

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАВЕРШЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2010г.

Пункт 14 Программы
Пункт 12 Программы.

1. Поиск и отождествление локальных районов с высоким содержанием воды в полярных областях Луны на основе данных измерений российского нейтронного телескопа ЛЕНД на борту лунного исследовательского спутника НАСА ЛРО

Обработка данных наблюдений Луны в 2010 г. космическим нейтронным телескопом ЛЕНД позволила обнаружить на полюсах локальные районы с размером около нескольких десятков км, которые содержат водород в количестве, соответствующим 0.5 – 4.0 % воды. Вопреки ожиданиям оказалось, что эти районы не совпадают с постоянно затененными областями. Это открытие поставило вопросы о происхождении лунной воды, о процессах ее переноса и накопления на полюсах. Оно будет иметь большое значение для освоения Луны.

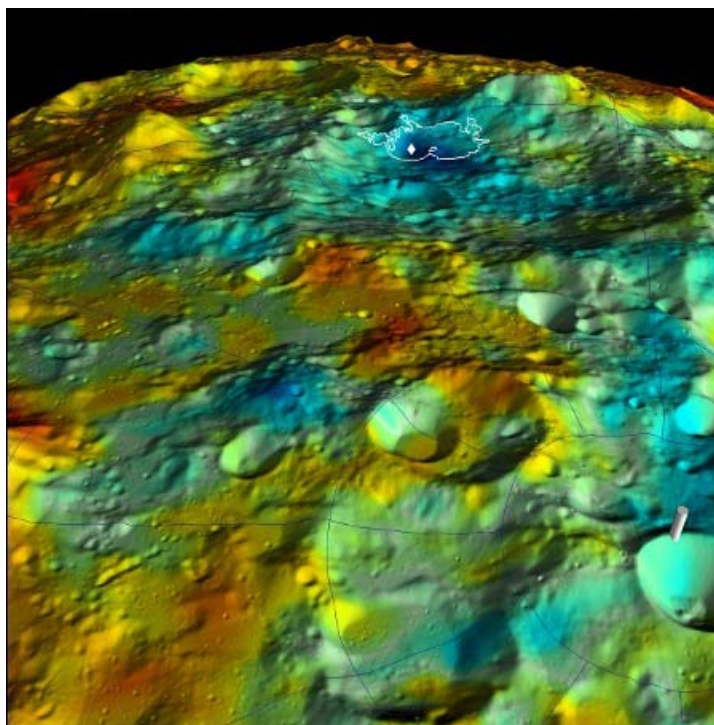


Рис. Карта излучения над-тепловых нейтронов из области южного полюса Луны по данным прибора ЛЕНД. Синий цвет соответствует низкому потоку нейтронов и повышенному содержанию водорода. Переход от желтого цвета к красному отображает повышение потока нейтронов и соответственно понижение содержания водорода в лунном реголите. Рельеф Луны показан в соответствии с данными лазерного альтиметра ЛОЛА, белый контур соответствует границе области постоянного затенения в кратере Кабеус, белый ромб находится в точке столкновения я Луной блока «Центавр» проекта ЛКРОСС.

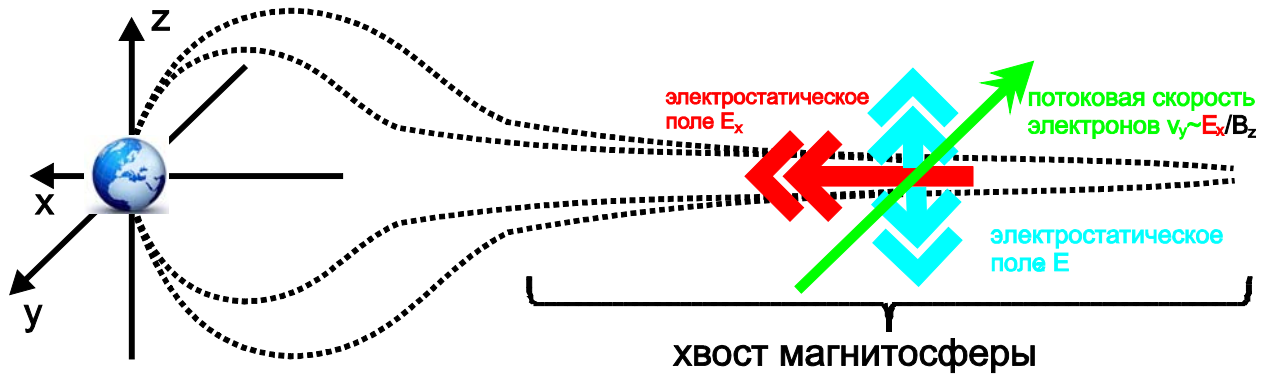
Представленные результаты получены группой сотрудников Института космических исследований РАН И.Г.Митрофановым, А.Б.Саниным, А.Б.Варениковым, А.А.Вострухиным, Д.В.Головиным, А.С.Козыревым, М.Л.Литваком, А.В.Малаховым, М.И. Мокроусовым, И.Нуждиным и В.И.Третьяковым совместно с сотрудниками ГАИШ МГУ, ОИЯИ, Годдардского центра космических полетов НАСА (США), Университетов штатов Аризона и Мэриленд (США). Опубликовано в журнале *Science*, vol. 339, p. 483, 2010.

2. Обнаружение «ТЕМНОГО» электростатического поля в хвосте магнитосферы Земли.

Исследован и объяснен ранее неизвестный, «скрытый» компонент квазистационарного электрического поля, ориентированный к Земле вдоль оси хвоста магнитосферы. Это электрическое поле слишком мало, (~0.1-0.2 мВ/м) чтобы быть измеренным напрямую, а порождаемая им конвекция замаскирована градиентными дрейфами. Присутствие этого поля, доказанное с помощью анализа движений электронов и ионов, наблюдаемых спутниковой системой Cluster, позволяет впервые количественно объяснить основные закономерности формирования токовой системы, поддерживающей образование хвоста магнитосферы, вытягивающегося на миллионы километров.

Zelenyi, L. M., A. V. Artemyev, and A. A. Petrukovich, Earthward electric field in the magnetotail: Cluster observations and theoretical estimates, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L06105, doi:10.1029/2009GL042099, 2010.

Квазистационарное электрическое поле внешней магнитосферы Земли определяет глобальную конвекцию плазмы, но слишком мало, что бы быть измеренным непосредственно. Наблюдения многоспутникового проекта Cluster позволили выделить в хвосте магнитосферы новый «скрытый» компонент такого электрического поля, направленный к Земле. Для экспериментальной оценки величины поля использовались данные об электрическом дрейфе плазмы, полученные двумя независимыми методами: по разности полной потоковой скорости электронов и электронных дрейфов, связанных с кривизной силовых линий и градиентом давления, а также по дрейфу холодного ядра функции распределения ионов. Величина поля составляет порядка 0.1-0.2 мВ/м. Полученные оценки были подтверждены в построенной теоретической модели, в которой возникновение рассматриваемого электрического поля обусловлено различием в движении незамагниченных квазиadiaбатических ионов и замагниченных электронов в тонких токовых слоях со слабо-двумерной геометрией. Обнаружение такого компонента поля позволяет также объяснить факт наблюдения сильных электронных токов в хвосте магнитосферы, находящийся в видимом противоречии с теорией, предсказывающей доминирование ионного тока. За счёт дрейфа в скрещенных полях происходит перестройка токовой системы, в результате которой наблюдаемый электронный ток становится существенно больше тока, переносимого ионами.



3. Предшественники Сверхновых типа Ia в эллиптических галактиках

М.Р.Гильфанов Институт космических исследований РАН

Почти нет сомнений, что Сверхновые Ia являются результатом термоядерного взрыва белого карлика (БК), достигшего массы Чандрасекара, но не ясно, как растет масса БК. Это может происходить за счет аккреции вещества звезды донора или при слиянии двух БК в двойной системе. Показано, что эти два сценария кардинально отличаются по уровню электро-магнитного излучения – аккрецирующий БК является мощным рентгеновским источником в течение $\sim 10^6$ лет до взрыва. Это противоречит наблюдениям эллиптических галактик орбитальной обсерваторией Чандра – не более 5% Сверхновых в них образуется по аккреционному сценарию.

Публикации:

1. M.Gilfanov and A.Bogdan. An upper limit on the contribution of accreting white dwarfs to the type Ia supernova rate. Nature, 2010, vol. 463 (7283) pp. 924-925
2. A.Bogdán and M.Gilfanov. Soft band X/K luminosity ratios for gas-poor early-type galaxies. Astronomy & Astrophysics, 2010, vol. 512 pp. 16

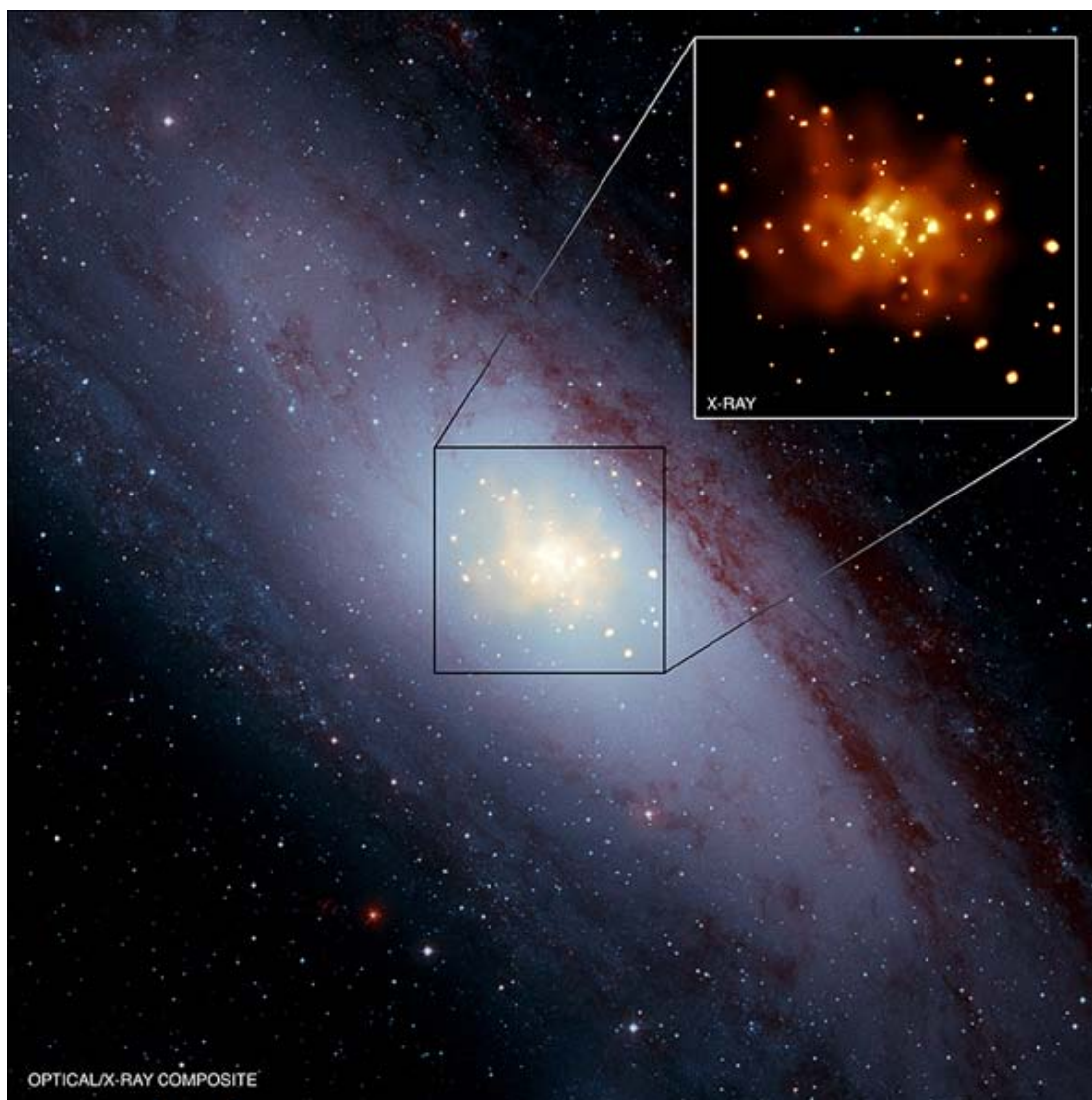
Сверхновые Ia играют важную роль в современной космологии – с их помощью было продемонстрировано, что Вселенная расширяется с ускорением и сделан вывод о существовании темной энергии. Однако, их природа до сих пор точно не известна. Почти нет сомнений, что они являются результатом термоядерного взрыва белого карлика (БК), достигшего массы Чандрасекара, однако не ясно, как происходит увеличение массы БК. Из двух ныне существующих сценариев наиболее популярным является аккреционный, в котором масса БК растет за счет аккреции вещества звезды-донора в двойной системы. В альтернативном сценарии взрыв происходит в результате слияния двух БК в тесной двойной системе.

Сотрудники ИКИ РАН обратили внимание, что эти два сценария кардинально отличаются по уровню электро-магнитного излучения, предшествующего сверхновой. Хотя два белых карлика движущихся по Кеплеровским орбитам вокруг друг друга в компактной двойной

системе могут стать мощным источником гравитационных волн, электромагнитное излучение такой системы пренебрежимо мало вплоть до последнего момента, предшествующего слиянию и взрыву. В то же время БК, аккрецирующее вещество звезды донора является мощным источником мягкого рентгеновского излучения в течение ~нескольких миллионов лет *до взрыва* Сверхновой. Действительно, типичная масса углеродно-кислородного БК, сформированного в результате стандартной звездной эволюции составляет $\sim 0.6-0.7$ солнечной массы; она заведомо не может превышать $\approx 1.1-1.2$ солнечной массы. Поэтому для достижения предельной массы Чандрасекара БК необходимо аккрецировать более 0.2 солнечной массы вещества звезды донора.

Аккреция вещества нормальной звезды сопровождается термоядерным горением водорода на поверхности белого карлика, который становится источником мягкого рентгеновского излучения. Число таких источников в галактике пропорционально темпу вспышек Сверхновых типа Ia в ней и для типичной эллиптической галактики составляет $\approx 10^4$. Их совокупное излучение должно приводить к появлению яркого протяженного рентгеновского гало у эллиптических галактик.

Наблюдения внешних галактик орбитальными обсерваториями Чандра и Спитцер в рентгеновском и инфракрасном диапазонах спектра дают возможность проверить это предсказание аккреционного сценария. Используя эти данные для шести близких эллиптических галактик и балджа Туманности Андромеды было показано, что рентгеновская светимость протяженного излучения в них в $\sim 30 - 50$ раз меньше, чем следовало бы ожидать, если бы все Сверхновые Ia в этих галактиках были связаны со взрывами аккрецирующих БК при достижении ими массы Чандрасекара. Таким образом не более $\sim 5\%$ Сверхновых в таких галактиках образуются согласно аккреционному сценарию. Так как единственной альтернативой этому сценарию в настоящее время является слияние белых карликов, этот механизм, по-видимому, является главным в образовании Сверхновых типа Ia в эллиптических галактиках и балджах спиральных галактик.

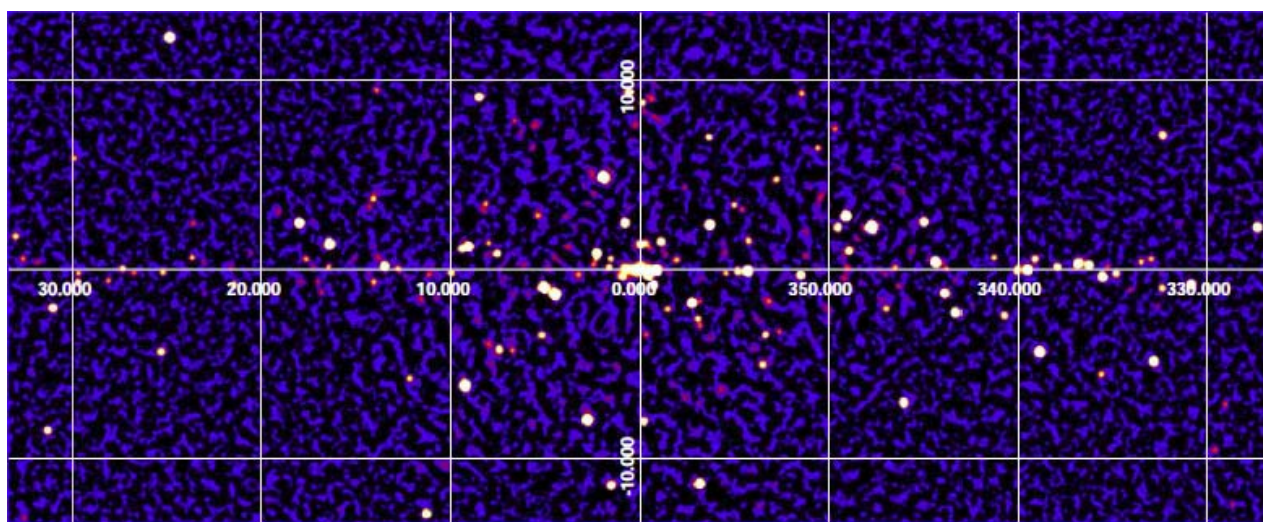


Изображение галактики Туманность Андромеды, построенное на основе оптических данных Digital Sky Survey (голубой цвет), обсерватории Спитцер в ближнем ИК диапазоне (красный) и рентгеновских данных обсерватории Чандра (желтый). Яркие компактные источники, хорошо заметные на рентгеновском изображении – это аккрецирующие нейтронные звезды и черные дыры звездной массы. Протяженное излучение является суммой вкладов излучения горячей ионизированной межзвездной среды с температурой несколько миллионов градусов и совокупного излучения слабых компактных источников. Их полная светимость в ~ 30 – 50 раз меньше ожидаемой в случае, если бы все вспышки Сверхновых типа Ia были связаны со взрывами аккрецирующих белых карликов в двойных системах.

4.Сверхчувствительный обзор неба в рентгеновских лучах, выполненный на обсерватории ИНТЕГРАЛ

Обсерватория ИНТЕГРАЛ провела первый полный и самый глубокий обзор неба в жестких рентгеновских лучах. Разработанный в ИКИ РАН и примененный к данным семи лет наблюдений новый метод картографирования неба позволил кардинально повысить чувствительность обзора и открыть ряд новых источников. Благодаря обсерватории, число известных аккрецирующих нейтронных звезд, черных дыр и белых карликов увеличилось в 2-2.5 раза - результат, который можно сравнить лишь с успехом первого рентгеновского спутника УХУРУ.

Орбитальная обсерватория ИНТЕГРАЛ провела первый полный и самый глубокий обзор неба и нашей Галактики в жестком рентгеновском диапазоне. Разработанный сотрудниками ИКИ РАН и примененный к анализу данных семи лет наблюдений новый метод картографирования неба, подавляющий систематические неопределенности, позволил довести чувствительность обзора до предельных теоретических значений, обусловленных лишь статистикой зарегистрированных фотонов, и открыть ряд новых источников. В результате наблюдений обсерватории число известных на небе жестких рентгеновских источников увеличилось в 2-2.5 раза - результат, который можно сравнить лишь с успехом первой рентгеновской обсерватории УХУРУ. Согласно опубликованному каталогу, обсерваторией ИНТЕГРАЛ зарегистрирован 521 источник, из которых 262 находятся в нашей Галактике или в галактиках Местной группы (в основном это - черные дыры, нейтронные звезды и белые карлики в двойных системах), 219 - внегалактические (сверхмассивные черные дыры в активных ядрах галактик), 40 источников все еще не отождествлены. Изучение статистических свойств обнаруженных источников даст важнейшие ограничения на модели эволюции двойных систем в галактиках.



Карта центральной области Галактики (65 град x 25 град), полученная с помощью телескопа IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ в диапазоне энергий 17-60 кэВ за 7 лет наблюдений. Неоднородности фона, связанные с «диффузным» излучением галактического балджа и приборной систематикой, удалены. Самые слабые источники имеют поток 0.26 мКраб, сильные - в 3000 раз больший.

Авторы: к.ф.-м.н. Р.А. Кривонос, д.ф.-м.н. М.Г. Ревнивцев, д.ф.-м.н. С.А. Гребенев, к.ф.-м.н. С.С. Цыганков, д.ф.-м.н. С.Ю. Сазонов, д.ф.-м.н. А.А. Вихлинин, д.ф.-м.н. М.Н. Павлинский, чл.-корр. РАН Е.М. Чуразов, академик Р.А. Сюняев
Опубликовано в:

1. R.Krivoson, et al. "INTEGRAL/IBIS 7-year All-Sky Hard X-ray Survey. I. Image reconstruction", *Astronomy and Astrophysics*, v. 519, p. A107, 2010.
2. R.Krivoson, et al. "INTEGRAL/IBIS 7-year All-Sky Hard X-ray Survey. II. Catalog of Sources", *Astronomy and Astrophysics*, v. 523, p. A61, 2010.