

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАВЕРШЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2017г.

Рентгеновская диагностика черных дыр и нейтронных звезд

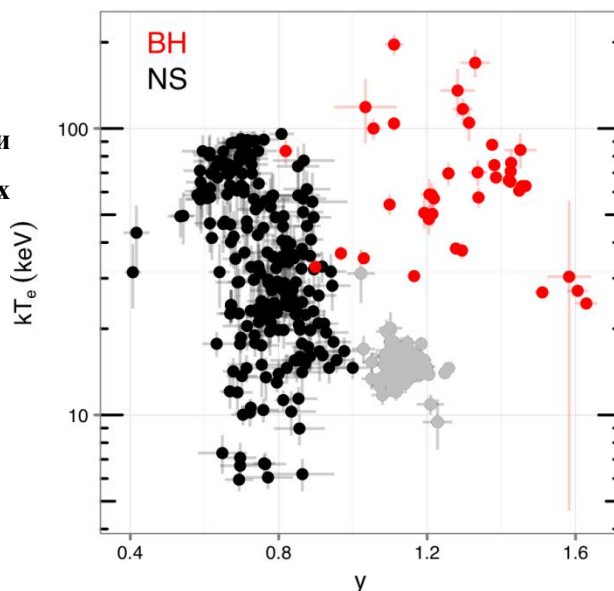
М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев (отдел 52)

В процессе аккреции на релятивистскую звезду вещество излучает лишь около половины своей энергии. В случае черной дыры оставшаяся энергия адвектируется внутрь горизонта событий, а при аккреции на нейтронную звезду – выделяется на поверхности, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, которое оказывает решающее влияние на параметры горячей плазмы вокруг. Это объясняет существование дихотомии между характеристиками рентгеновского излучения черных дыр и нейтронных звезд – последние имеют систематически меньшие значения параметра комптонизации и температуры электронов в короне. Наблюдаемое поведение является прямым следствием предсказания общей теорией относительности об отсутствии поверхности у черных дыр.

1) *Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 466, 194 (2017)*

2) *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, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2821> (2017)*

Температура электронов в короне и параметр комптонизации в аккрецирующих черных дырах и нейтронных звездах.



Обнаружение электромагнитного сигнала от гравитационно-волнового события GW170817 – первая прямая регистрация слияния нейтронных звезд

Сюняев Р.А., Лутовинов А.А., Позаненко А.С., Вольнова А.А., Минаев П.Ю., Мазаева Е.Д.

17 августа 2017 года впервые наблюдались гравитационно-волновой и электромагнитный сигналы, рождённые во время слияния нейтронных звёзд в двойной системе, находящихся в галактике NGC 4993 на расстоянии около 40 Мпк. События были практически одновременно зарегистрированы детекторами эксперимента LIGO и космическими обсерваториями ИНТЕГРАЛ и Fermi (Рис.1). Сравнение времен прихода гравитационного и электромагнитного сигналов (запаздывание ~ 1.7 сек) позволило установить, что скорость распространения гравитационных волн с высокой точностью совпадает со скоростью света. Кроме того, были почти на два порядка улучшены ограничения на принцип эквивалентности. Измеренная энергетика электромагнитного сигнала и результаты оптических наблюдений (Рис.2) свидетельствуют о том, что слияние нейтронных звезд вызвало вспышку так называемой килоновой, которая наблюдалась под углом около 30 градусов к оси релятивистского выброса. Предложена модель, объясняющая формирование и свойства возникающего гамма-излучения.

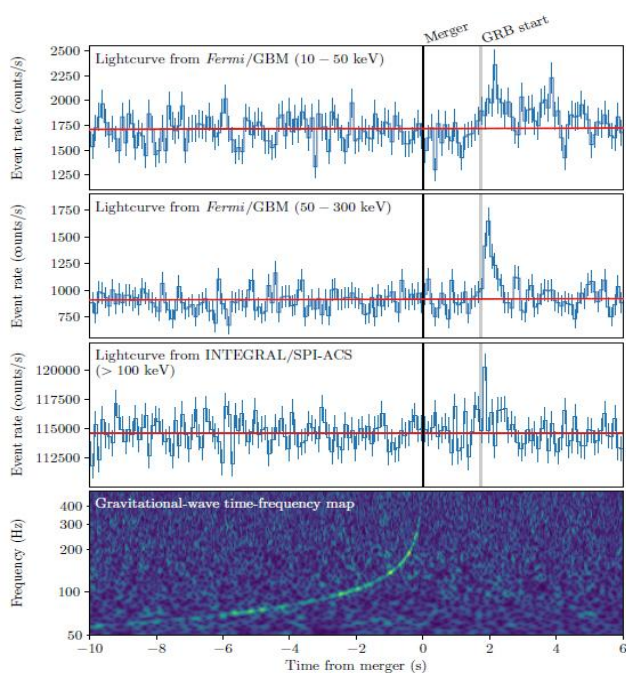


Рис.1 Регистрация события GW170817 обсерваторией LIGO (нижняя панель), обсерваториями Fermi (две верхних панели) и ИНТЕГРАЛ (третья панель). Черная линия – момент слияния нейтронных звезд, серая – момент регистрации гамма-излучения. По горизонтали отложено время от момента слияния в секундах.

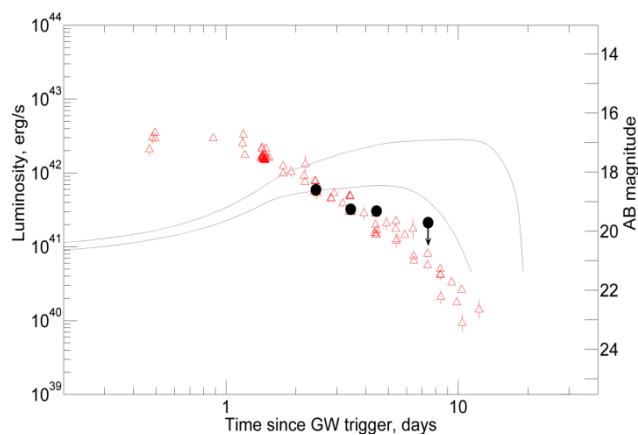


Рис.2 Кривая блеска оптического компонента (килоновой) в фильтрах g и R. Закрашенные черные точки – собственные наблюдения. Показаны также кривые блеска модели килоновой GRB 130603B при массе выброса 0.01 (нижняя) и 0.1 (верхняя) масс Солнца. Кривые блеска приведены в системе отсчета наблюдателя.

Abbot B., ... Lutovinov A., ... Sunyaev R., et al *Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A*, *The Astrophysical Journal*, V.848, L13 (2017).

Savchenko V., .. Lutovinov A. ,.. Sunyaev R., et al. *INTEGRAL Detection of the First Prompt Gamma-Ray Signal Coincident with the Gravitational-wave Event GW170817*, *The Astrophysical Journal*, V.848, L15 (2017).

Pozanenko A., Barkov M., Minaev P., Volnova A., Mazaeva E., et al. *GRB170817A associated with GW170817: multifrequency observations and modeling of prompt gamma-ray emission*. *The Astrophysical Journal*, in press, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017arXiv171005448P>.

Природа плазменно-пылевого облака в экзосфере Луны

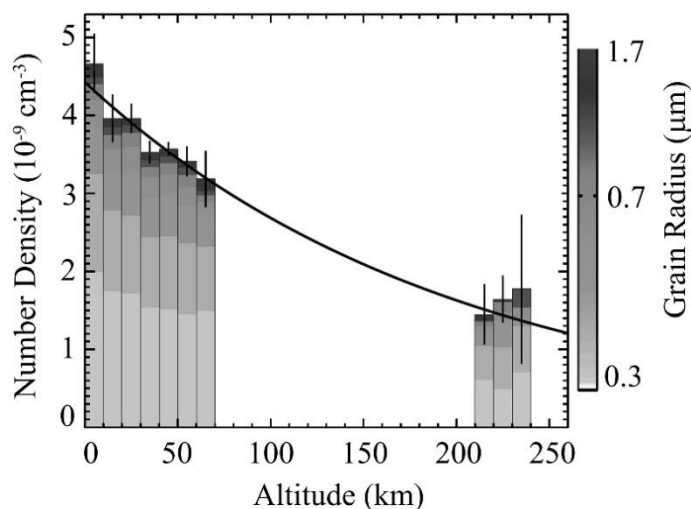
Лаборатория 513 (С.И. Попель)

Впервые объяснена природа плазменно-пылевого облака в экзосфере Луны на больших высотах, и на основании расчетов получены концентрации пылевых частиц в нем в соответствии с данными измерений, проведенных в рамках миссии NASA LADEE. Важную роль при образовании облака играет расплавленное вещество, выбрасываемое с поверхности Луны в результате ударов метеороидов. Капли расплавленного вещества приобретают скорости, лежащие в диапазоне между первой и второй космическими скоростями для Луны, и совершают финитное движение вокруг нее. При подъеме над лунной поверхностью жидкие капли затвердевают и приобретают электрические заряды за счет взаимодействия с солнечным ветром и излучением.

1) Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М., Хораны М. Удары высокоскоростных метеороидов и плазменно-пылевое облако над поверхностью Луны // *Письма в ЖЭТФ*. 2017. Т. 105, № 10. С. 594-599. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0021364017100113>

2) Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M., and Horányi M. *Dusty plasmas in the lunar exosphere: Effects of meteoroids* // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017, in press.

Концентрации пылевых частиц различных размеров на разных высотах от поверхности Луны.



Формирование токовых слоев в хвосте индуцированной магнитосферы Марса

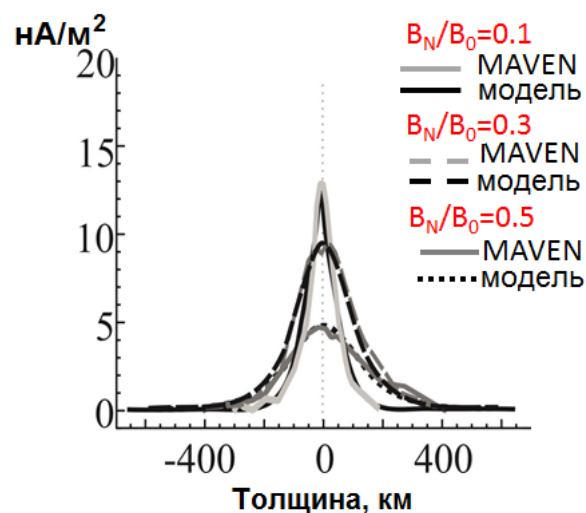
Лаборатория 546,541 (Е.Е. Григоренко, С.Д. Шувалов, Х.В. Малова, В.Ю. Попов, В.Н. Ермаков, Л.М. Зеленый)

На основе анализа 80 токовых слоев наблюдаемых спутником MAVEN в хвосте магнитосферы Марса впервые установлена универсальность механизмов формирования токовых слоев за счет квазиadiaбатической динамики ионов разных масс, сохраняющаяся даже в наведенных магнитосферах. Выявлены структурные аналогии токовых слоев, наблюдаемых в магнитосферах Марса и Земли, а именно: 1) вложенность токовых структур; 2) увеличение толщины и уменьшение плотности тока с ростом величины компоненты магнитного поля перпендикулярной к токовому слою (B_N); 3) пространственный скейлинг.

1) Григоренко Е. Е., С. Д. Шувалов, Х. В. Малова, В. Ю. Попов, В. Н. Ермаков, Э. Дубинин, Л. М. Зеленый, Структура токовых слоев в области ближнего хвоста магнитосферы Марса по наблюдениям спутника MAVEN // *Астрономический Вестник*. 2017. Т. 51, № 5. С. 376-391.

2) Grigorenko E.E., Shuvalov S.V., Malova H.V., Dubinin E., Popov V.Yu., Zelenyi L.M., Imprints of quasi-adibatic ion dynamics on the current sheet structures observed in the Martian magnetotail by MAVEN // *Journal of Geophysical Research. Space Physics*. 2017.V.122. doi:10.1002/2017JA024216.

Сравнение модельных и наблюдаемых спутником MAVEN пространственных профилей плотностей тока в токовых слоях хвоста Марса при различных величинах B_N/B_0 в центре слоя.



Циркуляция атмосферы Венеры внутри облачного слоя

Анализ долговременного ряда ИК изображений дневной стороны облачного покрова Венеры, полученных VMC (965 нм) с борта Venus Express, позволили получить детальную информацию о циркуляции атмосферы внутри облачного слоя. Учитывая полученные ранее данные в УФ (365 нм) по динамике атмосферы на уровне верхней кромки облаков (67 ± 2 км), сделан вывод о первых многолетних наблюдениях ячейки Хэдли (Рис 1) верхнего облачного слоя на дневной, освещенной стороне Венеры. Детальный анализ поведения зональной и меридиональной компонент скорости горизонтального потока свидетельствует о влиянии подстилающей поверхности на динамику атмосферы внутри облачного на высотах 55 ± 4 - 67 ± 2 км.

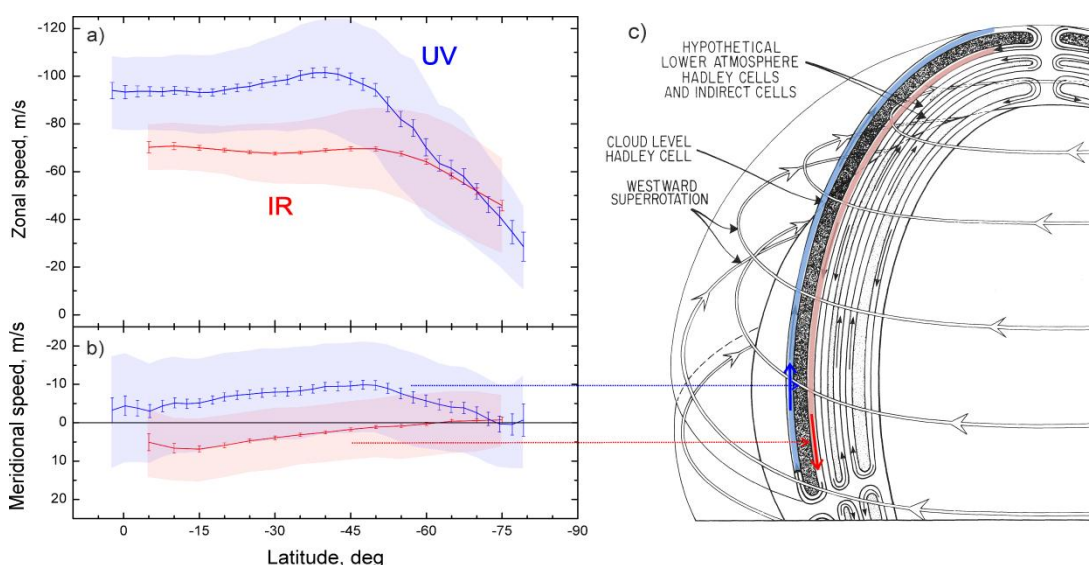


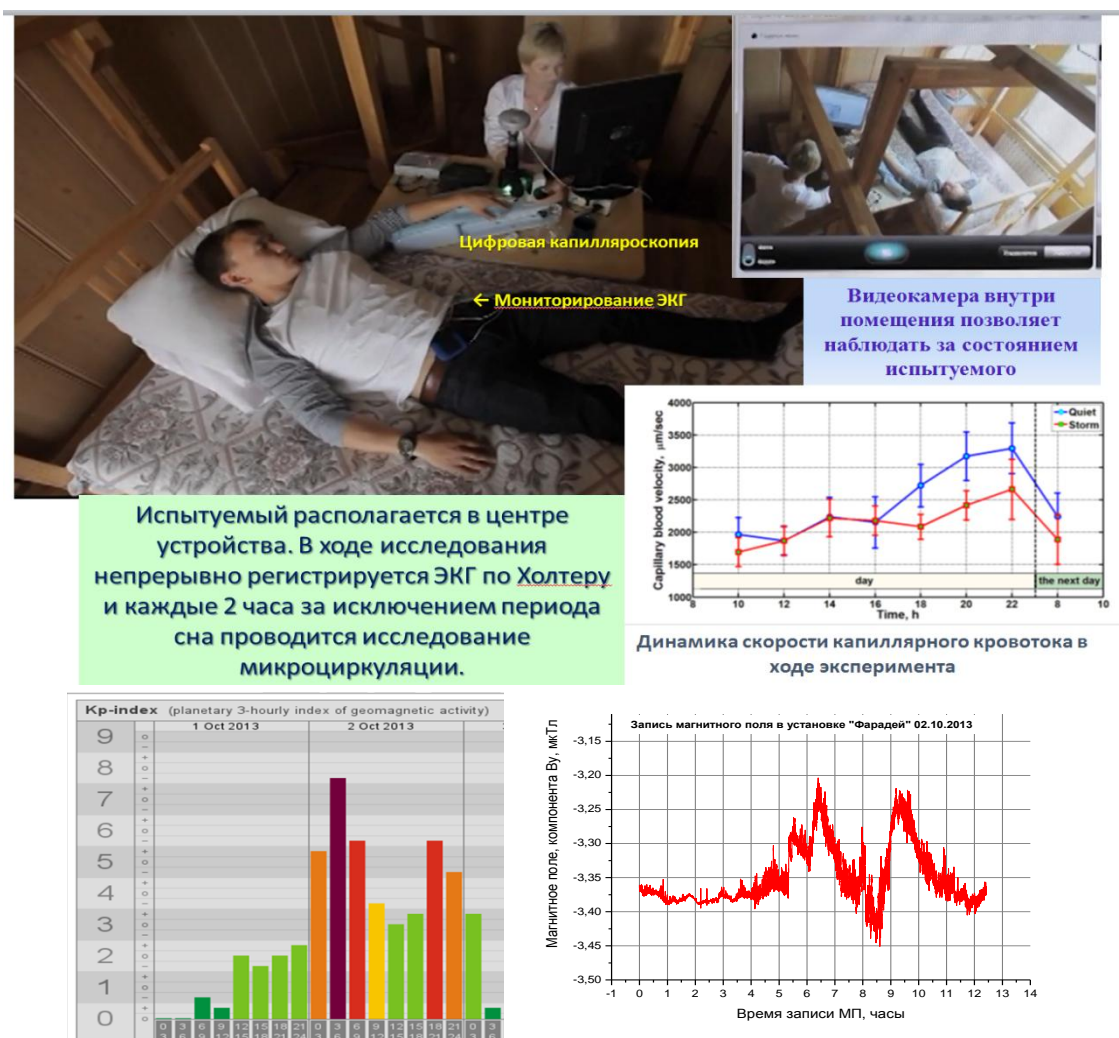
Рис. 1 Средний зональный (a) и меридиональный (b) широтный профили скорости ветра. Синим обозначены данные, полученные в УФ (Khatuntsev et al., 2013) на верхней границе облаков, красным – данные внутри облачного слоя по ИК измерениям (Khatuntsev et al., 2017). c – схематическое изображение ячеек Хэдли в атмосфере Венеры согласно Schubert et al. (1983).

Публикации:

Khatuntsev, I. V., Patsaeva, M. V., Titov, D. V., Ignatiev, N. I., Turin, A. V., Fedorova, A. A., & Markiewicz, W. J. (2017). Winds in the middle cloud deck from the near-IR imaging by the Venus Monitoring Camera onboard Venus Express. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 122. <https://doi.org/10.1002/2017JE005355>

Магнитная буря в лабораторных условиях: рандомизированный эксперимент

Впервые в мире произведена проверка медицинских эффектов воздействия геомагнитной бури с помощью лабораторной установки «Фарадей», симулирующей магнитное возмущение. На здоровых молодых добровольцах с соблюдением всех норм медицинского эксперимента показаны: замедление скорости капиллярного кровотока и снижение частоты сердечных сокращений. Данный результат подтверждает наблюдения в естественных условиях, однако режим контролируемого эксперимента позволяет увеличить достоверность результатов и проводить исследования постоянно.



Слева: Кр индексы магнитной бури от 2 октября 2013 г. на сайте http://www.theusner.eu/terra/aurora/kp_archive, справа компонента Ву магнитной бури зарегистрированной и затем воспроизведенной в установке «Фарадей».

Yu I. Gurfinkel, A. L. Vasin, R. Yu Pishchalnikov, R. M. Sarimov, M. L. Sasonko, T. A. Matveeva
Geomagnetic storm under laboratory conditions: randomized experiment. Int J Biometeorol (2017).
<https://doi.org/10.1007/s00484-017-1460-8>