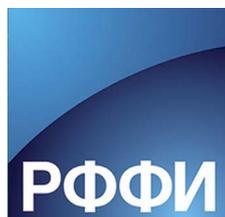




НОЦ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИКИ РАН

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ
КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**



**ХIII КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
ПОСВЯЩЕННАЯ ДНЮ КОСМОНАВТИКИ
МОСКВА ИКИ РАН 13 -15 АПРЕЛЯ 2016**

ЗАРЯД ПЫЛИ В ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПЫЛИ

Акимкин В.В.

Институт астрономии РАН, Москва

akimkin@inasan.ru

Маловероятно, что пыль в астрофизических условиях имеет нулевой заряд. Кулоновское взаимодействие качественно меняет характер роста и разрушения космической пыли. Дополнительно, магнитное поле и высокая степень ионизации среды могут также определять динамику заряженных пылинок.

Столкновения с электронами и ионами приводят к отрицательному среднему заряду пылинок в плотных и затененных областях протопланетного диска возле экваториальной плоскости. Фотоэлектрический эффект обеспечивает положительный заряд пыли в атмосфере диска, где важна ультрафиолетовая засветка центральной звездой и межзвездным полем излучения. Поверхность нулевых средних зарядов расположена на промежуточных высотах.

В данной работе представлен один из аспектов эволюции заряженной пыли в протопланетных дисках – ее коагуляция. Исследованы несколько механизмов зарядки пылинок, в частности, базовые – плазменная зарядка и зарядка за счет фотоэффекта. Показано, что кулоновское отталкивание одноименно заряженных пылинок приводит к существенному подавлению темпов коагуляции. Рост пылинок размером более ~ 10 мкм полностью останавливается из-за электростатического барьера. Для преодоления барьера требуются высокие относительных скорости столкновений пылинок, которые в дальнейшем приведут к катастрофической фрагментации макроскопических (~ 1 см) пылинок. Данное обстоятельство является нерешенной проблемой современной теории образования планет.

ПРОТОТИПЫ ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ IN SITU НА ПОСАДОЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ В МИССИИ EXOMARS (2018 г.)

Асеев С.А., Зайцев М.А.

Институт космических исследований РАН

Ser.aseev@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Герасимов М.В., к.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

При исследовании планет и малых тел Солнечной системы метод газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией позволяет проводить химический анализ летучих компонентов грунта и атмосферы, а также детектировать признаки органических соединений в широком диапазоне концентраций исследуемых проб.

В миссии «ExoMars» для Марсианского Газо-Аналитического Комплекса (МГАК) планируется исследование взаимодействий атмосфера-поверхность и степени активности пород поверхности Марса под воздействием УФ-излучения Солнца и других космических факторов. Главными задачами является измерение суточных и сезонных вариаций содержания воды, а также следовых летучих соединений и благородных газов в атмосфере приповерхностного слоя. Отдельное внимание уделяется таким газам как: Kr, Xe, CO и CH₄.

Главной сложностью для проведения данного эксперимента является наличие большого количества углекислого газа в атмосфере Марса (около 96%). Так как ставится задача исследования следовых компонентов, то необходимо обогатить исследуемую газовую пробу малыми компонентами (Kr, Xe, CO) и отсеять основные (CO₂). Это можно осуществить, применяя сложную систему адсорбционных накопителей (АН), основу которых будут составлять разные адсорбенты. В данном хроматографе планируется использовать три таких накопителя, каждый из которых будет нацелен на определенные газовые компоненты. Вторая задача, которую необходимо решить – это прокачка большого объема марсианской атмосферы (около 20 литров с учетом, что давление на поверхности Марса составляет около 5 мм.рт.ст.) через хроматографическую систему за относительно короткие времена. Для решения данной задачи планируется использовать лопастный насос, пример использования которого можно найти в экспериментах MEDUSA и GIADA, или его аналог.

Газохроматографический комплекс, разрабатываемый в ИКИ РАН для миссии «ExoMars» является аналогом аналитического комплекса эксперимента «АЛПОЛ» на посадочном аппарате «Луна-Ресурс» (2020 г.), который также нацелен на определение состава летучих веществ в грунте полярных областей Луны.

АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ МЕЖЗВЕЗДНОГО АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА КА IBEX НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Балюкин И.И., Измоленов В.В. , Алексахов Д.Б. , Катушкина О.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Институт космических исследований РАН, г. Москва

balyukin.ii@gmail.com

В 2015 г. были представлены первые количественные данные измерений потоков межзвездных атомов кислорода, третьего (после водорода и гелия) по космическому содержанию элемента в локальной межзвездной среде, на КА IBEX (Park et al., ApJS, 2015). Качественный анализ этих данных показывает, что наряду с первичными межзвездными атомами кислорода была также измерена вторичная компонента межзвездных атомов. Эта компонента образуется в окрестности гелиопазы из-за перезарядки межзвездных ионов кислорода с атомами водорода и ее существование в гелиосфере было ранее предсказано теоретически (Izmodenov et al, 1997).

Количественный анализ потоков межзвездного кислорода возможен только с помощью модели, которая учитывает как фильтрацию первичного и рождение вторичного межзвездного кислорода в области взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой, так и детальное моделирование движения межзвездных атомов внутри гелиосферы, учитывающее временную и гелиоширотную зависимость процессов ионизации и перезарядки на протонах солнечного ветра, а также силу солнечного гравитационного притяжения. В настоящей работе представлены результаты моделирования межзвездных атомов кислорода в области гелиосферного ударного слоя и внутри гелиосферы на основе новой трехмерной модели взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой (Izmodenov and Alexashov, 2015). Проводится сравнение результатов расчетов с данными, полученными на КА IBEX.

ЛИТЕРАТУРА

1. Park J. et al., Statistical analysis of the heavy neutral atoms measured by IBEX, ApJS, 2015
2. V.V. Izmodenov, Yu.G. Malama, R. Lallement, Interstellar neutral oxygen in a two-shock heliosphere, 1997
3. V.V. Izmodenov, D.B. Alexashov, Three-dimensional Kinetic-MHD Model of the Global Heliosphere with the Heliopause-surface Fitting, 2015

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Бардаков Н.Н.

Аспирант ФГБОУ ВО «Российский Государственный Гидрометеорологический Университет»
turmakil@mail.ru

Научный руководитель: Попова Е.С., д.г.н., зав. каф. МКОА

ФГБОУ ВО «Российский Государственный Гидрометеорологический Университет»

Пожары относятся к одному из основных опасных природных, а в последнее время природно-техногенных катастрофических процессов, влияющих на эколого-экономическое состояние значительных территорий. Так, в России, в активно охраняемом лесном фонде, ежегодно насчитывается 12-36 тыс. лесных пожаров, охватывающих площадь от 0,5 до 2,1 млн. га лесных земель, площадь гарей примерно в 5 раз превышает площадь вырубок [1]. Согласно статистике Минлесхоза средний размер ущерба от пожаров составляет 1350 миллионов рублей в год. Большую популярность получили методы выявления пожаров с использованием спутниковых снимков. Данный факт и обосновывает **актуальность** выбранной темы.

Целью данного исследования является обзор существующих методик выявления пожаров по спутниковым снимкам.

Алгоритмы на основе яркостной температуры. Существует 2 типа алгоритмов выявления пожаров: алгоритм фиксированных порогов (АФП) и контекстуальные алгоритмы (КА). АФП используют эмпирически определенные пороговые значения для распознавания пикселей с пожарами. Большинство АФП включает 3 основных этапа: 1) использование среднего ИК-канала для идентификации всех потенциальных пожаров; 2) использование теплового ИК для отсеивания пикселей с облаками; 3) вычисление разницы между яркостной температурой ранее использованных каналов для отсеивания пикселей с теплым фоном [2]. КА используют динамические подходы, основанные на различиях пикселей потенциальных пожаров и пикселей фона. Как правило, КА включают три основных этапа: 1) предварительно определенные пороговые значения, которые направлены на выявление потенциальных пожаров; 2) контекстуальные тексты, которые определяют пиксели потенциальных пожаров; 3) пороговые значения, отсеивающие ложные сигналы [3].

Выводы. Использование возможностей дистанционного зондирования имеет смысл при решении комплексных задач, связанных с выявлением и контролем динамики пожаров, а также оценкой их энергетических параметров.

Сканер, установленный на MODIS, наряду с AVHRR, имеет невысокое пространственное разрешение, однако большой набор спектральных каналов и широкая полоса обзора сделали эти датчики самыми распространенными источниками получения радиометрических данных.

В настоящее время реализован алгоритм автоматического выявления пожаров по снимкам MODIS – MOD14. Однако, пороговые значения, используемые в этом алгоритме не учитывают региональные особенности местности, что может приводить к существенному занижению вероятности обнаружения пожара на территории азиатской части России. Таким образом, остается открытым вопрос выявления пожаров на территории Сибири и Дальнего Востока. Исходя из данных сообщений необходимо модифицировать пороговые значения, сделав возможным их применение на указанной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87, 273–282.
2. Kaufman, Y.J., Tucker, C.J. and Fung, I., 1990, Remote sensing of biomass burning in the tropics. *Journal of Geophysical Research*, 95, pp. 9927–9939.
3. Li, Z., Cihlar, J., Moreau, L., Huang, F., & Lee, B. (1997). Monitoring fire activities in the boreal ecosystem. *Journal of Geophysical Research*, 102, 29611–29624.

ИЗУЧЕНИЕ МАРСИАНСКОГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА СПИКАМ-ИК НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ «МАРС-ЭКСПРЕСС»

Бецис Д.С.¹, Фёдорова А.А.¹, Монтмессан Ф.², Кораблёв О.И.¹, Берто Ж.-Л.²

¹Институт космических исследований РАН, dasha-integral@yandex.ru

²LATMOS-UVSQ/UPMC/CNRS

Научный руководитель: Фёдорова А.А., к.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

Знание свойств и распределения аэрозоля в атмосфере Марса очень важно для понимания ее динамики и климата планеты в целом. Имеется два типа частиц: минеральная пыль, поднятая с поверхности, и кристаллы льда (водяного или CO₂) сконденсировавшиеся на мелких пылинках. Поглощая и рассеивая солнечное излучение, аэрозоль влияет на температурный баланс, состав и другие свойства атмосферы. Изучение оптических свойств и распределений частиц может оказаться полезным не только для фундаментальной науки, но и для функционирования посадочных аппаратов и марсоходов на поверхности планеты.

Наблюдение солнечных затмений спектрометром SPICAM IR позволяет получать информацию о свойствах взвешенных частиц на высотах от 0 до 80 км. Космический аппарат Mars Express, на борту которого стоит этот прибор, работает на орбите Марса с 2004 года по настоящее время. Накоплен значительный наблюдательный материал за 6 марсианских лет (27–32 МУ), при этом прибор продолжает получать данные. Анализируя их, мы можем изучать пространственные, сезонные и межгодовые вариации марсианского аэрозоля, а также сравнить их с результатами существующих моделей общей циркуляции Марса. По восстановленным профилям экстинкции можно, решая обратную задачу, найти такие свойства рассеивающих частиц, как средний размер и концентрация.

Работая в диапазоне 1–1.7 мкм в режиме затмений, SPICAM IR не может различать природу частиц, то есть отделить частицы минеральной пыли от водяного льда. Однако это возможно сделать при анализе полученных результатов, сопоставляя характер профиля экстинкции и размер частиц. Наблюдения, которые будут осуществляться комплексом спектрометров ACS на борту орбитального зонда TGO в рамках миссии ExoMars-2016, являются продолжением изучения климатологии Марса. Поэтому методы обработки данных, применяемые для ИК-канала SPICAM, будут использоваться и для приборов TGO.

По построенным картам экстинкции можно видеть ее увеличение ближе к экватору и уменьшение к полюсам на каждой отдельно взятой высоте. Диапазон значений, которые измеряются методом солнечного просвечивания – от 0.0001 до 0.015 км⁻¹. Изменения экстинкции с высотой не всегда монотонны. Например, наличие облаков сопровождается увеличением экстинкции, что дает возможность выделить их. Во второй половине года (когда планета находится вблизи перицентра – сезон пылевых бурь) высоты, на которых наблюдаются значительные значения экстинкции (до 0.01 км⁻¹), достигают 50 км, тогда как в первой половине года редко оказываются выше 30 км.

Распределение по размерам в каждой конкретной точке считалось логнормальным, и его параметры считались в соответствии с теорией Ми рассеяния на сферических частицах. Эффективный радиус распределения варьировался в зависимости от высоты, сезона и природы частиц от 0.4 мкм до 1.2 мкм. Кристаллы льда, как правило, крупнее, чем минеральная пыль, и в конденсационных облаках их размер составлял 0.9–1.2 мкм. Мелкая (0.4–0.7 мкм) пыль наблюдалась вблизи полюсов. В первой половине года размер частиц меньше, чем во второй, и профили показывают лучшее согласие с данными климатической модели. Концентрация частиц оценивалась для различных эффективных вариаций распределения частиц, и также демонстрировала увеличение в сезон пылевых бурь.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Богачев А.М.

Студент ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

bogachev-al2012@yandex.ru

Научный руководитель: Крылов В.П., д.т.н.

ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,

v_p_krylov@vlsu.ru

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) полупроводниковой электронной компонентной базы (ЭКБ) давно и успешно используются для входного контроля и индивидуального прогнозирования надежности при разработке электронных средств космических аппаратов (ЭС КА) с длительными сроками активного существования на орбите. При этом применяются различные методы параметризации ВАХ, например, m -параметры, первые и вторые производные, а также другие запатентованные и описанные в литературе методы. В связи с появлением нового технологического оборудования с так называемыми «летающими» пробниками перечисленные методы нашли эффективное применение для внутрисхемного контроля собранных печатных узлов ЭС КА без подачи рабочего питания.

В докладе излагаются инженерные аспекты подготовки и результаты экспериментальной апробации подхода к параметризации ВАХ, основанного на аппроксимации локальных участков ВАХ полиномами Чебышева. В качестве параметров ВАХ при этом используются информативные коэффициенты разложения Чебышева, полученные с помощью известного метода минимизации величины экспериментального риска, позволяющего определить оптимальную степень аппроксимирующего полинома с учетом точности измерений. При этом одним из необходимых критериев информативности является статистическая разрешающая способность контроля, определяемая по результатам специального статистического эксперимента на партии ЭКБ и представляющая собой отношение среднеквадратичных отклонений технологической погрешности параметра (погрешности изготовления) и погрешности измерений. Для оценки указанного отношения достаточно определить коэффициент парной линейной корреляции между результатами основных и повторных измерений критериального параметра ЭКБ.

Решение проблемы поиска достаточных критериев информативности, как известно, связано с проведением трудоемких и длительных испытаний на надежность, что практически неприменимо к современной полупроводниковой ЭКБ высокой степени интеграции. Более простым решением является установление корреляции с известными критериальными параметрами, определяемыми по результатам испытаний тестовых элементов и структур. В качестве альтернативных подходов прорабатывается использование методов релаксационной спектроскопии глубоких уровней, принципиально позволяющих выйти на оценку характеристик технологических дефектов полупроводниковой структуры.

Для автоматизации эксперимента было разработано программное обеспечение измерительно-вычислительного комплекса, включающего аппаратные средства с компьютерным управлением через USB-интерфейс: блок питания АКПП-1119 фирмы ПРИСТ, мультиметр 34450А фирмы Agilent, климатическую камеру S-1.2B-3200 фирмы Thermotron Industries. Обсуждаются результаты экспериментальной апробации предлагаемого подхода на партии полупроводниковых стабилизаторов КД814 и перспективы использования различных вариантов двухполюсного подключения многовыводной полупроводниковой ЭКБ в широком диапазоне рабочих температур.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФЕМЕРИД И БИБЛИОТЕК SPICE ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОРБИТАХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ

Зубарев А.Э., Брусникин Е.С., Патратий В.Д.

Московский Государственный университет геодезии и картографии,
Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий,
e_brusnikin@miigaik.ru

Научный руководитель: Карачевцева И.П., к.т.н.

Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий, МИИГАиК

Возможность вычислений трехмерных координат космических аппаратов (КА) относительно объекта исследования является важной задачей, связанной с планируемыми российскими и международными космическими миссиями к планетам и спутникам Солнечной системы, включая Луна-Глоб и Луна-Ресурс, Бумеранг (Фобос), ExoMars (Марс). Для удобства расчетов нами разрабатывается веб-приложение для онлайн-вычислений и трехмерной визуализации положения и ориентации космического аппарата КА на орбите выбранного небесного тела в заданные моменты времени. При расчетах элементов внешнего ориентирования КА и, соответственно, параметров ориентирования космических снимков поверхности тел, полученных с помощью различных съемочных систем, используется программная библиотека SPICE (Satellite Planet Instrument C-matrix Events). SPICE (<http://naif.jpl.nasa.gov/naif/data.html>) содержит навигационные библиотеки и кернелы (ядра) для перехода между динамическими и фиксированными системами координат, а также используется для вычислительных операций при определении положения и ориентации КА на заданные моменты времени (Зубарев и Патратий, 2013). База данных и инструментарий SPICE обеспечивает возможность предварительных расчетов положений тел Солнечной системы в барицентрической системе координат, а также позволяет выполнять преобразования во множество других систем координат – инерциальные, планетоцентрические, жёстко связанные с вращением планеты (или спутника) вокруг собственной оси. Таким образом, определение элементов ориентирования является важной частью решения задач, в которых необходимо выполнение сложных вычислительных расчетов на основе знания положения и ориентации КА.

При реализации веб-приложения применяются различные математические методы: для моделирования прогнозной орбиты будущего КА используются методы небесной механики, а именно решение задачи двух тел при эллиптическом движении, описываемом уравнением Кеплера; для трехмерной визуализации положения на орбите с использованием определяемых параметров ориентации КА применяются методы проективной геометрии, включая визуализацию лучей съемочной камеры на трехмерную модель исследуемого тела. При определении трехмерных координат и ориентации КА на орбите тела будут выполняться расчеты положения и элементов ориентирования КА не только для текущих, но и уже завершившихся проектов на выбранное время в прошлом, а также моделирование на моменты времени в будущем – в целях обеспечения задач съемки поверхности для планирования космических миссий. При разработке веб-приложения используются методы математического моделирования и небесной механики, реализованные на наиболее развитых языках программирования (C++, HTML 5, CSS, JavaScript); для трехмерной визуализации – языки OpenGL и WebGL; программные библиотеки и навигационные данные SPICE – для расчетов положения и ориентации космического аппарата.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект «Разработка веб-приложения для расчетов и трехмерной визуализации положения космических аппаратов на орбитах небесных тел с использованием эфемерид и библиотек SPICE», №16-37-00319.

1. Зубарев А.Э., Патратий В.Д. Эффективный инструмент для обработки данных дистанционного зондирования небесных тел – SPICE. Изв. ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2013, № 1, с. 59-63.
2. SPICE: (<http://naif.jpl.nasa.gov/naif/data.html>)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИБОТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДЯНЫХ СПУТНИКОВ

Бутенко А.Э., Аксенов С.А.

Институт космических исследований РАН
МИЭМ НИУ ВШЭ

ostelite@gmail.com
aksenov.s.a@gmail.com

Научный руководитель: Аксенов С.А., к.т.н.

МИЭМ НИУ ВШЭ, Институт космических исследований РАН

Для исследования ледяных космических объектов, в первую очередь спутников Юпитера Ганимед и Европа, а также спутника Сатурна Энцелад, одной из важнейших задач является разработка устройства, способного проникнуть сквозь толщу льда. По ряду параметров (простота, надежность, малый вес) оптимальным для космических миссий представляется криобот – устройство, движущееся за счет плавления и силы тяжести.

Изучение движения криобота в зависимости от свойств переохлажденной среды, а также собственных рабочих параметров с целью оценки скорости, затрат энергии и других параметров осуществляется методами математического моделирования. В данной работе предлагается математическая модель движения криобота, движущегося с постоянной скоростью, основанная на теории «твердой воды». Численное моделирование, проведенное на основе предложенной модели позволяет провести оценку скорости проникновения и энергозатрат в зависимости от свойств льда, а также параметров устройства. Проведено сравнение полученных результатов с данными опытов.

НЕЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПАУНД-ДИФФУЗИИ ЧАСТИЦ В КВАЗИ-РЕГУЛЯРНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Сибатов Р.Т., Учайкин В.В., Бызыкчи А.Н.

Ульяновский государственный университет

azy.baza@gmail.com

Научный руководитель: Сибатов Р.Т., д.ф.-м.н.

Ульяновский государственный университет

В работе модифицируется модель компаунд-диффузии заряженных частиц в квази-регулярном магнитном поле с учётом аномально-диффузионного движения ведущего центра частиц вдоль магнитных линий и неброуновского характера движения самих линий. Подробно рассматривается продольное случайное блуждание с усеченными степенными пробегами ведущего центра для различных режимов (диффузионного, супердиффузионного, квазибаллистического). В аналитическом виде получены асимптотические решения, которые хорошо согласуются с результатами прямого моделирования методом Монте-Карло. Получено уравнение аномальной диффузии, вытекающее из интегрального уравнения и содержащее усеченную материальную производную дробного порядка. Масштаб усечения определяется отношением ларморовского радиуса частицы и длины когерентности турбулентного магнитного поля. Для частиц с различными энергиями диффузионные режимы на заданных пространственно-временных масштабах различаются. Блуждание силовых линий магнитного поля моделируется с помощью дробного броуновского движения. Вычисляются распределения поперечных (по отношению к направлению поля) смещений частиц.

Модель применяется к описанию потоков солнечных космических лучей (СКЛ). До недавнего времени предполагалось, что интенсивность СКЛ с хорошим приближением может быть описана с помощью диффузионного уравнения. Но экспериментальные данные [1,2] и прямое численное моделирование распространения частиц в присутствии магнитной турбулентности [3, 4, 5] показали существование аномальных режимов диффузии. Говоря об аномальной диффузии, предполагается, что для субдиффузионного и супердиффузионного случаев размер пакета растет со временем медленнее и быстрее соответственно, чем в нормальном (гауссовом) случае. Следует отметить, что результаты численного расчета предсказывали супердиффузию для продольного (по отношению к линиям магнитного поля) переноса частиц, который зависит от уровня турбулентности и её анизотропии. Отсутствие субдиффузионных режимов продольного переноса указывает на отсутствие событий локализации частиц при движении в межпланетных магнитных полях. Расчеты потоков электронов и протонов с использованием пропагатора, полученного из этого уравнения, согласуются с наблюдением не только асимптотического хвоста распределения потоков СКЛ [1], но и преасимптотической области.

Работа выполнена при поддержке министерства образования и науки РФ в рамках гос. задания 2014/296.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perri, S., & Zimbardo, G. (2007). Evidence of superdiffusive transport of electrons accelerated at interplanetary shocks. *Astrophysical Journal Letters*, 671(2), L177.
2. Perri, S., & Zimbardo, G. (2008). Superdiffusive transport of electrons accelerated at corotating interaction regions. *Journal of Geophysical Research*, 113(A3), A03107.
3. Qin, G., Matthaeus, W. H., & Bieber, J. W. (2002). Perpendicular transport of charged particles in composite model turbulence: Recovery of diffusion. *Astrophysical Journal Letters*, 578(2), L117.
4. Zimbardo, G., Pommois, P., & Veltri, P. (2006). Superdiffusive and subdiffusive transport of energetic particles in solar wind anisotropic magnetic turbulence. *Astrophysical Journal Letters*, 639(2), L91.
5. Pommois, P., Zimbardo, G., & Veltri, P. (2007). Anomalous, nonGaussian transport of charged particles in anisotropic magnetic turbulence. *Physics of Plasmas*, 14(1), 12311-12500.

МАГНИТОТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАТОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Вавилов В.Е.¹, Бекузин В.И.², Айгузина В.В.²

¹С.н.с кафедры электромеханика ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

²Инженеры кафедры электромеханика ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

s2_88@mail.ru, tiobaldo1@rambler.ru, vtipy@mail.ru

Электрическое питание научной аппаратуры и устройств искусственных спутников Земли (ИСЗ) в настоящее время осуществляется за счет солнечных батарей. Солнечные батареи – один из основных источников электрической энергии на борту космических аппаратах (КА): они работают долгое время без расхода каких-либо материалов, и в то же время являются экологически безопасными, в отличие от ядерных и радиоизотопных источников энергии. Однако при применении солнечных батарей в космосе возникает ряд проблем:

- необходимость применения систем ориентации ИСЗ или специализированных автономных электромеханических систем ориентации и разворачивания солнечных батарей;
- деградация солнечных батарей под действием метеорной эрозии, радиационного излучения, термических ударов из-за глубокого охлаждения конструкции на затенённых участках орбиты, нагрева на освещённых и наоборот;
- прекращение выработки электрической энергии при затмении солнечной батареи в результате маневров или входа в тень планеты;
- низкий КПД солнечных батарей.

Решением вышеуказанным проблем может быть применение оригинальной конструкции магнитотеплового генератора (МГ), разработанной авторами. Разработанный МГ может использоваться как в качестве альтернативы солнечным батареям или совместным с ними.

Принцип действия МГ основан на изменении магнитной индукции высококоэрцитивных постоянных магнитов (ВПМ) в зависимости от температуры. Диапазон рабочих температур высококоэрцитивных постоянных магнитов NdFeB от -60 до $+200^{\circ}\text{C}$, точка Кюри составляет $310-380^{\circ}\text{C}$. За бортом ИСЗ температура изменяется в широком диапазоне. Если ИСЗ не нагревается никакими источниками, то температура за бортом не будет ниже температуры реликтового излучения (около -270°C). Если на ИСЗ попадают солнечные лучи, то температура может подниматься выше $+100...+150^{\circ}\text{C}$. Частота вращения ИСЗ вокруг своей оси варьируется от 2 до 12 оборотов за минуту, т.е. на внешней стороне ИСЗ температура при вращении будет изменяться.

В результате проведенных расчетов с помощью методов математического анализа и компьютерного моделирования удельная мощность МГ на 1 кг массы составила 6,4 Вт, на 1 м^2 площади – 450 Вт, КПД – 33%. В качестве сравнения рассмотрены солнечные батареи на основе фотоэлектрических панелей GaAs/Ge, для которых удельная мощность для системы электроснабжения в целом на 1 кг массы составляет 6,25 Вт, удельная мощность на 1 м^2 площади – 297 Вт, КПД солнечных батарей – не более 20%.

Из полученных данных можно сделать вывод, что МГ превосходит солнечные батареи по удельной мощности и КПД и может применяться в ИСЗ в качестве альтернативы солнечным батареям. Применение его позволит повысить энергооборуженность ИСЗ и отказаться от применения сложных систем ориентации и разворачивания.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ПРИБОРА ТА-Л ПРОЕКТА «ЛУНА-РЕСУРС»

Васильева А.С., Сапгир. А.Г., Зайцев М.А.

Институт космических исследований РАН

vasiljeva@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Герасимов М.В., к. ф.-м. н.

Институт космических исследований РАН

В рамках проекта «Луна-Ресурс» в ИКИ РАН был разработан эксперимент АЛПОЛ (анализ летучих в приполярных областях Луны). Он нацелен на анализ летучих (таких, как CO_2 и H_2O), содержащихся в реголите Луны методом хромато-масс-спектрометрии.

Винструментальную базу эксперимента входит термический анализатор ТА-Л и хромато-масс-спектрометрический комплекс. Прибор ТА-Л позволяет проводить термическую декомпозицию образцов реголита Луны, сопровождающуюся высвобождением газовых компонент, которые в дальнейшем исследуются хромато-масс-спектрометрическим комплексом. ТА-Л оборудован 8-ю высокотемпературными ячейками для анализа связанных летучих компонент, и одной низкотемпературной ячейкой для анализа вмерзших в реголит летучих. Данная работа посвящена исследованию аналитических возможностей и отработке методики термического анализа с помощью высокотемпературных ячеек.

Для калибровок взяли порошок карбоната магния в смеси с прокаленным кварцем (0,1–10 %-мас. MgCO_3 в SiO_2). Испытания проводили по двум методикам. По первой методике ячейку с навеской смеси помещали в вакуумную камеру и её внутренний объём был открыт на вакуум таким образом, что весь выделяющийся при пиролизе газ свободно покидал ячейку. По второй методике внутренний объём ячейки был изолирован от вакуума, и через неё устанавливался поток гелия 2–3 мл/мин (давление 500 мбар абс.). Образец нагревали до 800°C за счет линейного роста тока нагревателя ячейки. При этом должен был наблюдаться эндотермический эффект реакции разложения карбоната. В первом случае ожидания подтвердились: на кривых виден отрицательный сигнал. Во втором случае был зафиксирован положительный сигнал, соответствующий экзотермическому эффекту, причем его величина в несколько раз превышала расчетное значение энергии реакции.

Мы предположили, что этот эффект возникает в результате выделения CO_2 при термическом разложении карбоната, из-за чего изменяются теплопроводность среды и параметры теплообмена. За счет этого эффекта чувствительность ячейки при использовании второй методики на 1–2 порядка выше, чем при использовании первой. Для проверки провели серию калибровочных измерений с разными газами: CO_2 , Xe, Ar, Kr, N_2 , CH_4 . Проба газа вводилась в поток гелия с помощью крана-переключателя и мерной петли.

Выяснилось, что амплитуды сигналов, соответствующих разным газам, введенным при одинаковом объеме и одинаковых условиях, отличаются друг от друга, но не столько от теплопроводности, а сколько от плотности газов или их молярной массы. Чем тяжелее газ, тем сильнее сигнал. По форме зависимость напоминает логарифмическую функцию.

Для сравнения брались навески смесей карбоната магния и кварца эквивалентные объему CO_2 , вводимого в ячейку. Навеска карбоната 1%-й смеси, эквивалентная выделению 100 и 50 мкл газа обеспечивает уровень сигнала в 2 раза меньший, чем при вводе чистого CO_2 . Этот же эффект наблюдается при разбавлении карбоната кварцем.

Предварительные эксперименты с веществом показали, что чувствительность ячейки позволяет определить карбонат магния в 1%-й смеси в навеске массой 0,0188 г (эквивалент выделению 50 мкл CO_2). Даже при таких малых навесках погрешность измерений не превышает 10%, чего при ранних экспериментах не наблюдалось даже для больших навесок.

Далее для приближения эксперимента к реальным условиям планируется провести исследования с гидратированными породами, а также моделью лунного реголита.

МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННО-НЕЛОКАЛЬНОЙ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДИФФУЗИИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Сибатов Р.Т., Васильева П. Г.

Ульяновский государственный университет

Научный руководитель: Сибатов Р.Т., д.ф-м.н.

Ульяновский государственный университет

Для описания энергетического спектра, анизотропии и химического состава галактических космических лучей (ГКЛ) часто привлекается модель нормальной диффузии [1]. Так уравнение диффузии лежит в основе современных программных комплексов для описания свойств ГКЛ (GalProp, Dragon, Usine). Коэффициент диффузии обычно задается зависящим от энергии по степенному закону. При этом часто отмечаются и недостатки диффузионного подхода для описания движения релятивистских частиц: сверхсветовые скорости, отсутствие перехода к баллистическому транспорту при больших энергиях и др. С другой стороны Лагутиным и Учайкиным [2] была введена модель аномальной диффузии КЛ на основе уравнения с операторами дробного порядка, согласующаяся с рядом наблюдений. В основе модели лежит процесс случайных блужданий с непрерывным временем, который предполагает асимптотически степенные распределения пробегов и времён локализации. Введение нелокальных операторов связано с турбулентным характером межзвездного магнитного поля, ускоряющим диффузию. Впоследствии [3] было дано релятивистское обобщение этой модели и учтена ограниченность скорости распространения.

В данной работе предложена модификация, согласующая обе модели: гауссову и аномальную диффузию. Она основана на введении усеченных степенных распределений пробегов и времен локализации $p(x) \propto x^{-\alpha} e^{-x}$. Введение усечения приводит к тому, что все моменты распределений пробегов существуют и в асимптотике больших времен; наблюдается переход статистики Леви в гауссову. Параметр усечения $\gamma(E)$ зависит от энергии, и эта зависимость согласована с энергетической зависимостью коэффициента диффузии в классических моделях и экстраполирована на случай больших энергий до 10^{18} ГэВ.

С помощью предложенной модели рассчитывается энергетический спектр протонов. Крупномасштабное распределение остатков сверхновых в Галактике моделируется согласно наблюдаемому распределению пульсаров с учетом и без учета спиральной структуры галактики. Для расчета применяется формализм пропагаторов (функций Грина), выражающихся через усеченные дробно-устойчивые распределения [4]. Модель согласуется с интерпретацией излома в спектре в рамках концепции магнитного (стохастического) удержания частиц КЛ в Галактике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blasi P., Amato E. // J. Cosmology Astroparticle Phys. 2012. V.010. P.011.
2. Lagutin A. A., Uchaikin V. V. // arXiv preprint astro-ph/0107230. 2001.
3. Uchaikin V. V., Sibatov R. T. // Gravitation and Cosmology. 2012. P. 122.
4. Учайкин В.В. // УФН. 2013. Т.183(11). С. 1175.

МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО КОЛЛАПСА ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Вертоградов В.Д.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

vdvertogradov@gmail.com

Научный руководитель: Гриб А.А., доктор ф.-м.н.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

Рассматриваются модели сферически-симметричного гравитационного коллапса идеальной жидкости. Известно, что в процессе коллапса звезда излучает, следовательно, геометрия описывающая внешность звезды уже не может быть решением Шварцшильда. Необходимо рассмотреть дополнительный слой, так называемую зону радиации, которая описывается метрикой Вайдья. Известно, что метрика Вайдья гладко сшивается с решением Шварцшильда, поэтому, остается рассмотреть вопрос о сшивке метрики Вайдья с внутренним решением.

В работе, рассматривался гравитационный коллапс идеальной жидкости для некоторых уравнений состояния и при определенных упрощениях. Были получены решения, описывающие внутренность коллапсирующего тела. Эти решения также удовлетворяют условиям сшивки с внешней метрикой Вайдья.

КИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАБЛЮДЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖГУТОВ В МАГНИТСОФЕРНОМ ХВОСТЕ ЗЕМЛИ

Виноградов А.¹, Васько И.², Артемьев А.², Юшков Е.^{1,2}

¹Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Физический факультет

²Институт Космических Исследований РАН

isashavinogradov@gmail.com

Научный руководитель: Е. Юшков, к.ф.-м.н.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Физический факультет
Институт Космических Исследований РАН

В работе представлены наблюдения аппаратом Cluster двух различных типов магнитных жгутов, формирующихся в магнитосферном хвосте Земли при пересоединении магнитных силовых линий в токовом слое. В наблюдаемых магнитных жгутах магнитное поле в направлении утро-вечер (магнитное поле B_y) имеет либо колоколообразный, либо бифурцированный профиль. Построены кинетические модели магнитных жгутов, которые описывают различные типы магнитных жгутов и предсказывают, что ток переносится пучками электронов. Проведено сравнение с данными аппарата Cluster.

ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ ЛОКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ОЧАГА

Волгин М.Н.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН

Научный руководитель: Новик О.Б., д.ф.-м.н.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова РАН

Магнитная локация сейсмического очага (МЛСО) была впервые осуществлена Ю.А. Копытенко с сотрудниками (С.-Птб. Филиал ИЗМИРАН). Измеренное набором магнетометров в сейсмичном регионе западной тихоокеанской субдукционной зоны магнитное поле было визуализировано с помощью стрелок (геометрический образ поля), что позволило оценить азимут и координаты источника сейсмически генерированной электромагнитной эмиссии. Предлагаемая математическая модель МЛСО основана на:

1. данных МТЗ о типичности в сейсмичных зонах литосферы низкоомных структур (характерный порядок размеров и глубин 10 км при электропроводности порядка 0.1 См/м), созданных поднятием из астеносферы в кору флюидов с расплавами металлов по многочисленным трещинам, возникшим из-за активного тектонического режима (геологическая теория металлогенеза);
2. применении принципов теории магнито-термоупругости для описания сейсмо-электромагнитного (ЭМ) взаимодействия в зонах литосферы с низкоомными структурами.

В работе предполагается, что относительно слабые, т. е. упругие, сейсмические волны могут возникать в результате локальных сбросов напряжения, так как монотонный рост деформаций по всей зоне подготовки землетрясения едва ли возможен. Действительно, характерный размер таких зон имеет порядок 1000 км. Поэтому для сейсмо-мониторинга должны применяться наземно-космические комплексы (НKK). Для проектирования НKK сейсмо-мониторинга необходимо количественное описание взаимодействия геофизических полей разной природы, формирующих сигналы-предвестники землетрясения. Предвестники формируются при деформация упомянутых низкоомных структур волнами сброса напряжения в присутствии геомагнитного поля, что может приводить к сейсмо-ЭМ эмиссии с поверхности сейсмичных регионов Земли. Измерение градиентов магнитных компонент этой эмиссии группой магнетометров дает оценку азимута и координат источника эмиссии в очаговой зоне, т. е. МЛСО.

Излагаемый здесь подход к теории МЛСО основан на том, что предвестники землетрясений формируются упруго-ЭМ-тепловым (УЭМТ) взаимодействием полей в зонах литосферы с низкоомными структурами в качестве сейсмо-ЭМ преобразователей. УЭМТ-взаимодействие геофизических полей можно назвать и струнно-диффузионным взаимодействием, так как упругой компоненте взаимодействия соответствует 3Д-струна сейсмичной области литосферы, а ЭМ-тепловой компоненте взаимодействия соответствует диффузия. Имеется ввиду не только диффузия при теплопроводности, но и ЭМ диффузия, так как ЭМ процесс описывается в данном случае в диффузионном приближении. Это приближение оправдано, так как токи смещения пренебрежимо малы по сравнению с токами проводимости для рассматриваемых здесь низкочастотных процессов (0.01–100 Гц) в сейсмичной литосфере с типичной электропроводностью более 0.0001 См/м.

С целью количественного описания УЭМТ-взаимодействия, в публикациях сотрудников лаборатории №337 «Динамика системы литосфера-гидросфера-атмосфера», ИЗМИРАН, была развита математическая теория корректной разрешимости начально-краевых задач неклассических струнно-диффузионных систем дифференциальных уравнений и их дискретизаций (алгоритмов). В изложенных физико-математических рамках в докладе рассматривается и основанное на УЭМТ-взаимодействии явление магнитной локации сейсмического очага (МЛСО). Приводится математическая модель МЛСО и численное описание основных стадий этого процесса, сопровождаемое компьютерной графикой. Автор благодарен своему научному руководителю зав. лабораторией №337 д.ф.-м.н. Новик О.Б. за постановку задачи и внимание к работе.

НЕОБЫЧНАЯ КРИВАЯ БЛЕСКА ОПТИЧЕСКОГО ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 141121A

Вольнова А.А.

Институт космических исследований РАН

alinusss@gmail.com

Научный руководитель: Позаненко А.С., к.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В докладе представлены наблюдения гамма-всплеска GRB 141121A, расположенного на расстоянии, эквивалентном красному смещению $z = 1.469$. На кривой блеска оптического послесвечения GRB 141121A имеется эпизод значительного ахроматичного поярчения, сопровождаемый несколькими более короткими и более слабыми эпизодами поярчения более чем через 60 дней после начала всплеска. Обсуждаются возможные причины необычного поведения кривой блеска послесвечения.

ПЯТНА И АКТИВНОСТЬ КАРЛИКА СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА M KIC 1572802

Гладилина Н.Г.¹, Саванов И.С.¹, Дмитриенко Е.С.²

¹ Институт астрономии РАН,

² Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ

natagladilina@gmail.com

Научный руководитель: Саванов И.С., д.ф-м. н.

Институт астрономии РАН

На основе наиболее полного наблюдательного материала, полученного с космическим телескопом Кеплер, была исследована фотометрическая переменность карлика спектрального класса M KIC 1572802. По 59488 единичным измерениям блеска за интервал наблюдений в 1460 суток (почти 4 года) рассчитаны спектры мощности, которые указали на достаточно сложный характер изменений блеска звезды. Предполагается, что два пика, соответствующие величинам в 0.37088 и 0.37100 суток, связаны с наличием активных областей на различных широтах у дифференциально вращающейся звезды. Получены карты поверхностных температурных неоднородностей, по которым были определены положения активных областей. Анализ карт указал, на переключение положений активных долгот, произошедшие на 590 сутки с момента начала наблюдений. Проведен анализ изменений положений активных областей. Впервые с высоким временным разрешением наблюдалось кратковременное событие смены долгот, занимавшее около 7 суток, после которого последовало основное событие флип-флопа. Доля поверхности KIC 1572802, покрытая пятнами (S), составляет порядка 7%. Сопоставление с литературными источниками показало, что найденная нами для KIC 1572802 величина S значительно превосходит среднюю запятненность звезд в температурном диапазоне 3500-4500 КК, что можно рассматривать, как указание на повышенную активность KIC 1572802. Были выполнены оценки параметров дифференциального вращения звезды. По нашей оценке KIC 1572802 имеет параметр $\Omega=0.0056\pm 0.0010$; он существенно меньше солнечной величины, но сопоставим с результатами для двух холодных карликов HK Aqr и EY Dra. Найдено значение числа Россби $R_0=0.011$, которое указывает, что объект находится в области насыщения на диаграмме, связывающей параметры R_0 и рентгеновскую светимость. При столь малом значении R_0 у KIC 1572802 следует ожидать присутствие магнитного поля порядка нескольких десятков и даже сотен Гс.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ В ERDAS IMAGINE. ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ

Гомончук А.В.¹, Ермакович В.Р.², Саечников В.А.², Топаз А.А.²

¹Белорусский государственный университет, студент

²Белорусский государственный университет

leksa.gomonchuk@gmail.com

Научный руководитель: Ермакович В.Р., старший преподаватель

Белорусский государственный университет

Эффективность использования материалов ДЗЗ зависит не только от особенностей исходного снимка, но и от принятой методики работы с ним и применяемых методов обработки. Для каждой задачи существуют определенные нюансы, и методику обработки снимков нужно подбирать, учитывая их. Именно поэтому изучение и классификация методов обработки является актуальной задачей.

Все методы обработки изображений ДЗЗ можно разделить на две основные группы: улучшение изображений (геометрическая, радиометрическая и яркостная коррекции) и тематическая обработка изображений (интерпретация).

В результате геометрической коррекции происходит координатная привязка изображения, а затем снимок трансформируется в заданную проекцию. Существуют также методы привязки путем автоматизированного цифрового трансформирования координат, такие как аффинная и полиномиальная модели преобразования и модель «резинового листа». В Erdas Imagine для геометрической коррекции изображений используется модуль DataPrep (раздел Image Geometric Correction).

Радиометрическая коррекция устраняет такие дефекты, как сбойные пиксели, выпадающие строки, полосатость, искажения, вносимые атмосферой. Существует два основных подхода к радиометрической коррекции: с использованием корректировочных таблиц, статистический. В Erdas Imagine для радиометрической коррекции изображений используется модуль ImageInterpreter (раздел Radiometric Enhancement).

Яркостная коррекция улучшает визуальное восприятие изображения путем настройки яркости и контраста. Методы яркостных преобразований: преобразования панхроматических снимков (фильтрация, квантование, цветокодирование); преобразования монохроматических снимков (синтез цветного изображения, преобразование Каута-Томаса, метод главных компонент).

Еще одним часто применяемым методом преобразования монохроматических снимков является создание «индексных» изображений. Большинство индексов направлены на отделение зеленой вегетирующей растительности от других объектов (почва, вода). Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных участках кривой спектральной отражательной способности растений – в ближней инфракрасной и красной области спектра. В Erdas Imagine для яркостной коррекции и расчета вегетационных индексов используется модуль Image Interpreter (раздел Spectral Enhancement). В данном модуле реализованы алгоритмы расчета таких вегетационных индексов, как например Veg. Index, NDVI, TNDVI. Из них наиболее популярен нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI. Значения индекса лежат в пределах от -1 до +1. Растительность характеризуется положительными значениями индекса, и чем больше значение индекса, тем больше ее фитомасса. Также на значения индекса влияет вид растительности, ее состояние. Отрицательные значения индекса соответствуют водным объектам.

В докладе приводятся результаты обработки снимков с БКА (Белорусского космического аппарата) и оценка вегетационного индекса растительности NDVI за разные периоды времени для этих снимков. Обработка и оценка индекса проводились в Erdas Imagine.

СВЕЧЕНИЕ КИСЛОРОДА НА НОЧНОЙ СТОРОНЕ ВЕНЕРЫ В ПРИЛОЖЕНИИ К ДИНАМИКЕ ВЕРХНЕЙ МЕЗОСФЕРЫ

Горинов Д.А.

Институт космических исследований РАН

gorinov-dmitry@yandex.ru

Научный руководитель: Засова Л.В., д.ф-м.н.

Институт космических исследований РАН

Кислород в атмосфере Венеры формируется на дневной стороне на больших высотах благодаря фотодиссоциации CO_2 и переносится атмосферной циркуляцией на ночную сторону. Свечение на длине волны 1.27 мкм происходит в результате перехода O_2 из возбужденного электронного состояния $a^1\Delta_g$ в основное состояние $X^3\Sigma_g^-$. Таким образом, свечение является важным индикатором режима циркуляции атмосферы на высотах 90-100 км.

В данной работе рассматривается распределение кислорода на ночной стороне по надирным (южное полушарие) и лимбовым (северное полушарие) измерениям инфракрасного канала М прибора VIRTIS (КА «Венера-Экспресс»).

После обработки 867 кубов данных (718 в надирной моде и 149 в лимбовой) был проведён следующий анализ:

- Сравнение свечения между северным и южным полушарием
- Изменение свечения с течением времени
- Сравнение с топографией поверхности Венеры
- Сравнение с картами распределения скоростей ветра
- Анализ появления двойных пиков (в вертикальном профиле) свечения кислорода

Полученная усреднённая карта распределения свечения O_2 указывает на сложный характер циркуляции в этой переходной области атмосферы. Максимум усреднённого свечения приходится на антисолнечную точку, что указывает на доминирование SS-AS (subsolar-antisolar) режима циркуляции. Тем не менее свечение имеет высокую вариативность, и максимум свечения на разных изображениях может оказываться как до, так и после полуночи по местному времени. Средняя интенсивность свечения до полуночи (0,43 МРл) превышает таковую после полуночи (0,26 МРл) - эффект, обратный тому, какой мог бы наблюдаться в случае присутствия на этих высотах зональной суперротации. На наблюдаемое явление может оказывать волновая активность с диагональным фронтом, что хорошо наблюдается по многим изображениям.

ЭВОЛЮЦИЯ ЦИКЛОТРОННОЙ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИСТОЧНИКА GX 304-1

Горностаев М.И.^{1,2}, Постнов К.А.^{1,2}

¹Физический факультет МГУ

²Государственный астрономический институт им. Штернберга МГУ

mgornost@gmail.com

Научный руководитель: Постнов К. А., д. ф.-м. н.

Физический факультет МГУ

Государственный астрономический институт им. Штернберга МГУ

Излучающие области аккрецирующих рентгеновских пульсаров в зависимости от темпа аккреции формируются в двух режимах. Пока темп аккреции на один полюс не превышает критического значения $\sim 10^{17}$ г/с, торможение аккрецируемой плазмы осуществляется посредством кулоновских взаимодействий вблизи поверхности нейтронной звезды. При более высоких темпах аккреции рождающиеся у основания аккреционной колонки фотоны торможения происходят над магнитными полюсами в радиационно-доминированной ударной волне.

В настоящем исследовании интерпретируется поведение (в зависимости от темпа аккреции) характеристик циклотронной особенности (энергия, ширина и глубина) на примере наблюдений рентгеновского источника GX 304-1, светимости которого указывают на реализацию кулоновского режима аккреции. Формирование циклотронной особенности в этой ситуации осуществляется посредством резонансного электронного рассеяния тепловых фотонов, рождающихся у основания зоны торможения. При этом энергия, ширина и глубина линии определяются двумя характерными масштабами задачи: длиной торможения протонов (определяется электронной плотностью в области формирования линии) и толщиной резонансного слоя (определяет число рассеяний фотона до выхода из линии).

Указанные величины изменяются с темпом аккреции, поэтому в зависимости от последнего линия формируется в магнитном поле разной величины. Поскольку высота излучающей области в режиме кулоновского торможения уменьшается с темпом аккреции, энергия линии возрастает. Ширина линии, определяемая возрастающим с темпом аккреции u -параметром комптонизации, также растет, а глубина (относительный поток) – уменьшается вследствие увеличения числа рассеяний при возрастании плотности.

Таким образом, на основе физических соображений с точностью до постоянных коэффициентов получены выражения для энергии, ширины и глубины циклотронной линии как функций темпа аккреции и, следовательно, наблюдаемого от источника потока. Фитирование по полученным формулам указывает на хорошее согласие с наблюдательными данными.

ПРОЕКТ КРАУДСОРСИНГОВОГО ИНЖИНИРИНГА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОРБИТАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПЕРЕЖИВАЮЩИМИ СЛАЙСАМИ ТКАНИ И КУЛЬТУРОЙ НЕРВНОЙ ТКАНИ В УЛЬТРАКОМПАКТНЫХ БИОСПУТНИКАХ В ФОРМАТЕ «CUBESAT» С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ЛАБОРАТОРИЯМИ НА ЧИПЕ

Градов О.В.¹, Шевченко Д.А.², Яблоков А.Г.³

¹Институт Энергетических Проблем Химической Физики им. В.Л. Тальрозе РАН, Москва

²Научно-исследовательский институт молекулярной электроники, Зеленоград

³Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова

Проблема синхронного мониторинга электрофизиологических характеристик и динамики морфогенеза нервной ткани в космических условиях в реальном времени может быть решена только в условиях специализированных биоспутников, обладающих одновременно: системой электрофизиологической регистрации с применением радиационно-стойкой элементной базы и счетчиков повторений, контролирующих и элиминирующих эффект элементарных частиц – SEU (single event upsets), что особо важно при исследовании становления каналама клеток с использованием методов локальной фиксации потенциала, в том числе одиночных каналов; системой позиционно-чувствительной визуализации; системами поддержания стационарных условий среды (термо-, баро-, газо-, хемо- статическими). Классические биоспутники, схемы и габариты которых разрабатывались для размещения животных, велики для работ на ткани, но часто несут на себе в качестве дополнительной полезной нагрузки «микроэксперименты» с небольшими биологическими объектами или образцами. Вместе с тем, специализированно под задачи динамического исследования морфогенеза *in situ* аппараты не запускались.

Вместе с тем, стоимость запуска одиночного биоспутника чрезвычайно велика. Известно, что один запуск спутников посредством ракетносителя «Протон-М» ещё недавно стоил 70 млн. долл., «Falcon» (Space Exploration Technologies, США) – 50-60 млн. долл., а «Ariane 5» – около 100 млн. евро. В связи с этим даже совмещение множества экспериментов на едином в плане запуска биоспутнике не удешевляет каждый из экспериментов до уровня превращения в рутинную процедуру в соответствующей отрасли биологии. Космическая гистоморфология и космическая цитофизиология, если можно так охарактеризовать соответствующие отрасли, до сих пор не являются доступными для регулярного исследования. Сроки же в 4 и более лет от запуска до запуска биоспутника (и отсутствие гарантии продолжения проекта, начатого на предшествующем запуске, через много лет) являются явно неудовлетворительными в целом, так как научная ценность информации после такого периода стирается, а кадры переходят на новый уровень либо деквалифицируются, что усложняет воспроизводимость результатов. На данный момент, учитывая сложную экономическую ситуацию и деградацию промышленных мощностей в ряде ключевых для космической отрасли позиций, надеяться на стереотипное и связанное с увеличением финансирования решение проблемы в РФ не приходится.

В связи с этим закономерно возникает потребность в диверсификации направлений НИР с использованием биоспутников, позволяющей решать утилитарные, не связанные с большими проектами задачи утилитарными средствами малой космической техники. Очевидно, что ряд измерений в культурах клеток и тканей, а также на переживающих эмбриональных слайсах, в лабораторных условиях не требуют больших экспериментальных установок и могут быть в большинстве случаев реализованы в формате лабораторий на чипе. Микроминиатюризацией лабораторий на чипе можно субституировать большие системы обеспечения стационарности среды и многоканальных измерений, в том числе – реализуя весь набор функций в формате гибридных схем / микросборок. Такие лаборатории на чипе могут быть встроены в модули в стандарте «CubeSat» (а для тестовых запусков и отработки герметичности при атмосферном спуске – даже в элементарную для сборки геометрию и параметризацию «CanSat»). В случае, если не считать тестовых запусков, следует отметить, что штатная стоимость запуска одного «CubeSat» оценивается в сумму от 20 тыс. долл. до 80 тыс. долл. Таким образом, реализуема возможность удешевить работы в области космической клеточной биологии на три порядка. Учитывая возрастающую популярность «CubeSat» для создания университетских спутников, а также тенденцию к микроминиатюризации спутников (так что в контейнерной локализации одного «CubeSat» можно уместить несколько спутников с большей микроминиатюризацией / степенью интеграции), можно предполагать удешевление запуска ещё почти на порядок.

Очевидно, что, в силу параметрической стандартизации геометрии «CubeSat», техпроцесс также упрощается и удешевляется, равно как и уменьшается время проектирования, которое, к тому же, при использовании стандартных файлов-заготовок, становится доступным многим коллективам неспециалистов в областях космического машиностроения и приборостроения. Многие зарубежные коллективы уже сейчас предоставляют файлы САПР (CAD, CAM, CAE) для создания «CubeSat» («CubeSat Kit» - URL: <http://www.cubesatkit.com/content/design.html>; см. также <https://grabcad.com/library/tag/cubesat>). Поэтому основную трудность представляет, в сущности, не каркас, а наполнение. Известны несколько десятков типов морфологических / морфофизиологических измерений тканей в геометрии «lab-in-a-box», «lab-on-a-chip» и «lab-on-a-tube», представляющих собой единственно соответствующие габаритам пикоспутников системы интегрированного сбора данных и поддержания жизнедеятельности. В связи с этим задача проектирования эксперимента для «CubeSat», по большей части, сводится к проблеме приспособления лабораторий на чипе и их вышеуказанных аналогов к работе в невесомости, в условиях повышенного радиационного \ корпускулярного фона (в аспекте реакции на single event upsets), при необходимости поддержания газовой-химической обстановки в их заданном объеме, содержащем живой биологический микропрепарат. Весьма интересные особенности поведения биологических жидкостей и одиночных структур в невесомости, описанный ранее в литературе, дают возможность предсказать вариации возможных наблюдаемых эффектов, а также заложить адекватную физику в симуляции нештатных процессов. Хотелось бы особо подчеркнуть, что для этого не требуется использования специализированных конструкторов космической техники, так как более, чем в десятке общедоступных САПР есть возможность такой «прогонки».

Нами был инициирован проект краудсорсингового конструирования лабораторий на чипе для космической биологии, интегрирующий возможности более, чем половины из указанных САПР, а также ряд методов вычислительного эксперимента, реализуемых с использованием стороннего ПО. В качестве опорного модуля согласования спорных позиций избран семинар в формате мозгового штурма. На этапе тестирования проекта результирующие файлы начали выкладываться на доступном участникам FTP-сервере. Впоследствии, при успешности этого проекта (определяющейся, увы, более материальными, чем интеллектуальными факторами), планируется создание специализированного сетевого ресурса открытого доступа для данных целей. В качестве средства позиционирования технической новизны краудсорсинга выбрано know-how и индексирование в качестве внутренних отчетов (с присвоением DOI и баркода). Мы благодарим наших коллег из Казани и Пущино за стимуляцию работы в данном тренде и участие в разработках и УМШ, надеясь, на поздних стадиях, предложить коллегам-биологам новый технико-методический взгляд на проектирование экспериментальных биоспутников.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ АЛЬБЕДО У ЭКЗОПЛАНЕТ — «ГОРЯЧИХ ЮПИТЕРОВ»

Граужанина А.О., Валявин Г.Г.

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН)

racwet@yandex.ru

Научный руководитель: Валявин Г.Г.

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН)

Нами был разработан метод и соответствующая стратегия для спектрального исследования альбедо у экзопланет гигантов – горячих юпитеров, вращающихся близко к родительской звезде. Этот метод позволяет изучать орбитальное движение планет и следить за изменчивостью их фаз. Параметры орбиты и другую важную информацию об экзопланете также можно получить в рамках данной методики.

Для демонстрации применимости метода мы моделировали солнцеподобный спектр родительской звезды HD 189733, который содержит слабый отраженный спектр от типичного горячего юпитера, расположенного на расстоянии порядка 10 радиусов родительской звезды. Применяя наш метод, мы показали, что отраженный спектр может быть обнаружен в реальных наблюдениях среднего/высокого спектрального разрешения. Требуемое качество спектральных данных на элемент разрешения (т.е. отношение сигнал/шум) $S/N = 3000$ и выше. Проведение таких наблюдений может осуществляться для ярких звезд со значениями звездных величин менее $9m$ и на телескопах с апертурой более 4 метров. Основой данного метода является такое понятие как средний динамический спектр (СДС). СДС представляет собой простую арифметическую сумму профилей всех спектральных линий в функциональной зависимости от их лучевых скоростей, отсчитываемых от ядра линий. В рамках данного термина, СДС представляет собой только одну абсорбционную линию с высоким соотношением сигнал/шум. Учитывая то, что звезды солнечного типа обычно имеют тысячи сильных спектральных линий в видимой области спектра, отношение сигнал/шум для СДС может быть в десятки, а то и в сотни раз выше, чем отношение сигнал/шум для отдельного спектрального элемента. Таким образом, имея спектр со значением сигнал/шум 3000 для отдельного элемента, мы ожидали получить средний динамический профиль с отношением сигнал/шум 300000. Это эквивалентно накоплению нескольких десятков миллиардов фотонов на элемент.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕСБАЛАНСИРОВАННОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА В КОРОНОГРАФИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ПОИСКУ ЭКЗОПЛАНЕТ

Дзюбан И.А., Тавров А.В., Шашкова И., Безымянникова Ю., Фролов П.

Институт космических исследований РАН

Научный руководитель: Тавров А.В.,

Институт космических исследований РАН

Одна из ключевых проблем поиска экзопланет методом прямого наблюдения – необходимость подавления излучения звезды, которая является в 10^{10} раз более ярким источником, чем планеты земного типа, которые и являются целью наблюдения. Одним из способов решения этой проблемы является использование интерферометра, который на выходе «затуляет» изображение звезды. Но для того, чтобы достичь с помощью такого интерферометра достаточного контраста, необходимо подавать на его вход волновой фронт с ошибками меньше, чем $\lambda/10000$. Для получения такого качества волнового фронта и используется несбалансированный по амплитуде интерферометр, в котором исправление волнового фронта происходит с помощью коррекции сигнала в плече малой амплитуды с помощью деформируемого зеркала таким образом, что при сложении сигналов на выходе интерферометра скорректированный сигнал исправляет фазовую ошибку основного сигнала. В докладе будут представлены результаты компьютерного моделирования работы несбалансированного интерферометра, определяющие требования к элементам интерферометра, в частности к сложности требуемого деформируемого зеркала, и оценка коронографических контрастов, достижимых с помощью этого метода.

ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРА ГАЗА, АККРЕЦИРУЕМОГО НА ПОВЕРХНОСТЬ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД

Додин А.В.

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга

dodin_nv@mail.ru

Работа посвящена самосогласованному не-ЛТР-моделированию спектра приповерхностной аккреционной структуры звезд типа Т Тельца. Под аккреционной структурой подразумевается область, состоящая из трех зон: зона свободно падающего газа, зона за фронтом ударной волны и горячее пятно - атмосфера звезды, прогреваемая излучением ударной волны. Зона за фронтом ударной волны является оптически тонкой для излучения горячего пятна и падающего газа и выступает только как внутренний источник УФ и мягкого рентгеновского излучения. Напротив, горячее пятно и падающий газ могут поглощать и переизлучать излучение друг друга, что требует совместного решения уравнения переноса излучения для обеих зон. Сложность задачи состоит в том, что падающий газ имеет скорость 200-500 км/с относительно горячего пятна, следовательно, необходимо учитывать доплеровские смещения, возникающие между излучениями этих двух областей.

Задача переноса излучения в движущихся средах неоднократно решалась при моделировании спектра, формирующегося в звездном ветре. Однако методы решения, разработанные для звездного ветра, предполагают плавное изменение скорости газа, в то время как в рассматриваемой здесь задаче газ меняет свою скорость от сотен км/с до нуля в оптически тонкой переходной области в виде ударной волны.

В работе рассматривается относительно тонкий слой падающего газа, который включает в себя только зону ионизованного водорода. В еще более тонком слое формируются интересные с наблюдательной точки зрения линии HeI и HeII, CIV. Для решения поставленной задачи предлагается обобщение метода выборочной непрозрачности на случай наличия скачка скорости. Суть модификации заключается в том, что для каждой частотной точки предлагается выбирать сетку по углам таким образом, чтобы доплеровские смещения по частоте на этой сетке соответствовали изначально определенным узлам частотной сетки.

Численные расчеты с применением разработанного метода показали, что учет доплеровских смещений приводит лишь к незначительному уменьшению зоны ионизованного водорода. Сделан вывод о том, что учет скорости движения газа в переносе излучения необходимо производить по крайней мере на этапе расчета населенностей атомных уровней и выходящего спектра, а при расчете распределения температуры в аккреционной зоне им можно пренебречь. Показано, что у линий HeII, CIV в падающем газе формируется эмиссионный компонент, а у линий HI, OI абсорбционный. У линий нейтрального гелия компонент, связанный с падающим газом, выражен слабо. Линии, возникающие в горячем пятне, испытывают существенное штарковское уширение из-за наличия лобового давления падающего газа на внешнюю границу горячего пятна.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С АВТОНОМНЫМИ СТАНЦИЯМИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Доронин Д.О.¹, Куприков Н.М.²

¹ООО «Арктический центр»,

²НОЦ «Функциональные наноматериалы для космической техники» Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет)

arcticcenter.ru@gmail.com, nkuprikov@gmail.com

Наблюдаемое в настоящее время «быстрое» потепление климата Арктики существенным образом сказывается на природной среде Арктических архипелагов и островов (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова, остров Врангеля), инфраструктурно-климатических условиях эксплуатации самолетов арктического базирования, использовании технологии глобального позиционирования в арктическом регионе, ледовых условиях на трассе Северного морского пути и районах Арктического шельфа, где ведутся разведка и разработка углеводородного сырья.

Для мониторинга и предупреждения особо опасных погодных явлений требуется качественно новая система наблюдений, позволяющая оперативно отслеживать условия возникновения и развития подобных явлений. Наиболее просто измеряемой, но крайне необходимой для прогноза явлений характеристикой, является, в первую очередь, приземное атмосферное давление, приземная температура воздуха и температура поверхностного слоя моря. При этом пространственное разрешение такой сети наблюдений должно составлять не более первой сотни километров, а разрешение по времени в пределах 1 часа. Такие характеристики позволят не только детально отслеживать синоптическую ситуацию, но и оперативно оповещать всех заинтересованных потребителей об изменяющихся погодных условиях.

Наиболее актуально получение таких данных для организаций производящих эксплуатацию самолетов в условиях высоких широт для обеспечения деятельности пограничных постов, ледовых дрейфующих баз, сопровождения научных и разведывательных экспедиций, логистики нефтедобывающих платформ и инфраструктуры и т.п.

В контексте выше обозначенных проблем интерес представляет создание комплексной системы оперативного получения информации о состоянии окружающей среды. В её состав будут входить имеющиеся аппаратно-программные комплексы и новые аппараты и приборы, которые появятся в ближайшее время. Перспективнее всего сбор данных осуществлять с помощью орбитальной системы мониторинга. Орбитальная система мониторинга представляет собой группировку сверхмалых космических аппаратов на низких орбитах (от 300 до 1500 км). Контрольная информация о состоянии объектов поступает на станции сбора и передачи данных, количество и место расположения которых определяется исходя из параметров орбиты и количества космических аппаратов. Далее, информация со станций сбора и передачи данных передается на пролетающий космический аппарат, который осуществляет ретрансляцию на базовые станции. Остальную часть витка космический аппарат находится в режиме ожидания. Так, для непрерывного мониторинга Северного морского пути общей протяженностью порядка 5600 км орбитальная группировка с высотой орбиты 800 км будет состоять из 20 основных аппаратов и 4 аварийных на резервных орбитах.

Таким образом, комплексное обеспечение данными мониторинга окружающей среды с использованием малых космических аппаратов позволит грамотно и безопасно развивать арктическую инфраструктуру и обезопасить движение морских и воздушных судов.

МЕТОД ВЫБОРА МЕСТ ПОСАДКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ

Дьячкова М.В.

Институт космических исследований РАН

djachkova@l503.iki.rssi.ru

Научный руководитель: Митрофанов И. Г., д. ф.-м. н.

Институт космических исследований РАН

Российская космическая программа предполагает исследование Луны автоматическими межпланетными станциями в ближайшие годы. Первый посадочный аппарат «Луна-Глоб» отправится к Луне в 2018 году. На нем планируется отработать технические решения, которые в дальнейшем найдут применение при запуске последующих лунных миссий. Затем в 2020 году к Луне полетит посадочный аппарат «Луна-Ресурс», который будет нести более совершенные научные инструменты. В ходе научной фазы работы посадочного аппарата на поверхности с помощью российской научной аппаратуры будут проведены исследования состава, структуры и тепловых свойств реголита, внутреннего строения Луны, плазменной и пылевой экзосферы, образующейся при воздействии на поверхность Луны космических лучей, электромагнитных излучений и микрометеоритов.

Успех этих миссий во многом будет зависеть от выбора мест посадки космических аппаратов, которые должно не только удовлетворять множеству технических критериев, обеспечивающих успешную посадку и функционирование аппаратов на поверхности, но и позволить получить интересные научные данные.

Настоящая работа посвящена исследованию поверхности Луны методами пространственного анализа с учётом факторов, основанных на технических характеристиках космических аппаратов и на целях и задачах, стоящих перед ними.

В ходе работы был создан метод, с помощью которого проведён анализ южной полярной области видимой стороны Луны с точки зрения её пригодности для посадки автоматического космического аппарата. При этом были использованы научные данные, полученные космическим аппаратом LRO, в том числе карты содержания водорода и водородосодержащих соединений в лунном грунте по результатам работы российского нейтронного детектора LEND.

В результате применения разработанного метода получены несколько территорий-кандидатов в места посадки. Для них было создано картографическое обеспечение, позволяющее всесторонне оценить выбранные области перед тем, как туда отправится космический аппарат.

ИЗУЧЕНИЕ ОБЛАЧНОГО СЛОЯ ВЕНЕРЫ ПО ДАННЫМ НОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СПИКАВ ИК КА «ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС» ЗА 2006-2014 гг.

Евдокимова Д.Г., Федорова А.А., Беляев Д.А.

Институт Космических Исследований РАН

evd.dar@yandex.ru

Научный руководитель: Беляев Д.А., к.ф.-м.н.

Институт Космических Исследований РАН

Венера полностью покрыта облаками из капель концентрированной серной кислоты в диапазоне высот 50-70 км. Облачный покров делится на три слоя, характеризующихся разными размерами преобладающих аэрозольных частиц [1]. Выше 70 км наблюдается также надоблачная дымка, состоящая из субмикронных частиц радиусом менее 0.4 мкм – так называемая мода 1. Верхний слой облаков – 57-70 км – содержит частицы моды 2 со средним радиусом ~1 мкм и моды 1. Средний (50-57 км) и нижний (47-50 км) слои, а также подоблачная дымка, содержат частицы моды 3 с радиусом 3-4 мкм и моды 2. Частицы моды 3 определяют основную массу облаков [1].

Облачный слой Венеры обуславливает климат на планете и является главной причиной парникового эффекта. Вариации параметров облаков могут влиять на процессы теплового обмена в атмосфере, приводя к изменениям в динамике и составе всей атмосферы. При этом, возможны как быстропротекающие (в течение суток), так и длительные (годовые) периодические процессы в пределах облачного слоя [2, 3, 4], что наблюдается для других параметров атмосферы планеты около верхней границы облаков [11, 12].

Облака оптически непрозрачны в большей части спектра, поэтому дистанционно возможно изучать их верхнюю границу и дымку, но изучение нижних слоев облаков затруднено. Однако существует тепловое излучение поверхности и нижней атмосферы Венеры, наблюдаемое на ночной стороне в узких спектральных интервалах – «окнах прозрачности» [6]. Эти интервалы спектра лежат в диапазоне между сильными полосами поглощения составляющей атмосферы CO_2 .

В данной работе ставится задача исследования параметров облачного слоя по излучению окна прозрачности 1.28 мкм, формирующемуся на высотах 15-30 км. В этом спектральном диапазоне отсутствуют полосы поглощения малыми газовыми составляющими атмосферы, за исключением крыльев сильных линий CO_2 , т.е. тепловое излучение модулируется только рэлеевским рассеянием углекислой атмосферы и рассеянием в облаках. Наибольший вклад в рассеяние дают самые большие частицы (мода 3) из нижнего слоя облаков. В итоге, по изменениям интенсивности излучения можно судить об изменениях параметров нижних облаков.

Наблюдения окна прозрачности 1.28 мкм проводились в период с 2006 по 2014 гг. ИК каналом спектрометра СПИКАВ КА «Венера-Экспресс» при наблюдениях в надир. По результатам эксперимента получено, что значение интенсивности излучения изменяется от 0.05 до 0.1 Вт/м²/мкм/страд. Анализ параметров облаков ведется с помощью моделирования излучения окна 1.28 мкм и сравнения результатов с экспериментальными спектрами. Теоретический спектр строится по модели радиационного переноса с учетом рассеяния, рассчитанной программой SHDOMPP, реализующей метод дискретных ординат в одномерном приближении [7], описанный в статьях Bezard et al. 2009 и 2011 г. и Fedorova et al. 2014 г. [8, 9, 10]. В этой модели используется температурный профиль из базы данных VIRI; считается, что излучение поверхности составляет 95% от излучения абсолютно черного тела, а при моделировании рассеяния в облаках принято, что капли аэрозоля состоят из 75% концентрированной серной кислоты. Для остальных параметров облаков – экстинкции, альбедо однократного рассеяния, параметра асимметрии, высоты нижней границы слоя, исследуется степень влияния их на интенсивность излучения в окне прозрачности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Esposito L.W. et al., 1997. Chemistry of lower atmosphere and clouds. *Venus II, The University of Arizona Press*. 415–458.
2. McGouldrick K. et al., 2011. Quantification of middle and lower cloud variability and mesoscale dynamics from Venus Express/VIRTIS observations at 1.74 μm . *Icarus*, 217. 615-628.
3. McGouldrick K., Toon O.B., 2007. Investigation of possible causes of the holes in the condensational Venus cloud using a microphysical cloud model with a radiative-dynamical feedback. *Icarus*, 191. 1–24.

4. McGouldrick K., Toon O.B., 2008. Modeling the effects of shear on the evolution of the holes in the condensational clouds of Venus. *Icarus*, 196. 35–48.
5. D. Crisp, 1989. Radiative forcing of the Venus mesosphere. *Icarus*, 77. 391–413.
6. Pollack J.B., et al., 1993. Near-infrared light from Venus' nightside: a spectroscopic analysis. *Icarus*, 103. 1–42.
7. Evans, K. F., 1998. The spherical harmonic discrete ordinate method for three-dimensional atmospheric radiative transfer. *J. Atmos. Sci*, 55. 429-446.
8. Bezard B. et al., 2009. Water vapor abundance near the surface of Venus from Venus Express/VIRTIS observations. *J. Geophys. Res.*, 114. E00B39.
9. Bezard B. et al., 2011. The 1.10- and 1.18- μm nightside windows of Venus observed by SPICAV-IR aboard Venus Express. *Icarus*, 216. 173-183.
10. Fedorova et al., 2014. The CO₂ continuum absorption in the 1.10- and 1.18- μm windows on Venus from Maxwell Montes transits by SPICAV IR onboard Venus Express. *Planetary and Space Science*, 113–114. 66–77. (DOI: 10.1016/j.pss.2014.08.010)
11. Khatuntsev et al., 2013. Cloud level winds from the Venus Express Monitoring Camera imaging. *Icarus*, 226. 140–158.
12. Marcq et al., 2013. Variations of sulphur dioxide at the cloud top of Venus's dynamic atmosphere. *Nature Geoscience*, 6. 25-28. (DOI: 10.1038/NCEO1650).

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ТОКОВ ПО ДАННЫМ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦЕПОЧКИ МАГНИТОМЕТРОВ

Евдокимова М.А., Петрукович А.А.

Институт космических исследований РАН

evdokimari@mail.ru

Научный руководитель: Петрукович А.А., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

Восстановлению ионосферных токов посвящено много работ. Тем не менее решение проблемы восстановления в точках, где нет данных магнитного поля, представляет интерес. В работе исследуется магнитная суббура 24 ноября 1996 г. Проведен анализ моделей восстановления профиля западного электроджета по данным магнитного поля меридиональной цепочки магнитометров. В первой модели (A.L. Kotikov, Yu.O. Latov and O.A. Troshichev, 1987) токи представляются в виде бесконечно тонких проводов. Во второй (V.A. Popov, V.O. Papitashvili, J. F. Waterman, 2001) электроджет моделируется последовательностью узких бесконечно длинных полос. В обеих моделях токи находятся минимизированием функций невязки. В результате численного моделирования получены профили тока в зависимости от широты в фиксированные моменты времени при разном количестве проводов (полос) токов и различных параметрах регуляризации. Исследована модифицированная модель, в которой не только токи, но и их координаты являются параметрами минимизируемой функции невязки. Есть неоднозначность восстановления токов в зависимости от минимизируемой функции невязки, которая уменьшается с введением более точного метода разделения возмущений индуцированного поля и поля, вызванного внешними источниками.

ВЫСОКОТОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАРШЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Епифанов С.В.

Самарский государственный социально-педагогический университет

epifanow.stanislaw@yandex.ru

Научный руководитель: Чесноков А.Н., к.т.н.

Самарский государственный социально-педагогический университет.

В настоящее время при разработке маршевых двигателей ракетно-космических систем предъявляются жесткие требования к прочностным и усталостным характеристикам самой конструкции. Таким образом, возникает потребность высокоточной и эффективной диагностики прочностных и усталостных явлений в процессе испытаний. Одним из направлений решения этой задачи является применение высокоточного устройства для анализа прочностных характеристик маршевого двигателя методом голографической интерферометрии.

Суть метода с применением голографической интерферометрии заключается в наложении двух экспонированных голограмм одной и той же поверхности, причем вторая голограмма получается после поворота объекта на угловую величину, соизмеримой с длиной волны светового спектра. В результате освещения голограмм монохроматическим (красным) светом, получаются интерферометрические полосы в местах конструкции, где происходят усталостные напряжения или микротрещины. Сложность осуществления такого метода для крупногабаритных объектов заключается в высокоточном перемещении исследуемого объекта на величины, соизмеримые с длиной волны света (десятые доли и единицы угловых секунд). Задача решена при помощи высокоточного устройства с двойной обратной связью по положению.

Высокоточное устройство с двойной обратной связью по положению содержит цилиндры с распределителями типа «струйная трубка», расположенными равномерно по окружности. На выходном валу двигателя располагается исследуемое сопло. С помощью голографического интерферометра регистрируется голограмма объекта и после подачи управляющего сигнала выходной вал высокоточного двигателя перемещается на фиксированный угол. После поворота вновь регистрируется голограмма объекта. В результате при восстановлении двух экспозиционной голограммы получается интерференционная картина, по которой можно определить изменения поверхности сопла после проведенных испытаний.

Таким образом, использование высокоточного устройства с двойной обратной связью по положению для анализа прочностных характеристик методом голографической интерферометрии позволяет с высокой степенью достоверности определить критические точки усталостных напряжений и изменение в структуре конструкции двигателя. Что в конечном итоге, способствует избежать прогнозируемых дефектов при конструировании и эксплуатации двигателя.

СЕРФОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ ЯДЕР ГЕЛИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНОЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

Ерохин А.Н.

Российский университет дружбы народов, аспирант, Москва

benkatz2x2@gmail.com

Научный руководитель: Милантев В.П., д.ф.м.н., профессор

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

На основе численных расчетов исследовано серфотронное ускорение ядер гелия электромагнитной волной, распространяющейся перпендикулярно магнитному полю в космической плазме. Задача сведена к нелинейному, нестационарному, дифференциальному уравнению второго порядка для фазы волны на траектории частицы. Изучены условия захвата ядра гелия волной в эффективную, потенциальную яму с последующим ультрарелятивистским ускорением. Получены оптимальные условия для реализации ультрарелятивистского серфотронного ускорения ядер гелия электромагнитной волной: черенковский резонанс при взаимодействии волна-частица, благоприятные начальная фаза волны на траектории частицы и знак начального импульса ядра гелия вдоль волнового фронта, превышение амплитудой электрического поля волны некоторого порогового значения. На основе численных расчетов получены асимптотики характеристик ядра гелия (релятивистского фактора частицы, компонент импульса и скорости захваченной частицы, положение дна эффективной потенциальной ямы) при сильном ускорении с ростом его энергии на несколько порядков величины. Согласно проведенным расчетам, на фазовой плоскости для захваченных ядер гелия траектории имеют вид спиралей с особой точкой типа устойчивый фокус. Рассмотрено положение дна эффективной, потенциальной ямы для захваченного ядра гелия и показано, что частица колеблется в области ускоряющих значений электрического поля волны. Для захваченного ядра гелия динамика фазы волны на траектории частицы демонстрирует нелинейные колебания причем период колебаний медленно возрастает, их амплитуда убывает по мере роста энергии частицы. Указано, что захваченные ядра гелия при их ускорении волной конденсируются на дно эффективной, потенциальной ямы.

Указано, что механизм серфотронного ускорения приводит в сравнительно спокойной космической плазме (в отсутствие сильных кризисных процессов типа взрыва сверхновых) к формированию в спектре космических лучей значительных вариаций, обусловленных доускорением малой (порядка процента и меньше) доли частиц в область гораздо больших энергий. Такие вариации наблюдаются экспериментально при обработке данных наблюдений потоков космических лучей. Оценками показано, что в плазме местных межзвездных облаков энергия захваченных электромагнитными волнами частиц может увеличиться на 6 порядков величины. Рассмотрена эффективность серфотронного ускорения ядер гелия в зависимости от величины фазовой скорости электромагнитной волны.

ОНЛАЙН КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕРКУРИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Жаркова А.Ю., Матвеев Е.В., Коханов А.А.

Московский Государственный Университет геодезии и картографии
Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий

a_zharkova@miigaik.ru

Научный руководитель: Карачевцева И.П., к.т.н.

Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий, МИИГАиК

На основе изображений поверхности Меркурия, полученных узкоугольной камерой КА MESSENGER, создаются цифровые модели рельефа высокого разрешения, которые используются для автоматизированных морфометрических исследований в ГИС (Жаркова и др., 2015). В результате дешифрирования более чем 1400 изображений (разрешение 20 м/пиксель), выявлены более 230 малых кратеров с плоским дном, для измерения глубин которых применялись два способа: 1) прямые автоматизированные измерения в ГИС с использованием созданных ЦМР высокого разрешения (до 50 м/пиксель) на основе методов, разработанных ранее для изучения Луны (Kokhanov et al., 2015); 2) косвенная оценка с учетом морфометрических параметров кратеров (Bart et al., 2014). Морфометрические измерения малых плоскодонных кратеров используются для предварительной оценки толщины реголита на поверхности Меркурия (Zharkova et al., 2015). Анализ подтвердил ранее полученные оценки, выполненные с использованием топографической информации на основе лазерной альтиметрии: как оказалось, толщина реголита на Меркурии превосходит толщину реголита на Луне (Kreslavsky et al., 2014).

Для представления результатов морфометрических исследований выполнено детальное картографирование изученных участков на Меркурии с созданием онлайн-карт с использованием ПО ArcGIS Server. Онлайн-карты, помимо традиционного представления пространственных данных, обеспечивают возможность организации удобного поиска информации, объемы которой возрастают вместе с количеством данных, получаемых в рамках современных космических миссий: растут массивы изображений, научных публикаций, новых сведений о планетных объектах. Для обеспечения поиска новой планетной информации в картографическом контексте выполнена разработка алгоритма интеллектуального поиска данных (Матвеев и др., 2015), который внедрен в крупномасштабные онлайн-карты Меркурия. Это обеспечивает возможность поиска новой планетной информации, включая вновь полученные или обработанные космические снимки на изучаемую территорию, сведения о новых научных публикациях, новости планетных миссий, новые наименования объектов и др.

Исследования поверхности Меркурия поддержаны РФ № 14-22-00197 (Жаркова А.Ю. и Коханов А.А.); разработка онлайн-карт выполнена при поддержке РФФИ №16-37-00316 «Разработка веб-сервиса для интеллектуального поиска информации о планетных данных на основе пространственного и семантического контекста при онлайн-картографировании» (Матвеев Е.В.).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Жаркова А.Ю., Родионова Ж.Ф., Коханов А.А., Матвеев Е.В., Брусникин Е.С., Зубарев А.Э., Патратий В.Д., Карачевцева И.П., Оберст Ю. (2015) Анализ и картографирование в ГИС поверхности Меркурия по новейшим данным КА Messenger. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т.-Ростов-на-Дону, Издательство Южного федерального университета. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015, с. 143-152.
2. Матвеев Е.В., Коханов А.А., Патратий В.Д., Гаров А.С., Карачевцева И.П. (2015) Разработка веб-сервиса для интеллектуального поиска планетных данных. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т.-Ростов-на-Дону, Издательство Южного федерального университета. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015, с. 172-179.
3. Bart G. (2014) The quantitative relationship between small impact crater morphology and regolith depth, Icarus, Vol. 235, 130-135, DOI: 10.1016/j.icarus.2014.03.020.
4. Kokhanov A.A., Kreslavsky M. A., Karachevtseva I. P. (2015) Small impact craters in the polar regions of the Moon: peculiarities of morphometric characteristics, Solar System Research, 49 (5), 295-302, DOI: 10.1134/S0038094615050068

5. Kreslavsky M.A., Head J.W., Neumann G.A., Zuber M.t., Smith D.E. (2014) Kilometer-scale topographic roughness of Mercury: Correlation with geologic features and units, *Geophysical Research Letters*, Vol. 41, Issue 23, 8245-8251, DOI: 10.1002/2014GL062162
6. Zharkova A.Yu., Kreslavsky M.A., Brusnikin E.S., Zubarev A.E., Karachevtseva I.P., Head III J.W. (2015) Morphometry of Small Flat Floored Craters on Mercury: Implications for Regolith Thickness, American Geophysical Union, San Francisco, December 14-18, 2015. P53A-2099

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО ДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО ЗАДАЧИ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОГО ДЗЗ

Ивлев Н.А.^{1,2,3}, Притыкин Д.А.¹, Сивков А.С.^{1,3}, Попов А.В.^{1,3}, Сергеев Р.И.^{1,3}, Ефимов С.С.¹, Продан Д.В.¹, Ноздрин А.В.¹

¹ МФТИ, ivlev@sputnix.ru

² Институт космических исследований РАН

³ ООО «СПУТНИКС»

Научный руководитель: Назиров Р.Р., д.т.н.

Институт космических исследований РАН

Благодаря миниатюризации электронных компонент и развитию техники стало возможным возлагать задачи дистанционного зондирования Земли с метровым разрешением на космические аппараты массой 100-200 кг. Наглядным примером этому служат космические аппараты SkySat. В нашей стране движение в сторону малых космических аппаратов пока только набирает обороты, а создание надёжных подсистем позволит ускорить этот процесс.

Высокое разрешение съёмки накладывает жёсткие ограничения на систему ориентации и стабилизации. Важную роль в итоговой точности ориентации и стабилизации играют управляющие органы космического аппарата. Созданию исполнительного органа на базе управляющего двигателя-маховика для малого космического аппарата, выполняющего задачи высокодетального зондирования Земли, посвящена данная работа.

Разработка органа управления, служащего для изменения кинетического момента в составе систем ориентации и стабилизации космического аппарата, является не только сложной математической задачей, но и требует решения инженерно-конструкторских задач.

Для поиска оптимального конструкторского решения проведен сравнительный анализ различных вариантов конструкции, по результатам которого принято решение использовать бесколлекторный электродвигатель типа "outrunner" с внешним ротором. Важным этапом проектирования исполнительных органов является анализ прочностных и вибрационных характеристик отдельных элементов конструкции и устройства в целом. На этом этапе произведен анализ отдельных элементов двигателя-маховика и двигателя-маховика в сборе для проверки наличия собственных частот колебаний в диапазоне скоростей вращения. Также в ходе работы произведена полная параметризация конструкции управляющего двигателя-маховика с обоснованием расчёта размеров и генерацией 3D моделей, что позволяет ускорить разработку новых двигателей-маховиков под иные требования.

При разработке блока управления двигателя необходимо учитывать высокие требования по точности работы и устойчивости к воздействию разрушающих факторов (как специфических для космической отрасли, так и обусловленных длительным временем работы). Как следствие, используются специальные вычислительные алгоритмы, резервирование каналов питания, управления, связи. Для управления маховиком используются два резервирующих друг друга канала. Первый канал – основной - реализован на базе микроконтроллера ARM7, второй – резервный - на базе ПЛИС.

При исправности обоих каналов они работают совместно в целях повышения производительности, что позволяет сократить время такта управления до 50 мкс. Это достигается за счёт распределения задач между микроконтроллером и ПЛИС. При выходе из строя одного из каналов, управление полностью осуществляется посредством другого

Наиболее точным способом управления бесколлекторным электрическим приводом с постоянными магнитами является векторное управление. Оно естественным образом осуществляется в системе координат, связанной с ротором. Динамическую модель двигателя, при этом, можно свести к аналогичной модели двухфазной двухполюсной машины. Таким образом, описываемая электрическая система получается двухмерной, с осями d и q , направленными, соответственно, вдоль вектора магнитного момента ротора и перпендикулярно ему. Создаваемый двигателем момент силы, при этом, определяется только компонентой статорного тока, направленной по q оси, что существенно упрощает математическое описание и практическую реализацию регуляторов.

Таким образом, разработан управляющий двигатель-маховик для малого космического аппарата массой 100-200 кг. Произведена полная параметризация механических характеристик и конструкции управляющего двигателя-маховика с генерацией 3D моделей исходя из входных требований. Построенная параметрическая модель позволяет существенно сократить время разработки и создания управляющих двигателей маховиков другого типоразмера и с иными механическими параметрами.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ДЛЯ НЕЛОКАЛЬНЫХ ВОЛН ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ТИПА, ВОЗБУЖДАЕМЫХ СДВИГОМ ПОПЕРЕЧНОЙ СКОРОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

**Ильясов А.А.¹, Чернышов А.А.¹, Могилевский М.М.¹,
Головчанская И.В.², Козелов Б.В.²**

¹Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия,

²Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

ilyasov.askar@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Чернышов А.А., к.ф.-м.н.,

Институт космических исследований РАН

Широкополосный электростатический шум (турбулентность) регулярно регистрируется спутниками и ракетами на авроральных магнитных силовых линиях. Он наблюдается во всех секторах местного магнитного времени, при любом уровне геомагнитной активности, и в области высот до четырех радиусов Земли. Считается, что именно широкополосная низкочастотная турбулентность является основным механизмом поперечного нагрева ионов в верхней ионосфере, причем их последующее выталкивание пробочной конфигурацией магнитного поля на большие высоты представляется главным источником ионосферных частиц в магнитосфере Земли. Высокочастотная часть этой турбулентности - электростатическая. Изначально для объяснения электростатического широкополосного шума пытались рассматривать волны в однородной плазме: как ионно-звуковые волны распространяющиеся вдоль магнитного поля, так и наклонные (быстрые) ионно-звуковые моды, медленные ионно-звуковые волны, электростатические ионно-циклотронные моды, инерционные альфвеновские волны. Но ни одна из этих мод, в силу различных причин, не может быть отождествлена с широкополосным электростатическим шумом. Ионно-звуковые волны не подходят, поскольку для их возбуждения необходимо, чтобы температура ионов была намного меньше температуры электронов, что не соответствует ионосферным условиям, при которых наблюдаются широкополосные возмущения. Электростатические ионно-циклотронные волны в однородной плазме, генерируемые продольным током, не могут обеспечить широкополосный спектр. Поэтому, для описания турбулентности нужно использовать нелокальные модели в неоднородной среде. Электростатический широкополосный шум можно идентифицировать с нелокальной ветвью ионно-циклотронных и ионно-акустической волн, возбуждаемых неустойчивостью, вызванной неоднородным распределением плотности энергии. В данной работе разрабатывается кинетическая теория для нелокальных волн электростатического типа, возбуждаемых сдвигом поперечной скорости заряженных частиц. Разработанная теория была применена для объяснения наблюдаемого электростатического широкополосного шума в авроральной области.

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АКТИВНОГО НЕЙТРОННОГО И ГАММА СПЕКТРОМЕТРА АДРОН НА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ ИНСТИТУТА МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ РАН

Калинин О.И., Литвак М.Л., Головин Д.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Козырев А.С.

Институт космических исследований РАН

3.1416meson@gmail.com

Научный руководитель: Литвак М.Л., д.ф.м.н.

Институт космических исследований РАН

Научная аппаратура АДРОН это активный детектор нейтронов и гамма лучей, предназначенный для исследования элементного состава поверхности Луны в местах посадок спускаемых аппаратов методами активной нейтронной и гамма спектроскопии. Эксперимент АДРОН будет проходить на борту российских космических аппаратов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс», которые планируется отправить на южные высокоширотные и приполярные области Луны в 2018 и 2021 годах. АДРОН позволит определить содержание и распределение основных породообразующих элементов: O, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe, Th, U в приповерхностном слое (глубина до 1 м) лунного грунта. В нашей работе мы представили результаты измерений АДРОН, полученных на геокриологических полигонах ИМЗ РАН (г. Якутск) для различных типов грунтов (аналогов планетного вещества) с разным элементным составом и содержанием воды и сопоставили их с тестовыми замерами элементного состава, полученного на основе отобранных проб грунта.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХВАТА ЧАСТИЦ БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ ПОЛЕМ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СФЕРЫ

Киселёв А.А.

Институт космических исследований РАН,
Московский физико-технический институт (государственный университет)

alexander.kiselyov@stonehenge-3.net.ru

Научный руководитель: Красовский В.Л., д. ф.-м. н.

Институт космических исследований РАН

Изучение возмущения бесстолкновительной плазмы вокруг поглощающего тела сферической формы является известной, но не до конца исследованной задачей, важной для теории пылевой плазмы. Ее особенностями являются существенная нелинейность, а также наличие захваченных ионов (т. е. движущихся по финитным траекториям вокруг поглощающего тела).

В данной работе рассматривается задача с начальными условиями, описываемая системой уравнений Власова-Пуассона для электронов и ионов. Начальная функция распределения частиц плазмы полагается моноэнергетической. Целью работы является наблюдение динамики плазмы и процесса приобретения заряда поглощающей сферой вплоть до асимптотического состояния устойчивого равновесия.

Главным препятствием для аналитического решения является образование сгустка захваченных частиц вокруг сферы, когда ее радиус сравним с эффективной дебаевской длиной. Поэтому для решения задачи использовалось численное моделирование методом "частиц-в-ячейке", широко применяемым в сильно нелинейных плазменных задачах. Использование сферической симметрии системы позволило значительно упростить выкладки и ускорить расчет.

В ходе проведенного моделирования были получены пространственно-временные характеристики электрического поля в плазме при переходе системы к состоянию равновесия. При этом наблюдался процесс образования сгустка захваченных частиц вблизи сферы. Был определен вклад захваченных ионов в экранирование сферы и их функция распределения. Оказалось, что их суммарный заряд сравним с зарядом сферы в исследованном диапазоне параметров.

ВЛИЯНИЕ КВАДРУПОЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА НА СТРУКТУРУ ГЕЛИОСФЕРНОГО ПЛАЗМЕННОГО СЛОЯ

Р.А. Кислов¹, О.В. Хабарова², Х.В. Малова^{1,3}

¹ИКИ РАН, г. Москва, Россия,

²ИЗМИРАН, Троицк, Россия

³Научно-Исследовательский Институт Ядерной Физики им. Скобелевца МГУ

kr-rk@bk.ru

В рамках стационарной осесимметричной МГД-модели рассматривается влияние квадрупольной составляющей магнитного поля Солнца на структуру гелиосферного плазменного слоя (ГПС). В зависимости от соотношения между вкладами в магнитный поток диполя и квадруполь могут появляться дополнительные сепаратрисы, разделяющие открытые и замкнутые магнитные линии, а соответствующий ГПС токовый слой может раздваиваться и становиться не симметричным по направлениям север-юг. Всего квадруполь может дать до трёх дополнительных сепаратрис по сравнению с чисто дипольным полем Солнца. Первые две отвечают экстремумам магнитного потока по широте, ещё одна задаёт поверхность, на которой межпланетное магнитное поле меняет направление. Последняя существует при очень сильном и не сонаправленном с диполем квадруполье (подобная ситуация возможна во время переполюсовки на Солнце). В модели подробно рассмотрены положения сепаратрис, распределения полей и плотности тока при таких величинах квадрупольной составляющей, при которых сепаратрисы расположены в низких широтах вблизи ГПС. Остальные случаи описаны качественно.

НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ СЖИМАЕМЫХ ТЕЧЕНИЙ ТОНКОГО СЛОЯ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

Климачков Д.А., Петросян А.С.

Институт космических исследований РАН,

klimachkovdmitry@gmail.com

Научный руководитель: Петросян А.С.

Институт космических исследований РАН

Магнитогидродинамическая теория мелкой воды, описывающая несжимаемые течения плазмы обобщена на случай сжимаемых течений. Получена система магнитогидродинамических уравнений, описывающая течения тонкого слоя сжимаемой вращающейся плазмы в поле силы тяжести в приближении мелкой воды. Полученная система квазилинейных гиперболических уравнений допускает полный аналитический анализ простых волн и решение задачи распада произвольного разрыва в простейшем варианте невращающихся течений. В новых уравнениях фильтруются звуковые волны и учитывается зависимость плотности от давления на крупных масштабах, описывающая эффекты статической сжимаемости. В полученных уравнениях закон сохранения массы формулируется для переменной, нетривиально зависящей от формы подстилающей поверхности, характерного вертикального масштаба течения и масштаба высот, на котором вариация плотности становится существенной, вследствие чего учет горизонтального импульса происходит более точно. Развита теория простых волн для полученной системы уравнений. Найдены все автомодельные разрывные решения и все непрерывные центрированные автомодельные решения полученной системы. В явном виде решена задача распада произвольного разрыва для уравнений сжимаемой магнитной гидродинамики в приближении мелкой воды. Показано существование пяти различных конфигураций, реализующих решение задачи распада произвольного разрыва: «две магнитогравитационные ударные волны, две альфвеновские волны»; «левая магнитогравитационная ударная волна, правая магнитогравитационная волна разрежения, две альфвеновские волны»; «левая магнитогравитационная волна разрежения, правая магнитогравитационная ударная волна, две альфвеновские волны»; «две магнитогравитационные волны разрежения, две альфвеновские волны»; «две магнитогравитационные волны разрежения, зона вакуума». Для каждой конфигурации найдены начальные условия на разрыве, необходимые и достаточные для её реализации. Проанализированы различия между несжимаемым и сжимаемым случаем, определяемые отношением высоты слоя к характерной высоте, на которой проявляются эффекты сжимаемости. Несмотря на формальное сходство решений в классическом случае магнитогидродинамических течений несжимаемой жидкости и сжимаемого случая, нелинейная динамика, описываемая полученными решениями, существенно отличается вследствие различия выражений для квадрата скорости распространения слабых возмущений. Показано, что наличие крупномасштабной сжимаемости приводит к изменению областей начальных условий для каждой конфигурации, реализующей решение задачи распада произвольного разрыва. Полученные решения, кроме того, описывают новые физические эффекты, связанные с зависимостью высоты свободной границы от плотности жидкости. Найдены также автомодельные непрерывные и разрывные решения для системы на наклонной плоскости и получено решение распада произвольного разрыва. В данном случае вместо областей с однородным течением реализуются области равноускоренного течения, характеристики и ударные волны распространяются по параболическим траекториям, которые переходят в прямые в случае ровной поверхности. Отметим, что крупномасштабная сжимаемость существенно видоизменяет течения на наклонной плоскости как и в случае ровной границы.

VI АНАЛИТИКА В АНАЛИЗЕ СТАТИСТИКИ РАБОТЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

**Кобец Д.А., Матвеев А.М., Мазуров А.А.,
Кашницкий А.В., Бурцев М.А., Прошин А.А.**

Институт космических исследований РАН

В условиях современного многообразия национальных и международных систем ДЗЗ, увеличивающейся области применения данных спутникового мониторинга, роста количества потенциальных потребителей этих данных и тематических продуктов на их основе, возникает необходимость построения систем приема, обработки и хранения спутниковой информации, а также различных данных полученных с ее помощью. Объем и темпы роста количества подобной информации определяет одно из основных требований к таким системам – максимальная автоматизированность и независимость от оператора. Чем больше ресурсов задействуется в работе подобных систем, тем острее встает задача контроля процессов приема, обработки и хранения спутниковых данных.

Деятельность отдела технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН во многом связана с проектированием, созданием и поддержкой автономных программных комплексов, обеспечивающих непрерывную работу со спутниковой информацией, в составе различных специализированных систем мониторинга.

В докладе рассматриваются:

1. Реализованная автоматическая система обработки данных в параллельных потоках.
2. Реализованная система сбора и анализа статистики процессов обработки спутниковых данных.
3. Реализованные WEB интерфейсы VI аналитики с агрегирующей инфографикой.

Нужно отметить также возможность практического применения реализованных методик и алгоритмов. В докладе приведены примеры реализации работающих систем анализа статистики процессов обработки спутниковых данных с таких приборов, как MODIS, TM/ETM+, AVHRR, KMCC, функционирующих в центрах приема и обработки спутниковой информации по всей территории России и, в частности, в Институте Космических Исследований.

Работа выполнена при поддержке РАН и ФАНО (программа Мониторинг госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

ПЕРВЫЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ВСПЛЕСК ОТ SGR 1935+2154 (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА КОНУС-ВИНД)

Козлова А.В.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

ann_kozlova@mail.ioffe.ru

Научный руководитель: Фредерикс Д.Д., к.ф.-м.н.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Источники мягких повторяющихся гамма-всплесков (SGR) представляют небольшую группу одиночных, медленно вращающихся нейтронных звезд со сверхсильным магнитным полем (магнетаров), демонстрирующих вспышечную активность в мягком гамма-диапазоне. Наиболее частым проявлением активности SGR являются короткие (длительностью $T \sim 0.1$ с) всплески с энерговыделением $E_{\text{tot}} \sim 10^{38} - 10^{40}$ эрг. Реже встречаются существенно более мощные и впечатляющие события — т.н. промежуточные ($T \sim 1-10$ с, E_{tot} до $\sim 10^{42}$ эрг) и уникальные гигантские ($T \sim 100$ с, $E_{\text{tot}} \sim 10^{44} - 10^{46}$ эрг) вспышки. За более чем 30 лет наблюдений SGR было зарегистрировано всего три гигантских вспышки от трех разных источников и несколько десятков промежуточных всплесков. Исследование свойств SGR, в особенности таких редких и выдающихся видов их активности, является интереснейшей задачей наблюдательной астрофизики.

В 2014 году орбитальной обсерваторией Swift был открыт новый гамма-репитер SGR 1935+2154. В апреле 2015 года четыре эксперимента входящие в межпланетную сеть IPN (Interplanetary Network) детектировали и локализовали первый промежуточный всплеск от недавно открытого репитера. Наиболее полную информацию о временных и спектральных свойствах данного события получил российский гамма-спектрометр Конус-Винд, установленный на американском космическом аппарате Винд.

В работе представлены результаты временного и спектрального анализа данных эксперимента Конус-Винд по первому промежуточному всплеску от SGR 1935+2154, оценена энергетика события, проведен поиск квазипериодических осцилляций в кривой блеска (установлен верхний предел), а также приведена оценка расстояния до источника, полученная из распределения параметров спектральной модели, описываемой двумя чернотельными компонентами.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ НАЛУННОГО РОВЕРА ПО ПЕРЕДАНЫМ ИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Козлова Н.А.

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий

n_kozlova@miigaik.ru

Научный руководитель: Конопихин А.А., к. ф.-м. наук

Одной из важнейших проблем успешного функционирования и выполнения исследовательских функций на лунной поверхности является проблема определения местоположения (локализации) перемещающегося объекта в сложных условиях лунного ландшафта. Проблема становится особенно актуальной, поскольку в ближайшее десятилетие в России планируется проведение углубленных исследований Луны как с окололунной орбиты, так и на ее поверхности автоматическими космическими аппаратами, в том числе с использованием луноходов. Также активно прорабатываются вопросы создания специализированного лунохода-геолога для работы на сверх протяженном маршруте (порядка 400 км).

Единственный опыт России в подобных лунных исследованиях был пол века назад – Советские миссии Луноход-1 и -2. Тогда координаты какого-либо объекта на лунной поверхности определяли путем их привязки к выдающимся деталям рельефа, координаты которых, в свою очередь, привязывались к опорным координатным точкам существующего лунного каталога. Точность таких определений составляла порядка 5 км. Нами предлагается методика навигационного сопровождения передвижений лунного ровера с точностью, которая определяется уровнем знания и корректностью реализации орбитальных данных, разрешением плановых снимков лунной поверхности и особенностями района работ. Для достижения поставленной цели разработан комплект методов, которые можно будет применить в зависимости от конкретной ситуационной обстановки. При этом:

- используется массив координатно-визуальной информации КА LRO и продуктов ее обработки (ЦМР, ортомозаики изображений) в качестве опорных данных;
- метод преобразования орбитального изображения в «налунное» (моделирование искусственных «налунных» изображений) для целей планирования маршрута (определения положения потенциально опасных объектов относительно известной (заданной) точки съемки, выбор ориентирных пунктов);
- метод определения местоположения ровера по результатам совместного уравнивания координатой информации на налунных снимках ровера и на искусственных изображениях лунного ландшафта, смоделированных на основе ЦМР и ортомозаики орбитальных изображений.

Перспективы использования предлагаемого подхода: практически полная независимость (кроме связи с Землей) от наличия и функционирования вспомогательных лунных орбитальных модулей, радиомаяков и т.п. в районе работы лунохода, оперативное ситуационное управление по изменению курса ровера, корректная привязка на трассе различных объектов и деталей рельефа к селеноцентрической координатной системе.

Отличительная особенность настоящей методики заключается в том, что для ее реализации не требуется установка на ровер дополнительного оборудования и особых затрат энергии (задействованы только изображения, получаемые с борта самого лунохода). Опорную информацию LRO в перспективе можно заменить на данные орбитального модуля Луна-26 или изображения, полученные посадочной станцией при подлете.

Апробация предлагаемой методики выполнена на панорамах, полученных Луноходом-2.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ МЕТЕОР-М2/КМСС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

Колбудаев П.А., Барталёв С.А., Плотников Д.Е.

Институт космических исследований РАН

smis@smis.iki.rssi.ru

В ИКИ РАН к настоящему времени значительное развитие получили методы спутникового картографирования земного покрова, позволившие создать по данным MODIS пространственного разрешения 250 м ряд регулярно обновляемых тематических карт, охватывающих всю территорию. При этом, одним из современных приоритетов развития методов спутникового картографирования является повышение пространственного разрешения создаваемых тематических карт. В то же время, несмотря на кажущуюся очевидность путей решения данной проблемы за счет использования спутниковых данных более высокого пространственного разрешения, необходимо отметить, что это условие не является единственным и достаточным. В частности, выполненные исследования убедительно показывают, что автоматизированное распознавание растительного покрова должно опираться на использование данных дистанционных наблюдений достаточно высокого временного разрешения, что накладывает дополнительные ограничения на возможности выбора спутниковых систем ДЗЗ. Таким образом, с учетом необходимости удовлетворения двум противоречащим условиям (в силу характерной для современной группировки спутников ДЗЗ обратной зависимости между величинами пространственного и временного разрешения), обоснованный выбор источника свободно доступных спутниковых данных, способных обеспечить повышение детальности автоматизированного картографирования наземных экосистем в масштабах страны до недавнего времени представлялся достаточно проблематичным.

Ввод в эксплуатацию новой системы КМСС на борту спутников серии Метеор-М, отличающейся с одной стороны достаточно высоким пространственным разрешением (60 м) и с другой стороны высоким временным разрешением (не менее 10-15 наблюдений в месяц для территории России), позволяет развить и усовершенствовать методы спутникового мониторинга наземных экосистем. Представленные в докладе результаты обработки данных прибора КМСС демонстрируют принципиальную возможность формирования очищенных от влияния облачности разносезонных композитных изображений и восстановления временных рядов спутниковых данных, необходимых для распознавания различных типов растительного покрова, в том числе с использованием методов сегментации изображений, позволяющих более эффективно детектировать облачность.

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ В ЗАДАЧАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Колесенков А.Н.

Рязанский государственный радиотехнический университет

sk62@mail.ru

Научный руководитель: Таганов А.И., д.т.н.

Рязанский государственный радиотехнический университет

Своевременная информационная поддержка принятия управленческих решений при реализации процедур прогнозирования, предупреждения, обнаружения, ликвидации и оценке последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) является важной и актуальной задачей на сегодняшний день. С учетом распределения опасных объектов по обширной территории и существенных площадей, занимаемых ими, целесообразным является разработка, внедрение и комплексное использование новых эффективных технологий спутникового мониторинга этих объектов.

Цель работы – создание интеллектуальной технологии информационной поддержки процедур принятия управленческих решений по прогнозированию, раннему обнаружению, предупреждению, ликвидации и оценке последствий ЧС на основе спутникового мониторинга опасных объектов и территорий.

Для выполнения поставленной цели необходимо разработать:

- модель информационной поддержки принятия решений с учетом поступления и обработки нечеткой и неполной информации;
- методы моделирования ЧС на опасных объектах с применением генетических подходов;
- методы прогнозирования динамики состояния факторов, влияющих на вероятность возникновения ЧС;
- систему непрерывного получения и каталогизации спутниковых данных;
- систему оценки эффективности принятия управленческих решений посредством оценки риска ЧС на основе логико-вероятностного подхода.

Перечисленные задачи предлагается решать с использованием современных геоинформационных систем (ГИС) и технологий, позволяющих комплексировать разнородные и разнотипные спутниковые, картографические и атрибутивные данные. Разработка, оптимизация и интеграция новых методов и алгоритмов обработки данных, а также моделирования процессов на основе эволюционных и нейросетевых подходов позволит выявлять скрытую информацию и получать новые данные о состоянии процессов и объектов, что приведет к снижению риска возникновения ЧС.

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований выявлены возможные источники спутниковых данных для реализации поставленных задач:

- online-система доступа к спутниковым данным космического аппарата LandSAT-8;
- глобальная сеть распространения спутниковых данных Geonetcast;
- малые космические аппараты.

Работа направлена на разработку математического и алгоритмического аппарата информационной поддержки процедур принятия управленческих решений по прогнозированию, раннему обнаружению, предупреждению, ликвидации и оценке последствий ЧС на основе ГИС-технологий, эволюционных подходов, нейронных сетей и теории нечетких множеств.

Разработка системы оценки риска ЧС на основе логико-вероятностного подхода позволит проводить мониторинг эффективности принятия управленческих решений в рассматриваемой области.

Проект выполняется при поддержке стипендии Президента Российской Федерации (грант № СП-553.2015.3).

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЙ ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТИ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ МГД-РАЗРЫВАМИ В ПРИБЛИЖЕНИИ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Колесников Н.П., Безродных С.И., Сомов Б.В.

ГАИШ МГУ, г. Москва

nick206265@gmail.com

Научный руководитель: Сомов Б.В., д.ф.-м.н.

ГАИШ МГУ

Рассматривается двумерная модель [1] магнитного пересоединения, включающая токовый слой Сыроватского и присоединённые к его концам МГД-разрывы. Система уравнений идеальной магнитной гидродинамики для магнитного поля \mathbf{B} , скорости течения плазмы \mathbf{v} и её плотности ρ в приближении сильного поля сводится к (независящей от \mathbf{v} и ρ) краевой задаче для магнитного поля, а также к системе дифференциальных уравнений для \mathbf{v} и ρ , коэффициенты которой зависят от \mathbf{B} . В работе [2] построено аналитическое решение задачи для магнитного поля. В настоящей работе дан расчёт распределения скоростей течения плазмы и её плотности в окрестности токовой конфигурации. Получены распределения скачков плотности и скорости вдоль ударных волн. Показано, что исходя из характера изменения магнитного поля и течений плазмы на МГД-разрыве, при рассмотренных значениях параметров ударные волны включают в себя транс-альфвеновскую, быструю и медленную области. В работе [3] показано, что вблизи установившегося токового слоя без присоединённых ударных волн возникают области сильного разрежения плазмы. В рассматриваемой задаче эффект разрежения плазмы вблизи слоя также имеет место. Рассмотрены характерные особенности изменения характеристик среды вдоль траекторий «жидких частиц» плазмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. B.V.Somov. Plasma Astrophysics. N.-Y.: Springer, 2013.
2. С.И.Безродных, В.И.Власов, Б.В.Сомов. Обобщённые аналитические модели токового слоя Сыроватского //Письма в астрофиз. журн. 2011. Т. 37, № 2. С. 133-150.
3. Сомов Б.В., Сыроватский С.И., Тр. Физич. института им. П.Н. Лебедева АН СССР 74, 14 (1974)

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАБОТЫ СО СПЕКТРАЛЬНЫМИ ИНДЕКСАМИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Константинова А.М., Кашницкий А.В., Балашов И.В.

Институт космических исследований РАН

konstantinova.anouk@gmail.com

Научный руководитель: Лупян Е.А., д.т.н.

Институт космических исследований РАН

В настоящее время данные дистанционного зондирования Земли из космоса широко применяются для исследования растительного покрова и других природных объектов. Наличие мультиспектральных снимков Земли позволяет выявлять и оценивать множество различных характеристик поверхности. На сегодняшний день существует большое количество стандартных спектральных индексов для оценки состояния растительности и других природных объектов. Однако, сервисы, позволяющие удобно считать и визуализировать индексы на основе спутниковых данных, имеющих в открытом доступе, и проводить совместный анализ результатов совместно с тематической информацией, практически отсутствуют.

Для работы со спектральными индексами был расширен функционал систем дистанционного мониторинга, поддерживаемых в Институте космических исследований, в частности, спутникового сервиса ВЕГА-Science (<http://sci-vega.ru/>). Для этого, была создана база данных спектральных индексов и инструментарий, позволяющий работать с ними непосредственно в картографическом web-интерфейсе системы. Инструмент для расчета индексов позволяет применить выбранный пользователем индекс «на лету» к любым спутниковым данным, доступным в картографических web-интерфейсах систем мониторинга. Инструментарий позволяет хранить, добавлять, редактировать и искать индексы с фильтрацией по области применения и типу данных. Пользователь, работая с картографическим интерфейсом, может создавать индексы, задавая их с помощью арифметических и логических выражений с участием целых и дробных чисел, нормировок и математических функций, применяемых к любым доступным каналам исходных спутниковых данных и продуктов. Созданные индексы, в дальнейшем, так же могут быть использованы другими пользователями системы.

Результатом применения индекса является изображение, каждый пиксель которого вычислен по формуле выбранного индекса. К результатам вычислений индекса может быть так же применена цветовая палитра. Для полученного изображения доступны все инструменты анализа данных, имеющиеся в интерфейсе.

Для тестирования системы работы с индексами и их применимости были выбраны участки растительности (лесной и сельскохозяйственной), открытые почвы, лесные пожары, участки тепловых аномалий. Для каждого из указанных объектов в спутниковом сервисе ВЕГА был предложен определенный набор индексов, позволяющий оценивать параметры контролируемого объекта более эффективно и удобно, чем напрямую, по исходным продуктам. Наборы индексов реализованы, в том числе, для гиперспектральных данных, в частности, для данных гиперспектрометра HYPERION, установленного на спутнике EO-1.

Доклад посвящен описанию созданного инструментария для работы со спектральными индексами. Проводится обзор архитектуры и основных блоков сервиса. Рассказывается об области применения индексов, демонстрируются примеры их расчета. В заключение, приводятся перспективы развития и применения инструмента.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ПАССИВНОЙ ПРИМЕСИ В АЗОВСКОМ МОРЕ

С.В. Кочергин, В.С. Кочергин

Морской гидрофизический институт РАН

vskocher@gmail.com

При решении задач, связанных анализом экологического состояния водных бассейнов, необходима оценка возможных последствий распространения примесей различной природы. Анализ полей концентрации, может быть осуществлен на основе использования математического моделирования. При этом решаются две взаимосвязанные проблемы. Первая – построение или выбор оптимальной модели переноса примеси, учитывающей природу её поведения в водной среде. Вторая проблема связана с идентификацией входных параметров модели и усвоения имеющихся данных измерений. Под входными параметрами модели понимаются её коэффициенты, поля скоростей и начальные данные.

Использование сопряженных уравнений и вариационных принципов при решении задач, связанных с моделированием динамики океана, получили широкое распространение. В основе таких алгоритмов лежат решение сопряженной задачи и минимизация квадратичного функционала качества прогноза. Важной особенностью таких алгоритмов является то, что сама модель выступает в роли пространственно-временного интерполянта и получаемое решение согласованно не только с данными измерений, но и с самой моделью. Идентификация входных параметров осуществляется за счет минимизации квадратичного функционала качества прогноза. Такой функционал является выпуклым и минимум его единственный. Модель переноса пассивной примеси – линейная, поэтому использование её в качестве связей (ограничений) при минимизации выбранного функционала не меняет его выпуклости, что позволяет осуществлять поиск входных параметров модели, при которых её решение наилучшим образом согласуется с имеющимися данными измерений.

Часто при решении экологических задач необходимо следить не за самой концентрацией примеси, а за значениями некоторых функционалов в интересующем нас районе. Например, это может быть средняя или суммарная концентрация какой-либо примеси в исследуемой области. Такие значения функционалов можно вычислять непосредственно по значениям концентрации в узлах расчетной сетки. При этом значения на конечный момент интегрирования ищутся путем решения модели переноса с заданными начальными данными и функциями источников загрязнения. Таким образом, задавая различные начальные данные и функции источников, мы получаем серию полей концентрации, для которых вычисляем необходимый функционал в указанной области. Для различных начальных данных и мощностей источников необходимо осуществлять новый пространственно-временной расчет. Среди таких расчетов можно выбрать наиболее оптимальный с точки зрения не превышения функционалом некоторых его допустимых значений. С другой стороны решение подобного рода задач может быть упрощено на основе метода сопряженных уравнений. При этом, сопряженная задача решается один раз, и исследуемый функционал вычисляется без пространственно-временного счета при различных начальных полях и функциях источников.

В целом проведенные численные эксперименты показали надежную работу вариационного алгоритма идентификации мощности источника загрязнения, применительно к модели переноса пассивной примеси в Азовском море. Подход, основанный на интегрировании сопряженных уравнений, может быть применен при решении различных задач экологической направленности. Он позволяет определять зоны влияния начальных полей и источников загрязнений на поле концентрации исследуемой примеси в интересующем нас районе. Ввиду большого объема информации, имеющегося в трехмерных полях скоростей и коэффициентов, умозрительные заключения о возможных источниках загрязнений весьма затруднительны. При использовании сопряженных уравнений удастся точно проследить все изменения в полях и указать возможные районы формирования исследуемой примеси.

ФОРМИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХОДА ЛЕДЯНОЙ H_2O ЛАВИНЫ НА СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ МАРСА

Красильников С.С.

Институт геохимии и аналитической химии РАН,
Московский государственный университет геодезии и картографии
zergovski@geokhi.ru

Научный руководитель: Кузьмин Р.О., к.г.н.

Институт геохимии и аналитической химии РАН

Для Марса характерно наличие трех локальных участков распространения морено-подобных гряд (LMLR), приуроченных к высоким северным широтам. Два участка расположены на внутреннем склоне кратеров северо-западной экспозиции ($70,3^{\circ}N$ $266,45^{\circ}E$ и $67,2^{\circ}N$ $249,5^{\circ}E$) и один располагается на равнине, северо-западнее слоистого ледяного останца полярной шапки ($70^{\circ}N$ $94^{\circ}E$). Образование LMLR гряд вероятнее всего произошло в последний ледниковый период Марса (1-2 млн лет назад), связанный с высоким наклоном оси вращения планеты. Накопление избыточной массы снега и льда H_2O на склоне привело к дестабилизации массива и схода ледяной лавины.

Для моделирования процесса была построена ЦМР на основе стереопары двух снимков съемочной системы СТХ (P22_009658_2505; B01_009935_2505). Исходное высокое разрешение снимков (до 6 м) позволило получить среднеквадратическое отклонение 0,4 пикс. на изображение и вертикальную точность 15 м.

Расчет входных параметров для моделирования происходил путем анализа СТХ изображений. Общая площадь ледяного тела составляла 27 км^2 . Длина пробега тела составляет $\sim 14\text{--}15 \text{ км}$, что относит его к длиннопробежным лавинам. Состав ледяного тела определялся как возможный аналог слоистых ледяных отложений полярной шапки (PLD), где лед H_2O имеет $\sim 70\%$ объема и остальные $\sim 30\%$ заняты гранулами силикатной пыли. Таким образом, плотность ледяного тела могла составлять $\sim 1,01 \text{ г/см}^3$.

Моделирование схода ледяного тела было проведено в программе Rapid Mass Movement Simulation (RAMMS). Программный пакет был разработан в Швейцарии для моделирования гравитационных процессов, таких как сход лавин, селевые потоки, обвалы и камнепады. В работе использовался модуль RAMMS::AVALANCHE с коррекцией физических параметров. Моделирование применимо для нескольких типов движения снежной массы: Voellmy-Salm (VS) подход и модель случайной кинетической энергии (RKE). Используя трехмерное пространство, удается задавать такие важные параметры для моделирования, как объем, параметры направления потока и т. д. Используя изменяемые параметры можно задавать различные физические условия протекания процесса (ρ , T в районе исследования и т. п.). Таким образом, мы изменили модель для условий Марса и, используя границы конечных морен, постепенно увеличивали высоту изначального массива льда.

Проведя ряд тестов, мы получили действительную модель схода ледяного тела с параметрами высоты $\sim 150 \text{ м}$. Дальнейшие исследования помогут подтвердить предположение, что в определенные моменты своей эволюции на поверхности Марса лед H_2O мог накапливаться на более низких широтах.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Krasilnikov S.S. worked on DTM creation and geomorphological analysis at MIIGAiK and was partly supported by Russian Science Foundation, project #14-22-00197. Autor thanks Kuzmin R.O. and Zubarev A.E.. Special thanks to Bühler Y. and WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF research team for collaboration.

МАРСИАНСКИЕ КОЛЬЦА: ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ И *IN SITU* НАБЛЮДЕНИЮ ПЫЛЕВЫХ СКОПЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ МАРСА

**И.А. Кузнецов¹, А.В. Захаров¹, Г.Г. Дольников¹,
В.В. Афонин¹, А.Н. Ляш¹, Е.А. Лисин²**

¹Институт космических исследований РАН

²Объединенный институт высоких температур РАН

Согласно современным представлениям, спутники Марса, под воздействием космических излучений, являются источником частиц реголита, которые могут левитировать вблизи поверхностей спутников, образуя их пылевую экзосферу, либо, преодолевая притяжение спутников, выходить на орбиты вокруг Марса, образуя кольца, подобные кольцам внешних планет Солнечной системы.

На данный момент, помимо модели кольцевых образований пылевых частиц вблизи орбит Фобоса и Деймоса, существуют лишь верхнее ограничение на оптическую толщину предполагаемого пылевого скопления, сделанного по данным Viking 1 и Hubble Space Telescope, а также наблюдения возмущений потоков солнечного ветра, наблюдавшихся по плазменным измерениям на нескольких марсианских аппаратах, которые, как предполагают могут быть связаны с пылевыми кольцами вокруг Марса. Данный доклад предлагает систему инструментов как для дистанционного оптического, так и для контактного *in situ* измерений характеристик пыли, таких как распределение концентрации по орбите, размеры частиц, их скорости и заряды. Результаты таких измерений на орбитах Марса, а также на поверхности по крайней мере одного из Марсианских спутников помогут уточнить механизмы поднятия пыли с поверхности и покидания родительского тела, как для системы Марса, так и для других безатмосферных тел.

Для измерений предполагается использовать следующие методы:

- оптические инструменты регистрации пылевых частиц на орбитах вокруг Марса путем как измерения оптической толщины экзосферы Фобоса и Деймоса, так и обнаружения индивидуальных частиц с помощью короткофокусных камер;
- пылеударные датчики для регистрации импульсов частиц, за основу которых взят пылеударный датчик прибора ПмЛ проекта Луна-Глоб;
- датчики для определения скорости и заряда частиц, за основу которых взята модифицированная зарядочувствительная сетка прибора ПмЛ проекта Луна-Глоб;
- датчики электрического поля вблизи поверхности марсианского спутника.

Работа была частично поддержана Минобрнауки России (грант МК-7932.2015.8) и РФФИ (грант РФФИ 15-32-21159).

ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

Леденцов Л.С., Сомов Б.В.

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ

koob@mail.ru

С целью интерпретации современных спутниковых наблюдений последовательного увеличения яркости корональных петель в солнечных вспышках мы решили задачу об устойчивости малых продольных возмущений однородного пересоединяющего токового слоя. В рамках магнитогидродинамического приближения показано, что условиями неустойчивости служат определенные соотношения между характерным временем теплопроводного перераспределения энергии внутри токового слоя и временем лучистого охлаждения плазмы в нём. В результате неустойчивости в токовом слое образуется периодическая структура холодных и горячих волокон, расположенных поперек направления электрического тока. Предлагаемый механизм тепловой неустойчивости пересоединяющего токового слоя может объяснить последовательное увеличение яркости, «поджиг», вспышечных петель во вспышках.

ОРИГИНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВНЕЗЕМНОЙ МИКРОБНОЙ ЖИЗНИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРОБЫ

**Лучников К.А.¹, Манагадзе Г.Г.¹, Сафронова А.А.¹, Воробьева Е.А.^{1,3},
Даксбери Н.С.^{4,5}, Вурц П.², Чумиков А.Е.¹, Кузнецов А.И.¹,
Манагадзе Н.Г.¹, Хамизов Р.Х.⁶**

¹Институт космических исследований РАН, Москва;

²University of Bern, Sidlerstrasse 5CH-3012 Bern, Switzerland;

³Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Факультет почвоведения, Москва;

⁴Московский Государственный Университет им. Ломоносова, Факультет геологии, Москва;

⁵George Mason University, 4400 University Dr., Fairfax, USA;

⁶Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, Москва

Научный руководитель: Манагадзе Г.Г., д.ф.-м.н., проф.

Институт космических исследований Российской академии наук

В работе предлагается и обосновывается новая методика обнаружения внеземной биомассы посредством масс-спектрометрического анализа ее элементного состава и сравнения с составом известных образцов. Микроорганизмы могут быть обнаружены по содержанию и соотношению концентраций биогенных маркеров N/C, K/Ca, P/S.

Также показан лабораторный прототип бортового лазерного времяпролетного масс-спектрометра АБИМАС и узла пробоподготовки и экстракции биомассы. Предлагаемый инструмент был одобрен для участия в миссии ЕхоMars (посадочный аппарат). Масс-спектрометры предыдущих поколений использовались в миссии Фобос-Грунт, а также находятся в процессе изготовления для установки на борт космических аппаратов Луна-Ресурс и Луна-Глоб.

Узел пробоподготовки прошел лабораторные испытания, часть измерений была выполнена с его использованием в режиме, аналогичном планируемому для эксплуатации на борту космического аппарата.

Метод был проверен в многочисленных лабораторных опытах на культурах микроорганизмов и на образцах земных полярных грунтов, содержащих микроорганизмы. Образцы таких грунтов представляют собой аналог Марсианских образцов реголита.

Также обосновывается возможность выживания радиационно-резистентных микроорганизмов в приповерхностном слое марсианского реголита, рассматриваются факторы среды, воздействующие на микроорганизмы, в том числе и оригинальная концепция защиты микроорганизмов от ультрафиолета пылевыми облаками.

Разработанная методика может быть использована для поиска и идентификации микроорганизмов в различных марсианских образцах, а также в образцах вечной мерзлоты и льдов других планет, спутников, комет и астероидов, в частности, Европы, Ганимеда и Энцелада. Инструмент может быть использован для анализа необработанного реголита и атмосферной пыли, осаждаемой на подложке. Изучение состава мелкодисперсной пыли также представляет огромный интерес в исследовании атмосферы Венеры на высотах около 50-60 км.

СВОЙСТВА МАГНИТО-ДИПОЛЬНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛИНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ляхова Я.С.^{1,2,3}, Бисноватый-Коган Г.С.^{2,1}

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

²Институт Космических Исследований РАН

³*yanalyakhova@gmail.com*

Научный руководитель: Бисноватый-Коган Г.С., д. ф.-м. н.

Институт Космических Исследований Российской Академии Наук;
Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»

Сравниваются поляризационные свойства циклотронного и релятивистского дипольного режимов излучения, производимого заряженными частицами при движении в магнитном поле. Исследован вопрос применимости этих моделей к описанию процесса аккреции на нейтронную звезду, предложен метод наблюдательного определения природы рентгеновской «циклотронной» линии в спектрах пульсаров. Рассмотрены свойства и формирование «циклотронной» линии для двух режимов излучения.

НАБЛЮДЕНИЯ КОРОТКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ НА ТЕЛЕСКОПЕ GTC

**МазаеваЕ.¹, ПозаненкоА.¹, ВольноваА.¹,
МольковС.¹, МинаевП.¹, ПандиС.²,
Кастро-ТирадоА.², Гузий С.³**

¹Институт космических исследований РАН, 30.v@mail.ru

²Институт астрофизики в Андалусии (IAA-CSIC), Испания

³Николаевский национальный университет, Украина

Научный руководитель: Позаненко А.С., к.ф-м.н.

Институт космических исследований РАН

Проведён анализ наблюдений послесвечений коротких гамма-всплесков GRB 121226A, GRB 131224A, GRB 140622A в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах проведённых на телескопе Gran Telescopio Canarias (апертура 10.4 метра) и других наземных оптических телескопах. Также проведён анализ всплесков в гамма-диапазоне.

Наблюдения GRB 121226A телескопом GTC начались через 10.3 часов после обнаружения всплеска на BAT/Swift. Обнаружен источник в области локализации XRT/Swift. Из сравнения с последующими наблюдениями показано, что источник представляет суперпозицию родительной галактики и послесвечения.

Для короткого гамма-всплеска GRB 131224A, локализованного с помощью JEM-X/INTEGRAL с точностью (радиус) 1' и проецирующегося в Галактическую плоскость, послесвечения не найдено, получен верхний предел на переменность возможного источника в фильтре z.

Для GRB 140622A в области локализации XRT/Swift в данных наблюдений, проведённых через 18.4 часа, ни послесвечение, ни родительская галактика не обнаружены до $r \sim 26m$.

Наблюдения на GTC выполнены по программе наблюдений гамма - всплесков (руководитель А. Кастро-Тирадо).

МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ АККРЕЦИОННОГО ДИСКА В ШИРОКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДВОЙНОЙ 4U 1543-47 ВО ВРЕМЯ ВСПЫШКИ 2002 ГОДА

К. Л. Маланчев, Г. В. Липунова

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ

Научный руководитель: Н. И. Шакура, доктор физ.-мат. Наук

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга МГУ

Мы представляем результаты расчета кривой блеска рентгеновской новой 4U 1543-47 2002 года в рамках численной модели вязкой эволюции горячего диска. В пике рентгеновская новая находилась в мягком спектральном состоянии с преобладающим вкладом диска в полный рентгеновский поток. Аккреционный диск в 4U 1543-47 с орбитальным периодом около 27 часов может достигать размеров порядка пяти радиусов Солнца. Мы проводим численное моделирование эволюции тонкого диска с учетом облучения далеких частей диска центральным рентгеновским излучением. Моделирование захватывает как стадию роста рентгеновской светимости, так и стадию её спада. В рамках этой модели после пика светимости область диска с горячим ионизованным веществом постепенно уменьшается в размере, поскольку температура в диске падает со временем. Для различных значений массы и спина черной дыры получены оценки на параметр турбулентности α в горячем диске, в предположении, что она значительно превосходит α в диске с неионизованным веществом.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ДИНАМИКЕ ИОНОВ В ЗАМКНУТЫХ МАГНИТОПЛАЗМЕННЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ С ШИРОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Малыхин А.Ю.^{1,2}, Григоренко Е.Е.¹, Малова Х.В.^{1,3}

¹Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

²МФТИ (ГУ) г. Долгопрудный, МО, Россия

³НИИЯФ (МГУ) им. Скобелева г. Москва, Россия

anmaurdreg@gmail.com

Научный руководитель: Григоренко Е.Е., д.ф.м.н.

Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

Многочисленные спутниковые наблюдения показали, что в хвосте магнитосферы Земли довольно часто наблюдаются замкнутые магнитоплазменные конфигурации типа плазмоидов и магнитных островов с ненулевой компонентой B_y . Целью данной работы является изучение кинетических особенностей динамики неадиабатических ионов в токовом слое (ТС) внутри плазмоида(ов) и эффектов пространственного распределения частиц в таких конфигурациях. Для этого были исследованы траектории тестовых ионов различных масс (H^+ и O^+) в заданной магнитной конфигурации с единичным стационарным плазмоидом, находящимся с хвостовой стороны от ближней магнитной X-линии. В работе использовалась модель обращённого магнитного поля, на невозмущённую конфигурацию которого ($B_x(z)$, $B_y=0$, $B_z=const$) накладывалась $B_z(x)$ -вариация, обеспечивающая нам плазмоидо-подобную конфигурацию, в которой $B_y=const$. Также везде в системе присутствовало постоянное и однородное электрическое поле утро-вечер ($E_y=0.1$ мВ/м). Считалось, что ионы приходят в ТС из высокоширотных долей хвоста с начальными энергиями 200эВ. Было показано что в плазмоиде, размер которого превышает ларморовский радиус ионов в ТС, характер движения ионов зависит от начальных параметров (масса, энергия, питч-угол, фаза) и от X-координаты точки влёта в ТС. В зависимости от перечисленных параметров ионы могут либо затягиваться в плазмоид, либо огибать его. Ионы, попавшие внутрь плазмоида, захватываются в нём, и в результате неадиабатического взаимодействия с ТС, движутся вдоль электрического поля утро-вечер, набирая энергию. Ограничение плазмоида в направлении утро-вечер накладывает ограничение на величину энергии набираемой ионами. Однако, наш анализ показал что существует группа ионов, которая выходя через вечерний фланг плазмоида, может вновь затянуться в него. Введение в модель магнитной конфигурации плазмоида сдвиговой компоненты магнитного поля (B_y) приводит к значительному изменению динамики ионов, и появлению асимметрии "север-юг" в распределении частиц взаимодействующих с токовым слоем плазмоида, которая зависит от амплитуды B_y . Получены пространственные распределения плотности частиц для различных амплитуд B_y .

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА СЕМАНТИЧЕСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛАНЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Матвеев Е.В., Брусникин Е.С., Жаркова А.Ю.

Московский государственный университет геодезии и картографии
Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий

e_matveev@miigaik.ru

Научный руководитель: Карачевцева И.П., к.т.н

Комплексная лаборатория исследования внеземных территорий, МИИГАиК

В настоящее время все большее распространение и популярность приобретают системы поиска, предлагающие различные варианты возможных запросов, которые могли бы заинтересовать потенциального пользователя. При реализации таких систем поиска могут применяться методы и стандарты машинного обучения. Выбор стандарта машинного обучения требует обоснованного подхода, так как при неверном решении работа всей системы будет крайне неэффективна, а выходная информация будет неполной и/или ошибочной. Задачей нашего исследования является анализ возможностей применения методов машинного обучения для создания специализированного поискового веб-сервиса в целях глобального поиска информации с использованием планетных онлайн-карт. Основой разрабатываемой системы является интеллектуальный анализ пространственного и семантического контекста картографического содержания с помощью веб-сервисов местоположения объекта (Location-Based Service, LBS).

При разработке алгоритма функционирования системы интеллектуального поиска проведены анализ и сопоставление современных методов машинного обучения, в результате были выбраны несколько из них, как наиболее подходящие для решения поставленных задач, а именно: нейронные сети, градиентный бустинг и иерархическая кластеризация. Анализ показал, что нейронная сеть обеспечивает максимально быстрое обучение даже на неполных данных и крайне проста в реализации – достаточно организации двухслойной сети для обеспечения приемлемых результатов поиска. При этом обработка массива данных занимает наименьшее время по сравнению с другими рассматриваемыми алгоритмами.

С использованием метода нейронных сетей будет улучшен ранее созданный алгоритм системы интеллектуального поиска планетных данных (Матвеев и др., 2015) и создано программное обеспечение для реализации веб-сервиса для организации поиска новых планетных данных, в том числе с использованием информационного содержания хранилищ международных космических агентств (USGS, JAXA, ESA) и функциональности их сервисов, включая API. Разработанное программное обеспечение будет внедрено в картографические веб-приложения, реализованные на основе технологий ArcGIS Server и ArcGIS Online (<http://www.arcgis.com/home/>), с помощью которых подготовлены публикации различных планетных онлайн-карт с использованием результатов цифрового моделирования рельефа: топографическая карта Фобоса (http://bit.ly/phobos_topomap), карта высот по маршруту следования Луноходов -1,2 (http://bit.ly/Lunohod_1), детальные карты на участки морфометрических исследований поверхности Меркурия (Жаркова и др., 2015) и др.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-37-00316 «Разработка веб-сервиса для интеллектуального поиска информации о планетных данных на основе пространственного и семантического контекста при онлайн-картографировании» (мол_a).

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Е.В., Коханов А.А., Патратий В.Д., Гаров А.С., Карачевцева И.П. (2015) Разработка веб-сервиса для интеллектуального поиска планетных данных. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т.-Ростов-на-Дону, Издательство Южного федерального университета. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015, с. 172-179.
2. Жаркова А.Ю., Родионова Ж.Ф., Коханов А.А., Матвеев Е.В., Брусникин Е.С., Зубарев А.Э., Патратий В.Д., Карачевцева И.П., Оберст Ю. (2015) Анализ и картографирование в ГИС поверхности Меркурия по новейшим данным КА Messenger. Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т.-Ростов-на-Дону, Издательство Южного федерального университета. Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг, 2015, с. 172-179.

ДИФФУЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕЖЗВЕЗДНОМ ГАЗЕ В ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ГАЛАКТИКАХ

Медведев П., Сазонов С., Гильфанов М.

Институт космических исследований РАН

В работе мы оцениваем влияние гравитационной седиментации и термодиффузии на формирование профиля обилия элементов в межзвездном газе в эллиптических галактиках. С помощью наблюдательных данных обсерваторий *Chandra* и *XMM-Newton*, мы рассчитываем профили плотности газа для выборки (~20) эллиптических галактик с массами $\sim 10^{12} - 10^{14}$ масс Солнца. Для этого мы предполагаем, что межзвездный газ находится в состоянии гидростатического равновесия в гравитационном потенциале темного гало (NFW) и звезд (профиль Вокулера) галактики. В зависимости от вида профиля температуры, мы разделяем эллиптические галактики на два типа: изолированные, для которых температура спадает при удалении от центра; и протяженные, для которых профиль температуры подобен профилю групп галактик и скоплений.

Предварительные результаты наших расчетов показали, что наибольшая амплитуда эффекта диффузии достигается в галактиках изолированного типа, несмотря на то, что протяженные галактики, как правило, являются более массивными. Этот эффект, с одной стороны, является следствием малой массовой доли межзвездного газа в центральных областях изолированных эллиптических галактик ($f \sim 10^{-2} - 10^{-3}$), в то время как в галактических группах массовая доля газа близка к космологическому значению ($f \sim 0.15$). Вторым важным фактором является наблюдаемая температура межзвездного газа, которая для изолированных галактик часто бывает выше ее вириального значения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-12-01315

ГЛУБОКИЙ ОБЗОР В ЖЕСТКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ ПРИБОРОМ IBIS ОБСЕРВАТОРИИ ИНТЕГРАЛ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ (M81, БМО И ЗС 273/СОМА)

Мереминский И.А.¹, Кривонос Р.А.¹, Лутовинов А.А.¹, Сазонов С.Ю.^{1,2}, Ревнивцев М.Г.¹, Сюняев Р.А.^{1,3}

¹Институт космических исследований РАН

²МФТИ

³МРА

¹*i.a.mereminskiy@gmail.com*

Научный руководитель: Гребенев С.А., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

Мы представляем результаты глубокого обзора трех экстралактических полей - M81, БМО и ЗС 273/Сомы - в жестком рентгеновском диапазоне (17-60 кэВ) телескопом IBIS/INTEGRAL. Обзор основан на данных, накопленных за 12 лет наблюдений (2003 - 2015), максимальные экспозиции в полях - 9.7, 6.8 и 9.3 Мс соответственно. Полная площадь обзора составляет 4900 кв.градусов, 10% площади обзора покрыто с чувствительностью лучше 0.25 мКраб. Зарегистрировано 147 источников с отношением сигнала к шуму более 4, 37 из которых впервые наблюдаются в жестком рентгеновском диапазоне.

Для полей обзора построены распределения $\log N - \log S$, различающиеся как по наклону, так и по нормировке, что отражает неоднородность распределения вещества в ближней Вселенной. $\log N - \log S$ распределение для всего обзора согласуется с ожидаемым для равномерно распределенных в пространстве объектов.

ПРЕДВСПЛЕСКИ КОРОТКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ SPI-ACS/INTEGRAL

Минаев П.Ю., Позаненко А.С.

Институт космических исследований

minaevp@mail.ru

Научный руководитель: Позаненко А.С., к.ф.м.н.

Институт космических исследований РАН

В работе проведен анализ кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL с декабря 2002 г. по май 2014 г. с целью поиска предвсплесков (возможной активности источника гамма-всплеска до начала основного эпизода). Проанализированы как кривые блеска 519 индивидуальных событий, так и суммарная кривая блеска 372 ярких коротких всплесков. В единичных случаях найдены и исследованы кандидаты в предвсплески. Показано, что они не являются достоверными. В статистическом анализе суммарной кривой блеска всей выборки коротких всплесков не выявлено регулярного предвсплеска. Получены оценки верхних пределов относительной интенсивности предвсплесков. Проведено сравнение полученных результатов с результатами других работ, убедительные свидетельства в пользу существования предвсплесков коротких гамма-всплесков не найдены.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРОВ ОБРАЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫМИ ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Минияров А.Х., Меднов А.А.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
zi.zd@mail.ru

Научный руководитель: Вавилов В.Е. к.т.н.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
s2_88@mail.ru

Существуют различные технологии накопления энергии, применяемые в различных космических аппаратах. Одной из эффективных систем накопления энергии является высокоскоростная инерционная система. Преимущество её конструкции перед химическими накопителями энергии состоит в высокой энергоёмкости, большом сроке службы, широком диапазоне рабочих температур [1].

Особенностью конструктивного исполнения данных устройств является модульная система: стартер-генератор (СГ), маховик, электромагнитные подшипники. Ротор данного СГ выполнен из высококоэрцитивных постоянных магнитов (ВПМ), что в свою очередь упрощает конструкцию. Габаритные размеры СГ уменьшаются за счет увеличения частоты вращения ротора. В свою очередь при проектировании космических аппаратов наблюдается тенденция к снижению их массы и габаритов.

Наиболее эффективным решением проблемы является применение СГ обращенной конструкции. К тому же внешний ротор позволяет снизить величину перегрева ВПМ. Использование подобной конструкции синхронного высокооборотного СГ с ВПМ предоставляет следующие преимущества:

- 1) уменьшение пространства занимаемого СГ за счет интегрирования во внутреннюю полость вала;
- 2) снижение объема используемого хладагента;
- 3) упрощение конструкции и экономия активных материалов за счет объединения вала СГ с валом маховика;
- 4) отсутствие бандажа ротора.

Авторами рассчитан обращенный высокооборотный СГ с ВПМ[2], построена его трехмерная модель, на основе которой проведен тепловой анализ в программном комплексе ANSYS Workbench. В результате моделирования получили следующие результаты: температура ВПМ составила 116 °С, температура обмотки статора 210 °С.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании высокоскоростных магнитоэлектрических СГ обращенной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Experimental Performance Evaluation of a High Speed Permanent Magnet Synchronous Motor and Drive for a Flywheel Application at Different Frequencies, NASA/TM—2007-214428
2. В.А. Балагуров, Ф.Ф. Галтеев Электрические генераторы с постоянными магнитами. –М.:Энергоатомиздат,1988.–280с.:ил.

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ СО СЛУЧАЙНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ГАЛАКТИК

Михайлов Е.А., Грачев Д.А.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Физический факультет
ea.mikhajlov@physics.msu.ru

Эволюция крупномасштабных магнитных полей в галактиках связана с так называемым механизмом динамо, основанным на дифференциальном вращении и альфа-эффекте [Аршакян и др., 2009]. При изучении галактик, в которых происходят такие процессы, как взрывы сверхновых, звездообразование и т.д. возникает необходимость рассмотрения уравнений теории динамо, включающих случайные коэффициенты. Ранее [Михайлов и др., 2013] было исследовано поведение решений и их статистических моментов, показано наличие перемежаемости (когда старшие моменты растут быстрее младших). Немаловажно исследовать также корреляционную функцию, которая позволяет связать значения магнитного поля в различные моменты времени.

Мы исследовали модельное уравнение Якоби, которое воспроизводит основные качественные свойства галактического динамо. Коэффициент в нем зависел от времени по кусочно-постоянному закону: на каждом из небольших интервалов он принимал случайные значения, после чего обновлялся. С помощью численного моделирования мы получили как саму корреляционную функцию, так и ее нормированную модификацию, полученную путем деления на средний квадрат решения. В условиях экспоненциально растущих решений нормированный вариант позволяет более четко показать, насколько сильно связаны значения функции в разные моменты времени. При малых временах данная функция близка к постоянной, после чего совершает несколько колебаний и затем падает практически до нуля.

Кроме этого, мы исследовали корреляционную функцию для более простого стохастического дифференциального уравнения первого порядка, которое позволяет получить не только численный результат, но и асимптотические оценки. Получено, что при небольших временах теоретические предсказания совпадают с результатами численного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршакян и др. (T.Arshakian, R.Beck, M.Krause, and D.Sokoloff) // *Astron.Astrophys.* 2009. V.494. P.21.
2. Е.А.Михайлов, Е.А.Илларионов, И.И.Модяев. // XI конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» (9 – 11 апреля 2014 года, ИКИ РАН, Москва), сб. трудов. 2014. С.83.

ЗАДАЧА ОБ ОБТЕКАНИИ СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ ПЛАНЕТ, НЕ ИМЕЮЩИХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Мищенко А.В.

Институт космических исследований РАН

littergo@icloud.com

Научный руководитель: Измоденов В.В., д-р физ.-мат. наук,

Институт космических исследований РАН,

МГУ им. М. В. Ломоносова, ИПМех РАН

В настоящей работе исследуется взаимодействие набегающего потока солнечного ветра с планетой, которая не имеет собственного магнитного поля, но имеет атмосферу (пусть и очень разреженную). В частности, задача может относиться к обтеканию солнечным ветром Луны или Меркурия.

В работе формулируется постановка задачи в размерном и безразмерном видах. Обсуждаются безразмерные параметры задачи. Будет представлено численное решение задачи в зависимости от безразмерных параметров. Задача об обтекании сферы сверхзвуковым потоком газа решается методом Лакса–Фридрикса без выделения разрывов.

СЕРФОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОЗИТРОНОВ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНОЙ

Мкртичан Г.С.¹, Ерохин Н.С.^{1,2}

¹Российский университет дружбы народов (РУДН), Москва, Россия,

²Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

hay-13@mail.ru

Научный руководитель: Ерохин Н.С., доктор физико-математических наук

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

На основе нелинейных численных расчетов проведено исследование динамики захвата и последующего серфотронного ускорения позитронов с сильно релятивистской начальной энергией электромагнитной волной, распространяющейся перпендикулярно магнитному полю в космической плазме. Сформулированы оптимальные условия для реализации ультрарелятивистского ускорения позитронов электромагнитной волной в космической плазме включая благоприятные начальные фазы волны на траектории частицы, знак начального импульса позитрона в направлении волнового фронта, величина фазовой скорости волны. Получены асимптотики характеристик позитрона при сильном ускорении (релятивистского фактора, компонент импульса и скорости захваченной частицы, положение дна эффективной потенциальной ямы и др.). Показано, что на фазовой плоскости для захваченных позитронов траектории имеют вид спирали и постепенно приближаются к особой точке типа устойчивый фокус. Положение дна эффективной нестационарной потенциальной ямы для захваченных позитронов и электронов различно поскольку оно зависит от знака заряда ускоряемой частицы. Для захваченных позитронов графики фазы волны на траектории частицы соответствуют колебаниям с возрастающим периодом и убывающей амплитудой по мере роста энергии частицы. Дно эффективной нестационарной потенциальной ямы достигается захваченной частицей асимптотически. Таким образом захваченные позитроны с различными начальными фазами волны на их траектории постепенно конденсируются на дно эффективной нестационарной потенциальной ямы.

Важно отметить, что механизм серфотронного ускорения может приводить в сравнительно спокойной космической плазме (в отсутствие взрывных и других кризисных процессов) к возникновению в спектре космических лучей (КЛ) существенных отклонений от стандартных степенных скейлингов. Так в плазме местных (вблизи солнечной системы) межзвездных облаков энергия захваченных волнами частиц может увеличиться на 5-6 порядков величины (при начальной их энергии порядка от десятков ГэВ до ТэВ и более). Следовательно, переброс малой доли частиц КЛ в область гораздо более высоких энергий и вызывает значительные вариации потоков КЛ, например, в области колена с характерными энергиями порядка тысяч ТэВ. В солнечной гелиосфере генерируемые при вспышках потоки частиц с энергиями порядка ГэВ могут доускоряться электромагнитными волнами до энергий в сотни ГэВ – десятков ТэВ.

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ СТРУКТУР В ПЛАЗМЕННЫХ ХВОСТАХ КОМЕТ

Е.Р. Моженков, О.Л. Вайсберг

Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия

egormoz@mail.ru

В кометной теории, не смотря на имеющиеся исследования, наблюдения, космические эксперименты и моделирование, остается не ясным природа некоторых наблюдаемых нами явлений. Одним из вопросов, не решенных на данный момент, является вопрос о модели образования различных структур в плазменных хвостах комет. Доподлинно неизвестны все процессы, протекающие в коме, хвосте и окружении кометы. К сожалению, ограниченные возможности в исследовании возникновения различных явлений в космическом пространстве, вызванных действием солнечного ветра, не позволяют точно воссоздать такое взаимодействие в лабораторных условиях. В результате анализа около 1500 фотографий комет, в данной работе, на основе существующих работ и исследований, была предложена классификация плазменных хвостов комет. Опираясь на знания, полученные в результате исследования взаимодействия солнечного ветра с немагнитными планетами (Марс и Венера), предложена модель одного из плазменных хвостов, а так же проведен анализ остальных классифицированных нами типов структур.

ПЫЛЕУДАРНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ПРОЕКТА ИНТЕРГЕЛИО-ЗОНД

Моисеенко Д.А., Глазкин Д.Н., Маркичев М.И.

Институт космических исследований Российской академии наук

moiseenko-da@yandex.ru

Научный руководитель: Вайсберг О.Л., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В докладе представлены результаты работ по моделированию и разработке прибора для детектирования пылевых частиц в проекте Интергелио-Зонд, приведены первые результаты по обработке элементов электронно-оптической схемы физического макета прибора.

Изучение параметров пылевой компоненты, ее распределения по массам, а так же элементный анализ пылевых частиц является важной задачей для понимания эволюции солнечной системы. Основными задачами при исследовании пылевых частиц являются: измерения элементного состава, оценка скорости движения частиц, оценка их массы и разделение межпланетной и межзвездной пыли.

Прибор ПИПЛС-А предназначен для изучения частиц межзвездной и межпланетной пыли в проекте Интергелио-Зонд и способен регистрировать следующие параметры пылевых частиц: элементный состав, масса и проекции вектора скорости на вертикальную ось прибора.

Разрабатываемый прибор представляет собой пылеударный времяпролетный масс-анализатор с полем зрения $\sim 45^\circ$ (половина угла конуса), оснащенный детектором пролета для определения момента входа частицы в прибор, и системой определения массы пылевой частицы.

Использование пылевого детектора ПИПЛС-А в миссии Интергелио-Зонд позволит получить данные о пространственном распределении пылевых частиц вблизи Солнца и вне плоскости эклиптики, об их элементном и массовом составе.

ЭНЕРГО-МАСС АНАЛИЗАТОР

Моисеенко Д.А.

Институт космических исследований Российской академии наук

moiseenko-da@yandex.ru

Научный руководитель: Вайсберг О.Л., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В докладе представлены результаты работ по моделированию и созданию физического макета ионного энерго-масс спектрометра ПИПЛС-Б для проекта Интергелио-Зонд, приведены первые результаты по отработке элементов конструкции прибора.

Задачи эксперимента ПИПЛС-Б – измерения характеристик солнечного ветра: ионного и зарядового состава, скорости, температуры, концентрации и функции распределения по скоростям.

Известно, что распределение ионизационных состояний происходит в короне вблизи Солнца, и что оно позволяет определить электронную температуру в солнечной короне. Тем самым, подобные измерения дают возможность связать наблюдаемые потоки солнечного ветра с его источниками при помощи моделей ускорения и распространения солнечного ветра с использованием наблюдений солнечного ветра и оптических изображений Солнца и короны.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ОТРАБОТКИ ПРИБОРА АРИЕС-Л ДЛЯ ПРОЕКТА ЛУНА-РЕСУРС

**Моисеенко Д.А.¹, Журавлев Р.Н.¹, Шестаков А.Ю.¹,
Митюрин М.В.², Нечушкин И.И.²**

¹Институт космических исследований РАН

²ООО «НПП «Астрон Электроника»

moiseenko-da@yandex.ru

Научный руководитель: Вайсберг О.Л., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В докладе представлены результаты работ по настройке, калибровке исследованию свойств, обнаружению и устранению дефектов модулей электронной оптики (МЭО) прибора АРИЕС-Л, рассматриваются методы исследования характеристик узлов прибора.

Прибор АРИЕС-Л представляет собой энерго-масс-спектрометр с полем зрения 2π. Широкое поле зрения даёт возможность одновременно измерять характеристики облучающего пучка (солнечный ветер) и характеристики вторичных ионов, выбиваемых солнечным ветром из лунного реголита.

В связи с тем, что прибор АРИЕС-Л является сложным изделием, состоящим из ряда составных частей, встал вопрос о необходимости последовательной проверке узлов прибора. Для автоматизации процесса проведения исследования свойств составных частей прибора был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий упростить процессы настройки и калибровки.

МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И ВОЗБУЖДЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ЗАПЫЛЕННОЙ ИОНОСФЕРЕ

Морозова Т.И.^{1,2}, Копнин С.И.^{1,2}, Попель С.И.^{1,2}

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Московская область, Россия

timoroz@yandex.ru

Научный руководитель: Попель С.И., д.ф.-м.н., проф.

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Московская область, Россия

Рассмотрен механизм формирования неоднородностей концентраций электронов и ионов в запыленной ионосфере в результате развития модуляционной неустойчивости электромагнитных волн [1,2], связанной с возбуждением возмущений, имеющих частоты в области пылевых звуковых волн. Получена оценка неоднородностей плазмы на основе вычислений, проведенных для случая монохроматических спектров электромагнитного излучения нагревных стендов на высотах 80 км и 100 км. Показана возможность возбуждения достаточно интенсивных неоднородностей электронной и ионной концентраций $\delta n/n_0 \sim 0.5$ на высотах 80–100 км в результате развития модуляционной неустойчивости. Определены диапазоны применимости приведенного в работе метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.I. Kopnin, S.I. Popel, M.Y. Yu, Phys. Plasmas, Vol. 16, (2009) 063705.
2. С.И. Копнин, С.И. Попель, Т.И. Морозова, Физика плазмы, Т. 41, (2015), 188-194.

ОТБОР СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ И СИГНАЛОВ МАЛОАПЕРТУРНОЙ ГРУППОЙ «МИХНЕВО» ДЛЯ ЗАДАЧ АСТРОФИЗИКИ

Непеина К.С.

Институт динамики геосфер РАН

pereina.k@mail.ru

Экспериментаторы-астрофизики связывают поиск темной материи с регистрацией сверхэнергетических космических лучей с помощью хорошо известных методов, основанных на эффекте Черенкова-Вавилова, методе наблюдения флюоресценции атмосферы и методе регистрации радиоволн. Но использование чувствительных детекторов требует понижения влияния фоновых шумов до низкого уровня. Импульсы, вызванные космическими лучами, надо уметь отличать от шумов, имеющих разную природу. Кроме дробовых шумов, вызванных квантовыми свойствами света, вокруг астрофизических инструментов постоянно присутствуют низкочастотные колебания сейсмического и промышленного происхождения. Для выделения сигнала на фоне шума необходимо избавиться от сейсмических шумов.

Контроль за уровнем сейсмичности района размещения крупных измерительных объектов необходим даже на слабоактивных в сейсмическом отношении территориях. Для осуществления сейсмологического мониторинга в Центральном регионе РФ в 2004 г. была установлена постоянно действующая малоапертурная сейсмическая группа (МСГ) «Михнево» [1]. Конфигурация МСГ «Михнево» представляет собой три концентрические окружности с максимальным диаметром 1,2 км. Ежегодно МСГ регистрирует большое число (более 1000 событий) различной природы (естественной и техногенной) [2].

МСГ позволяет выделять очень слабые сигналы и, таким образом, значительно увеличивается число обнаруживаемых событий. Использование группы датчиков помогает повысить вероятность обнаружения неслучайных колебаний и оценить общий фон шума. Регистрация слабых сейсмических событий ($M < 3.5$) на региональных расстояниях позволила накопить представительную статистику для построения графика повторяемости в пределах слабоактивных территорий [3]. В ходе проведения работ [4] стало возможным применять метод согласованного фильтра для автоматического выделения сейсмических шумов и сигналов различного масштаба и характера за счет динамических входных параметров. Развитие метода с использованием известных космических событий предоставляет возможность повысить эффективность детекторов космических лучей.

Выражаю свою признательность коллективу лаборатории Сейсмологических методов исследования литосферы ФГБУН Института динамики геосфер РАН за предоставленные ретроспективные данные. Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ 14-05-00743-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санина И.А., Волосов С.Г., Черных О.А., Ризниченко О.Ю. Малоапертурная сейсмическая антенна «Михнево»: новые возможности изучения сейсмичности Восточно-Европейской платформы // ДАН, 2009. - Т. 428. - № 4. - С. 536–541.
2. Куликов В.И., Санина И.А., Гончаров А.И., Черных О.А., Нестеркина М.А., Волосов С.Г., Константиновская Н.Л. Особенности распространения сейсмических волн от карьерных взрывов на Русской платформе // Локальные и глобальные проявления воздействий на геосферы. Сб. докл. - М.: ГЕОС, 2008. - С. 89-97.
3. Санина И.А., Кишкина С.Б. Комплексный геофизический мониторинг как основа геодинамической безопасности // Мониторинг. Наука и безопасность, 2014. - № 1 (13). - С. 14-21.
4. Китов И.О., Санина И.А., Непеина К.С., Константиновская Н.Л. Использование метода согласованного фильтра на малоапертурной сейсмической антенне "Михнево" // Сейсмические приборы, 2014. - Т. 50. - № 3. - С. 5-18.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОЗОНОВЫХ «МИНИ-ДЫР» В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

Никифорова М.П.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

nikiforovamp@yandex.ru

Научный руководитель: Звягинцев А.М., д.ф.-м.н.

ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория»

Озон – малая и в то же время одна из важнейших газовых составляющих земной атмосферы. Вертикальный профиль озона очень специфичен и оказываемое им влияние на физико-географическую оболочку нашей планеты напрямую зависит от его высоты в атмосфере. В общем случае атмосферный озон обнаруживается на высотах от 0 до 70 км и его принято разделять на тропосферный и стратосферный.

Озон, являясь сильнейшим окислителем, в тропосфере является парниковым газом и неблагоприятно влияет на здоровье и биологические объекты, поэтому наблюдаемые тренды повышения его концентрации вызывают тревогу и являются предметом мониторинга и исследований по всему миру. Большая же часть озона сосредоточена в стратосфере, на высотах в среднем от 15 до 30 км – в озоновом слое, который играет важнейшую роль для всего живого на Земле, предотвращая попадание на земную поверхность вредоносной УФ-Б составляющей солнечного излучения. Мониторинг и исследования озонового слоя вызваны противоположной по сравнению с тропосферой тенденцией, а именно сокращением содержания озона в стратосфере, явлением «озоновой дыры» в Антарктике и эпизодами озоновых «мини-дыр» в Северном полушарии.

Важнейшей характеристикой озона в атмосфере является общее содержание озона (ОСО) – содержание озона в единичном столбе атмосферы. Изменчивость ОСО является предметом мониторинга наземными и спутниковыми методами. В настоящее время сеть наземных озонометрических станций насчитывает более 450 пунктов наблюдений (первая станция работает с 1926 г.). Спутниковый мониторинг ОСО был начат в 1970 г. и в разное время проводился различной аппаратурой с разных спутников. Для исследований ОСО наиболее часто используются базы данных спутникового мониторинга TOMS-OMI, SBUV и GOME/SCIAMACHY/GOME2, а также реанализ ERA-Interim. Известно, что точность многих наземных измерений ОСО выше по сравнению со спутниковыми, особенно важно установить, насколько эти данные точны при выявлении эпизодов крупных озоновых аномалий.

Для этого в работе проанализированы различия между значениями среднегодовых квазиглобальных значений ОСО за 1979 – 2014 гг. по различным базам данных, а также при наиболее известных крупных озоновых аномалиях над территорией России – в зимне-весенний период 1995, 1997 и 2011 г. Для таких случаев также проведено сравнение со значениями ОСО, полученными наземными озонометрическими станциями, находящимися на территории, над которой наблюдалась озоновая аномалия.

Полученные результаты свидетельствуют, что наименьшей точностью и «сглаженностью» обладают ряды значений ОСО, полученные с помощью реанализа ERA-Interim. Данные спутникового мониторинга TOMS/SBUV/OMI и GOME/SCIAMACHY/GOME2 при анализе среднемноголетних значений ОСО отличаются между собой от одной до десяти единиц Добсона, однако, при рассмотрении отдельных озоновых аномалий по сравнению с результатами наземных измерений дают более существенные различия.

СТАБИЛЬНОСТЬ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Новиков С.В., Парпаров Е.З.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт Петербург, Россия

В настоящее время наиболее стабильными и надежными среднетемпературными термоэлементами для интервала 420-720 К являются соединения на основе PbTe и GeTe [1].

Космическое применение накладывает особые требования на надежность каждого конструктивного элемента термоэлектрического генератора. Особо необходимо выделить проблему стабильности ветвей отдельного термоэлемента, которая включает в себя стабильность материала, теплового и электрического контакта. Проблема контактов является одной из самых сложных, поскольку для ее решения необходимо принять во внимание: химические реакции внутри ветвей, химическое взаимодействие ветвей с материалом припоя, термическое расширение ветвей и припоя, температуры плавления, механическую прочность. В конечном счете, именно контакты определяют возможность применения данных материалов, и во многом их эффективность.

Данная работа посвящена исследованию стабильности электрических контактов термоэлемента на основе n-PbTe и p-GeTe, а также изучению процессов взаимодействия материала припоя с материалом ветвей при температуре 720 К.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. V. Novikov, E. Z. Parparov, M. I. Fedorov. Reliable Thermoelectric Generators for Space Missions. Proceedings of the 11th European Conference on Thermoelectrics. 2014. P. 109-116.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПРИ АККРЕЦИИ ВЕЩЕСТВА НА СВЕРХМАССИВНЫЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Орлова Я.В.^{1,2}, Сазонов С.Ю.²

¹МФТИ(ГУ),

²Институт космических исследований РАН

orlova__yana@mail.ru

Научный руководитель: Сазонов С.Ю., д-р физ.-мат. наук

Институт космических исследований РАН

Сопоставление наблюдений спектров рентгеновских источников, излучение которых взаимодействует с окружающим их газом через фотопоглощение и комптоновское рассеяние, с теоретически вычисленным спектром позволяет получить ограничения на геометрические параметры, на плотность вещества на луче зрения, на химическое богатство материи. Сюняев и Титарчук нашли аналитическое решение задачи комптонизации низкочастотного излучения в изотермическом облаке нерелятивистской плазмы с большой оптической толщиной по томсоновскому рассеянию [1]. Однако сравнение с расчетами методом Монте-Карло свидетельствует о грубости аналитического рассмотрения при высоких температурах и малых толщах.

Целью данной работы является построение спектров, формирующихся в процессе поглощения и комптоновского рассеяния рентгеновского излучения. В основу программного кода была положена методика Монте-Карло расчета процессов комптонизации, изложенная в статье Позднякова, Соболя и Сюняева [2]. Рассматривается тороидальная структура из сгустков газа с центральным источником. Испытания программы проводились для монохроматического источника, в дальнейших исследованиях брался степенной начальный спектр, близкий к реальному.

Проведены расчёты в разных режимах с комптоновским рассеянием для сопоставления с известными зависимостями, проверена чувствительность к изменению суммарной плотности тора и радиуса сферического облака, проанализировано поведение спектра при качественном изменении параметров задачи. Исследуется влияние поглощения и флюоресценции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Sunyaev R.A., Titarchuk L.G. Comptonization of X-rays in plasma clouds. Typical radiation spectra. // Astron. and Sp. 1980. V. 86. P. 121.*
2. Поздняков Л.А., Соболев И.М., Сюняев Р.А. Комптонизация и формирование спектров рентгеновских источников. Методика расчетов методом Монте-Карло. // *Астрономия. Итоги науки и техники.* М.: ВИНТИ, 1982. Т. 21. С. 238–305

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РАДИОТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А.

Институт космических исследований РАН

pashinove@mail.ru

Научный руководитель: Шарков Е.А., д. ф-м. н

В настоящее время, большой научный интерес представляют исследования распределения водяного пара в атмосфере Земли. Водяной пар является основным источником скрытого тепла при зарождении и интенсификации атмосферных катастроф, например, тропических циклонов, где особенности высотного профиля водяного пара играют основную роль. Очевидно, что оперативный глобальный мониторинг распределения водяного пара может быть осуществлен только с помощью дистанционного зондирования с борта космических аппаратов. Таким образом, возникает потребность разработки дистанционных методов решения данной задачи.

Сегодня профиль водяного пара в атмосфере восстанавливают посредством активного и пассивного дистанционного зондирования в микроволновом и ИК диапазонах. К достоинствам пассивного микроволнового зондирования можно отнести всепогодность и не такую сильную зависимость от облачности как у зондирования в ИК диапазоне. К недостаткам – плохое вертикальное разрешение.

Традиционно, для зондирования влажности в микроволновом диапазоне используются измерения на склоне наиболее сильной линии поглощения 183,31 ГГц. Существующие космические приборы имеют от трех до восьми каналов в данной области спектра и заявляют о возможности восстановления профиля влажности в лучшем случае — в шести атмосферных слоях.

В ходе работы, был проведен анализ существующих приборов и проведено моделирование космического эксперимента по измерению яркостных температур в шести наиболее часто используемых для зондирования влажности каналах. Результаты моделирования показали, что измерения на склоне линии 183,31 ГГц имеют ряд ограничений. Также, было показано, что применяемые повсеместно весовые функции, позволяющие рассчитать чувствительность радиометрических каналов к изменению профиля влажности не подходят для такой оценки. Был предложен более физически обоснованный метод расчета весовых функций, который показал непригодность измерений вдали от центра линии 183,31 ГГц для восстановления влажности нижних слоев атмосферы 0–4 км.

Так же, в результате моделирования, был предложен новый метод измерений названный «Дифференциальным», который, теоретически должен позволить восстанавливать профиль влажности нижних слоев атмосферы. Метод заключается в вычитании сигналов близких частотных каналов на склоне линии 22.235 ГГц. Данный подход является новым в решении поставленной задачи. Моделирование показало, что с помощью такого метода возможно восстановить влажность на высотах от 0 до 4 километров. Кроме того, при вычитании сигналов можно ожидать уменьшения влияния нерезонансных составляющих излучения системы океан-атмосфера, которые обычно мешают восстановлению. К недостаткам такого метода можно отнести более высокие требования к чувствительности аппаратуры, которые, тем не менее, возможно обеспечить на данном этапе развития микроволновых приборов.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №14-02-00839-а.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИБРОПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Пронин Т.Ю.

Аспирант ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Инженер-конструктор АО «Концерн Автоматика», г.Москва

pronin_t_y@list.ru

Научный руководитель: Крылов В.П., д.т.н.

ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

v_p_krylov@vlsu.ru

Электронные средства космических аппаратов (ЭС КА), предназначенные для работы в условиях открытого космического пространства, в процессе вывода на орбиту подвергаются значительным механическим нагрузкам. Вибрации, возникающие от работы ракетных двигателей и взаимодействия обшивки с воздухом в первые минуты пуска, наиболее негативно влияют на состояние прибора, что определяется, прежде всего, широким диапазоном частот колебаний (до 2000 Гц) при высокой их интенсивности.

Отказ от применения виброизоляторов, повышение степени интеграции электронной компонентной базы (ЭКБ) и, как следствие, ее удорожание и проблемы отвода тепла приводят к тому, что широкополосные случайные вибрационные нагрузки становятся одним из основных ограничивающих факторов при разработке ЭС КА. Как правило, соответствующие расчеты невозможно выполнить без применения систем компьютерного анализа (ANSYS, NASTRAN, ABAQUS). Работа в подобных расчетных системах конечно-элементного анализа весьма специфична, требует построения расчетных моделей, выявления граничных условий, а также включают процедуры согласования с экспериментальными данными. При этом применение компьютерного моделирования на заключительной стадии разработки эквивалентно созданию и испытанию готовых образцов изделий.

Резкое увеличение затрат при проектировании связано со значительной стоимостью радиационно-стойких электронных компонентов для ЭС КА с длительными сроками активного существования. В частности, стоимость программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) для космического применения может в десятки раз превышать стоимость остальной ЭКБ вместе с несущими конструкциями прибора. Отказ подобных ПЛИС на стадии испытаний полностью собранных изделий равносильна потере прибора. При этом естественным является желание конструкторов максимально снизить воздействия вибрации на такие ответственные компоненты, проводя расчеты и испытания макетов в упрощенном виде: с частично установленной ЭКБ и макетами ПЛИС. Следует отметить, что проведение испытаний макетных образцов зачастую оказывается для разработчика более простым занятием, чем четко сформулировать техническое задание для расчетчика.

В докладе излагается опыт разработки вибропрочных ЭС КА, который показывает, что наилучших результатов с точки зрения сроков проектирования обеспечивает комплексный итеративный подход при использовании расчетных 3D-моделей и результатов испытаний макетных образцов. При таком подходе могут выполняться процедуры проверок расчетных моделей, соответствия результатов моделирования экспериментальным данным, включая решение обратных задач. При этом разработчик формирует задания процесса моделирования, являясь «Заказчиком» расчетов. Модели в процессе разработки трансформируются от простых, соответствующих макетам, к более сложным, соответствующим полностью готовой конструкции.

Предлагаются рекомендации по взаимодействию инженера-расчетчика, испытателя и разработчика вибропрочных ЭС КА в процессе проектирования. Сформированные при их совместном участии частные технические задания позволяют минимизировать время разработки и избежать отказов дорогостоящей ЭКБ при испытаниях.

КОЛЬЦА ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ В S0-ГАЛАКТИКАХ

Прошина И.С.¹, Князев А.Ю.^{1,2,3}, Сильченко О.К.¹

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ,

²South African Astronomical Observatory, Cape Town, South Africa

³Southern African Large Telescope (SALT) Foundation, Cape Town, South Africa

ii.pro@mail.ru

Выполнена обработка спектров 6 галактик (IC 560, NGC 809, PGC 48114, NGC 2697, NGC 7808, NGC 4324), полученных на спектрографе с длинной щелью на 11-метровом телескопе SALT в ЮАР.

Общим для исследованных линзовидных галактик является наличие в спектрах сильных эмиссионных линий H_{α} , [NII], а в некоторых случаях и линий [SII], H_{β} , [OIII].

С помощью гаусс-анализа по указанным линиям были определены скорости газовых компонент галактик, а с помощью кросс-корреляции спектра галактики со спектром звезды – К-гиганта были измерены скорости звёздных компонент галактик.

Проведён анализ эквивалентных ширин эмиссионных линий с использованием диагностических BPT-диаграмм, что позволило выявить механизм возбуждения линий на различных удалениях от центров галактик. Обнаружены кольцеобразные (иногда, предположительно, спиральные) области звездообразования в данных формально линзовидных галактиках.

Измерение Ликских индексов позволило определить средний возраст и металличность звёздного населения каждой галактики на различных удалениях от центров галактик.

На основе полученных результатов даются предположительные сценарии эволюции каждой галактики.

Также проведено сравнение металличности газа и звёзд на одних и тех же расстояниях от центров галактик. Замечено, что в исследуемых галактиках газ, в котором детектируется звездообразование (возбуждаемый молодыми звездами), имеет околосолярную металличность вне зависимости от металличности звёзд в этой области. Выдвигается предположение о причинах выявленной особенности.

ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ FK COM – АНАЛИЗ ДАННЫХ 2013-2015 ГОДОВ

Пузин В.Б.¹, Саванов И.С.¹, Дмитриенко Е.С.², Романюк И.И.³, Семенко Е.А.³, Якунин И.А.³, Бурданов А.Ю.⁴

¹Институт астрономии РАН,

²Государственный астрономический институт им. П.К.Штенберга МГУ

³Специальная астрофизическая обсерватория РАН

⁴Льежский университет

vpuzin@inasan.ru

Научный руководитель: Саванов И.С., д-р физ.-мат. наук

Институт астрономии РАН

В докладе представлены результаты анализа новых фотометрических и спектрополяриметрических наблюдений хромосферно-активной звезды FK Com. На основе новых фотометрических наблюдений и данных доступных для исследований из литературных источников, по единой методике проведен анализ наиболее полного и длинного набора фотометрических данных. Весь временной ряд фотометрических данных мы разбили на 218 индивидуальных сетов, для которых была решена обратная задача восстановления крупномасштабных температурных неоднородностей на поверхности звезды по ее кривой блеска. Проведен анализ временных рядов в фильтрах U, B, V, амплитуды переменности блеска, суммарной площади пятен на поверхности звезды и среднего значения блеска каждого из рассматриваемого нами сетов. Анализ результатов определений положений активных долгот приводит к заключению о существовании двух систем активных областей на поверхности FK Com. Установлено что положение каждой из этих систем претерпевают циклические изменения. Подтверждается вывод из (1) о вероятном отсутствии ярко выраженной регулярности флип-флопов у FK Com.

Представлены результаты спектрополяриметрических наблюдений FK Com в 2014-2015 годах. Новые наблюдения свидетельствуют о правомерности нашей интерпретации поведения продольной компоненты магнитного поля $\langle B_z \rangle$ указывающего на установление более симметричное распределение магнитных областей на поверхности FK Com (2). Зарегистрированное нами по фотометрическим наблюдениям увеличение активности звезды в последние годы также согласуется с вероятным началом возрастания параметра $\langle B_z \rangle$ в последние года.

ЛИТЕРАТУРА

1. T. Hackman, et al., *Astron. and Astrophys.* 553A, 40H, 2013
2. V. B. Puzin, I. S. Savanov, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, E. S. Dmitrienko, *Astrophysical Bulletin* 69, 321, 2014..

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЕРХЛЕГКИХ РЕФЛЕКТОРОВ КОСМИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА МЕТОДОМ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ

Пье Пху Маунг

МГТУ имени Н.Э. Баумана

pyaerphyo@mail.ru

Научный руководитель: Малышева Г.В., профессор, д.т.н.

МГТУ имени Н.Э. Баумана

Изделия из углепластиков в условиях массового производства, как правило, получают с использованием препреговых технологий, а в условиях единичного производства – используют технологии вакуумной инфузии. Рефлектор зеркальной космической антенны изготавливается в условиях единичного производства и поэтому самым экономически эффективным методом является технология вакуумной инфузии.

Работа посвящена анализу влияния структуры различных тканей на кинетику процесса пропитывания детали типа рефлектора космических антенн методом вакуумной инфузии. В качестве объекта исследований рассматривается рефлектор зеркальной космической антенны, отличительной особенностью которого является наличие поверхностей двойной кривизны. Для проведения моделирования структуры различных тканей в пакете WiseTex построена геометрическая модель тканей, которая далее транслирована в пакет конечно-элементного анализа FETex, где стандартным образом была разбита на конечные элементы. Моделирование кинетики процесса пропитывания проводилось в программе PAM-RTM. В работе исследовано влияние структуры различных тканей, схемы армирования на время пропитывания. Сравнение двух типов тканей (площенных и не площенных) показало, что стандартные (т.е. не площенные ткани, имеющие круглое сечение нитей) пропитываются быстрее, чем площенные, которые имеют прямоугольное сечение.

В работе были определены оптимальные режимы отверждения рефлектора. Приведены результаты теоретической и экспериментальной оценки количества теплоты, выделяемой в процессе отверждения деталей из полимерного композиционного материала. Оптимальные циклы отверждения определены (скорость нагрева и продолжительность выдержки). Оптимизация производилась с использованием программного обеспечения Femap-Nastran. Установлено, что учет тепловых эффектов позволяет не только сократить продолжительность процесса отверждения, но и обеспечить равномерный прогрев деталей сложной геометрической формы по всей площади, изготовленных из гибридных полимерных композиционных материалов.

ЭВОЛЮЦИЯ БЫСТРЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ МАГНИТОСЛОЯ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Л.С. Рахманова¹, М.О. Рязанцева^{1,2}, Г.Н. Застенкер¹

¹Институт Космических Исследований РАН

²Научно-исследовательский Институт Ядерной Физики имени Д.В. Скобельцына
Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

rakhlud@gmail.com

Магнитослой – турбулентная область перед магнитопаузой – является интерфейсом между солнечным ветром и магнитосферой Земли. Турбулентность плазмы выражается в флуктуации всех параметров плазмы и магнитного поля в магнитослое в широком диапазоне частот. На данный момент в области высоких частот (> 1 Гц) изучены только флуктуации магнитного поля в магнитослое из-за отсутствия спутниковых измерений параметров плазмы с достаточно высоким временным разрешением. В данной работе использованы данные прибора БМСВ на борту спутника Спектр-Р, который измеряет характеристики плазмы с временным разрешением до 31 мс. Рассматриваются несколько примеров пересечения спутником магнитослоя и исследуется динамика турбулентных свойств плазмы при удалении от границ магнитослоя – магнитопаузы и околослойной ударной волны. В работе проводится статистическое исследование уровня высокочастотных флуктуаций параметров плазмы магнитослоя и характеристик частотных спектров флуктуаций.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППЫ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ

Резаева А.А.¹, Щербина М.П.²

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет, Москва.

² Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

aa.rezaeva@physics.msu.ru, morskayaa906@yandex.ru

Научный руководитель: Бусарев В.В., доктор ф.-м. н.

Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ), рассматриваются и как потенциально опасные объекты, и как возможные источники внеземных ресурсов (1). Поэтому задача определения их характеристик на химико-минералогическом уровне особенно актуальна и востребована.

Используя наблюдательные данные пяти астероидов (137126 (1999 CF9), 9950 ESA(1990 VB), 24445 (2000 PM), 329437 (2002 OA22), 4450 Pan (1987 SY)), полученные в 2013-2014 гг. С.И. Барабановым и другими сотрудниками ИНАСАН на Терскольской обсерватории, в диапазоне 0.35-0.7 мкм была проведена обработка и моделирование спектров отражения.

Для обработки полученных данных использовался пакет DECH (2), применялись стандартные процедуры (такие как коррекция плоского поля, учет фона неба и т.д.). Калибровка длин волн спектра была сделана, основываясь на бальмеровской линии спектра α Рег. Полученные спектры нормировались на значение на длине волны 550 нм. Затем проводились частотная фильтрация, сглаживание спектров и их полиномиальная аппроксимация с помощью программного пакета ORIGIN. В качестве итоговых спектров отражения астероидов были взяты усредненные спектры или единичные с лучшим отношением сигнал/шум, если усреднение было невозможно из-за малого количества данных. Имея в распоряжении нормированные сглаженные спектры отражения астероидов, можно качественно судить об отношении их к тому или иному таксономическому классу и, соответственно – об их минералогии.

Следующий этап работы - это количественная интерпретация. С помощью разработанной докладчиком программы на базе пакета Matlab, использующей лабораторную базу спектров минералов RELAB (3), была выполнена аппроксимация спектров отражения рассматриваемых тел с помощью комбинаций спектров минералов. Алгоритм этой программы сводится к заданию для каждого спектра отражения некоторого количества опорных точек, совпадающих с его особенностями (минералогическими полосами поглощения), в которых аппроксимация спектрами минералов наиболее точна. В результате для каждого из рассматриваемых астероидов была выполнена количественная оценка относительного содержания в веществе 4-6 основных минералов, характеризующих его химико-минеральный состав.

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИИ (ОБЗОР)

Савкин Л.В.¹, Гусенков П.А.^{1,2}

¹ПАО «Радиофизика»

²МФТИ

android4.1@mail.ru

Проводится аналитический обзор современных методов формирования сверхширокополосных (СШП) сигналов, позволяющих реализовать системы авиационной и космической радиолокации (САКР) бортового и наземного применения. Особое внимание в докладе уделено проблеме построения СШП САКР для решения задач, близких к задачам пространственно-временной обработки информации о целях в классическом понимании радиолокации [4]. В качестве наиболее распространенных подходов к построению СШП САКР рассматриваются:

- 1) методы сверхкоротких импульсов (без высокочастотного заполнения) и коротких импульсов (с высокочастотным заполнением) [4–7];
- 2) методы пачек сверхкоротких импульсов и пачек коротких радиоимпульсов [5–7];
- 3) методы хаотических радиоимпульсов, включая дискретные схемы формирования хаотических сигналов [2];
- 4) методы цифровой модуляции поднесущих частот на примере мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) [1, 3];
- 5) методы, основанные на свойствах ЛЧМ-сигналов и ряд других.

Проводится анализ проблем применения СШП САКР для решения задач дальней и ближней космической радиолокации. Рассмотрены особенности активно исследуемых в настоящее время многоканальных и пространственно распределенных СШП САКР.

Особое внимание в докладе уделено рассмотрению конструктивных особенностей антенных систем каждого из вышеотмеченных типов СШП САКР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин М. Г., Крейнделин В. Б., Шлома А. М., Шумов А. П. Технология OFDM. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия - Телеком, 2015. — 360 с.
2. Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Максимов Н.А., Панас А.И. Генерация хаоса / Под. общ. ред. Дмитриева А.С. / Москва: Техносфера, 2012. — 424 с.
3. Лебедев В. Модуляция OFDM в радиосвязи // Радиолюбитель. — 2008. № 9. — с. 36–40.
4. Осипов М. Сверхширокополосная радиолокация. Радиотехника, №3, 1995, с. 3–6
5. Win M.Z., Scholtz R.A. Impulse radio: How it works. *IEEE Commun. Lett.* 1998. V. 2. № 2. P. 36
6. Kelly J. Time Domain's Proposal for UWB Multi-band Alternate PHY Layer for 802.15.3a. — N.Y.: IEEE, 2003.
7. Matt Welborn. TG4a Proposal for Low Rate DS-UWB (DS-UWB-LR). — N.Y.: IEEE, 2005.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОРТОВЫХ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Савкин Л.В.

ПАО «Радиофизика»

android4.1@mail.ru

Различные концепции реконфигурируемых вычислительных систем (РВС), реализуемые в большинстве известных случаев на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) класса FPGA [1, 2], позволяют сегодня исследовать качественно новые подходы в построении отказоустойчивой бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических систем и комплексов. Одним из таких подходов является практическая реализация регенеративных электронных систем (РегЭС) [1], способных восстанавливать образующие ее элементы на низком аппаратном уровне, т.е. уровне конфигурируемых логических блоков. Использование бортовых РегЭС в космических аппаратах (КА) позволит наиболее рационально использовать общий аппаратный ресурс служебных и целевых систем, что является особенно важным в виду наблюдаемой сегодня интеграции многих бортовых систем цифровой обработки данных в единые аппаратно-программные модули.

В работе [1] были предложены и подробно рассмотрены два из множества возможных варианта практической реализации РегЭС космического применения, направленных, прежде всего, на надежное функционирование всей бортовой аппаратуры КА в течение всего срока его активного существования. Учитывая в значительной степени однородный характер аппаратной архитектуры РегЭС, одними из наиболее удобных способов анализа структуры и процессов функционирования РегЭС являются графоаналитические методы. В докладе представлены результаты графоаналитического моделирования базовых архитектур РегЭС, способов аппаратного синтеза контрольно-диагностических алгоритмов, способов объединения функциональных и контролирующих сред, а также некоторые модели парных архитектур, отвечающих за взаимодействие между собой отдельных функциональных фрагментов единого реконфигурируемого вычислительного поля (РВП) и использующих тесты по методам булевой производной. Рассмотрены также некоторые спорные вопросы, касающиеся расчета надежности РегЭС, построенных по принципу вложенных матричных наборов РВП.

В заключительной части доклада представлены результаты сравнительного анализа открытой номенклатуры ПЛИС класса FPGA, позволяющей наиболее эффективно подойти к практической реализации сложных архитектур РегЭС, описываемых графами больших размерностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И.* Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры /Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под общ. Ред. И.А. Каляева. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – 344 с.
2. *Nauck S.* Reconfigurable computing. The theory and practice of FPGA-based computation. Morgan Kaufmann Publ., 2007. – 944 p.
3. *Савкин Л.В.* Регенеративные электронные системы в космических системах и комплексах. Вестник кибернетики, №2 (18), 2015, с. 3-32.

МНОГОСЛОЙНЫЕ ПЕРСЕПТРОНЫ В БОРТОВЫХ СИСТЕМАХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ: АППАРАТНЫЙ ПОДХОД

Савкин Л.В.¹, Дмитриев В.Г.², Федоров Е.А.^{2,3}

¹ПАО «Радиофизика»

²НПО им. С.А. Лавочкина

³Московский авиационный институт

android4.1@mail.ru

В докладе рассматриваются некоторые аспекты аппаратной реализации нейросетевых алгоритмов обработки данных бортовых систем космических аппаратов (КА) на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) класса FPGA [1, 2]. Проводится сравнительная оценка между двумя основными способами реализации многослойных перцептронов: программной эмуляцией и аппаратной реализации на базе ПЛИС. Показаны достоинства и недостатки каждого из способов.

Особое внимание в работе уделено исследованию штатных задач обработки информации в бортовых системах КА, сводимых к задачам распознавания, которые впоследствии предлагается решать на базе архитектур ПЛИС FPGA, реализующих многослойные перцептронные модели с прямым распространением сигнала [3]. В качестве основной задачи представлена задача оценки технического состояния смежных и исполнительных бортовых подсистем КА, выдающих телеметрическую информацию с постоянным набором 32-разрядных контрольных последовательностей. С помощью перцептрона осуществляется идентификация фактов «пропадания» контрольных последовательностей, нарушения интервалов между временем прихода контрольных последовательностей ($\tau = 20$ мс), а также регистрация моментов выхода за пределы допустимых значений контролируемых параметров [4].

Разработан вариант аппаратной архитектуры многослойного перцептрона (число скрытых слоев $N_{\text{скр.}} = 23$, количество сенсорных каналов $N_{\text{кан.}} = 64$) и алгоритм его обучения.

Представлены результаты моделирования архитектуры многослойного перцептрона на ПЛИС Virtex-6 фирмы Xilinx в программной среде ModelSim.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры /Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под общ. Ред. И.А. Каляева. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – 344 с.
2. Hauck S. Reconfigurable computing. The theory and practice of FPGA-based computation. Morgan Kaufmann Publ., 2007. - 944 p.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. -1104 с.
4. Савкин Л.В., Дмитриев В.Г., Федоров Е.А. Нейронные сети на базе программируемых логических интегральных схем в бортовой аппаратуре КА / XL Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства: сборник тезисов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. с. 202.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ SENTINEL-1A

Самофал Е.В., Барталёв С.А., Плотников Д.Е.

Институт космических исследований РАН

samofal@d902.iki.rssi.ru

Научный руководитель: Барталёв С.А.

Институт космических исследований РАН

Решение задачи спутникового картографирования посевов сельскохозяйственных культур в настоящее время решается преимущественно на основе данных оптических систем дистанционного зондирования ввиду их большей доступности и более простой тематической интерпретации. В связи с развитием систем дистанционного зондирования, оснащенных радарными с синтезированной апертурой (РСА, англ. SAR), возрастает важность разработки методов распознавания культур по амплитудным радиолокационным изображениям (РЛИ) и по комплексным РЛИ с использованием фазовой информации. Несмотря на то, что РСА позволяют получать данные в любое время суток, при любых погодных условиях и с высоким пространственным разрешением, при их использовании необходимо учитывать такие особенности, как наличие спекл-шума, зависимость характеристик отраженного излучения от рельефа местности, влажности подстилающей поверхности, высоты и пространственной ориентации зондируемых объектов.

Космический аппарат Sentinel-1A запущен 3 апреля 2014 года и имеет на борту РСА, работающий в С-диапазоне длин волн (5,6 см). Всего планируется 4 спутника. В архиве Отдела технологий спутникового мониторинга (по состоянию на февраль 2016 года) накоплено свыше 22 тыс. изображений Sentinel-1A, из которых на Южный Федеральный Округ приходится около 2 000 снимков, полученных при одиночной и перекрёстной поляризациях в режиме интерферометрического обзора с пространственным разрешением 5×20 м.

В докладе приводятся результаты эксперимента по распознаванию сельскохозяйственных культур на территории Ставропольского края, включая такие, как кукуруза, лён, озимая пшеница, озимый рапс, озимый ячмень, яровой ячмень и подсолнечник. Для этого сформированы две временные серии амплитудных изображений, полученных при вертикальной (VV) и перекрестной (VH) поляризациях, и охватывающих период с апреля по октябрь 2015 года. Для уменьшения уровня спекл-шума данные были предварительно обработаны с использованием улучшенного фильтра Фроста с окном 5×5 пикселей, а также приведены к пространственному разрешению 10×10 м. Применяемый в исследовании набор наземных данных включает 283 поля, разделенные на обучающую и контрольную выборки. Классификация проводилась методом максимального правдоподобия в программной среде Erdas Imagine с оценкой точности распознавания на основе матрицы перепутывания классов.

ИЗУЧЕНИЕ ФРОНТОВ МЕЖПЛАНЕТНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПРИБОРОМ БМСВ НА СПУТНИКЕ СПЕКТР-Р

О.В. Сапунова^{1,2}, Н.Л. Бородкова¹, Г.Н. Застенкер¹

¹ Институт космических исследований РАН

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

sapunova_olga@mail.ru

Научный руководитель: Застенкер Г. Н., д. ф.-м. н.

Институт космических исследований РАН

В 2011 году был запущен спутник СПЕКТР-Р с прибором БМСВ на борту, имеющим высокое временное разрешение для измерений параметров плазмы солнечного ветра – 0,031 с. Это позволило изучить мелкомасштабные и быстрые процессы в солнечном ветре, в том числе – межпланетные ударные волны.

На данный момент зарегистрировано 38 событий на спутнике Спектр-Р. Данные дополняются со спутников WIND, THEMIS-B,C. Для событий, зарегистрированных на 4-х и более спутниках, были вычислены нормали к фронту межпланетной ударной волны. По параметрам плазмы и магнитного поля солнечного ветра были вычислены характеристики фронта межпланетной ударной волны: θ_{BN} (угол между нормалью к фронту и магнитным полем), Mms (магнитозвуковой Мах), β (отношение магнитного давления к тепловому давлению). Построены гистограммы перечисленных параметров.

Длительность фронта межпланетной ударной волны была определена как по магнитному полю, так и по прибору БМСВ, имеющего временное разрешение 0,031 с для параметров плазмы. По этим данным определена толщина фронта – от 40 км до 600 км.

Во многих событиях наблюдались колебания (как по параметрам плазмы, так и по значениям магнитного поля), опережающие фронт МУВ. Их длина составила от 70 до 400 км. Сравнение длин колебаний, определенных по плазме и магнитному полю показало хорошее соответствие – отличие составило не более 35%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Safrankova J., Nemecek Z., Prech L., Zastenker G., Cermak I., Chesalin L., Komarek A., Vaverka J., Beranek M., Pavlu J., Gavrilo E., Karimov B., Leibov A. Fast Solar Wind Monitor (BMSW): Description and First Results. Space Sci. Rev., 175 (1-4): 165–182, 2013
2. P. Edmiston and C. F. Kennel A parametric survey of the first critical Mach number for a fast MHD shock J. Plasma Physica (1984), vol. 32, part 3, pp. 429-441

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ МЕТОДОМ БЫСТРЫХ ИСКАЖЕНИЙ. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА

Сафонов С.И.^{1,2}, Петросян А.С.^{1,2}

¹Институт космических исследований РАН

²Московский физико-технический институт

safons25@gmail.com

Научный руководитель: Петросян А.С., д. ф.-м. н., профессор

Институт космических исследований РАН

Работа посвящена исследованию характеристик турбулентного течения астрофизической плазмы в приближении магнитной гидродинамики методом быстрых искажений. Теория быстрых искажений турбулентности является статистическим методом линейного анализа турбулентных течений, изменяющихся под действием крупномасштабных сдвигов скорости потока, магнитного поля, массовых сил. Основное предположение теории состоит в том, что поле турбулентности реагирует на некоторый внешний эффект так быстро, что взаимодействие турбулентности с самой собой, описываемое нелинейными слагаемыми считается пренебрежимо малым. Это делает задачу линейной и позволяет записать замкнутые уравнения для вторых моментов турбулентного течения. В работе теория быстрых искажений применяется для несжимаемых течений астрофизической плазмы в приближении магнитной гидродинамики и холловской магнитной гидродинамики при наличии внешнего магнитного поля и крупномасштабного сдвига скорости во вращающейся системе отсчета. На рассматриваемых временах нелинейными членами в полученных уравнениях для флуктуаций скорости и магнитного поля можно пренебречь, оставив только слагаемые, описывающие воздействие средних полей на флуктуации. Показано, что даже при сильной нелинейности, многие свойства турбулентности можно качественно исследовать, используя такую линейную теорию. Получена замкнутая система уравнений для вторых моментов турбулентности, кинетической и магнитной энергии. Исследован переход к анизотропии от изначально однородной и изотропной турбулентности под действием внешнего магнитного поля, вращения и сдвига. Исследовано влияние эффекта холла на энергетические спектры турбулентности вблизи диссипативных масштабов. Получены уравнения для гидродинамической, магнитной и токовой спиральности.

ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОПЕРЕМЕННЫХ ВНЕШНИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Сербинов Д.В.

Институт космических исследований РАН

Serbinov@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Семена Н. П., к. т. н.

Институт космических исследований РАН

В настоящее время на МКС планируются научные эксперименты с использованием приборов, отдельные элементы которых требуют очень точной стабилизации температуры. Сложность такой стабилизации заключается в том, что внешние тепловые условия на поверхности МКС являются сильно переменными. Данную переменность вызывает изменяемое во времени прямое и отраженное от конструкции МКС и от Земли солнечное излучение, а также ИК-излучение от периодически нагреваемой и охлаждаемой поверхности МКС.

Подобная задача возникла для термостабилизации детекторов рентгеновского монитора СПИН-Х1-МВН, температура которых должна быть на уровне -30 ± 2 °С.

Для стабилизации температуры этих детекторов была разработана принципиально новая система обеспечения теплового режима (СОТР) на основе двух связанных друг с другом оппозитно расположенных радиаторов, нагревателя и термоэлектрического модуля. Проведенные термовакуумные испытания рентгеновского монитора СПИН-Х1-МВН показали высокую эффективность такой СОТР.

НЕОДНОРОДНОСТЬ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПЕРЕДЕЛЕНИИ ГАЛАКТИК НА $Z \sim 0.57$ В НАПРАВЛЕНИИ НА ГАММА-ВСПЛЕСК GRB021004

**Соколов И.В.^{1,4}, Alberto J. Castro-Tirado²,
Верходанов О.В.³, Желенкова О.П.³, Барышев Ю.В.⁴**

¹Терскольский филиал ИНАСАН,

²Institute for Astrophysics of Andalucía

³Специальная астрофизическая обсерватория РАН

⁴Санкт-Петербургский государственный университет

ilia333@land.ru

Научный руководитель: Барышев Ю.В., д. ф.-м. н., Гаген-Торн В.А. д. ф.-м. н.

Санкт-Петербургский государственный университет

В данной работе проверяются признаки наличия неоднородности пространственного распределения галактик в направлении на гамма-всплеск GRB021004. Первым таким признаком является распределение по фотометрическим красным смещениям с пиком на $z \sim 0.57$, найденным по данным БТА и HST. Вторым признаком являются линии поглощения дублета магния MgII 2796,2803 в спектре послесвечения гамма-всплеска GRB 021004. Третьим признаком является неоднородность температуры микроволнового фона по данным космического телескопа им. Макса Планка. И четвёртым признаком является неоднородность в распределении по спектроскопическим красным смещениям по данным обзора Baryon Oscillation Spectroscopic Survey (BOSS), являющегося частью обзора Sloan Digital Sky Survey III (SDSS-III).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И РАССМОТРЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ЦИКЛОГЕНЕЗОМ И ИНДЕКСОМ ЮЖНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ

Судаков А.И.

Московский физико-технический институт

djoserspyramid@gmail.com

Научный руководитель: Шарков Е.А., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В данной работе проводится статистический анализ генерации тропических циклонов на основе базы данных «Глобал ТЦ» (ИКИ РАН). Применяется вейвлет-анализ временного потока событий тропических циклонов. Каждое тропическое возмущение здесь представляет собой импульс с амплитудой, пропорциональной энергии циклона и соответствующим временем появления и временем функционирования. Рассматриваются возможные связи между SOI (параметром, характеризующим ENSO) и глобальным и региональным циклогенезом.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН С МАЛЫМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН В ИОНОСФЕРЕ

Суслов А.И.

Российский университет дружбы народов (РУДН)

chench0@yandex.ru

Научный руководитель: Ерохин Н.С., д.ф.м.н.

Институт космических исследований РАН, Москва

На основе численных расчетов лучевых траекторий проведен анализ прохождения внутренних гравитационных волн (ВГВ) из атмосферы через вертикально неоднородные ветровые структуры до ионосферных высот. В атмосфере ВГВ могут возбуждаться за счет различных кризисных событий, например, сейсмических процессов, локального изменения температуры. В случае прохождения на ионосферные высоты ВГВ обычно резко усиливаются по амплитуде вследствие большого уменьшения плотности нейтральной газа. Это будет приводить к генерации в ионосфере предвестников и индикаторов сейсмических событий и других кризисных явлений в приземной атмосфере.

Для ряда вариантов выбора параметров исходных параметров ВГВ и атмосферных ветровых структур в работе на основе численных расчетов рассмотрены возможные типы лучевых траекторий ВГВ с учетом возможности возникновения на трассе распространения, например, слоев горизонтального и вертикального отражений волн, критического слоя. В окрестности критического слоя наблюдается значительное уменьшение вертикальной компоненты групповой скорости ВГВ (вследствие большого роста вертикальной компоненты волнового вектора), а также даже при слабой диссипации происходит поглощение волн.

Расчетами подтверждено, что для ВГВ с достаточно большими горизонтальными длинами волн (порядка десятков километров и более) критические слои и слои вертикального отражения будут отсутствовать, что приводит к прохождению ВГВ из нижней атмосферы на высоты ионосферы, где они будут возбуждать существенные вариации околоземной плазмы. Однако для мелкомасштабных (по горизонтали) внутренних гравитационных волн подтвержден ранее сделанный вывод о том, что их прохождению в ионосферу препятствуют слои вертикального отражения и критические слои. Численно получены характерные величины горизонтального смещения ВГВ по достижении ими ионосферных высот, которое определяет взаимное расположение источника ВГВ и создаваемого им ионосферного возмущения и важно для корректной интерпретации данных наблюдений плазменных структур в ионосфере. Расчеты показали, что это смещение сильно зависит от характеристик внутренних гравитационных волн и зональных ветровых потоков в атмосфере. В частности, такое смещение может составлять величину порядка тысяч километров. Это обстоятельство необходимо учитывать при корректной интерпретации экспериментальных данных по измерению ионосферных возмущений и возможного расположения создающих их источников в нижней атмосфере.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОТЧЕТНОСТИ О ПЛОЩАДЯХ, ПРОЙДЕННЫХ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

Сычугов И.Г., Балашов И.В., Сенько К.С.

Институт Космических Исследований РАН

ilya@d902.iki.rssi.com

Научный руководитель: Лупян Е.А., д.т.н.

Институт Космических Исследований РАН

Лесные пожары являются в настоящее время одним из катастрофических явлений, приносящих существенный ущерб экономике России. Учитывая глобальный характер явления, одним из наиболее действенных методов мониторинга пожаров и оценки ущерба являются методы, использующие данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Для использования данных ДЗЗ в целях мониторинга и оценки площадей, пройденных лесными пожарами, необходимо обеспечить решение целого ряда задач от получения и усвоения исходных данных до построения необходимых для работы с показателями интерфейсных форм отчетности. В настоящее время в ИКИ РАН создана система, производящая автоматическое предоставление отчетности по данным о тепловых аномалиях, получаемых с аппаратов AQUA, TERRA, Himawari, Метеор-М №2, серий NOAA, Landsat.

Настоящий доклад посвящен описанию системы построения оперативной отчетности о пройденных лесными пожарами площадях. Проводится описание исходных данных для системы, ее основных блоков и архитектуры. Приводятся примеры создаваемых отчетных форм для оценки площадей, пройденных огнём.

Рассматриваемая система используется в настоящее время в ряде информационных сервисов мониторинга Земли. Один из них – информационная система мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз, <http://nffc.aviales.ru>), введенная в эксплуатацию в 2005 году. Также рассматриваемая система построения оперативной отчетности эксплуатируется в группе сервисов Созвездие-ВЕГА.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ВЫСОКОБОРОТНОГО СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРА

Тарасов Н.Г., Вавилов В.Е.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

nikolay.tarasov.1994@yandex.ru

В настоящее время современные жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) запускаются при помощи пиротурбины. Пиротурбинный способ запуска ЖРД является отработанным, стабильным, экологически вредным и опасным. В связи с этим актуальной задачей является замена пиротурбинного способа запуска другими, менее опасными и экологически вредными.

Известно, что на сегодняшний день из всего многообразия запуска, наиболее экологически чистым и менее опасным является электрозапуск. Применение электрозапуска, помимо безопасности и экологической чистоты, имеет ещё одно преимущество - генерирование электрической энергии после процесса запуска ЖРД, что при пирозапуске осуществить невозможно [1].

Наиболее эффективным является применение высокооборотных синхронных стартер-генераторов с высококоэрцитивными постоянными магнитами, но при этом необходимо учитывать является резонансные изгибные колебания ротора. При совпадении критической скорости с текущей скоростью вращения ротора возникает резонанс, который способен вывести высокоскоростной стартер-генератора из строя. В связи с этим важной задачей является выявление критических скоростей вращения ещё на стадии проектирования высокооборотного стартер-генератора.

Для решения поставленной задачи отечественными и зарубежными авторами [2] представлены способы аналитического расчета критических скоростей вращения. Но для точного результата расчетов критических скоростей вращения ротора более рациональным является применение современных средств компьютерного моделирования. Одним из таких программных продуктов в этой области является расчетная платформа ANSYS. Данный программный продукт позволяет выявить весь ряд критических скоростей вращения ротора высокоскоростного стартер-генератора.

В качестве примера авторами был рассмотрен высокооборотный стартер-генератор мощностью 100 кВт, с номинальной частотой вращения 60 000 об/мин и жесткими опорами, длиной ротора 300 мм и диаметром 54 мм. Была построена трехмерная компьютерная модель ротора в программном комплексе ANSYS. Аналитически рассчитаны силы, действующие на опоры и сила одностороннего магнитного притяжения, действующая на рабочую часть ротора.

В результате компьютерного анализа была выявлена первая критическая скорость вращения ротора высокоскоростного стартер-генератора, которая составила 41500 об/мин, а максимальный прогиб составляет 0,5 мм. По результатам полученных данных компьютерного моделирования можно сделать вывод, что применение жестких опор не позволит вывести данную машину на номинальную скорость вращения (60 000 об/мин.).

Поэтому необходимо рассмотреть способы преодоления первой критической скорости вращения. Один из вариантов, это уменьшение габаритов ротора, но это приведет к уменьшению энергетических показателей электромеханического преобразователя энергии. Следовательно, нужно искать способ прохождения критической скорости вращения. Один из способов прохождения критических скоростей вращения, это применение упругих опор в которых можно управлять жёсткостью, например управляемых магнитных подшипников [3]. Применение магнитных подшипников позволяет более существенно понизить амплитуды резонансных колебаний. Данный способ основывается на перестройке с одной резонансной кривой на другую путем изменения жесткости магнитных подшипников увеличением токов смещения, подаваемых на обмотки электромагнитов. Они подаются при значении угловой скорости, лежащем в заранее установленном диапазоне, охватывающем критические значения. После выхода из данного диапазона, токи возвращаются к исходным значениям.

Полученные результаты могут быть использованы на практике при проектировании не только стартер-генераторов, но и всех высокоскоростных механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов А.И. Магнитоэлектрический стартер-генератор в системе электроснабжения самолетов нового поколения, // Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., Чебоксары, 2010г.
2. Кожевник Я., Механика вращающихся электрических машин. Прага, 1960 155с.
3. Мартынюк Г.Ю., Магнитные подшипники как упруго-демпферные опоры роторов с управляемой жесткостью, URL: <http://www.kpi.kharkov.ua> (дата обращения 14.09.2015).

АХРОМАТИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ КОРОНОГРАФ С МАЛЫМ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СДВИГОМ

Фролов П.

ФГБУН Институт космических исследований Российской академии наук

fropani@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Тавров А.В., д.т.н.

ФГБУН Институт космических исследований Российской академии наук

Прямое наблюдение и спектральный анализ изображений экзопланет – это сложная техническая задача из-за сочетания огромного яркостного контраста и малого углового расстояния между планетой и родительской звездой. Разрешение высокого оптического контраста (10 порядков в видимом диапазоне) и составляет непосредственную задачу, стоящую перед звездным коронографом. Но для того чтобы ее решить, т.е. максимально погасить звезду и на ее фоне выделить планету, необходимо исправить волновой фронт с точностью 10^{-5} мкм (среднеквадратичная ошибка на длине волны 1 мкм), для чего необходима прецизионная система адаптивной оптики. Прямое наблюдение слабоконтрастных источников в непосредственной окрестности звезд кроме необходимости значительно ослабить звездный свет сталкивается с целым рядом трудностей и особенностей, которые необходимо учитывать для успешного получения изображения экзопланет и их дальнейшего исследования: экзозодиакальный свет, эффекты дифракции и рассеяния, малое количество планетного света, длительное время экспозиции.

К настоящему времени предложено и разрабатывается много различных схем звездных коронографов (в том числе нуль-интерферометров) для прямого обнаружения и исследования внесолнечных планет как в России, так и за рубежом. Современные системы адаптивной оптики пока не могут компенсировать искажения волнового фронта, вызванные динамикой земной атмосферы, до уровня достаточного для наблюдения экзопланет земного типа, поэтому для устранения влияния атмосферы предполагается оснащать звездным коронографом инструменты внеатмосферной астрономии: стратосферные и космические телескопы.

В докладе рассматривается схема ахроматического интерференционного коронографа с малым вращательным сдвигом, показаны основные результаты теоретических и численных расчетов характеристик схемы (достигаемый коронографический контраст, пропускание света, поляризационный расчет), приведены последние экспериментальные результаты, полученные на лабораторном макете коронографа с использованием лазерного и белого света.

Работа, представляемая в докладе, выполняется при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-00440 мол_а.

МЕТОД УТОЧНЕНИЯ ФРОНТА ГОРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АССИМИЛЯЦИИ ДАННЫХ В ИМИТАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА И ЕГО ВАЛИДАЦИЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Хвостиков С.А.

Институт космических исследований РАН

khvostikov@d902.iki.rssi.ru

Научный руководитель: Барталев С.А., д.т.н., профессор

Институт космических исследований РАН

Ежегодно на территории России происходят тысячи природных пожаров. Для оценки степени их угрозы, принятия мер по борьбе с ними и оценке потерь от них необходимо получать актуальную и точную оценку динамики фронта горения. В масштабах территории России данные спутникового мониторинга являются, по сути, единственным источником оперативной регулярно поступающей информации о действующих природных пожарах и их динамике. Однако спутниковые приборы, применяемые в настоящее время для обнаружения очагов активного горения обладают достаточно низким пространственным разрешением (1 км для MODIS и 375 м для NPP-VIIRS).

Для более точной оценки динамики фронта пожара может быть применен подход, основанный на ассимиляции данных низкого пространственного разрешения в модель динамики природного пожара. Данный подход был опробован на модели распространения пожара, основанной на уравнениях CFFBPS (Canadian Forest Fire Behavior Prediction System) и параметризованной для условий России. Ассимиляция данных основывалась на оптимизации корректирующих коэффициентов модели для увеличения соответствия между модельным прогнозом и дистанционной оценкой динамики природного пожара.

Уточнение выполняется итеративно с момента первого наблюдения пожара до текущего момента или времени ликвидации пожара. Полученное на предыдущей итерации уточнение используется в качестве исходного положения фронта пожара на следующей итерации. Уточнение динамики распространения пожара может выполняться оперативно по мере поступления новой актуальной информации о зонах активного горения.

Сравнение восстановленного с использованием вышеописанного подхода контура пожара и результатов его выделения по спутниковым изображениям, полученных системой Landsat (пространственное разрешение 30 м) показало хорошее совпадение. В среднем точность оценки положения фронта пожара повышается примерно на 200 метров относительно оценок, полученных по данным прибора MODIS. Использование уточненного контура для прогнозирования динамики природных пожаров также потенциально способно улучшить прогностическую способность модели.

КАТАЛОГ КАНДИДАТОВ В КВАЗАРЫ НА КРАСНЫХ СМЕЩЕНИЯХ $3 < z < 5.5$

Хорунжев Г.А., Сазонов С.Ю.

Институт космических исследований РАН
отдел №52 астрофизики высоких энергий

horge@iki.rssi.ru

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Сазонов С.Ю.,

Институт космических исследований РАН, отдел №52 астрофизики высоких энергий

Построение функции светимости квазаров – одна из ключевых задач астрофизики. Чем точнее мы знаем, как меняется количество и светимость квазаров с красным смещением, тем лучше мы сможем представить проходящие там физические процессы. Особенный интерес представляют объекты находящиеся на красном смещении больше 3. На данных красных смещениях возраст Вселенной меньше 2 миллиардов лет. Именно в это время происходил наиболее быстрый набор массы у сверхмассивных чёрных дыр (СМЧД) в центрах галактик.

Для исследования темпа роста СМЧД, соотношения между числом поглощённых и непоглощённых объектов и других свойств АЯГ в ранней Вселенной требуется создать репрезентативную выборку таких объектов. Отдельный интерес представляют яркие в рентгене источники (рентгеновский поток $> 10^{-14}$ эрг/с/см²). Их плотность на $z > 3$ около 3 источников на квадратный градус. Для их поиска требуются рентгеновские обзоры большой площади, куда попадёт достаточное количество ярких источников. В настоящее время стали доступны данные рентгеновского обзора XMM-Newton Serendipitous Source Catalog, который имеет площадь около 800 квадратных градусов и достаточную глубину $\sim 5 \times 10^{-15}$ эрг/с/см². Эта площадь на порядки больше проведённых до этого рентгеновских обзоров на данной чувствительности.

Составлен каталог 903 кандидатов в квазары первого типа на красных смещениях $3 < z < 5.5$, отобранных среди рентгеновских источников каталога 3XMM-DR4, расположенных на высоких галактических широтах $|b| > 20^\circ$ в площадках Слоановского обзора, общей площадью около 300 кв. град. Для отбора объектов использовались фотометрические данные Слоановского обзора, а также данные инфракрасных обзоров 2MASS и WISE. Были отобраны точечные источники фотометрического каталога Слоановского обзора с ошибкой на звездную величину $\delta m_z < 0.2$ и показателем цвета $i' - z' < 0.6$ (чтобы предварительно отсеять звезды спектральных классов M).

Для отобранных источников мы получили фотометрические оценки красного смещения рентгеновских источников с помощью процедуры EAZY и отобрали объекты на $z > 3$. Мы оценили полноту и надёжность отбора, показали применимость широкополосной фотометрии для данной задачи. Показано, что полнота отбора известных квазаров с $z_{\text{спек.}} > 3$ в исследуемых площадках составляет около 80%. При этом нормированная медиана абсолютного отклонения величины ($\Delta z = |z_{\text{спек.}} - z_{\text{фот.}}|$) составляет

$\sigma_{\Delta z / (1 + z_{\text{спек.}})} = 0.07$, а доля больших выбросов $\eta = 9\%$, когда $\Delta z / (1 + z_{\text{спек.}}) > 0.2$. Количество объектов на единицу площади в полученной нами выборке примерно в 1.5 раза превышает количество квазаров в спектроскопической выборке Слоановского обзора на тех же красных смещениях. Последующая спектроскопическая проверка красных смещений отобранных нами кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ позволит точнее оценить чистоту этой выборки. Освоение данной методики особенно важно для будущего рентгеновского обзора всего неба Спектр-РГ, когда мы будем работать с выборками из миллионов объектов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХОРОНЕНИЯ CO₂ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МАРСА

Цурков Д.А.¹, Павлов А.К.², Коган В.Т.², Берденникова А.В.¹

¹СПбПУ Политех

²ФТИ им. А.Ф. Иоффе

d.tsurkov@me.com

Научный руководитель: Павлов А.К., к.ф.-м.н., доцент

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

В настоящее время актуальной проблемой является объяснение наличия «следов» присутствия жидкой воды на поверхности Марса в относительно недавнем прошлом. Наличие воды (или соляных растворов) на поверхности требует существования более плотной, по сравнению с современной, атмосферы. Известно, что под действием сильных колебаний оси вращения (основной период 120 000 лет) Марс испытывает серьёзные климатические изменения, поэтому одним из возможных механизмов вариаций массы атмосферы Марсом, допустимым и в современных условиях, является адсорбция грунтом в периоды низких температур с последующим «захоронением» водяным льдом. По данным со спутников [1] обнаружены большие залежи CO₂ в окрестности южного полюса Марса на глубинах в сотни метров. Причём, они в несколько раз превосходят по массе существующую ныне CO₂ атмосферу. Но, даже при долговременном увеличении температуры поверхности, тепловая волна на такие глубины не доходит и не может вызвать высвобождение «захороненного» CO₂. Поэтому наибольший интерес представляет возможность существования залежей («захоронений») CO₂ на небольших глубинах, подверженных долговременным климатическим и сезонным изменениям температуры.

В данной работе экспериментально исследована стабильность «захоронений» льда CO₂ под небольшим слоем модельного грунта (песок+ лед) в зависимости от температуры при неравно-весных условиях с атмосферой. Определены критические параметры температуры, при которых происходит потеря CO₂. Установлена стабильность «захоронений» на глубинах порядка 10мм при избыточном давлении CO₂ ~1бар. Экспериментально установлены верхняя граница скорости диффузионных потерь CO₂.

ЛИТЕРАТУРА:

1. 1. Roger J. Phillips et al. - Massive CO₂ Ice Deposits Sequestered in the South Polar Layered Deposits of Mars, Science 332, 838 (2011); DOI: 10.1126/science.1203091;

О ВЛИЯНИИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ НА ГАЗОДИНАМИКУ АТМОСФЕРЫ ЭКЗОПЛАНЕТЫ ТИПА «ГОРЯЧИЙ ЮПИТЕР»

Черенков А.А., Бисикало Д.В.

Институт Астрономии РАН, Москва, Россия

cherenkov@inasan.ru

Научный руководитель: Бисикало Д.В., д.ф.-м.н., профессор, член-корр. РАН

Институт Астрономии РАН

Атмосферы экзопланет типа «горячий юпитер» являются интересным объектом для исследования из-за своей близости к родительской звезде, и как следствие этого, подвержены сильному воздействию явлений космической погоды. Одним из таких феноменов, который существенно меняет динамику атмосферы, является корональный выброс массы (КВМ). Экзопланеты данного типа окружены обширной газовой оболочкой, при этом ее размеры превышают размер полости Роша (предел гравитационного влияния планеты), вследствие чего при прохождении КВМ внешние части оболочки, находящиеся за пределами полости Роша, срываются и уносятся от экзопланеты, что приводит к существенному увеличению темпа потери массы атмосферы «горячего юпитера».

В данной работе представлены результаты численного моделирования атмосферы «горячего юпитера» в момент прохождения КВМ от звезды. Расчеты выполнены в предположении, что параметры звездного ветра и параметры типичного КВМ равны солнечным. Определены характерные изменения картины течения для случаев квазизамкнутой и замкнутой (но существенно искаженной гравитационным влиянием звезды) газовых оболочек экзопланеты. Установлено, что скорость потери вещества для случая замкнутой оболочки растет примерно в 11 раз, а для случая квазизамкнутой — в 14 раз. По результатам численного моделирования определены значения характерных параметров КВМ, влияющих на темп потери массы. Сделаны оценки максимального темпа потери массы, в предположении слабых КВМ, достаточных только для срыва оболочки, находящейся за пределами полости Роша. Рассмотрена зависимость темпа потери массы от частоты КВМ в ходе эволюции звезды.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В АТМОСФЕРЕ МАРСА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ SPICAM

Чурбанов Д.В.

Лаборатория инфракрасной спектроскопии планетных атмосфер высокого разрешения,
МФТИ

dmitriychurbanov@gmail.com

Научный руководитель: Родин А.В., к.ф.-м.н.

МФТИ

В работе представлен метод восстановления профилей температуры на основе интегральных профилей концентрации некоторых орбит прибора SPICAM. В основе метода лежит решение нелинейной некорректной задачи восстановления температуры, в отличие от известного подхода, когда имеет место регуляризация линейная задача восстановления профиля CO_2 , из которого после нелинейного преобразования получается профиль температуры. Анализ точности по заданному уровню ошибок входных данных подтверждает эффективность метода. Точность получаемых профилей составляет 3-10 К. Профили температуры предполагается использовать при моделировании свечения озона в верхней атмосфере Марса.

МИКРОФИЗИКА ВОДЫ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЧАСТИЦ ЛЬДА ПО РАЗМЕРАМ В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ МАРСА

Шапошников Д.С.^{1,2}, Родин А.В.^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (ГУ),

²Институт космических исследований РАН

shaposhnikov@phystech.edu

Научный руководитель: Родин А.В., к.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

В рамках данной работы в численной модели общей циркуляции атмосферы Марса MAOAM (Martian Atmosphere: Observation and Modeling) был улучшен блок гидрологического цикла, который является одним из обязательных компонентов современных моделей общей циркуляции атмосферы Марса. Модель MAOAM имеет спектральное динамическое ядро и успешно предсказывает температурный режим Марса за счет использования физических параметризаций, характерных как для земных моделей, так и для марсианских. Удалось добиться устойчивого счета модели в течение нескольких марсианских лет при сохранении консервативности схемы адвекции с учетом фазовых превращений вода-лед, водяного обмена между атмосферой и поверхностью и поправки к вертикальным скоростям для частиц льда, вызванной седиментацией.

В трехмерной схеме адвекции частиц льда и паров воды было учтено распределение частиц льда по размерам с помощью 2-х моментной схемы, включающей массу и количество частиц в каждом диапазоне размеров. Сильно доработана микрофизика модели. Учтена скорость появления нуклеационных центров и роста/испарения кристаллов льда на них для каждого диапазона размеров. Для нахождения распределения центров нуклеации использован статичный пылевой сценарий.

Одной из задач моделирования, вытекающих из сравнения модельных данных с экспериментом TES на борту Mars Global Surveyor, является увеличение общей массы водяного пара в модели в сезон афелия и сглаживание распределения водяного льда. Одной из возможных причин незначительных расхождений текущих результатов моделирования с экспериментом может быть недостаточная схемная диффузия. Полное испарение льда с поверхности увеличивает чувствительность модели к размеру полярной шапки, поэтому увеличение последней приводит к улучшению результатов. Использование более точного пылевого сценария меняет температуры в модели, что также сильно влияет на гидрологический цикл.

Работа выполнена в лаборатории ИСПАВР МФТИ при поддержке гранта Минобрнауки РФ №11. G34.31.0074.

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОГО МАКЕТА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ СТРУКТУР ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ

**Шувалов С.Д., Вайсберг О.Л., Шестаков А.Ю.,
Моисеенко Д.А., Журавлёв Р.Н., Ермаков В.Н.**

Институт космических исследований РАН

shuvalovsergei@gmail.com

Научный руководитель: Вайсберг О.Л., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

Проблемы, связанные с мелкомасштабными авроральными структурами, несмотря на длительный период их активного изучения, не решены до настоящего времени, что связано с особенностями данного явления. Масштаб структур может составлять менее 1 км, поэтому требуется проведение измерений с исключительно высоким пространственно-временным разрешением (при скорости аврорального спутника 8 км/с – превышающим 10 Гц).

В связи с этим представляется актуальной задача создания прибора, позволяющего измерять энергетические спектры электронов, выпадающих во время образования мелкомасштабных авроральных структур из магнитосферы в верхнюю атмосферу Земли с высоким временным разрешением. Данная работа направлена на разработку и создание физического макета такого прибора, позволяющего проводить одномоментную регистрацию энергетических спектров электронов в пределах диапазона 1-10 кэВ.

В докладе представлена компьютерная модель блока электронной оптики разрабатываемого прибора. Для анализа энергетического спектра электронов используется система электростатических зеркал, проводящих разделение заряженных частиц разных энергий.

Работа проводится при поддержке Гранта РФФИ № 16-32-00746

ОБНАРУЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА ПУЧКА ИОНОВ, ПРИВОДЯЩЕГО К РАЗВИТИЮ АКТИВНОГО ТОКОВОГО СЛОЯ

Вайсберг О.Л., Шувалов С.Д., Шестаков А.Ю., Голубева Ю.М.

Институт космических исследований РАН

shuvalovsergei@gmail.com

Научный руководитель: Вайсберг О.Л., д.ф.-м.н.

Институт космических исследований РАН

Активация токовых слоёв в солнечном ветре, взаимодействующих с околоземной ударной волной, была обнаружена около 30 лет назад. В конечном счете, такой токовый слой, структура которого была возмущена взаимодействием потока солнечного ветра с плотным пучком, возникающим при пересечении токового слоя с ударной волной, получил название Аномалии Горячего Потока (Hot Flow Anomaly). Причиной образования активного токового слоя считается высокая концентрация отраженного от ударной волны потока и фокусировка его в токовом слое и связанной с этим двух-пучковой неустойчивостью.

Нами были рассмотрена серия активных токовых слоев, зарегистрированная системой спутников Cluster 22.02.2006 г. в течение приблизительно 1 часа. Ориентация магнитного поля соответствовала нахождению спутников перед квази-перпендикулярной ударной волной. Определенные углы поворота магнитного поля в предположении, что эти токовые слои являются тангенциальными разрывами, находились вблизи 10° . В этом интервале времени в промежутках между прохождениями мимо спутников токовых слоев наблюдались встречные от ударной волны потоки ионов с энергиями ≥ 10 кэВ. Перед каждым из токовых слоев регистрировались отраженные ионы со значительно меньшими энергиями, причем в большинстве случаев в этих отраженных пучках наблюдалась дисперсия по энергии от больших к меньшим по мере приближения токового слоя. Максимальная энергия ионов отраженного пучка, впервые зарегистрированного при приближении к токовому слою, с хорошей точностью пропорциональна величине гирорадиуса протонов, основного компонента солнечного ветра.

Анализ функции распределения ионов по энергии в диспергированных отраженных пучках показал, что спектральные распределения ионов непосредственно перед пересечением токового слоя, интегральное энергетическое распределение ионов в диспергированном встречном пучке и энергетический спектр за фронтом околоземной ударной волны, пересеченной спутниками приблизительно через час после наблюдения серии активных токовых слоев, являются сходными. Это, а также непосредственное примыкание пучка к токовому слою довольно убедительно указывают на то, что ионы встречного пучка проникают в поток солнечного ветра из узкой области токового слоя, пересекающего ударную волну. В этой области тангенциального разрыва магнитное поле проходит через нулевое значение и разогретые ионы магнитослоя, по-видимому, могут непосредственно проникать в поток солнечного ветра.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КМОП МАТРИЦЫ CMOSIS CMV-20000

Эльяшев Я.Д., Кобелева А.

Институт космических исследований РАН

eluashev-jak@yandex.ru

Научный руководитель: Аванесов Г.А., д.т.н.

Институт космических исследований РАН

В ноябре 2015г - марте 2016г были проведены радиационные испытания КМОП матрицы CMV-20000 фирмы CMOSIS. Эта матрица планируется к использованию в датчиках звездной ориентации высокой точности. На базе этой матрицы построен макет прибора ОГ ВТ с объективом 125/4. При помощи этого прибора были получены кадры звездного неба. Определение ориентации по этим кадрам показало точности определения углов склонения и прямого восхождения на уровне 0.1-0.2 угл.сек при временах накопления порядка 50мс.

В испытаниях участвовали 8 образцов матрицы CMV-20000. Два из них подверглись гамма-излучению с дозой до 170крад. Еще две матрицы прошли облучение нейтронами с флюенсами $5e10$ и $5e11$ нейтрон/см². Три матрицы были облучены протонами с энергией ~1ГэВ и флюенсом $3e10$. Две из этих матриц, а так же еще одна, не облученная ранее, подверглись воздействию ТЗЧ. Они были облучены ионами ксенона (ЛПЭ 45 и 64), криптона (ЛПЭ ~18) и аргона (ЛПЭ ~6)

Результаты показали высокую стойкость матрицы CMV-20000 на воздействие ионизационного излучения.

После воздействия протонов и нейтронов возникли множественные структурные повреждения, которые не привели к отказу матрицы, но значительно ухудшили ее характеристики, такие как темновой ток и уровень шума. Последующие исследования показали значительный отжиг дефектов. Наибольшей эффективности отжига удалось достичь в активном состоянии матрицы. Постоянный прием кадров на протяжении нескольких дней позволил снизить шумы и темновой ток в 2-3 раза. Испытания облученной нейтронами матрицы в климатической камере показали значительное снижение влияния дефектов на изображение при температурах ниже 0°C. Исследования показали снижение точности определения ориентации в 3-5 раз в приборе ОГ ВТ в результате появления структурных дефектов.

Испытания на ТЗЧ показали низкую стойкость цифровых регистров к сбоям в результате пролета тяжелых ионов с ЛПЭ более 10. Стойкость к защелкам (тиристорный эффект) оказалась сравнимой со стойкостью к защелкам ранее испытанной матрицы CMV-4000.

Результаты этого исследования показывают, что матрица CMV-200000 пригодна для использования в космосе. На орбитах, пролегающих через радиационные пояса Земли, необходимо использовать дополнительные защитные механизмы, такие как охлаждение матрицы для устранения структурных дефектов и периодическое исправления регистров матрицы.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДИНАМО-ВОЛН ВБЛИЗИ ЭКВАТОРА С УЧЕТОМ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ ПОТОКОВ И ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ

Н.А. Юхина, Е.П. Попова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

na.julhina@physics.msu.ru

Циклы солнечной магнитной активности представляют собой хорошо известное явление. Они связаны с распространением магнитогидродинамической волны от средних широт к экватору, видимой прежде всего по широтно-временному распределению солнечных пятен. Природу солнечной магнитной активности принято связывать с действием процесса динамо, основанного на совместной работе альфа-эффекта и дифференциального вращения. Простейшая схема работы динамо для однослойной среды была предложена в [Parker, 1955]. Согласно такой схеме, магнитное поле звезды представимо в виде двух компонент: полоидальной и тороидальной. Тороидальное магнитное поле получается из полоидального под действием дифференциального вращения. Обратный процесс превращения тороидального магнитного поля в полоидальное происходит под действием альфа-эффекта, связанного с нарушением зеркальной симметрии конвекции во вращающемся теле. Это приводит к генерации и распространению внутри солнечной конвективной зоны волны крупномасштабного квазистационарного магнитного поля (динамо-волны), с которой и связано образование солнечных пятен.

Асимптотическое исследование таким методом влияния меридиональной циркуляции и турбулентной диффузии на динамо-волну в приближении Паркера на средних широтах показало, что эти факторы существенно влияют на длительность цикла активности. Однако поведение динамо-волны с учетом меридиональных потоков и турбулентной диффузии вблизи экватора и полюсов требует дополнительного исследования, поскольку требуется учет влияния кривизны в геометрии задачи на низких и высоких широтах. В данной работе с помощью метода, аналогичного ВКБ, были исследованы свойства динамо-волн вблизи экватора с учетом меридиональной циркуляции и турбулентной диффузии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Parker, E. N. Hydromagnetic dynamo models // *Astrophys.J.* - 1955. - Vol. 122. - P. 293-314.

С 15 по 17 марта 2016 года в Москве, в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте космических исследований Российской академии наук состоится седьмая научно-техническая конференция «Техническое зрение в системах управления - 2016» (ТЗСУ-2016). Тематика конференции охватывает различные аспекты разработки и построения систем технического зрения в системах управления. Особое внимание уделяется бортовым системам технического зрения, входящим в состав мобильных объектов и предназначенным для решения задач автономного и автоматизированного управления в сложной, неопределенной и быстро изменяющейся внешней обстановке. Можно отметить значительное увеличение усилий по созданию таких систем в последнее время во всем мире.

Целью проведения конференции 2016 года, как и всех предыдущих конференций, является дальнейшее укрепление зародившейся традиции плодотворного обмена информацией между академической и прикладной наукой, образованием и производством, совместное обсуждения достигнутых научных и практических результатов, а также обсуждение вопросов, являющихся ключевыми для развития технического зрения и их использования в системах управления.

На итоговом круглом столе конференции ТЗСУ-2013 было принято решение о преобразовании сборника трудов конференции ТЗСУ в периодическое издание.

С этого момента труды конференции публикуются в рецензируемом электронном журнале «Техническое зрение»: <http://magazine.technicalvision.ru>

| | |
|--|----|
| ЗАРЯД ПЫЛИ В ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПЫЛИ Акимкин В.В. | 2 |
| ПРОТОТИПЫ ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ IN SITU НА ПОСАДОЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ В МИССИИ EXOMARS (2018 г.) Асеев С.А., Зайцев М.А. | 3 |
| АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ МЕЖЗВЕЗДНОГО АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА КА IBEX НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Катушкина О.А. | 4 |
| ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ Бардаков Н.Н. | 5 |
| ИЗУЧЕНИЕ МАРСИАНСКОГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА СПИКАМ-ИК НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ «МАРС-ЭКСПРЕСС» Бецис Д.С., Фёдорова А.А., Монтмессан Ф., Кораблёв О.И., Берто Ж.-Л. | 6 |
| ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Богачев А.М. | 7 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФЕМЕРИД И БИБЛИОТЕК SPICE ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОРБИТАХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ Зубарев А.Э., Брусникин Е.С., Патратий В.Д. | 8 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОБОТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДЯНЫХ СПУТНИКОВ Бутенко А.Э., Аксенов С.А. | 9 |
| НЕЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПАУНД-ДИФФУЗИИ ЧАСТИЦ В КВАЗИ-РЕГУЛЯРНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ Сибатов Р.Т., Учайкин В.В., Бызыкчи А.Н. | 10 |
| МАГНИТОТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАТОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ Вавилов В.Е., Бекузин В.И., Айгузина В.В. | 11 |
| ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ПРИБОРА ТА-Л ПРОЕКТА «ЛУНА-РЕСУРС» Васильева А.С., Сапгир. А.Г., Зайцев М.А. | 12 |
| МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННО-НЕЛОКАЛЬНОЙ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДИФФУЗИИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ Сибатов Р.Т., Васильева П. Г. | 13 |
| МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО КОЛЛАПСА ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ Вертоградов В.Д. | 14 |
| КИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАБЛЮДЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖГУТОВ В МАГНИТСОФЕРНОМ ХВОСТЕ ЗЕМЛИ Виноградов А., Васько И., Артемьев А., Юшков Е. | 15 |
| ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ ЛОКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ОЧАГА Волгин М.Н. | 16 |
| НЕОБЫЧНАЯ КРИВАЯ БЛЕСКА ОПТИЧЕСКОГО ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 141121A Вольнова А.А. | 17 |
| ПЯТНА И АКТИВНОСТЬ КАРЛИКА СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА M KIC 1572802 Н.Г.Гладилина, И.С. Саванов, Е.С.Дмитриенко | 18 |
| МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ В ERDAS IMAGINE. ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ Гомончук А.В., Ермакович В.Р., Саечников В.А., Топаз А.А. | 19 |

| | |
|--|----|
| СВЕЧЕНИЕ КИСЛОРОДА НА НОЧНОЙ СТОРОНЕ ВЕНЕРЫ В ПРИЛОЖЕНИИ К ДИНАМИКЕ ВЕРХНЕЙ МЕЗОСФЕРЫ Горинов Д.А. | 20 |
| ЭВОЛЮЦИЯ ЦИКЛОТРОННОЙ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИСТОЧНИКА GX 304-1 Горностаев М.И., Постнов К.А. | 21 |
| ПРОЕКТ КРАУДСОРСИНГОВОГО ИНЖИНИРИНГА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОРБИТАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПЕРЕЖИВАЮЩИМИ СЛАЙСАМИ ТКАНИ И КУЛЬТУРОЙ НЕРВНОЙ ТКАНИ В УЛЬТРАКОМПАКТНЫХ БИОСПУТНИКАХ В ФОРМАТЕ «CUBESAT» С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ЛАБОРАТОРИЯМИ НА ЧИПЕ Градов О.В., Шевченко Д.А., Яблоков А.Г. | 22 |
| СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ АЛЬБЕДО У ЭКЗОПЛАНЕТ — «ГОРЯЧИХ ЮПИТЕРОВ» Граужанина А.О., Валявин Г.Г. | 24 |
| ПРИМЕНЕНИЕ НЕСБАЛАНСИРОВАННОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА В КОРОНОГРАФИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ПОИСКУ ЭКЗОПЛАНЕТ Дзюбан И.А., Тавров А.В., Шашкова И., Безымянникова Ю., Фролов П. | 25 |
| ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРА ГАЗА, АККРЕЦИРУЕМОГО НА ПОВЕРХНОСТЬ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД Додин А.В. | 26 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С АВТОНОМНЫМИ СТАНЦИЯМИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Доронин Д.О., Куприков Н.М. | 27 |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ЗАРЯД ПЫЛИ В ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКАХ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РОСТ ПЫЛИ Акимкин В.В. | 2 |
| ПРОТОТИПЫ ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ IN SITU НА ПОСАДОЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ В МИССИИ EXOMARS (2018 Г.) Асеев С.А., Зайцев М.А. | 3 |
| АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКОВ МЕЖЗВЕЗДНОГО АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА НА КА IBEX НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ Балюкин И.И., Измоденов В.В., Алексашов Д.Б., Катушкина О.А. | 4 |
| ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ВЫЯВЛЕНИЯ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ Бардаков Н.Н. | 5 |
| ИЗУЧЕНИЕ МАРСИАНСКОГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА СПИКАМ-ИК НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ «МАРС-ЭКСПРЕСС» Бецис Д.С., Фёдорова А.А., Монтмессан Ф., Кораблёв О.И., Берто Ж.-Л. | 6 |
| ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Богачев А.М. | 7 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФЕМЕРИД И БИБЛИОТЕК SPICE ДЛЯ РАСЧЕТОВ И ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОРБИТАХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ Зубарев А.Э., Брусникин Е.С., Патратий В.Д. | 8 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОБОТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДЯНЫХ СПУТНИКОВ Бутенко А.Э., Аксенов С.А. | 9 |
| НЕЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПАУНД-ДИФФУЗИИ ЧАСТИЦ В КВАЗИ-РЕГУЛЯРНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ Сибатов Р.Т., Учайкин В.В., Бызыкчи А.Н. | 10 |
| МАГНИТОТЕПЛОЙ ГЕНЕРАТОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ Вавилов В.Е., Бекузин В.И., Айгузина В.В. | 11 |
| ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ПРИБОРА ТА-Л ПРОЕКТА «ЛУНА-РЕСУРС» Васильева А.С., Сапгир А.Г., Зайцев М.А. | 12 |
| МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННО-НЕЛОКАЛЬНОЙ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДИФФУЗИИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ Сибатов Р.Т., Васильева П. Г. | 13 |
| МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО КОЛЛАПСА ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ Вертоградов В.Д. | 14 |
| КИНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАБЛЮДЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖГУТОВ В МАГНИТСОФЕРНОМ ХВОСТЕ ЗЕМЛИ Виноградов А., Васько И., Артемьев А., Юшков Е. | 15 |
| ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТНОЙ ЛОКАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ОЧАГА Волгин М.Н. | 16 |
| НЕОБЫЧНАЯ КРИВАЯ БЛЕСКА ОПТИЧЕСКОГО ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 141121A Вольнова А.А. | 17 |

| | |
|--|----|
| ПЯТНА И АКТИВНОСТЬ КАРЛИКА СПЕКТРАЛЬНОГО КЛАССА M KIC 1572802 Гладилина Н.Г., Саванов И.С., Дмитриенко Е.С. | 18 |
| МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ В ERDAS IMAGINE. ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ Гомончук А.В., Ермакович В.Р., Саечников В.А., Топаз А.А. | 19 |
| СВЕЧЕНИЕ КИСЛОРОДА НА НОЧНОЙ СТОРОНЕ ВЕНЕРЫ В ПРИЛОЖЕНИИ К ДИНАМИКЕ ВЕРХНЕЙ МЕЗОСФЕРЫ Горинов Д.А. | 20 |
| ЭВОЛЮЦИЯ ЦИКЛОТРОННОЙ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИСТОЧНИКА GX 304-1 Горностаев М.И., Постнов К.А. | 21 |
| ПРОЕКТ КРАУДСОРСИНГОВОГО ИНЖИНИРИНГА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОРБИТАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПЕРЕЖИВАЮЩИМИ СЛАЙСАМИ ТКАНИ И КУЛЬТУРОЙ НЕРВНОЙ ТКАНИ В УЛЬТРАКОМПАКТНЫХ БИОСПУТНИКАХ В ФОРМАТЕ «CUBESAT» С ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ЛАБОРАТОРИЯМИ НА ЧИПЕ Градов О.В., Шевченко Д.А., Яблоков А.Г. | 22 |
| СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ АЛЬБЕДО У ЭКЗОПЛАНЕТ — «ГОРЯЧИХ ЮПИТЕРОВ» Граужанина А.О., Валявин Г.Г. | 24 |
| ПРИМЕНЕНИЕ НЕСБАЛАНСИРОВАННОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА В КОРОНОГРАФИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ПОИСКУ ЭКЗОПЛАНЕТ Дзюбан И.А., Тавров А.В., Шашкова И., Безымяникова Ю., Фролов П. | 25 |
| ПЕРЕНОС ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПЕКТРА ГАЗА, АККРЕЦИРУЕМОГО НА ПОВЕРХНОСТЬ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД Додин А.В. | 26 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С АВТОНОМНЫМИ СТАНЦИЯМИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Доронин Д.О., Куприков Н.М. | 27 |
| МЕТОД ВЫБОРА МЕСТ ПОСАДКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЛУНЫ Дьячкова М.В. | 28 |
| ИЗУЧЕНИЕ ОБЛАЧНОГО СЛОЯ ВЕНЕРЫ ПО ДАННЫМ НОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СПИКАВ ИК КА «ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС» ЗА 2006-2014 ГГ. Евдокимова Д.Г., Федорова А.А., Беляев Д.А. | 29 |
| АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ТОКОВ ПО ДАННЫМ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦЕПОЧКИ МАГНИТОМЕТРОВ Евдокимова М.А., Петрукович А.А. | 31 |
| ВЫСОКОТОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАРШЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ Епифанов С.В. | 32 |
| СЕРФОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ ЯДЕР ГЕЛИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНОЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ Ерохин А.Н. | 33 |
| ОНЛАЙН КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕРКУРИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Жаркова А.Ю., Матвеев Е.В., Коханов А.А. | 34 |
| РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО ДВИГАТЕЛЯ-МАХОВИКА ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО ЗАДАЧИ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОГО ДЗЗ Ивлев Н.А., Притыкин Д.А., Сивков А.С., Попов А.В., Сергеев Р.И., Ефимов С.С.1, Продан Д.В., Ноздрин А.В. | 36 |

| | |
|--|----|
| КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ДЛЯ НЕЛОКАЛЬНЫХ ВОЛН ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ТИПА, ВОЗБУЖДАЕМЫХ СДВИГОМ ПОПЕРЕЧНОЙ СКОРОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ Ильясов А.А., Чернышов А.А., Могилевский М.М., Головчанская И.В., Козелов Б.В. | 38 |
| ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АКТИВНОГО НЕЙТРОННОГО И ГАММА СПЕКТРОМЕТРА АДРОН НА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ ИНСТИТУТА МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ РАН Калинин О.И., Литвак М.Л., Головин Д.В., Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Козырев А.С. | 39 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХВАТА ЧАСТИЦ БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ ПОЛЕМ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СФЕРЫ Киселёв А.А. | 40 |
| ВЛИЯНИЕ КВАДРУПОЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА НА СТРУКТУРУ ГЕЛИОСФЕРНОГО ПЛАЗМЕННОГО СЛОЯ Р.А. Кислов, О.В. Хабарова, Х.В. Малова | 41 |
| НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ СЖИМАЕМЫХ ТЕЧЕНИЙ ТОНКОГО СЛОЯ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ Климачков Д.А., Петросян А.С. | 42 |
| VI АНАЛИТИКА В АНАЛИЗЕ СТАТИСТИКИ РАБОТЫ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ Кобец Д.А., Матвеев А.М., Мазуров А.А., Кашницкий А.В., Бурцев М.А., Прошин А.А. | 43 |
| ПЕРВЫЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ВСПЛЕСК ОТ SGR 1935+2154 (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА КОНУС-ВИНД) Козлова А.В. | 44 |
| МЕТОДЫ И МЕТОДИКА ЛОКАЛИЗАЦИИ НАЛУННОГО РОВЕРА ПО ПЕРЕДАННЫМ ИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ Козлова Н.А. | 45 |
| РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ МЕТЕОР-М2/КМСС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА Колбудаев П.А., Барталёв С.А., Плотников Д.Е. | 46 |
| СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ В ЗАДАЧАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ Колесенков А.Н. | 47 |
| РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЙ ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТИ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ МГД-РАЗРЫВАМИ В ПРИБЛИЖЕНИИ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ Колесников Н.П., Безродных С.И., Сомов Б.В. | 48 |
| ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РАБОТЫ СО СПЕКТРАЛЬНЫМИ ИНДЕКСАМИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ Константинова А.М., Кашницкий А.В., Балашов И.В. | 49 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ПАССИВНОЙ ПРИМЕСИ В АЗОВСКОМ МОРЕ С.В. Кочергин, В.С. Кочергин | 50 |
| ФОРМИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХОДА ЛЕДЯНОЙ H ₂ O ЛАВИНЫ НА СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ МАРСА Красильников С.С. | 51 |
| МАРСИАНСКИЕ КОЛЬЦА: ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ И <i>IN SITU</i> НАБЛЮДЕНИЮ ПЫЛЕВЫХ СКОПЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ МАРСА И.А. Кузнецов, А.В. Захаров, Г.Г. Дольников, В.В. Афонин, А.Н. Ляш, Е.А. Лисин | 52 |

| | |
|---|----|
| ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ Леденцов Л.С., Сомов Б.В. | 53 |
| ОРИГИНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВНЕЗЕМНОЙ МИКРОБНОЙ ЖИЗНИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРОБЫ Лучников К.А., Манагадзе Г.Г., Сафронова А.А., Воробьева Е.А., Даксбери Н.С., Вурц П., Чумиков А.Е.1, Кузнецов А.И.1, Манагадзе Н.Г.1, Хамизов Р.Х. | 54 |
| СВОЙСТВА МАГНИТО-ДИПОЛЬНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛИНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ Ляхова Я.С., Бисноватый-Коган Г.С. | 55 |
| НАБЛЮДЕНИЯ КОРОТКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ НА ТЕЛЕСКОПЕ GTC 56 Мазаева Е., Позаненко А., Вольнова А., Мольков С., Минаев П., Панди С., Кастро-Тирадо А., Гузий С. | 56 |
| МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ АККРЕЦИОННОГО ДИСКА В ШИРОКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДВОЙНОЙ 4U 1543-47 ВО ВРЕМЯ ВСПЫШКИ 2002 ГОДА К. Л. Маланчев, Г. В. Липунова | 57 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ДИНАМИКЕ ИОНОВ В ЗАМКНУТЫХ МАГНИТОПЛАЗМЕННЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ С ШИРОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ Малыхин А.Ю., Григоренко Е.Е., Малова Х.В. | 58 |
| АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА СЕМАНТИЧЕСКОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПЛАНЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ Матвеев Е.В., Брусникин Е.С., Жаркова А.Ю. | 59 |
| ДИФфуЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕЖЗВЕЗДНОМ ГАЗЕ В ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ГАЛАКТИКАХ Медведев П., Сазонов С., Гильфанов М. | 60 |
| ГЛУБОКИЙ ОБЗОР В ЖЕСТКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧАХ ПРИБОРОМ IBIS ОБСЕРВАТОРИИ ИНТЕГРАЛ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ (M81, БМО И ЗС 273/СОМА) Мереминский И.А., Кривонос Р.А., Лутовинов А.А., Сазонов С.Ю., Ревнивцев М.Г., Сюняев Р.А. | 61 |
| ПРЕДВСПЛЕСКИ КОРОТКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ SPI-ACS/INTEGRAL Минаев П.Ю., Позаненко А.С. | 62 |
| ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРОВ ОБРАЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫМИ ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ В КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ Минияров А.Х., Меднов А.А. | 63 |
| КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ СО СЛУЧАЙНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ГАЛАКТИК Михайлов Е.А., Грачев Д.А. | 64 |
| ЗАДАЧА ОБ ОБТЕКАНИИ СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ ПЛАНЕТ, НЕ ИМЕЮЩИХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ Мищенко А.В. | 65 |
| СЕРФОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОЗИТРОНОВ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНОЙ Мкртчян Г.С., Ерохин Н.С. | 66 |

| | |
|---|----|
| К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ СТРУКТУР В ПЛАЗМЕННЫХ ХВОСТАХ КОМЕТ Е.Р. Моженков, О.Л. Вайсберг | 67 |
| ПЫЛЕУДАРНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ПРОЕКТА ИНТЕРГЕЛИО-ЗОНД Моисеенко Д.А., Глазкин Д.Н., Маркичев М.И. | 68 |
| ЭНЕРГО-МАСС АНАЛИЗАТОР Моисеенко Д.А. | 69 |
| ЛАБОРАТОРНЫЕ ОТРАБОТКИ ПРИБОРА АРИЕС-Л ДЛЯ ПРОЕКТА ЛУНА-РЕСУРС Моисеенко Д.А., Журавлев Р.Н., Шестаков А.Ю., Митюрин М.В., Нечушкин И.И. | 70 |
| МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И ВОЗБУЖДЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ЗАПЫЛЕННОЙ ИОНОСФЕРЕ Морозова Т.И., Копнин С.И., Попель С.И. | 71 |
| ОТБОР СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ И СИГНАЛОВ МАЛОАПЕРТУРНОЙ ГРУППОЙ «МИХНЕВО» ДЛЯ ЗАДАЧ АСТРОФИЗИКИ Непеина К.С. | 72 |
| АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОЗОНОВЫХ «МИНИ-ДЫР» В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ Никифорова М.П. | 73 |
| СТАБИЛЬНОСТЬ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Новиков С.В., Парпаров Е.З. | 74 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПРИ АККРЕЦИИ ВЕЩЕСТВА НА СВЕРХМАССИВНЫЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ Орлова Я.В., Сазонов С.Ю. | 75 |
| ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РАДИОТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А. | 76 |
| ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИБРОПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Пронин Т.Ю. | 77 |
| КОЛЬЦА ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ В S0-ГАЛАКТИКАХ Прошина И.С., Князев А.Ю., Сильченко О.К. | 78 |
| ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ FK COM – АНАЛИЗ ДАННЫХ 2013-2015 ГОДОВ Пузин В.Б., Саванов И.С., Дмитриенко Е.С., Романюк И.И., Семенко Е.А., Якунин И.А., Бурданов А.Ю. | 79 |
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЕРХЛЕГКИХ РЕФЛЕКТОРОВ КОСМИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛЬНЫХ АЕНТЕНН ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА МЕТОДОМ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ80 Пье Пху Маунг | 80 |
| ЭВОЛЮЦИЯ БЫСТРЫХ ФЛУКТУАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ МАГНИТОСЛОЯ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Г.Н. Застенкер | 81 |
| СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППЫ АСТЕРОИДОВ, СБЛИЖАЮЩИХСЯ С ЗЕМЛЕЙ Резаева А.А., Щербина М.П. | 82 |
| МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОЙ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИИ (ОБЗОР) Савкин Л.В., Гусенков П.А. | 83 |
| ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БОРТОВЫХ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Савкин Л.В. | 84 |

| | |
|---|-----|
| МНОГОСЛОЙНЫЕ ПЕРСЕПТРОНЫ В БОРТОВЫХ СИСТЕМАХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ: АППАРАТНЫЙ ПОДХОД Савкин Л.В., Дмитриев В.Г., Федоров Е.А. | 85 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ДАННЫМ SENTINEL-1A Самофал Е.В., Барталёв С.А., Плотников Д.Е. | 86 |
| ИЗУЧЕНИЕ ФРОНТОВ МЕЖПЛАНЕТНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПРИБОРОМ БМСВ НА СПУТНИКЕ СПЕКТР-Р О.В. Сапунова, Н.Л. Бородкова, Г.Н. Застенкер | 87 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ МЕТОДОМ БЫСТРЫХ ИСКАЖЕНИЙ. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА Сафонов С.И., Петросян А.С. | 88 |
| ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОПЕРЕМЕННЫХ ВНЕШНИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ Сербинов Д.В. | 89 |
| НЕОДНОРОДНОСТЬ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПЕРЕДЕЛЕНИИ ГАЛАКТИК НА $Z \sim 0.57$ В НАПРАВЛЕНИИ НА ГАММА-ВСПЛЕСК GRB021004 90 Соколов И.В., Alberto J. Castro-Tirado, Верходанов О.В., Желенкова О.П., Барышев Ю.В. | 90 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И РАССМОТРЕНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ЦИКЛОГЕНЕЗОМ И ИНДЕКСОМ ЮЖНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ Судаков А.И. | 91 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН С МАЛЫМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН В ИОНОСФЕРУ Суслов А.И. | 92 |
| АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОТЧЕТНОСТИ О ПЛОЩАДЯХ, ПРОЙДЕННЫХ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ Сычугов И.Г., Балашов И.В., Сенько К.С. | 93 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ВЫСОКОБОРОТНОГО СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРА Тарасов Н.Г., Вавилов В.Е. | 94 |
| АХРОМАТИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ КОРОНОГРАФ С МАЛЫМ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СДВИГОМ Фролов П. | 95 |
| МЕТОД УТОЧНЕНИЯ ФРОНТА ГОРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АССИМИЛЯЦИИ ДАННЫХ В ИМИТАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА И ЕГО ВАЛИДАЦИЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ Хвостиков С.А. | 96 |
| КАТАЛОГ КАНДИДАТОВ В КВАЗАРЫ НА КРАСНЫХ СМЕЩЕНИЯХ $3 < Z < 5.5$ Хорунжев Г.А., Сазонов С.Ю. | 97 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАХОРОНЕНИЯ CO_2 В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МАРСА Цурков Д.А., Павлов А.К., Коган В.Т., Берденникова А.В. | 98 |
| О ВЛИЯНИИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ НА ГАЗОДИНАМИКУ АТМОСФЕРЫ ЭКЗОПЛАНЕТЫ ТИПА «ГОРЯЧИЙ ЮПИТЕР» Черенков А.А., Бисикало Д.В. | 99 |
| ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В АТМОСФЕРЕ МАРСА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ SPICAM Чурбанов Д.В. | 100 |

| | |
|--|-----|
| МИКРОФИЗИКА ВОДЫ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЧАСТИЦ ЛЬДА ПО РАЗМЕРАМ В ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ МАРСА Шапошников Д.С., Родин А.В. | 101 |
| РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОГО МАКЕТА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ СТРУКТУР ПОЛЯРНЫХ СИЯНИЙ Шувалов С.Д., Вайсберг О.Л., Шестаков А.Ю., Моисеенко Д.А., Журавлёв Р.Н., Ермаков В.Н. | 102 |
| ОБНАРУЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА ПУЧКА ИОНОВ, ПРИВОДЯЩЕГО К РАЗВИТИЮ АКТИВНОГО ТОКОВОГО СЛОЯ Вайсберг О.Л., Шувалов С.Д., Шестаков А.Ю., Голубева Ю.М. | 103 |
| РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КМОП МАТРИЦЫ CMOSIS CMV-20000 Эльяшев Я.Д., Кобелева А. | 104 |
| РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДИНАМО-ВОЛН ВБЛИЗИ ЭКВАТОРА С УЧЕТОМ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ ПОТОКОВ И ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ Н.А. Юхина, Е.П. Попова | 105 |

