

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАВЕРШЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2015г.

Активное нейтронное зондирование вещества поверхности Марса в эксперименте ДАН на борту марсохода НАСА «Кьюриосити»: обнаружено два типа поверхности с различным распределением воды по глубине

На основе обработки данных активного нейтронного зондирования в российском эксперименте ДАН на борту марсохода НАСА «Кьюриосити» получены оценки содержания воды в веществе вдоль пройденной трассы. На основе полученных данных сделан вывод о том, что 86% изученных районов имеют грунт, в котором под верхним слоем с 2 – 3% воды и толщиной более 10 см находится слой с высоким содержанием воды от 3 до 8%. Показано, что вторая группа районов составляет 14% и соответствует грунту с низким содержанием воды: в этом грунте под аналогичным верхним слоем содержание воды уменьшается до 1%. Вероятно, что два типа грунта соответствуют разным горизонтам осадочных пород, образовавшимся на дне кратера Гейл в разные эпохи эволюции Марса в водной и атмосферной средах, соответственно.

И.Г. Митрофанов от имени российско-американской команды эксперимента ДАН

Публикации:

Mitrofanov I.G. et al., Journal of Geophysical Research: Planets, v. 119, issue 7, pp. 1579 – 1596, 2014

Litvak M.L. et al., Journal of Geophysical Research: Planets, v. 119, issue 6, pp. 1259 – 1275, 2014

Митрофанов И.Г. и др., Доклады Академии Наук, том 455, №3, стр. 1 – 3, 2014

Митрофанов И.Г. и др., Письма в Астрономический журнал, направлено в редакцию, 2015

Картирование водяного пара спектрометром СПИКАМ на КА Марс-Экспресс: пять марсианских лет непрерывных наблюдений

С 2004 года франко-российский прибор СПИКАМ на борту КА Марс-Экспресс проводит непрерывные наблюдения H_2O в атмосфере Марса. В работе представлен самый длинный на сегодняшний день временной ряд измерений интегрального содержания водяного пара (с 2004 по 2013 годы, что соответствует пяти марсианским годам). Гидрологический цикл показал высокую стабильность, на основе усредненных данных получена детальная карта распределения водяного пара в атмосфере в течение марсианского года. Максимальные значения концентрации H_2O составляют слой 60-70 микрон, если сконденсировать весь водяной пар в вертикальном столбе атмосферы на поверхности. При этом среднегодовое содержание оценивается в 10-20 осажденных микрон.

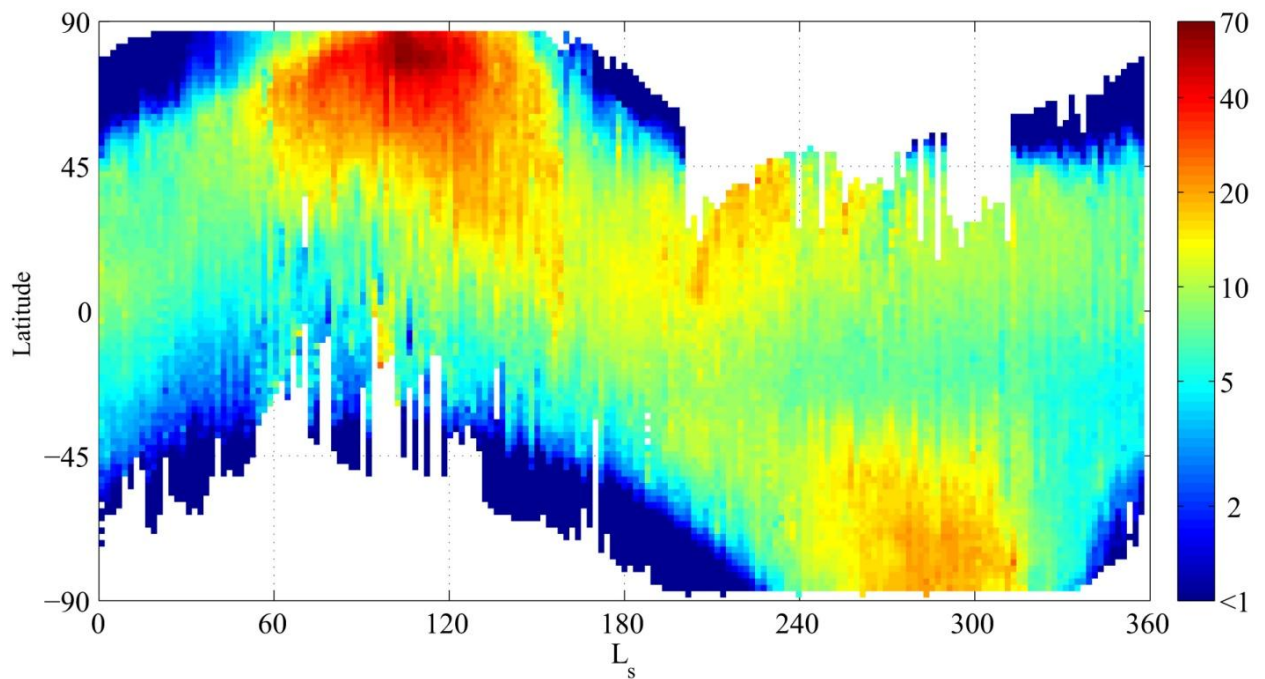


Рис.1. Сезонное распределение водяного пара в атмосфере Марса, усредненное за 5 марсианских лет (M_Y27-31) по данным прибора SPICAM IR

Trokhimovskiy, A., A.A. Fedorova, O.I. Korablev, F. Montmessin, J.-L. Bertaux, A. Rodin, M.D. Smith. Mars' water vapor mapping by the SPICAM IR spectrometer: Five martian years of observations *Icarus*, 251, 50-64, 2015, doi: 10.1016/j.icarus.2014.10.007

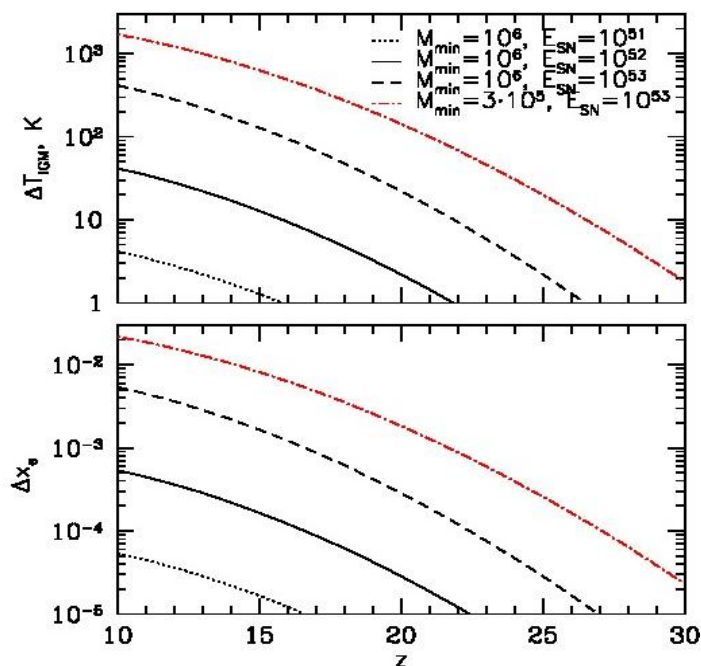
Подогрев Вселенной космическими лучами от первых сверхновых на заре космической реионизации

Наблюдения нейтрального водорода на длине волны 21см могут пролить свет на историю подогрева первичной межгалактической среды в первый миллиард лет жизни Вселенной. В последнее время активно обсуждается гипотеза, что такой нагрев мог быть связан с рентгеновскими лучами от первых аккрецирующих черных дыр. Предложен другой механизм нагрева, связанный с первыми звездами. Остатки мощных сверхновых, взрывающихся в конце жизни массивных звезд в ранней Вселенной, могли расширяться за пределы своих родительских гало темной материи. При этом значительная часть энергии взрыва могла быть передана космическим лучам низких энергий (<30 МэВ), которые затем могли оказаться в первичной межгалактической среде. Такие частицы могли распространиться по всей Вселенной и нагреть ее на 10-100 К уже спустя 250 миллионов лет после Большого взрыва. Будущие наблюдения смогут дать информацию о частоте и мощности взрывов первых сверхновых, а также о магнитных полях в первичной межгалактической среде.

S. Sazonov, R. Sunyaev "Preheating of the Universe by cosmic rays from primordial supernovae at the beginning of cosmic reionization", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 454, 3464 (2015). IF: 5.107

Рис. Повышение температуры и ионизационной доли межгалактической среды в зависимости от энергии первых сверхновых и других параметров.

Сазонов С.Ю., Сюняев Р.А.



Новая модель границы гелиосферы

Разработана новая численная модель взаимодействия солнечного ветра и межзвездной среды, которая впервые корректно учитывает влияние магнитных полей на течение солнечного ветра в окрестности границы гелиосферы (гелиопаузы), а также гелиоширотной зависимости параметров солнечного ветра и энергичных частиц. Впервые в численной модели гелиосферы удалось избежать численных эффектов пересоединения магнитных полей на гелиопаузе. Модель была успешно применена для анализа данных, полученных на космических аппаратах - IBEX, SOHO, HST, Voyager 1 и 2. Уточнены как структура течения солнечного ветра на границе гелиосферы, так и параметры локальной межзвездной среды.

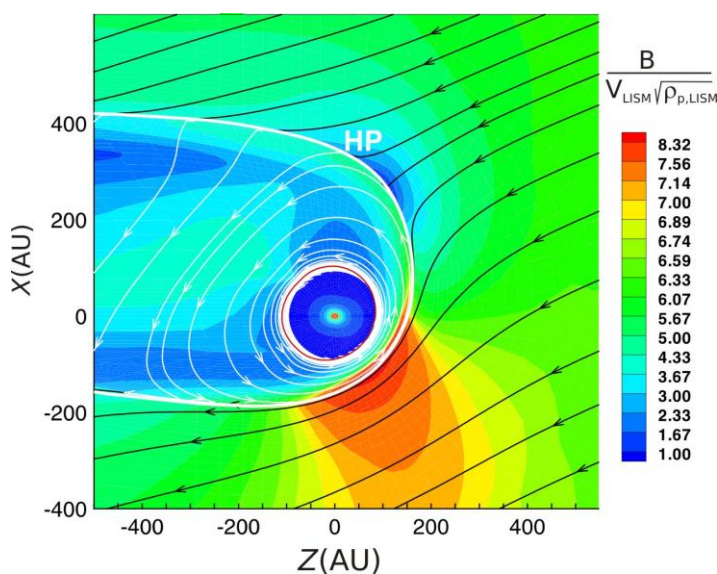


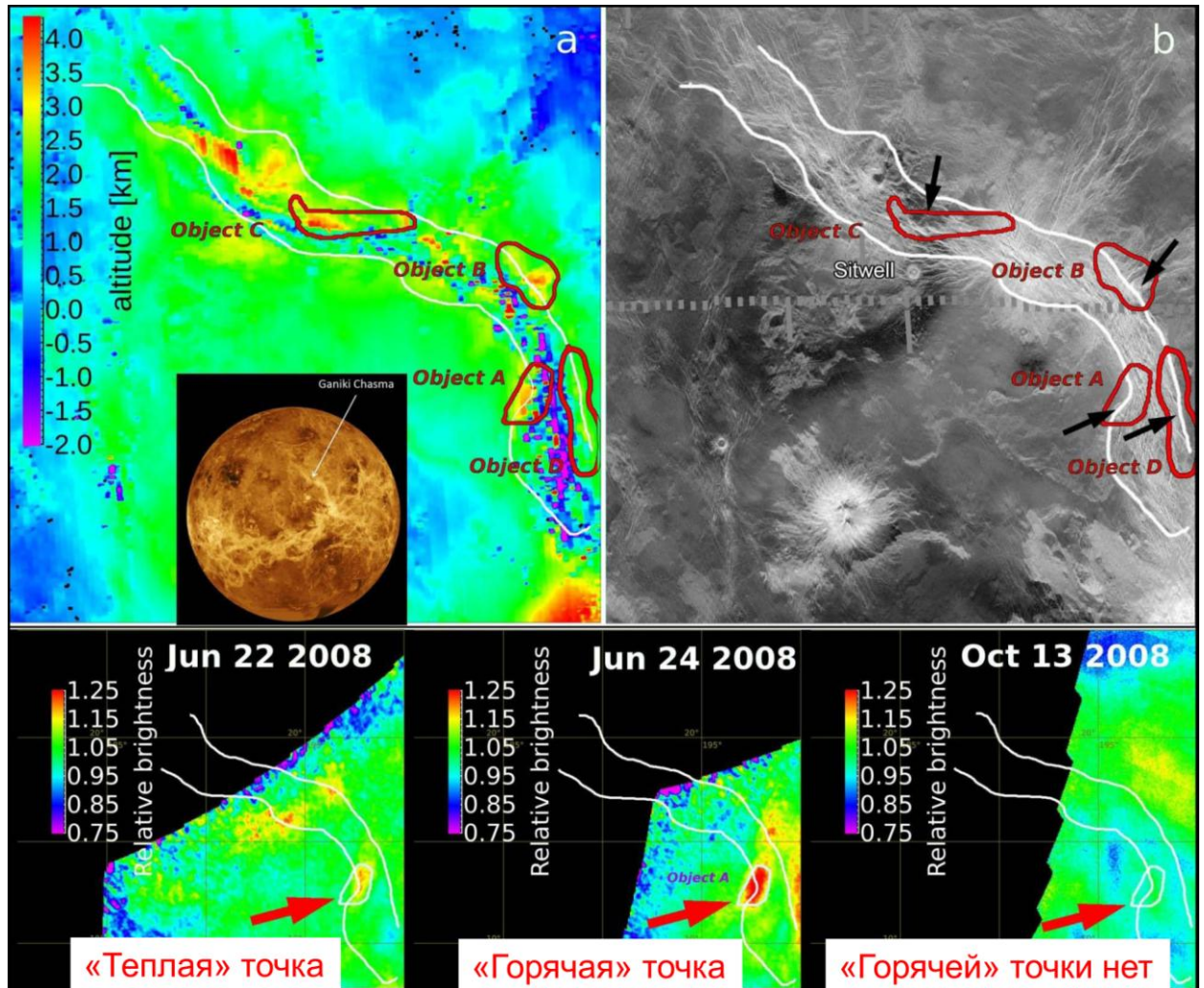
Рис.1. Результаты модели: распределение магнитного поля в области взаимодействия солнечного ветра и межзвездной среды.

Измоленов В.В., Катушкина О.А.

1. Izmodenov V.V., Alexashov D.B., Three-dimensional kinetic-MHD model of the global heliosphere with the heliopause-surface fitting, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, V 220, No.2, id. 32, 2015.
2. S.V. Chalov, Y.G. Malama, D.B. Alexashov, and V.V. Izmodenov. Acceleration of interstellar pickup protons at the heliospheric termination shock: Voyager 1/2 energetic proton fluxes in the inner heliosheath. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 455(1):431–437, 2015.
3. Katushkina O. A., Izmodenov V.V., Alexashov D.B., Schwadron N.A., McComas D.J., Interstellar hydrogen fluxes measured by IBEX-Lo in 2009: numerical modeling and comparison with the data, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, V. 220, No. 2, id. 33, 2015.

Обнаружение вулканизма на Венере

В ходе анализа международным научным коллективом, в составе которого были сотрудники ГЕОХИ и ИКИ РАН, результатов ИК съемки поверхности планета Венера немецкой ТВ камерой VMC, КА Венера Экспресс, в одной из рифтовых зон этой планеты были обнаружены появляющиеся и через некоторое время исчезающие «горячие» пятна, которые, очевидно, вызваны извержениями вулканической лавы. Работа опубликована: *Shalygin E.V., Markiewicz W.J., Basilevsky A.T., Titov D.V., Ignatiev N.I., Head J.W. Active volcanism on Venus in the Ganiki Chasma rift zone. Geophysical Research Letters, 2015, 42, 4762–4769.* Ранее, достоверные свидетельства современного вулканизма на этой планете известны не были.



Отклонения спектра реликтового излучения от чернотельного по данным спутника ПЛАНК и «Телескопа на Южном Полюсе». Обнаружение скоплений галактик в обзоре всего неба спутника ПЛАНК.

Р.А. Сюняев, Р. Кхатри, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, Е.М. Чуразов

Получены новые результаты по исследованию искажений спектра реликтового излучения из-за рассеяния на электронах горячего газа в скоплениях галактик (эффект Сюняева-Зельдовича), а также из-за наличия ненулевого химического потенциала в распределении Бозе-Эйнштейна, который является следствием энерговыделения любой природы в ранней Вселенной. Используя данные спутника ПЛАНК и «Телескопа на Южном Полюсе» удалось впервые за 25 лет улучшить почти на порядок величины классические пределы на искажения спектра реликтового излучения, полученные ранее прибором COBE-FIRAS. Новые пределы особо важны для оценок вклада «теплого» газа во Вселенной в среднюю плотность барионов. Кроме того, удалось внести заметный вклад в работу по отождествлению и измерению красных смещений скоплений галактик, открытых спутником Планк по наблюдению эффекта Сюняева-Зельдовича (рис. 1). Наблюдения на Российско-Турецком 1.5-м телескопе, а также на 6-м телескопе САО РАН (БТА) позволяют обеспечить более четверти всех оптических наблюдений по программе оптической поддержки обзора спутника ПЛАНК.

Оригинальные статьи:

Khatri, Rishi; Sunyaev, Rashid, “Limits on the fluctuating part of y -type distortion monopole from Planck and SPT results” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Issue 08, article id. 013, pp. (2015), impact factor=5.810

Khatri, Rishi; Sunyaev, Rashid, “Constraints on μ -distortion fluctuations and primordial non-Gaussianity from Planck data” *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Issue 09, article id. 026, pp. (2015), impact factor=5.810

Planck Collaboration, «Planck intermediate results. XXVI. Optical identification and redshifts of Planck clusters with the RTT150 telescope», *Astronomy & Astrophysics*, 582, A29 (2015); impact factor=4.438

Planck Collaboration, «Planck 2013 results. XXXII. The updated Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources», *Astronomy & Astrophysics*, 581, A14 (2015); impact factor=4.438

Perrott Y. C., Olamaie M., Rumsey C., ... , Burenin R., ..., et al. «Comparison of Sunyaev-Zel'dovich measurements from Planck and from the Arcminute Microkelvin Imager for 99 galaxy clusters», *Astronomy & Astrophysics*, 580, A95 (2015); impact factor=4.438



Рисунок 1: Скопление галактик PSZ1 G100.18-29.68, на красном смещении $z=0.485$, когда Вселенная была почти в два раза моложе чем сейчас, свет этих галактик был рожден около 5 млрд. лет назад. Красные объекты в центре — галактики скопления. Яркие голубые объекты — звезды нашей Галактики на переднем плане.

Низкочастотные электромагнитные излучения в верхней ионосфере возбуждаемые грозовой и техногенной активностью.

Анализ данных электрического поля на борту низкоорбитальных спутников «Чибис-М» [1, 3] и CNOF/S доказал наличие в верхней ионосфере в ночные часы низкочастотных электромагнитных излучений с полосовой спектральной структурой, возбуждаемых атмосферной грозовой активностью: ионосферного альвеновского резонатора (частоты от ~ 0.5 Гц до ~ 5 Гц) и шумановского резонанса (гармоники частоты ~ 8 Гц). Хотя наземные проявления этих структур хорошо известны, возможность их просачивания в верхнюю ионосферу оставалась весьма гипотетичной.

Импульсное возбуждение ионосферного альвеновского резонатора грозвым разрядом подтверждено созданной численной моделью [1], отражающей особенности низкочастотных возмущений на «Чибис-М» (рис. а) в окрестности грозвых центров.

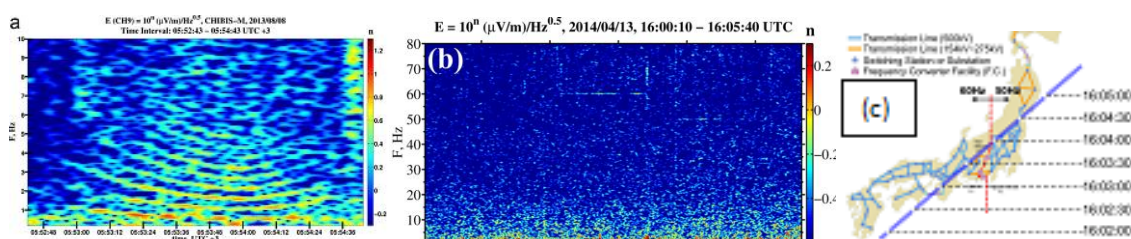


Рис. 1. «Чибис-М». **а** – частотно (0.1-10Гц) – временная (2 мин.) диаграмма электрического поля ИАР; **б** – частотно (0.1-80Гц) – временная (2мин. 40сек.) диаграмма электрического поля 50/60 Гц; **с** – Япония, трасса ЛЭП.

Показана возможность регистрации [2] в верхней ионосфере излучений с частотами 50/60 Гц (рис. б) от наземных линий электропередач (ЛЭП, рис. с), что даёт ответ на вопрос о том, насколько велико воздействие атмосферных процессов и промышленной деятельности на околоземное пространство.

1 Pilipenko V., D. Dudkin, E. Fedorov, V. Korepanov, S. Klimov, IAR signatures in the ionosphere: modeling and observations at microsatellite Chibis-M, J. Atmospheric Solar-Terr. Physics, 2015 (in press).

2 [Dudkin F., V. Korepanov, D. Dudkin, V. Pilipenko, V. Pronenko, S.I. Klimov.](#) Electric field of the power terrestrial sources observed by microsatellite Chibis-M in the Earth's ionosphere in frequency range 1–60 Hz. *Geophysical Research Letters*, 42, doi:10.1002/2015GL064595, 2015.

3 Denys Dudkin, Vyacheslav Pilipenko, Fedir Dudkin, Vira Pronenko, and Stanislav Klimov. Power line emission 50/60 Hz and Schumann resonances observed by microsatellite Chibis-M in the Earth's ionosphere *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 17, EGU2015-521, 2015

Универсальность роли негауссовой турбулентности в процессах переноса и диссипации

На основе сравнения данных на границе магнитосферы (прибор БМСВ на спутнике СПЕКТР-Р), в лабораторной плазме и в аэродинамических трубах подтверждены общие свойства турбулентности, формирующие процессы переноса и диссипации в пограничных слоях, возникающих при обтекании препятствий и вблизи стенок. Основная роль в данных процессах принадлежит негауссовым флуктуациям, причем характерны увеличение негауссовости с увеличением частоты и доминирование нитевидных диссипативных структур. У границы магнитосферы это сверхзвуковые струи, перемежающие дозвуковой поток, в лабораторной плазме – выбросы, обеспечивающие супердиффузию на стенки, в аэродинамических погранслоях – долгоживущие филаментарные структуры.

V. P. Budaev, L. M. Zelenyi and S. P. Savin, Generalized self-similarity of intermittent plasma turbulence in space and laboratory plasmas, *J. Plasma Phys.*, vol. 81, 395810602, p. 1–53, doi:10.1017/S0022377815001099, (2015)

RIAZANTSEVA, M. O., BUDAEV, V. P., ZELENYI, L. M., ZASTENKER, G. N., PAVLOS, G. P., SAFRANKOVA, J., NEMECEK, Z., PRECH, L. & NEMEC, F., Dynamic properties of small scale solar wind plasma fluctuations. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 373, 20140146. (2015)

L.V. Kozak, A.S., Prokhorenkov, S.P. Savin, Statistical analysis of the magnetic fluctuations in boundary layers of Earth's magnetosphere, *Advances in Space Research*, **56**, 2091–2096, (2015)

V.P. Budaev, L.M. Zelenyi, S.P. Savin, Intermittency and generalized self-similarity in turbulent boundary layers of laboratory and magnetospheric plasmas, accepted to *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*, by IOPscience UK (2015)

Работа проведена в кооперации с НИЦ «Курчатовский институт»

Состав авторов результата от ИКИ РАН: Будаев В.П., Зеленый Л.М., Застенкер Г.Н., Рязанцева М.О., Савин С.П.