018. Т.15. №6. В печати. (Импакт фактор 2,074, Scopus)

4. Аванесов Г.А., Строилов Н.А., Филиппова О.В., Шамис В.А., Эльяшев Я.Д. Адаптация звездных каталогов к условиям их применения в звездных датчиках ориентации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2018. Т.15. №6. В печати. (Импакт фактор 2,074, Scopus)

IX. Науки о Земле, направление 138

Тема МОНИТОРИНГ, номер темы в системе ПАРУС: 0028-2014-0006

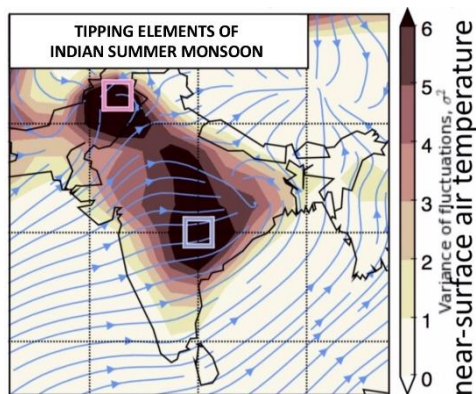
Индийский муссон: концепция критических элементов, прогноз начала и завершения

Суровяткина, Е.Д. Институт космических исследований РАН

В пространственной организации Индийского Муссона обнаружены регионы, в которых зарождаются критические условия для его возникновения. Сравнительный анализ данных внутри критических регионов позволяет определять даты наступления и завершения муссона в центральной части Индии за 40 дней и за 70 дней, соответственно. Тогда как Индийский Департамент Метеорологии дает прогноз начала Муссона только за 15 дней, и только для одного штата Керала на юге Индии, а прогноз завершения не производится вообще, предложенный долгосрочный прогноз начала и окончания Муссона является беспрецедентно ранним, уникальным и необходимым для Индии. Результат имеет фундаментальное значение, так как даты климатических сезонов в настоящее время не прогнозируются вообще, а только фиксируются метеорологическими службами постфактум. Ретроспективные тесты за период 1964-2015 гг. показали успешный результат в 75% [1]. Тестирование прогноза будущих муссонов в 2016, 2017 и 2018 показало – все шесть прогнозов начала и завершения муссона оказались успешными [2].

[1] Stolbova, V., E. Surovyatkina, B. Bookhagen, and J. Kurths. Tipping elements of the Indian monsoon: Prediction of onset and withdrawal. *Geophys. Res. Lett.*, 43, 1–9, 2016, doi:10.1002/2016GL068392

[2] <https://www.pik-potsdam.de/services/infodesk/forecasting-indian-monsoon>



Критические Элементы Индийского Муссона, полученные в результате анализа флуктуаций приповерхностной температуры.

По результатам работ за 2018 год приняты в печать следующие статьи:

Vishnu R. Unni, Syam Kumar K. S., E. A. Gopalakrishnan, E. Surovyatkina, Ju. Kurths & R. I. Sujith. Noise effect on critical power at slow passage to thermoacoustic instability. Submitted to *Chaos*, 2018.

K.S. Suchithra, E.A.Gopalakrishnan, and Elena Surovyatkina. Two critical points in transition to instability in in power systems. Submitted to *Chaos*, 2018.

Krishna Manoj, Samadhan A. Pawar, Suraj Dange, Sirshendu Mondal, R. I. Sujith, Elena Surovyatkina, Jurgen Kurths. The route to chaotic synchronization in four candle-flame oscillators. Submitted to *Scientific Reports*, 2018

Разработка методов и средств наблюдения поверхности планет с посадочных аппаратов

Абрамов Н.Ф., Воронков С.В., Никитин А.В., Полянский А.В., Форш А.А.

Разработан метод и средства для съемки статических сцен со сверхшироким динамическим диапазоном (High Dynamic Range). Метод использует серии кадров, полученных с разными временами экспозиции. При синтезе изображений специальная программа выбирает пиксели, обладающие с одной стороны высоким отношением сигнал/шум, а с другой стороны, не выходящие за пределы динамического диапазона матрицы.

Результаты, внедрены в аппаратуру СТС-Л для посадочных миссий «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс», а также в съемочную систему ТСПП проекта «ЭкзоМарс». В этих проектах HDR-съемка реализуется серией кадров с 10-ю шагами по экспозиции, при этом на каждом шаге выполняется по 16 кадров, которые усредняются, что дополнительно позволяет повысить отношение сигнал/шум в 4 раза. В результате синтезированное изображение имеет динамический диапазон 10^5



Панорама помещения, собранная из четырех HDR кадров

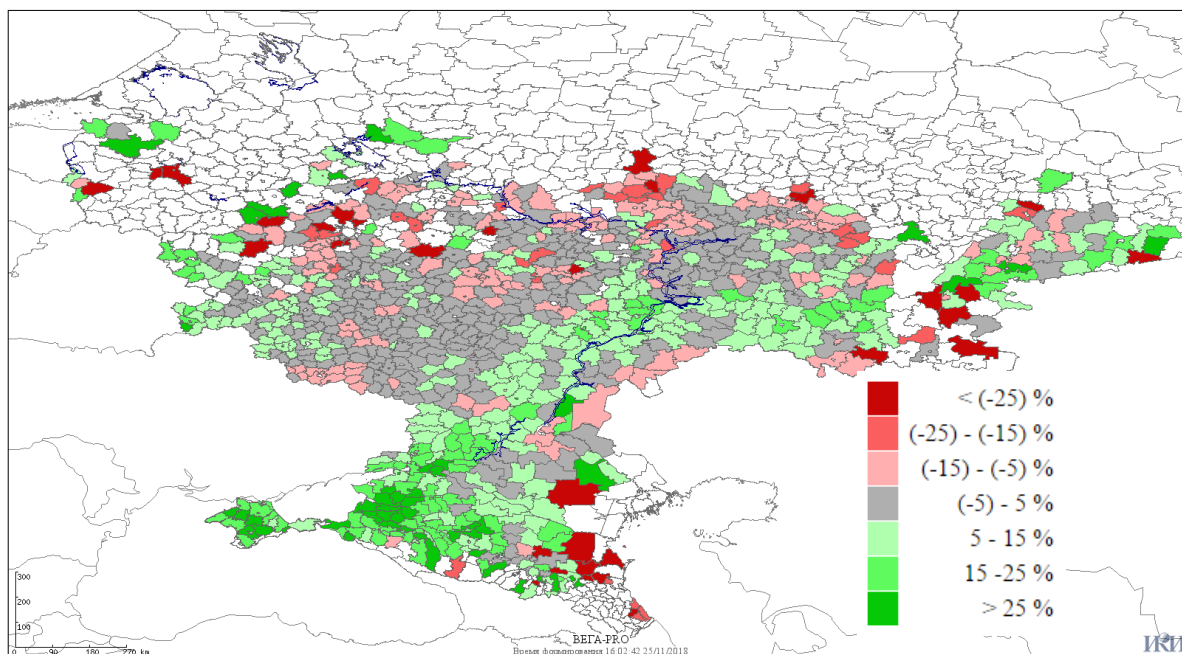
Абрамов Н.Ф., Воронков С.В., Никитин А.В., Полянский А.В., Форш А.А.
Обеспечение дистанционных телевизионных съемок на посадочной платформе космического аппарата «ЭкзоМарс-2020» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли их космоса, 2018. Т.15. №6.

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИКИ РАН, ИМЕЮЩИЕ ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Разработка технологий автоматизированной работы с данными спутниковых наблюдений для решения задач дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов на больших территориях.

Лупян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Елкина Е.В. Кашницкий А.В., Колдубаев П.А. Плотников Д.Е., Прошин А.А., Самофал Е.В. Толпин В.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М.

В настоящее время в ИКИ РАН создана технология автоматизированной работы с данными спутниковых наблюдений, позволяющая решать различные задачи мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов. В том числе проводить картографирование сельскохозяйственных земель, контролировать их используемость, оперативно оценивать состояние посевов и т.д. Важно, что данная технология позволяет работать с информацией, получаемой по большим территориям, и обеспечивает различные уровни интеграции (от уровня поля до уровня всей страны). Технология уже активно используется при развитии различных систем мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов, в том числе для развития методов работы с данными в развивающейся глобальной системе мониторинга сельского хозяйства (GEOGLAM). В частности, в 2018 году в составе Единой Федеральной информационной системы Земель сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), развиваемой МСХ РФ, начата эксплуатация подсистемы работы с данными ДЗЗ, созданная на основе данной технологии. Работы по созданию и внедрению технологии ИКИ РАН проводит совместно с различными организациями. В том числе ООО "ИКИЗ", НИЦ "Планета", Аналитический центр МСХ РФ и др.



Пример оценки состояния озимых культур сезона 2018-2019 года, полученный по спутниковым данным за неделю 11.11.2018 - 18.11.2018

Список работ опубликованных по теме в 2018 году

1. Плотников Д.Е., Колбудаев П.А., Барталев С.А., Луян Е.А. Автоматическое распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 112-127. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-112-127.
2. Луян Е.А., Барталев С.А., Крашенинникова Ю.С., Плотников Д.Е., Толпин В.А., Уваров И.А. Анализ развития озимых культур в южных регионах европейской части России весной 2018 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 272-276. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-272-276.
3. Егоров В.А., Барталев С.А., Колбудаев П.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А. Карта растительного покрова России, полученная по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 282-286. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-282-286.
4. Луян Е.А., Бурцев М.А., Прошин А.А., Кобец Д.А. Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. С. 53-66. DOI: DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66.
5. Луян Е.А., Барталев С.А., Крашенинникова Ю.С., Толпин В.А., Бурцев М.А. Развитие яровых культур на Европейской территории России и в южных регионах Западной Сибири в 2018 году // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. С. 275-281. DOI: DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-275-281.
6. Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Барталев С.А. Метод автоматического распознавания сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных и имитационной модели развития растений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 131-141. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-131-141.
7. Шабанов Н.В., Барталев С.А., Ерошенко Ф.В., Плотников Д.Е. Развитие возможностей дистанционной оценки индекса листовой поверхности по данным MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 166-178. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-166-178.
8. De Witt, A., Roerink G., Virchenko O.V., Bartalev S.A., Savin I. Yu., Plotnikov D.E., Defourny, P., d'Andrimont R. A dataset of spectral and biophysical measurements over Russian wheat fields // Open Data Journal for Agricultural Research. 2018. Vol. 4. P. 22-27. DOI: doi.org/10.18174/odjar.v4i0.15925.

"IX. Науки о Земле, направление 137; 138"

Тема МОНИТОРИНГ, номер в системе «Парус» НИРи ГЗ: 0028-2018-0006

Директор ИКИ РАН
чл. - корр. РАН

Учёный секретарь ИКИ РАН
к.ф.-м.н.



А.А. Петрукович

А.М. Садовский