

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН



НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИКИ РАН  
ПРОГРАММА ПРЕЗИДИУМА РАН «ПОДДЕРЖКА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»

VIII Конференция молодых ученых,  
посвященная Дню космонавтики

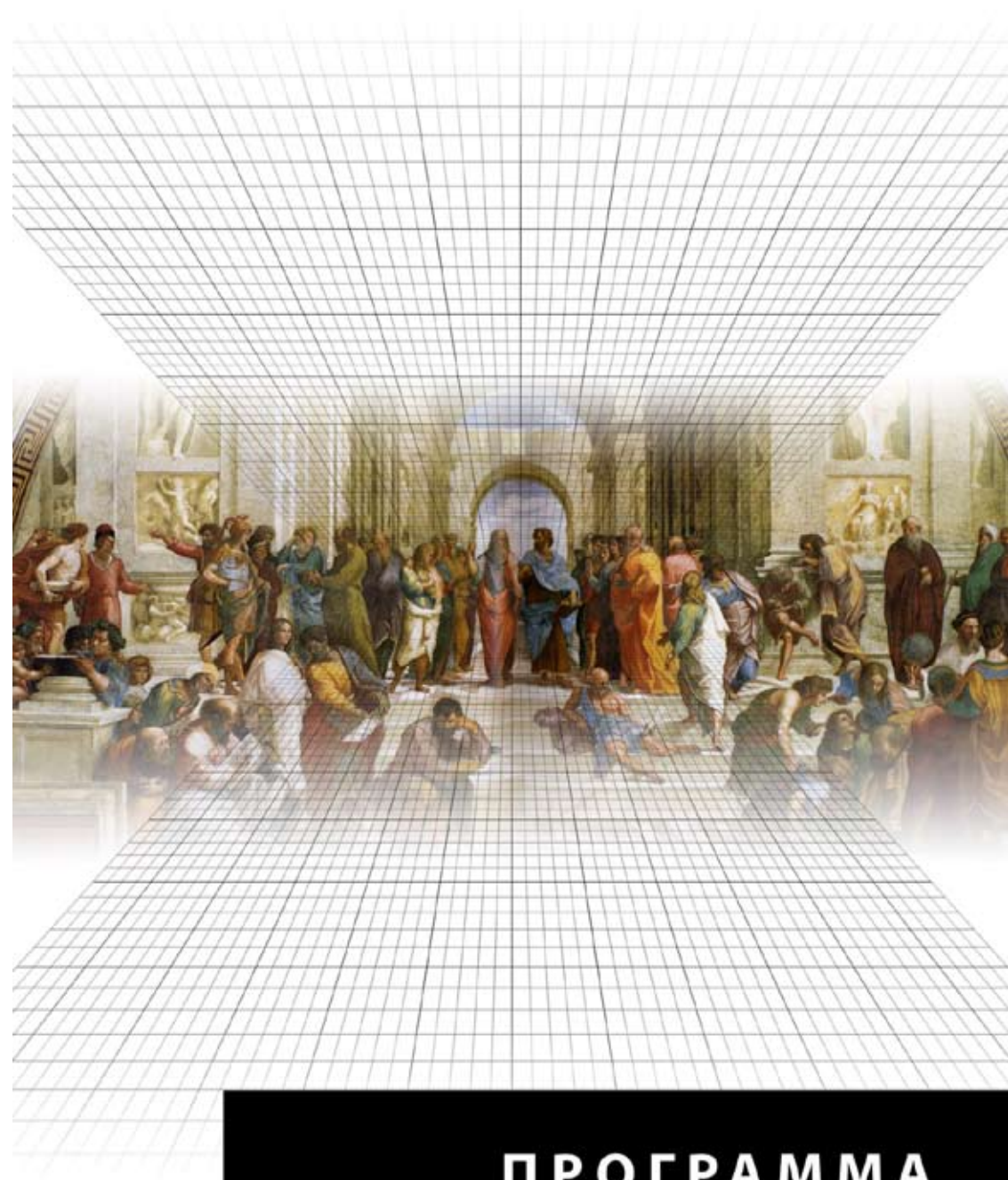
# **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Программа  
Тезисы докладов**

- I. Физика солнечной системы
- II. Астрофизика и радиоастрономия
- III. Технологии спутникового мониторинга
- IV. Космический эксперимент
- V. Теория и моделирование физических процессов
- VI. Атмосфера, гидросфера и литосфера Земли и планет

Москва, 2011

Этот год юбилейный — год 50-летия полета Ю. Гагарина. Этот же год оказался важным для Конференции, которая проводится уже в восьмой раз. Можно сказать, что мы вышли на новый уровень по количеству докладов. Два дня Конференции получились крайне насыщенными, и заседания будут проходить одновременно в разных аудиториях. Надеемся, что это не помешает молодым ученым услышать все интересующие их доклады, узнать, чем занимаются коллеги, получить представления о современных направлениях развития различных областей космических исследований, новых подходах и методах, имеющих междисциплинарный характер. В программу Конференции традиционно вошли обзорные приглашенные доклады. Надеемся, что основная цель Конференции: дать возможность молодым ученым самостоятельно представить результаты своей работы, получить опыт выступления перед аудиторией, публичного обсуждения научных результатов, — окажется полностью выполненной. Конференция традиционно проводится в рамках Программы Президиума РАН «Поддержка молодых ученых» и при поддержке постоянного спонсора ООО «ИНТЕРТЕХПРОЕКТ».



**14 апреля 2011 года, четверг**

---

**09:15–09:45** *Регистрация участников*

**09:45–10:00** *Открытие конференции.* Выступление **Н. Ф. Санько** о сайте «Солнечная система» совета РАН по космосу

## **I КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

*Конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3*

10:00–10:15 **Филиппова О. В.** Разработка однокаскадной зеркальной бленды для звездного датчика

10:15–10:30 **Ерохина О. С.** Моделирование движения криобота в системе MSC PATRAN/NASTRAN

10:30–10:45 **Заева М. А.** Двухступенчатый многоканальный фазовый обнаружитель

11:00–11:15 **Селиванова А. С., Чистяков А. А.** Теоретическое изучение роста пленок NaCl по плоскостям (001), (110) и адсорбции на них молекулярного водорода

11:15–11:30 **Федоренко А. Н.** Управление космическим аппаратом с помощью солнечного паруса

11:30–11:45 **Ледков А. А., Аббакумов А. С.** Программный комплекс расчета и визуализации баллистической информации для планетарных миссий

11:45–12:00 **Корнева Н. Н.** Способы визуализации и форматы хранения стереоизображения

**12:00–12:20** *Чай, кофе*

## **II ФИЗИКА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

*Конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3*

12:20–12:35 **Рахманова Л. С.** Динамика резких возмущений плотности плазмы и модуля магнитного поля при переходе из солнечного ветра в магнитослой

- 12:35–12:50 **Юрасов А. С.** Расчет энергетических характеристик цилиндров Фарадея, используемых для определения параметров солнечного ветра прибором БМСВ
- 12:50–13:05 **Олемской С. В., Кичатинов Л. Л.** Генерация крупномасштабных магнитных полей Солнца в модели динамо с нелокальным альфа-эффектом
- 13:05–13:20 **Петухов И. С., Портнягин Д. Н.** Диффузионная модель инжекции солнечных космических лучей в межпланетное пространство
- 13:20–13:35 **Усанин В. С.** Единая самосогласованная модель движения кометы Энке
- 13:35–13:50 **Чернышов В. Г., Лаптев Д. А.** Краткосрочное прогнозирование солнечной активности
- 13:50–14:05 **Шарькин И. Н.** Энергетические процессы в импульсных солнечных вспышках
- 14:05–15:00 Обед**
- 15:00–15:40 **Григоренко Е. Е. (приглашенный)** Ускорение ионов в хвосте магнитосферы Земли и структура пограничного плазменного слоя
- 15:40–15:55 **Шестов С. В., Ульянов А. С., Перцов А. А., Кузин С. В.** Наблюдение космического мусора на спутниках «Коронас-Ф» и «Коронас-Фотон»
- 15:55–16:10 **Петухов И. С.** Динамика интенсивности галактических космических лучей в окрестности фронта межпланетной ударной волны
- 16:10–16:30 Чай, кофе**
- 16:30–16:45 **Шестаков А. Ю.** Исследование поля скоростей в аномалиях горячего потока
- 16:45–17:00 **Рева А. А.** Исследование динамики макроспикул с помощью ВУФ-телескопа «ТЕСИС/КОРОНАС-ФОТОН»
- 17:00–17:15 **Петухов И. С.** О форме фронта межпланетной ударной волны
- 17:15–17:30 **Шахвердян Т. А.** Распределение ориентации магнитных силовых трубок вблизи дальнего шлейфа Венеры
- 17:30–17:45 **Луковникова А. А., Кравцова М. В., Слобнов В. Е.** Апробация метода спектрографической глобальной съемки по усеченной сети станций космических лучей
- 17:45–18:05 **Зимовец И. В.** Исследование свойств коронального источника вспышечного энерговыделения
- 18:05–18:20 **Кириченко А. С., Богачев А. С., Кузин С. В.** Формирование высокотемпературной плазмы в солнечных микровспышках по данным прибора «ТЕСИС/КОРОНАС-Фотон»
- 18:20–18:35 **Козлов Д. А.** Медленные магнитозвуковые колебания в плазмосфере Земли
- 19:00–19:40 Концерт (конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3)**

*Программа концерта*

Играет

**КОРОТЧЕНКО СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**  
(гитара)

В программе

1. Старинная английская песня «Зелёные рукава»
2. *Г. Манчини* «Розовая пантера»
3. Авторская «Пиццикато»
4. Авторская «Когда-то здесь было море»
5. Импровизация (Блюз)
6. *Луис де Нарваес* «Песня пастуха»
7. *Р. Диенс* «Небесное танго»
8. *А. Сляднев* «Я давно на тебе помешан»
9. *А. Козловский* «Вниз по золотухе»
10. Импровизация (Испания)
11. Джанго «Холодная весна»
12. Музыка из к/ф «Миссия невыполнима»
13. Музыка *А. Розенбаума*, слова *Л. Мирошниковой* «Про кота»
14. Авторская «Не уходи»

**14 апреля 2010 года, четверг****III ТЕХНОЛОГИИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА***Комната 200, 2-й этаж, секция А-2*

- 10:00–10:15 **Мамаев А. С., Прошин А. А., Флитман Е. В.** Система единой аутентификации пользователей для обеспечения работы с распределенными информационными ресурсами
- 10:15–10:30 **Балашов И. В., Бурцев М. А., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Прошин А. А.** Разработка единого распределённого каталога центрального, сибирского и дальневосточного центров приема и обработки спутниковой информации
- 10:30–10:45 **Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Толпин В. А.** Картографический сервис SMISWMS
- 11:00–11:15 **Капранов В. В., Бурцев М. А.** Автоматизированное построение композитных безоблачных мозаик по данным КА Landsat на произвольные регионы
- 11:15–11:30 **Матвеев А. М., Мазуров А. А., Балашов И. В.** Репроецирование спутниковых данных на основе ГРИД-технологий
- 11:30–11:45 **Нестеров Д. А.** Обработка стереоизображений, полученных радиополяриметрическим методом

- 11:45–12:00 **Полякова Е. В.** Оценка состояния лесных сообществ на территории разработки месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова по данным дистанционного зондирования Земли
- 12:00–12:20 Чай, кофе**
- 12:20–12:35 **Нурмухаметов А. Р.** Исследование телекоммуникационных связей между глобальным тропическим циклогенезом и явлением ENSO
- 12:35–12:50 **Москаленко Т. С., Плотников Д. Е.** Алгоритм заполнения пропущенных данных, фильтрации выбросов и сглаживания временных рядов значений вегетационных индексов
- 12:50–13:05 **Кирьянова Е. Ю.** Выявление динамичности свойств почв по космическим снимкам Landsat (на примере тестового участка в Саратовской области)
- 13:05–13:20 **Бутаков Ю. А.** Исследование собственного излучения периодически неровной водной поверхности
- 13:20–13:35 **Долгоносос Н. В.** Метод фильтрации опорной выборки для локально-адаптивной классификации земной поверхности по спутниковым данным
- 13:35–13:50 **Ховратович Т. С.** Алгоритм выявления площадей, поврежденных пожарами, по спутниковым данным высокого пространственного разрешения Landsat-ETM+
- 13:50–14:05 **Камардин И. С., Матвеев А. М., Мазуров А. А (мл.).** Использование метода слияния изображений для улучшения пространственного разрешения в технологиях мониторинга растительности
- 14:05–15:00 Обед**
- 15:40–15:55 **Колбудаев П. А.** Разработка алгоритма автоматического детектирования облаков и теней по спутниковым данным Landsat-TM
- 15:55–16:10 **Каримова С. С.** Результаты наблюдения вихревых структур Балтийского, Черного и Каспийского морей по спутниковым радиолокационным данным
- 16:10–16:30 **Сазонов Д. С.** Общий алгоритм определения параметров ветровых гравитационно-капиллярных волн по данным угловых радиополяриметрических измерений
- 16:30–16:45 **Стыщенко Ф. В.** Оценка степени повреждения лесов пожарами на территории Московской области с использованием спутниковых данных различного пространственного разрешения
- 16:45–17:00 Чай, кофе**
- 17:00–17:15 **Хайруллина Г. Р.** Широкая структура межгодовых колебаний и трендов радиотеплового поля
- 17:15–17:30 **Федотов Ю. А.** Радиополяриметрические исследования взаимодействия пузырьков газа с водной поверхностью

- 17:30–17:45 **Хвостиков С. А.** Использование спутниковых данных при адаптации имитационной модели растительности SEVER для применения в российских условиях
- 17:45–18:05 **Захаренкова И. Е., Черняк Ю. В., Шагмуратов И. И.** Исследование сейсмо-ионосферных эффектов по данным ГНСС GPS / ГЛОНАСС и низкоорбитального спутника CHAMP
- 18:05–18:20 **Жарко В. О., Плотников Д. Е.** Использование временных серий спутниковых данных для распознавания сельскохозяйственных культур
- 19:00–19:40 Концерт (конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3)**

---

## 15 апреля 2010 года, пятница

---

### II АСТРОФИЗИКА И РАДИОАСТРОНОМИЯ

*Конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3*

- 9:15–9:30 **Хорунжев Г. А.** Измерение масс сверхмассивных чёрных дыр в активных ядрах галактик
- 9:30–9:45 **Григорьев А. В.** Тонкая структура области вспышки супермазерного излучения в Орионе КЛ, период молчания 2003 г.
- 9:45–10:00 **Исмаилова Э. С.** Исследование рентгеновских источников IGR J17473-2721 и IGR J17419-2802 по данным наблюдений обсерватории «Интеграл»
- 10:00–10:15 **Глушихина М. В.** Перенос тепла в замагниченной нейтронной звезде
- 10:15–10:30 **Цупко О. Ю.** Динамический хаос в задаче о магнитной колликации джетов
- 10:30–10:45 **Семена А. Н.** Анализ физических параметров аккреционной колонки у поверхности белых карликов на основе замыывания вариаций яркости
- 10:45–11:00 **Клепнев А. С.** Модели аккреционных дисков высокой светимости вокруг черных дыр
- 11:00–11:15 **Сербинов Д. В.** Космический эксперимент на МКС «Монитор всего неба»
- 11:15–11:30 **Вольнова А. А.** Глубокий обзор галактик в поле гамма-всплеска GRB 051008
- 11:30–11:45 **Абубекеров М. К., Гостев Н. Ю.** Анализ кривой блеска двойной системы с экзопланетой HD 189733
- 11:45–12:05 Чай, кофе**

- 12:05–12:20 **Хабибуллин И. И.** Моделирование спектра системы джетов SS433 в линиях стандартного рентгеновского диапазона методом Монте-Карло
- 12:20–12:35 **Собьянин Д. Н.** О радиовспышках RRAT
- 12:35–12:50 **Рудометкин Е. А.** История энерговыделений в M87
- 12:50–13:05 **Просветов А. В.** Изучение внутренней области диска в источнике GX 339-4 во время его вспышки 2007 г.
- 13:05–13:20 **Минаев П. Ю.** Поиск транзиентных гамма-событий, зарегистрированных телескопом SPI обсерватории INTEGRAL
- 13:20–13:35 **Кривошеев Ю. М.** Механизмы нагрева субрелятивистских джетов
- 13:35–14:20 *Обед*

#### IV АТМОСФЕРА, ГИДРОСФЕРА И ЛИТОСФЕРА ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ

*Конференц-зал, 2-й этаж, секция А-3*

- 14:20–15:00 **Евдокимова Н. А. (приглашенный)** Исследование взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности в климатическом цикле Марса по данным гиперспектрометра OMEGA КА Mars-Express
- 15:00–15:15 **Гаврик Ю. А.** Результаты моделирования эксперимента радиопросвечивания ионосферы Венеры
- 15:15–15:30 **Алов М. Д.** Восстановление полей температуры и аэрозоля в атмосфере Марса по данным прибора ПФС КА Mars-Express
- 15:30–15:45 **Бурлаков А. В.** Полная микрофизическая модель конденсационных облаков воды в атмосфере Марса
- 15:45–16:00 **Егоров Е. С.** Моделирование импактных процессов
- 16:00–16:15 **Шибанова М. С.** Картографирование рельефа спутников Марса
- 16:15–16:30 *Чай, кофе*
- 16:30–16:45 **Зайцев М. А.** Хромато-масс-спектрометрический анализ продуктов моделирования ударных процессов в атмосфере Титана
- 16:45–17:00 **Шакун А. В.** Эмиссии кислорода и гидроксидов на ночной стороне Венеры по надирным и лимбовым данным эксперимента VIRTIS-M (Venus-Express)
- 17:00–17:15 **Шаенко А. Ю., Соболев И. А., Голиков Н. В., Романов Н. С., Кушманцев В. Л., Руппель Д. А., Бродин Е. В., Халезов А. Б., Кужелевский С. В., Персев И. В., Шахвердян Т. А., Мальцев С. В.** Проект мобильного робота — шагающего грунтозаборного устройства (ШГЗУ) — российской команды «Селеноход» для участия в конкурсе GOOGLE LUNAR X PRIZE

- 17:15–17:30 **Майоров Б. С.** Восстановление характеристик марсианского аэрозоля для двух фракций по данным прибора OMEGA миссии Mars-Express
- 17:30–19:00 **Круглый стол** «Перспективные космические исследования в целях обеспечения стратегических интересов страны»
- Фуршет*

**15 апреля 2010 года, пятница**

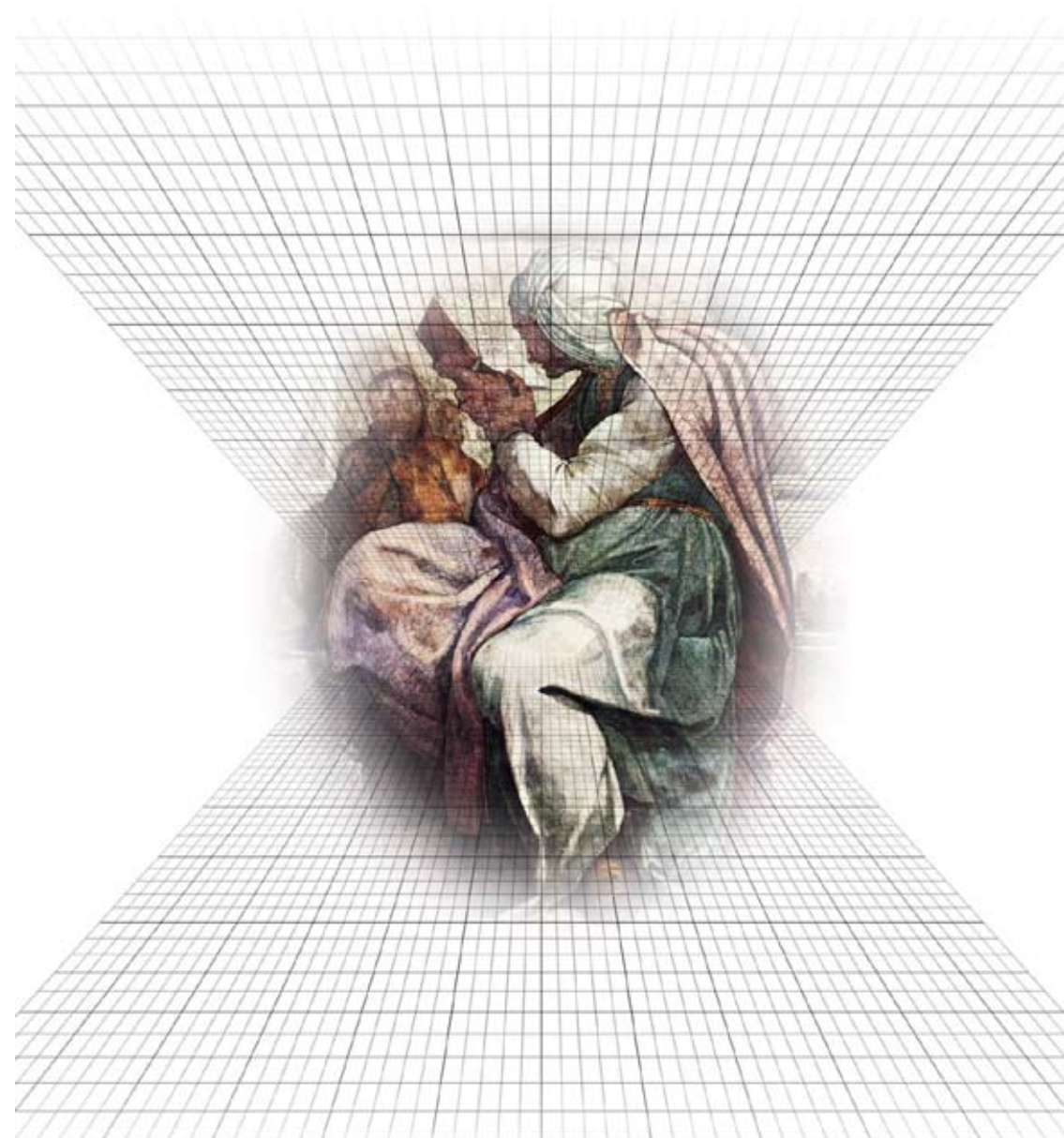
#### V ТЕОРИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Комната 200, 2-й этаж, секция А-2*

- 9:15–9:30 **Воронин П. В.** Теорема о геометрических местах локализации тригональных точек либрации в пространстве бинарной системы, стабилизированной во внешнем ортогональном магнитном поле
- 9:30–9:45 **Ерохин А. Н.** Условия захвата и серфотронного ускорения электронов электромагнитной волной в космической плазме
- 9:45–10:00 **Меркулов Е. С.** Возможность безотражательного прохождения электромагнитной волны через слой неоднородной магнитоактивной плазмы
- 10:00–10:30 **Мысина О. А.** Ориентация составного тела переменной структуры
- 10:30–10:45 **Андреев Д. Г.** Генерация быстрых частиц стохастическими электрическими полями
- 10:45–11:00 **Грицык П. А.** Жесткое рентгеновское излучение солнечных вспышек в модели толстой мишени с обратным током
- 11:00–11:15 **Леденцов Л. С.** О разрывных течениях плазмы в окрестности пересоединяющих токовых слоев
- 11:15–11:30 **Васько И. Ю.** Двумерный цилиндрический токовый слой
- 11:30–11:45 **Кастильо А. Х.** Усредненные силы, действующие на заряженные частицы в поле мощного излучения
- 11:45–12:05 *Чай, кофе*
- 12:05–12:20 **Кузичев И. В.** Рассеяние свистовых волн на мелкомасштабных неоднородностях в околоземной плазме
- 12:20–12:35 **Поверенный М. В.** Безотражательное прохождение электромагнитной волны через неоднородную киральную плазму
- 12:50–13:05 **Попоудин С. Ю.** Изгибная неустойчивость одномерного цилиндрического токового слоя



- 13:05–13:20 **Попова Е. П.** Влияние меридиональных потоков на динамические волны вблизи солнечных полюсов
- 13:20–13:40 **Артемьев А. В.** Устойчивость токовых слоёв с учётом эффектов пролётных частиц
- 13:40–14:20 Обед**
- 15:00–15:15 **Катушкина О. А.** Ширина линии рассеянного солнечного лайман-альфа-излучения как способ диагностики свойств границы гелиосферы
- 15:15–15:30 **Проворникова Е. А.** Время жизни холодных межзвездных облаков в горячей плазме
- 15:30–15:45 **Проворникова Е. А.** Моделирование нестационарных явлений в гелиосферном ударном слое
- 15:45–16:00 **Птицына О. В.** О механизме переноса тепла в переходном слое между короной и хромосферой Солнца
- 16:00–16:15 **Шевелёв М. М.** Неустойчивость Кельвина–Гельмгольца для ограниченного в пространстве потока плазмы: сравнение трёхслойной модели и модели цилиндрического потока
- 16:15–16:30 Чай, кофе**
- 16:30–16:45 **Чернышов А. А.** Вырождающаяся и стационарная магнитогидродинамическая турбулентность в теплопроводящей плазме
- 16:45–17:00 **Тарасевич С. В.** Нелинейная динамика магнитогидродинамических течений тяжёлой жидкости на ровной границе в приближении мелкой воды. Простые волны и задача Римана
- 17:00–17:15 **Шумилин Н. В., Шумилин А. В.** Описание электронного потока в диодном промежутке в электрическом поле
- 17:15–17:30 **Шумилин А. В., Шумилин Н. В.** Свободномолекулярное течение рабочего газа в ускорительном канале холловского электрического ракетного двигателя
- 17:30–19:00 Круглый стол** «Перспективные космические исследования в целях обеспечения стратегических интересов страны» (конференц-зал, 2-й этаж, секция А-2)
- Фушет**



## АНАЛИЗ КРИВОЙ БЛЕСКА ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ С ЭКЗОПЛАНЕТОЙ HD 189733

*Абубекеров М. К., Гостев Н. Ю.*

ГАИШ, e-mail: ngostev@mail.ru

*Научный руководитель:* Абубекеров М. К., канд. физ.-мат. наук, ГАИШ

Выполнен анализ высокоточных многоцветных кривых блеска двойной системы с экзопланетой HD 189733 [1, 2]. Получены значения радиуса звезды, радиуса планеты, наклона орбиты двойной системы. Особое внимание уделено исследованию коэффициентов потемнения к краю звезды HD 189733, являющейся карликом спектрального класса K2V. Проведен тщательный анализ ошибок вычисления коэффициентов потемнения к краю в линейном и квадратичном законах.

Анализ полученных нами наблюдательных зависимостей коэффициентов в линейном и квадратичном законе потемнения при выбранном уровне доверия  $\gamma = 95,5 \%$  привел к следующим выводам:

- наблюдаемые значения коэффициентов потемнения в линейном законе для системы HD 189733 систематически ниже теоретических, причем это различие нарастает с уменьшением длины волны;
- наблюдаемые зависимости коэффициентов потемнения от длины в квадратичном законе потемнения в пределах ошибок определения (при уровне доверия 95,5 %, на уровне  $2\sigma$ ) удовлетворительно согласуются с теоретическими зависимостями, следующими из модели одномерных тонких звездных атмосфер [3].

Следует подчеркнуть, что эти выводы относятся к кривым блеска системы HD 189733, когда на диске звезды наблюдались пятна [1] (для более детального ознакомления с работой см. [4] или пишите авторам).

1. Pont F., Gilliland R. L., Moutou C. et al. // *Astron. & Astrophys.* 2007. V. 476. P. 1347.
2. Pont F., Knutson H., Gilliland R. L. et al. // *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* 2008. V. 385. P. 109.
3. Claret A. // *Astron. & Astrophys.* 2009. V. 506. P. 1335.
4. Абубекеров М. К., Гостев Н. Ю., Черпауцук А. М. // *Астрон. журн.* 2011. Т. 88.



### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ МАРСА ПО ДАННЫМ ПРИБОРА ПФС КА MARS-EXPRESS

*Алов М. Д.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: nocofoolmen@mail.ru

*Научные руководители:* Федорова А. А., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН,  
Родин А. В., канд. физ.-мат. наук, МФТИ, ИКИ РАН, Игнатьев Н. И., канд.  
физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Инфракрасный фурье-спектрометр ПФС на борту космического аппарата Mars-Express, предназначенный для надирных измерений, проводит наблюдение атмосферы Марса с апреля 2004 г. В настоящее время был собран значительный объем наблюдательных данных, которые позволяют с высокой точностью восстановить температурные профили атмосферы, а также интегральные концентрации пылевого и ледяного аэрозоля при некоторых предположениях об их вертикальном распределении. Благодаря хорошему покрытию поверхности планеты полем зрения ПФС, упомянутые атмосферные характеристики могут быть получены почти для любого интересующего времени суток, сезона и географических координат.

В настоящей работе описывается методика решения обратной задачи переноса теплового излучения в атмосфере Марса, а именно получения температурного профиля и оптический толщины пыли и водяного льда. Кроме того, демонстрируются широтные зависимости этих атмосферных характеристик для выбранного сезона и времени суток.

### ГЕНЕРАЦИЯ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ СТОХАСТИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ

*Андреев Д. Г.*

РУДН, e-mail: andemity@gmail.com

*Научный руководитель:* Ерохин Н. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Исследование взаимодействия электромагнитных волн, имеющих стохастические параметры фаз, с заряженными частицами представляет интерес для различных областей науки и техники, в частности, при интерпретации данных наблюдений потоков быстрых частиц в околоземном пространстве и астрофизике, для пробоя газа низкого давления в коаксиальном волноводе, для плазменной электроники. Ранее отмечалось, что стохастические скачки фазы электрического поля вполне аналогичны парным соударениям частиц.

В работе представлены результаты численных расчетов генерации быстрых частиц электрическим полем  $E(t) = E_0 \sin(\omega t + \varphi)$  со стохастически прыгающей фазой  $\varphi(t)$  в моменты времени  $t_n$ . В численных расчетах полагалось, что величина скачка фазы является случайной величиной, распределенной в интервале  $(-\pi, \pi)$ . Изучена динамика генерации быстрых частиц в зависимости от статистики фазы  $\varphi(t)$ , выявлены оптимальные условия ускорения зарядов полем. Кроме того, изложен анализ процесса возникновения ускоренных частиц при воздействии зарядов с электростатической волной, имеющей стохастически прыгающую фазу. Особенностью этой задачи является возможность захвата частиц при их ускорении до скоростей  $v \sim \omega/k$  в создаваемую волной движущуюся потенциальную яму. Исследованы условия захвата частиц волной, возможности ее вылета в последующие моменты времени и дальнейшего ускорения с опережением, когда  $v > \omega/k$ . Указано, что сильное ускорение заряженных частиц происходит при числе скачков фазы электрического поля порядка тысяч и более, когда амплитуда скорости частицы может возрасти в десятки и сотни раз. Соответственно, максимум энергии заряда при его взаимодействии с электрическим полем может возрасти на два, три и более порядков величины. Показано, что эффективность генерации быстрых частиц максимальна при некотором оптимальном интервале между скачками фазы волны.

### УСТОЙЧИВОСТЬ ТОКОВЫХ СЛОЕВ С УЧЁТОМ ЭФФЕКТОВ ПРОЛЁТНЫХ ЧАСТИЦ

*Артемов А. В.*

ИКИ РАН, e-mail: ante0226@yandex.ru

Работа посвящена исследованию разрывной неустойчивости токового слоя хвоста земной магнитосферы. Показано, что вследствие многомасштабной иерархической структуры токового слоя с пролётными частицами в рассматриваемой магнитоплазменной конфигурации присутствует достаточно свободной энергии, чтобы в ней могла развиваться разрывная неустойчивость. В рамках линейной теории определены области параметров, в которых токовый слой оказывается неустойчивым. Результаты теоретического исследования подтверждаются данными спутниковых измерений: наблюдаемые стабильные токовые слои не попадают в области параметров, соответствующие развитию неустойчивости.

## РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО РАСПРЕДЕЛЁННОГО КАТАЛОГА ЦЕНТРАЛЬНОГО, СИБИРСКОГО И ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЦЕНТРОВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Балашов И. В., Бурцев М. А., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Прошин А. А.*  
ИКИ РАН, burcev@d902.iki.rssi.ru

Центральный, Сибирский и Дальневосточный центры приема и обработки сегодня являются базовыми центрами Росгидромета, обеспечивающими сбор спутниковой информации по всей территории России, ее обработку и предоставление различным организациям. В настоящее время центры обеспечивают прием спутниковой информации как с зарубежных, так и с отечественных спутников. На основе получаемой информации в центрах строятся информационные продукты, необходимые для решения различных задач мониторинга. Одна из важных задач центров — обеспечение информацией различных потребителей. При этом во многих случаях потребители заинтересованы в возможности работы не с отдельными центрами, а с единым информационным ресурсом.

Работы по созданию такого ресурса были начаты несколько лет назад ГУ НИЦ «Планета». Базовый элемент этого ресурса — единый каталог спутниковых данных и результатов их обработки, разработанный ИКИ РАН. Настоящий доклад посвящен описанию основных подходов к созданию данного каталога и его задач. В докладе описываются общая архитектура системы, особенности архивации данных и организации доступа пользователей к ним, а также основные возможности специализированного картографического веб-интерфейса, являющегося основным инструментом доступа к данным. Основой для каталога стала разработанная в ИКИ РАН технология создания информационных систем доступа к спутниковым данным, обеспечивающая автоматическое прохождение полного жизненного цикла данных от их приёма, первичной и тематической обработки до формирования каталогов и предоставления доступа к данным конечным пользователям.

Также представлены основные возможности первой очереди каталога, которая была введена в эксплуатацию в 2010 г. Она обеспечивает доступ к данным КА серии NOAA, TERRA и AQUA. В ближайшее время планируется ввести в систему и данные, поступающие с других спутников, в частности, российского КА «Метеор-М № 1».

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ СЕРВИС SMISWMS

*Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Толпин В. А.*

ИКИ РАН, e-mail: ivbalashov@smis.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Лупян Е. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

В интересах различных информационных систем дистанционного мониторинга в ИКИ РАН создается и поддерживается целый ряд картографических интерфейсов, обеспечивающих работу с разнородной информацией, получаемой на основе спутниковых данных. В частности, различными цветосинтезированными изображениями, данными о тепловых аномалиях, вегетационными индексами, данными о повреждении растительности и т. д. В зависимости от задач конкретной системы интерфейсы обеспечивают возможность работы с различной информацией.

В первых версиях разрабатываемых интерфейсов работа с картографическими слоями во многом зависела от конкретного специализированного интерфейса. При возникновении новых продуктов и/или появлении разновидностей старых это приводило к существенным неудобствам при доработке интерфейсов. Кроме того, в ряде случаев, трудно было сводить в одном интерфейсе разные типы данных (например, продукты, получаемые на основе данных различного пространственного разрешения). В ряде случаев для работы с данными разного типа даже приходилось создавать различные интерфейсы. Все это в целом затрудняло и усложняло разработку и поддержку большого числа версий специализированных интерфейсов, особенно в тех случаях, когда приходилось поддерживать распределенные системы доступа к данным.

Для решения этих проблем был разработан картографический сервис SMISWMS, позволивший отделить задачи формирования картографических слоев от построения конкретного интерфейса доступа к данным и обеспечить единый механизм работы с модулями формирования карт и метаданных для различных информационных продуктов.

Структурные особенности построения сервиса и организационные решения обеспечивают удобное наращивание возможностей группой разработчиков, гибкое конфигурирование под назначение каждого сервера и единый механизм обновления программного кода модулей на местах установки.

Настоящий доклад посвящен описанию архитектуры и возможностей картографического сервиса SMISWMS, обсуждению вопросов применения сервиса в интерфейсах доступа к данным, создаваемых в ИКИ РАН в рамках различных проектов. В докладе также обсуждаются программные решения, принятые при реализации сервиса, затрагиваются вопросы быстрой разработки и стандартизации.

## ПОЛНАЯ МИКРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ОБЛАКОВ ВОДЫ В АТМОСФЕРЕ МАРСА

*Бурлаков А. В.*

ИКИ РАН, e-mail: burlakov.alex@gmail.com,

*Научный руководитель:* Родин А. В., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, МФТИ

Целью данной работы является создание микрофизического блока с разрешенным на сетке распределением по размерам аэрозольных частиц для трехмерной модели общей циркуляции атмосферы Марса. Использование полунейвной двухмоментной схемы интегрирования кинетических уравнений, описывающих микрофизические процессы в облаках [1], позволяет менять шаг по времени и грубость сетки размеров в широком диапазоне. Таким образом, эта модель может быть внедрена в трехмерную модель общей циркуляции.

Микрофизический блок тестировался в рамках одномерной модели, пространственная динамика которой описывается процессами седиментации и турбулентной диффузии. Результаты, полученные в таком приближении, находятся в соответствии с данными прибора SPICAM [2].

В дальнейшем микрофизический блок был внедрен в модель нового поколения, основанную на приближении дробной диффузии. Замена классической диффузии на дробную позволяет рассматривать ряд процессов интегральным образом, в том числе и турбулентную диффузию, ячейку Хэдли и широкомасштабный перенос. Для оценки вертикальной составляющей дробной диффузии была разработана быстродействующая и эффективная численная схема. В перспективе эта схема может быть использована в трехмерной модели общей циркуляции атмосферы.

Наконец, микрофизический блок был внедрен в модель общей циркуляции атмосферы Марса, которая основана на динамическом ядре GFDL's FMS. Предварительные результаты моделирования гидрологического цикла подтверждают устойчивость и гибкость выбранной численной схемы.

Работа поддержана РФФИ, проект № 10-02-01260-а.

1. *Jacobson M. Z.* Fundamentals of Atmospheric Modeling. Cambridge, 2005.
2. *Fedorova A. A., Korablev O. I., Bertaux J.-L.* et al. Solar Infrared occultations by the SPICAM Experiment on Mars-Express: simultaneous observations of H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and aerosol vertical distribution // Icarus. 2009. V. 200. P. 96–117.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ НЕРОВНОЙ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Бутаков Ю. А.*

Владимирский государственный университет (ВлГУ), e-mail: y.butakov@mail.ru.

*Научный руководитель:* Садовский И. Н., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, ВлГУ

Исследованию собственного излучения периодических структур на поверхности воды посвящено небольшое количество экспериментальных работ. При этом наиболее качественные результаты были получены только для одного периода неровностей (12 мм) и одной длины волны принимаемого излучения (8 мм).

В данной работе представлены результаты лабораторного эксперимента по исследованию собственного излучения водной поверхности в присутствии неровностей периодического характера для длины волны принимаемого излучения 8 мм и двух значений периода неровностей — 6 и 12 мм.

Для проведения исследований была создана экспериментальная установка, состоящая из: диэлектрической кюветы размером 70×50 см, заполненной пресной водой; радиометра-поляриметра 8 мм диапазона; устройства изменения вертикального и азимутального углов визирования; электронных датчиков измерения углов и регистрации температуры; персонального компьютера для регистрации данных в цифровом виде. Периодическая структура на поверхности воды создавалась системой параллельно натянутых капроновых нитей, опускаемых ниже, а затем приподнимаемых над уровнем гладкой водной поверхности. Получаемый при этом профиль неровностей оценивался теоретически по известной высоте подъема нитей над уровнем спокойной воды.

Анализ результатов измерений угловых зависимостей яркостного контраста выявил наличие двух максимумов на углах 20 и 40° от надира. Причем данный эффект проявился для обоих периодов неровностей. Авторы работы предполагают две возможные причины подобного эффекта: неточности установки системы нитей обеспечили одновременное присутствие двух систем волнения на поверхности (6 и 24 мм) и/или (12 и 24 мм); максимум, проявившийся на 40°, вызван влиянием фонового излучения, «сфокусированного» на этом угле наблюдении геометрии созданной периодической структуры.

Оба выдвинутых предположения будут проверены в ходе дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-02-00780-а.

**ДВУМЕРНЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ТОКОВЫЙ СЛОЙ**

Васько И. Ю.

МГУ им. М. В. Ломоносова, физический факультет, e-mail: vaskoiy@yandex.ru

*Научный руководитель:* Попов В. Ю., д-р физ.-мат. наук, МГУ им.

М. В. Ломоносова, физический факультет, ИКИ РАН

Работа посвящена построению двумерного равновесного цилиндрического токового слоя в рамках решения системы уравнений Власова–Максвелла для квазинейтральной электрон-ионной плазмы [1]. Ранее подобные модели были построены для плоской геометрии [2, 3], соответствующей токовому слою в хвосте магнитосферы Земли.

В рассматриваемой геометрии в системе присутствует две компоненты магнитного поля  $B_\rho$ ,  $B_z$  и единственная компонента векторного потенциала  $A_\phi$ , благодаря чему задачу удаётся свести к одному уравнению для функции  $u(x, z)$ :

$$u_{xx} + x^{-1}u_{zz} = e^{-u}, \quad (1)$$

где  $x = \rho^2 \in \mathbb{R}_+^1$ ;  $z \in \mathbb{R}^1$ .

Из баланса давления в системе получено, что в двумерном цилиндрическом слое с ненулевой концентрацией плазмы у оси магнитное поле заведомо имеет сингулярность, именно при  $\rho \rightarrow 0$ ,  $B_\rho \sim 1/\rho$ .

В работе построено асимптотическое решение уравнения (1) в приближении вытянутых силовых линий:  $B_\rho \ll B_z$ . Это же решение получено в результате численного исследования.

Групповыми методами получено однопараметрическое семейство точных решений уравнения (1):  $u = 2 \ln x + \varphi(\xi)$ ,  $\xi = (z + a)^2/x$ ,  $a \in \mathbb{R}^1$ , где функция  $\varphi$  находится из уравнения

$$(1 - \eta^2)^2 \varphi_{\eta\eta} = 4(2 + e^{-\varphi}), \quad \eta = \sqrt{\xi/(\xi + 4)}. \quad (2)$$

Для функции  $\varphi$ , концентрации, плотности тока и компонент магнитного поля построены асимптотики при  $x \rightarrow 0$  и  $x \rightarrow +\infty$ . Проведено численное исследование уравнения (2). Тем самым получены профили концентраций и токов в цилиндрических слоях, описываемых полученным классом аналитических решений.

1. *Bagenal F.* Institute of Physics Publishing 2001, Dirac House, Temple Back, Bristol, BS16BE, UK. 2001.
2. *Kan J. R.* On the structure of the magnetotail current sheet // J. Geophysical Research. 1973. V. 78. P. 3773.
3. *Lembege B., Pellat R.* Stability of a thick two-dimensional quasineutral sheet // Physics of Fluids. 1982. V. 25. P. 1995.

**ГЛУБОКИЙ ОБЗОР ГАЛАКТИК В ПОЛЕ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 051008**

Вольнова А. А.

ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: alinusss@gmail.com

*Научный руководитель:* Позаненко А. С., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Глубокий обзор поля, проведенный в рамках исследования родительской галактики GRB 051008 на телескопах ЗТШ (КрАО), NOT, Keck и Gemini North, позволил исследовать галактики поля до  $R = 26,1^m$ . На основе многоцветных фотометрических наблюдений в фильтрах BgVRi и K в площадке размером  $4 \times 4$  угл. мин построены цветные диаграммы для галактик, детектированных в поле, и определено фотометрическое красное смещение. Построено распределение галактик по красному смещению и сделана оценка степени кластеризации галактик. Приводятся сравнения с результатами других глубоких обзоров.

**ТЕОРЕМА О ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МЕСТАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТРИГОНАЛЬНЫХ ТОЧЕК ЛИБРАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ БИНАРНОЙ СИСТЕМЫ, СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ВО ВНЕШНЕМ ОРТОГОНАЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Воронин П. В.

Кандидат физ.-мат. наук, e-mail: pvoronin@mail.ru

Рассмотрим *бинарную систему*, образованную частицей массы  $M_1$  с зарядом  $Q_1$  и частицей, масса и заряд которой равны  $M_2$  и  $Q_2$  соответственно. Для определенности положим  $M_2 > M_1$ . Будем считать, что эти частицы обращаются по концентрическим круговым орбитам, находясь во внешнем магнитном поле, вектор магнитной индукции  $B$  которого ортогонален плоскости орбит частиц. В этом смысле бинарная система может быть названа *стабилизированной во внешнем ортогональном магнитном поле*. Взаимодействие частиц между собой будем считать чисто кулоновским.

С бинарной системой свяжем *синодическую* систему координат, начало которой  $O$  находится в центре орбит частиц, ось  $Z$  направлена по вектору угловой скорости вращения бинарной системы  $\omega$ , ось  $X$  проходит через центры масс частиц, будучи направленной от более массивной частицы к менее массивной, а ось  $Y$  дополняет систему координат до правой. В таком случае вектор магнитной индукции может быть представлен в виде  $B = \{0, 0, B_z\}$ . Угловую скорость вращения бинарной системы  $\omega$  примем равной 1, а за единицу измерения координат и расстояний примем расстояние  $d$  между частицами, образующими бинарную систему.

Рассмотрим тригональную точку либрации, находящуюся на расстоянии  $r_1$  от первой частицы и на расстоянии  $r_2$  от второй частицы. Как показывают соответствующие исследования, отношение  $r_1^2/r_2^2 = \xi$ , где  $\xi$  — постоянная, определяемая массовым  $\mu = M_2/(M_1 + M_2)$ , зарядовым  $q = Q_2/(Q_1 + Q_2)$  параметрами бинарной системы, а также проекцией вектора обобщенной циклотронной частоты бинарной системы  $\omega_\chi = (Q_1 + Q_2)/(M_1 + M_2)V$  на ось  $Z$ , т. е. величиной  $\omega_\chi = (Q_1 + Q_2)/(M_1 + M_2)V_z$ . Для ортопланарных тригональных точек либрации (ОТТЛ), локализующихся в плоскости  $XOZ$ ,

$$\xi = \xi_\perp = \left( -\frac{1-q}{q} \right)^{2/3}, \quad (1)$$

а для компланарных тригональных точек либрации (КТТЛ), локализующихся в плоскости  $XOY$ ,

$$\xi = \xi_\parallel = \left[ \frac{1-q}{q} \frac{\mu + q\omega_\chi}{(1-\mu) + (1-q)\omega_\chi} \right]^{2/3}. \quad (2)$$

Данное свойство позволяет доказать следующую теорему: *в пространстве бинарной системы, стабилизированной во внешнем ортогональном магнитном поле, тригональные точки либрации располагаются на окружностях, одна из которых лежит в плоскости орбит частиц, а другая — в плоскости, перпендикулярной первой и проходящей через центры масс частиц, образующих бинарную систему. Центры этих окружностей при этом лежат на прямой, проходящей через центры масс частиц.*

Радиусы этих окружностей (либраредуктрис) определяются по формуле

$$R = \frac{\sqrt{\xi}}{|1-\xi|}, \quad (3)$$

а абсциссы их центров задаются выражением

$$x_{ц} = \frac{\mu + q\omega_\chi}{1 + \omega_\chi} + \frac{\xi}{1 - \xi}. \quad (4)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА РАДИОПРОСВЕЧИВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ

Гаврик Ю. А.

ФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН, канд. физ.-мат. наук,

e-mail: alg248@ire216.msk.su

Экспериментальная задача получения сведений об ионосфере Венеры методом двухчастотного радиопросвечивания требует анализа целого ряда факторов, так как распределение электронной концентрации с высотой над поверхностью планеты связано с измеряемыми параметрами радиосигналов интегральными уравнениями. В данной работе обсуждается влияние флуктуаций частоты радиосигнала, обусловленных как шумами приёмной аппаратуры, так и вариациями параметров плазмы на трассе радиосвязи, на точность определения концентрации электронов и высотной протяжённости ионосферы. Обоснована допустимость использования сферически-симметричного приближения при решении обратной задачи радиопросвечивания ионосферы Венеры.

Результаты моделирования и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в дневной ионосфере Венеры преобразование Абеля позволяет находить электронную концентрацию с малой погрешностью на высотах 120...300 км. На больших высотах погрешности зависят от аппаратных шумов, от вариаций параметров межпланетной плазмы, от влияния асимметрии ионосферы и при оптимальных условиях погрешности невелики. В нижней ионосфере (ниже 120 км) значения рассчитанной электронной концентрации, как правило, обусловлены систематическими погрешностями метода решения обратной задачи радиопросвечивания, величина погрешности превышает 100 % и может коренным образом исказить профиль электронной концентрации в нижней области ионосферы. Именно по этой причине трудно выявлять и анализировать нижнюю часть ионосферы Венеры.

Работа выполнена при частичной поддержке программы ОФН РАН № VI.15 «Плазменные процессы в Солнечной системе».

**ПЕРЕНОС ТЕПЛА В ЗАМАГНИЧЕННОЙ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЕ***Глушихина М. В.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: mg.fpfe@gmail.com

Научный руководитель: Бисноватый-Коган Г. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Наблюдения излучения нейтронных звезд позволяют получить данные не только о магнитном поле, температуре и химическом составе поверхности, но и о свойствах материи при высоких плотностях внутри звезды. В сильном магнитном поле тепловой поток становится анизотропным, что приводит к неоднородному распределению температуры по поверхности нейтронной звезды. Наблюдения периодических изменений тепловой (рентгеновской) светимости вращающейся нейтронной звезды могут дать информацию как о структуре магнитного поля, так и о свойствах вещества слоев, где формируется анизотропия теплового потока.

Изучение анизотропии теплового потока в нейтронной звезде проводилось многими авторами в одномерном приближении, где рассматривались потоки тепла вдоль или поперек магнитного поля. В настоящей работе выведено уравнение теплопроводности при наличии произвольного аксиально-симметричного поля и точного учета тензорных свойств коэффициента теплопроводности. Рассмотрен случай полностью ионизованной релятивистской вырожденной плазмы. Это позволит применить полученное уравнение для исследования переноса тепла в плотных областях коры нейтронной звезды.

**УСКОРЕНИЕ ИОНОВ В ХВОСТЕ МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ И СТРУКТУРА ПОГРАНИЧНОГО ПЛАЗМЕННОГО СЛОЯ***Григоренко Е. Е.*

ИКИ РАН, e-mail: elenagrigenko2003@yahoo.com

Ускорение и нагрев плазмы в геомагнитном хвосте происходят в его токовом слое (ТС), и традиционно эти процессы связывались с магнитным пересоединением. Заряженные частицы, ускоренные в ТС до энергий в десятки и сотни раз превышающие их начальные значения, быстро движутся к Земле вдоль силовых линий магнитного поля, формируя «канал», называемый пограничным плазменным слоем (ППС), по которому энергия и импульс плазмы переносятся из дальних областей хвоста к Земле. Многочисленные наблюдения в ППС, осуществляемые односпутниковыми миссиями, позволили построить среднюю картину распределения плазмы и полей. Однако открытым оставался вопрос о том, является ли магнитное пересоединение

единственным источником ускорения плазмы в хвосте или же эффективное ускорение ионов возможно и вне области пересоединения. Мнения исследователей также разделились по вопросу о характере такого ускорения: происходит ли оно в импульсном или в квазистационарном режиме.

Одновременные измерения плазмы и полей, осуществляемые в ППС спутниковым квартетом Cluster, позволили установить, что ускорение ионов в геомагнитном хвосте происходит постоянно, однако пространственно-временные и энергетические характеристики этого процесса определяются близостью источника к магнитной X-линии. Так, во время спокойных геомагнитных периодов, когда X-линия расположена в дальних областях хвоста, неадиабатическое ускорение ионов происходит вследствие их резонансного взаимодействия с ТС в пространственно локализованных источниках, расположенных в области замкнутых силовых линий магнитного поля, т. е. вне области пересоединения. При этом источник энергии ионов — квазистационарное электрическое поле утро — вечер. В результате в ППС наблюдаются коллимированные по энергиям и локализованные в пространстве структуры ускоренных ионов, длительность которых достигает десятков минут. Во время возмущенных периодов, когда магнитная X-линия может формироваться вблизи Земли, ускорение ионов происходит около области магнитного пересоединения и имеет импульсный характер. При этом ионы могут приобретать значительные энергии (до 200 кэВ), и в ППС формируются энергичные ионные пучки, имеющие широкие по параллельным скоростям функции распределения.

**ТОНКАЯ СТРУКТУРА ОБЛАСТИ ВСПЫШКИ СУПЕРМАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОРИОНЕ КЛ, ПЕРИОД МОЛЧАНИЯ 2003 г.***Григорьев А. В.*

ИКИ РАН, alxgrig77@mail.ru

Научный руководитель: Матвеев Л. И., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Процессы формирования протозвезд сопровождаются сильным мазерным излучением в линиях водяного пара. В туманности Ориона мазерные вспышки до 8 МЯн на скорости 8 км/с наблюдались в периоды высокой активности 1979–1987 и 1998–1999 гг. Активная область представляет собой структуру аккреционный диск — биполярный поток. Нами проведены РСДБ-исследования активной области в период, последующий активному. Исследована тонкая структура с разрешением 0,15 мс дуги (0,07 а. е.), выделены яркие компоненты. Проведено их отождествление с периодом активности. Установлено, что в области,



соответствующей вспышке супермазерного  $H_2O$ -излучения, сохранилась структура в виде биполярного потока и компактных выбросов. Поток излучения достигал нескольких десятков килоджоулей. Видимый размер биполярного потока увеличился с 2 а. е. (период 1998–1999 гг.) до 15 а. е., его ориентация сохранилась  $PA \approx -45^\circ$ . Скорость потока возросла до  $V = 8,1$  км/с, что на 0,5 км/с больше скорости супермазерной вспышки (7,6 км/с). Установлена меняющаяся со временем структура компактных выбросов в виде двух компонент «А» и «Б», удаленных от центра биполярного потока на 45 а. е. Сохранение их поперечных размеров подтверждает чрезвычайно высокую коллимацию потока. Поток имеет спиральную структуру с шагом порядка 7 а. е.

### **ЖЁСТКОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК В МОДЕЛИ ТОЛСТОЙ МИШЕНИ С ОБРАТНЫМ ТОКОМ**

*Грицык П. А.*

ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: funt@inbox.ru

*Научный руководитель:* Сомов Б. В., д-р физ.-мат. наук, проф., ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова

Характерным для солнечных вспышек является ускорение заряженных частиц до высоких энергий. В большинстве вспышек в значительном количестве ускоряются электроны, которые при распространении вдоль вспышечных петель порождают всплески жёсткого рентгеновского излучения со степенным спектром потока квантов у Земли.

В представляемой работе в рамках нетепловой интерпретации жёсткого рентгеновского излучения предлагается модель толстой мишени с обратным током. Аккуратный аналитический подход к решению задачи о нетепловых электронах позволил найти функцию распределения быстрых электронов, на основе которой рассчитаны спектр и поляризация жёсткого рентгеновского излучения. Проведено детальное сравнение предлагаемой модели с классической моделью, не учитывающей эффект обратного тока. Все результаты имеют наглядное графическое представление.

### **МЕТОД ФИЛЬТРАЦИИ ОПОРНОЙ ВЫБОРКИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНО-АДАПТИВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ**

*Долгоносоев Н. В.*

ИКИ РАН, e-mail: 007nick007@rambler.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Спутниковые системы дистанционного зондирования являются эффективным инструментом создания тематических карт земного покрова на больших территориях. При использовании метода локально-адаптивной классификации с обучением для распознавания типов земной поверхности по спутниковым данным необходимо создание репрезентативной опорной выборки эталонных объектов, что сопряжено со значительными затратами времени и требует привлечения соответствующих экспертов.

В силу динамичности земного покрова (пожары и вырубки лесов, изменение режимов землепользования и т. п.) актуальна задача создания автоматической технологии регулярного (ежегодного) обновления получаемых тематических карт, что, в свою очередь, требует разработки эффективных методов внесения изменений в опорную выборку. При этом необходимо как исключать из опорной выборки эталоны, соответствующие измененным участкам, так и пополнять ее новыми эталонами для сохранения достаточного уровня репрезентативности.

В докладе представлен метод коррекции опорной выборки, основанный на использовании совокупности статистических фильтров и разработанный с учетом требований использования алгоритма локально-адаптивной классификации земного покрова по спутниковым данным. Метод с помощью критерия Пирсона обеспечивает исключение из ранее созданной опорной выборки объектов, перешедших в результате изменений в другой тематический класс, и дополнение выборки новыми объектами на основе критерия расстояния между объектами и средними значениями классов в пространстве используемых признаков распознавания.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ МАРСА ПО ДАННЫМ ГИПЕРСПЕКТРОМЕТРА OMEGA КА MARS-EXPRESS

*Евдокимова Н. А.*

ИКИ РАН, e-mail: evdokimova@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Родин А. В., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Гидрологический цикл Марса на протяжении многих лет является одной из самых актуальных тем планетных исследований. Несмотря на то, что уже достаточно хорошо изучены основные механизмы сезонного переноса воды в атмосфере, остается не до конца выясненной роль процессов, происходящих в верхнем слое реголита Марса. Это вносит заметную неопределенность в существующие модели марсианского климата. Наблюдение сезонной динамики распределения различных фаз воды на поверхности планеты — в составе гидратированных минералов, льдов, сезонной изморози — до сих пор является актуальной задачей, решение которой поможет скорректировать эти модели.

В рамках настоящей работы для наблюдения за такой динамикой был осуществлен анализ данных канала С гиперспектрометра OMEGA КА Mars-Express за два марсианских года. Построены глобальные и региональные карты распределения спектрального индекса по полосе связанной воды 1,93 мкм в различные сезоны:  $L_S = 0...90^\circ$ ,  $L_S = 90...180^\circ$ ,  $L_S = 180...270^\circ$ ,  $L_S = 270...360^\circ$ . Выявлены лишь незначительные сезонные вариации глобального распределения связанной воды в грунте Марса, что свидетельствует об ограниченном вкладе механизмов гидратации и дегидратации реголита в глобальный гидрологический цикл. Построены региональные карты спектральных индексов водяного льда в полярных районах Марса; для количественной калибровки таких индексов рассчитывались модельные спектры ледовых поверхностей. Были обнаружены сезонно изменчивые симметричные структуры в распределении параметров зернистости ледяного покрова Северной полярной шапки, а также в глобальной пространственной структуре остаточных отложений льдов  $H_2O$  в окрестности Южной полярной шапки в момент сезонной рецессии. На основе анализа результатов моделирования общей циркуляции атмосферы Марса сделан вывод о том, что эти структуры имеют волновую природу и связаны с мезомасштабными возмущениями околополярной циркуляции атмосферы.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПАКТНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Егоров Е. С.*

МФТИ, e-mail: geniaegorov@mail.ru

*Научный руководитель:* Родин А. В., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Образование ударных кратеров — геологический процесс, характеризующийся сверхвысокими скоростями деформации, которые создают сверхвысокие давление и температуру. Метеоритная бомбардировка является важным космохимическим процессом, повлиявшим на состав современных планетных атмосфер, гидросфер и литосфер. Основная особенность сверхскоростного метеоритного удара, отличающего его от менее скоростных импактных процессов, — образование плазменного факела.

Для моделирования сверхскоростного метеоритного удара был использован метод лазерного моделирования, так как только он позволяет достичь необходимой плотности мощности. Для создания достаточной мощности лазерный пучок фокусировался на поверхность исследуемого образца. При ударе лазерного пучка по поверхности образца происходило образование плазменного факела.

Выброс вещества конденсировался на никелевой фольге, закреплённой под небольшим углом перед образцом. Исходные образцы представляли собой спилы силикатных пород, в состав которых входили андезит, оливин и плагиоклаз. Эксперимент проводился в ИКИ РАН на лазерной установке «Сатурн» на фосфатном стекле. Установка представляет собой многокаскадную систему усиления импульса от задающего генератора. Задающим генератором является оптический резонатор с активной модуляцией добротности и селекцией продольных мод. Он генерирует импульсы длительностью  $\tau = 30$  нс и длиной волны  $\lambda = 1054$  нм.

В результате эксперимента (*Егоров Е. С.* // 8-й Всерос. молодеж. конкурс-конф. научн. работ по оптике и лазерной физике. Самара: Из-во «Самарский университет», 2010. С. 34–41) подобраны параметры лазерного воздействия, позволяющие изменять физические характеристики плазменного факела, максимально приближая их к тем, что возникают в процессах сверхскоростного метеоритного удара.

Изучены продукты импактных процессов, в частности, исследована морфология плёнки, полученной при абляции вещества мишени.

### УСЛОВИЯ ЗАХВАТА И СЕРФОТРОННОГО УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНОЙ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

*Ерохин А. Н.*

РУДН, e-mail: benkatz2x2@gmail.com

*Научный руководитель:* Милантьев В. П., д-р физ.-мат. наук, РУДН

На основе нелинейных численных расчетов рассмотрен захват слабoreлятивистских заряженных частиц в режим серфотронного ускорения электромагнитной волной, распространяющейся в плазме поперек слабого внешнего магнитного поля. Изучен вариант слабoreлятивистских частиц, когда период циклотронного вращения заряда невелик. Анализ показал, что при амплитуде волны выше порогового значения на доступных интервалах времени численного счета вне диапазона благоприятных для серфинга начальных фаз волны на траектории частицы вначале происходит вращение заряда во внешнем магнитном поле. Однако после ряда периодов циклотронного вращения (сотни, тысячи и более) может быть выполнено условие черенковского резонанса, возникает благоприятная для захвата заряда фаза волны на траектории частицы. В результате имеют место захват заряженной частицы волной и ультрарелятивистское ускорение заряда. Получены асимптотики компонент импульса и энергии ускоряемой частицы, обсуждается их зависимость от амплитуды волны. Таким образом, в пространстве импульсов частиц область их захвата в режим серфинга на электромагнитной волне оказывается достаточно большой.

Результаты представляют интерес для интерпретации экспериментальных данных по регистрации потоков ультрарелятивистских частиц в космических условиях, включая околоземное пространство. В частности, одним из механизмов генерации космических лучей является серфинг заряженных частиц на электромагнитных волнах, который может быть локальным источником генерации ультрарелятивистских заряженных частиц в окрестности сравнительно спокойных звезд, например, в солнечной гелиосфере, а также обеспечивать локальные отклонения регистрируемого спектра быстрых частиц от стандартного степенного скейлинга.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КРИБОТА В СИСТЕМЕ MSC PATRAN / NASTRAN

*Ерохина О. С.*

ИКИ РАН, e-mail: vitautasa@gmail.com

*Научный руководитель:* Чумаченко Е. Н., д-р техн. наук, проф., ИКИ РАН

Изучение ледяных спутников планет является одним из наиболее интересных и перспективных направлений в современных космических исследованиях.

Ледяной покров был обнаружен, в частности, у спутника Юпитера Европы, спутника Сатурна Энцелада. Одна из задач, которую необходимо решить, — это выбор наиболее оптимального способа доставки исследовательского оборудования под лед.

Одним из вариантов проникновения под лед является использование плавящего зонда, крибота, растапливающего лед впереди себя и двигающегося под действием силы тяжести. Для оптимизации рабочих параметров прибора было проведено математическое моделирование процесса протаивания с использованием системы MSC Patran/Nastran.

В работе рассматриваются три формы крибота (шар, игла и капсула) при двух рабочих температурах (60 и 30 °С). Задача рассчитывается для трех температур льда: -100, -50 и -6 °С. По полученным температурным полям определялось время протаивания заданного расстояния (определяемого как 5 % от размеров крибота). Из полученных данных определяется скорость проникновения крибота под лед.

В таблице представлены рассчитанные с помощью имитационной модели приближенные значения скоростей (м/с) для криботов различных форм с различной рабочей температурой с учетом гипотетических свойств ледяных структур Европы.

	T = -100 °C	T = -50 °C	T = -6 °C
Игла 30	3,8217E-06	1,7143E-05	2,500E-03
Игла 60	1,3483E-05	3,8961E-05	2,609E-03
Капсула 30	6,2500E-06	2,2140E-05	2,500E-03
Капсула 60	2,0270E-05	5,3571E-05	2,500E-03
Шар 30	8,2759E-06	2,5210E-05	1,739E-03
Шар 60	2,1127E-05	5,5046E-05	2,817E-03

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ СЕРИЙ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Жарко В. О., Плотников Д. Е.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: zharko@d902.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Данные о типах земной поверхности, их пространственном распределении и занимаемых ими площадях являются необходимыми в задачах прогноза урожайности, моделирования развития растительности, контроля использования земель и многих других. При этом наземные данные такого рода, получаемые от различных служб статистики, часто имеют невысокие точность и частоту измерений, могут содержать ошибки и не обеспечивать покрытие интересующей территории. Более точные и полные данные могут быть получены с помощью методов распознавания типов земного покрова, основанных на использовании спутниковых данных.

В ИКИ РАН сформирован и пополняется в оперативном режиме архив спутниковых данных прибора MODIS. За более чем 10 лет наблюдений разработаны методы предварительной обработки спутниковых данных, позволяющие формировать очищенные от влияния мешающих факторов композитные изображения за фиксированные промежутки времени.

В докладе представлен метод распознавания ряда сельскохозяйственных культур с использованием классификации методом максимального правдоподобия с обучением. В рамках данной работы были сформированы временные серии композитных изображений в красном и ближнем ИК-диапазонах, прошедшие обработку для исключения влияния выбросов и различий геометрических условий съёмки. Полученные разновременные композитные изображения использовались в качестве признаков при классификации. Обучающая выборка была сформирована на основе совместного использования временных серий изображений признаков и данных наземного обследования.

Данный метод был использован для распознавания культур на территории ряда районов Кемеровской и Оренбургской областей. Общая точность классификации, вычисленная на основе обучающей выборки, составила 84...89,6 %, что позволило также успешно применить разработанный алгоритм для распознавания культур в масштабах областей.

## ДУХСТУПЕНЧАТЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ФАЗОВЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ

*Заева М. А.*

НИЯУ МИФИ, e-mail: MAZayeva@mephi.ru

Для решения задачи спутникового мониторинга активности наземных радиолокационных, радионавигационных и радиосвязных средств разработана цифровая многоканальная система, позволяющая обнаруживать сигналы указанных средств и анализировать их параметры.

Одним из наиболее важных этапов в работе такой системы является обнаружение полезного сигнала в многоканальном входном потоке цифровых данных, приходящих с неэквидистантной антенной решетки. Обнаружение выполняется фазовым методом, который основан на измерении разности фаз между сигналами в двух выбранных каналах и анализе изменения этой величины во времени. Значения фаз вычисляются при помощи дискретного преобразования Фурье. Все входные каналы системы делятся на пары (базы), в каждой из которых выполняется фазовое обнаружение и формируется поток признаков обнаружения. Затем потоки признаков обнаружения с каждой из баз поступают в узел совместного анализа (первая ступень), который формирует обобщенный признак обнаружения по мажоритарному принципу. Для снижения вероятности прерывания сигнала, особенно при соотношении сигнал/шум, близком к порогу чувствительности обнаружителя, используются два уровня порогов — порог на начало и окончание обнаружения.

Для снижения вероятности ложного срабатывания в логику обнаружителя введена вторая ступень — узел временного анализа сигнала, который, используя пороги по минимальной длительности сигналов и пауз между сигналами, отсеивает короткие всплески и восстанавливает короткие провалы в обнаруженном сигнале.

Характеристики обнаружителя регулируются путем подбора пороговых величин.

Применение описанного подхода к обнаружению позволило обеспечить высокую чувствительность системы по принимаемым сигналам (радиоимпульсные сигналы — до  $-130$  дБ, связные сигналы — до  $-195$  дБ); при этом вероятности ложной тревоги и пропуска сигнала не превышают 0,03 и 0,12 соответственно.

Работа выполнена в рамках проекта «Лиана» в интересах МО РФ.

### ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ УДАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В АТМОСФЕРЕ ТИТАНА

*Зайцев М. А.*

ИКИ РАН, e-mail: mzaitsev@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Герасимов М. В., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Изучено образование органических соединений (ОС) при моделировании ударных процессов в восстановительной атмосфере, моделирующей состав атмосферы Титана.

Моделирование ударного воздействия проводилось путем испарения образца перидотита с помощью лазерного импульса мощностью ~0,6 кДж в газовой среде, состоящей из чистого метана и смесей метана с азотом в объемных соотношениях 1:1 и 1:9 при атмосферном давлении. Эксперименты проводились в герметичной камере с оптическим окном из кварцевого стекла.

В рамках данного исследования была разработана методика термодесорбционного и пиролитического извлечения микроколичества органических веществ из твердых образцов в потоке газа-носителя, их газохроматографического разделения и масс-спектрометрической идентификации.

В ходе экспериментов наблюдалось образование ОС преимущественно ароматического ряда (основной продукт — нафталин) и неорганического вещества — углекислого газа в преобладающем количестве. Выход ОС был наибольшим в эксперименте с метановой атмосферой. По мере разбавления метана азотом, ассортимент и выход ОС существенно снижались. По-видимому, получающиеся ОС — продукты высокотемпературного пиролиза метана. В данных условиях мелко диспергированная в плазменном облаке перидотитовая подложка, скорее всего, не оказывала каталитического воздействия на реакцию пиролиза. Азотсодержащих соединений обнаружено не было.

При высокотемпературном пиролизе образцов конденсатов, которые уже подвергались предварительной термодесорбции, обнаружены очень небольшие количества бензола и толуола. По-видимому, в условиях эксперимента образуется очень немного керогенов, или в их составе преобладают очень сильно конденсированные ароматические структуры, практически не дающие летучих продуктов пиролиза.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМО-ИОНОСФЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ ПО ДАННЫМ ГНСС GPS/ГЛОНАСС И НИЗКООРБИТАЛЬНОГО СПУТНИКА СНАМР

*Захаренкова И. Е., Черняк Ю. В., Шагмуратов И. И.*

Западное отделение ИЗМИРАН, e-mail: zakharenkova@mail.ru

В работе исследуются особенности пространственно-временных вариаций электронной концентрации ионосферы, ассоциированные с проявлением сейсмо-ионосферных эффектов перед землетрясением (М 6.8) 8 января 2006 г. в южной Греции. Параметры ионосферы определялись методом радиопросвечивания по данным навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС. В качестве исходного материала использовались данные о полном электронном содержании ионосферы (Total Electron Content — TEC), полученные по регулярным наблюдениям Европейской сети станций EUREF. Дополнительно были привлечены измерения низкоорбитального спутника СНАМР, оснащенного аппаратурой для проведения радиозатменного зондирования ионосферы с использованием сигналов навигационных спутников GPS, а также контактного ленгмюровского зонда (Planar Langmuir Probe — PLP), позволяющих проводить *in situ* измерения электронной концентрации ионосферной плазмы на высотах пролета спутника (300...400 км).

За сутки до землетрясения была обнаружена характерная аномалия, которая проявилась в повышении уровня TEC на ближайших станциях до 50 % относительно фонового уровня. Область значительного повышения TEC имела размеры несколько тысяч километров по долготе и около 1500 км по широте, максимум которой располагался в непосредственной близости от эпицентра землетрясения. Анализ данных спутника СНАМР позволил выявить увеличение концентрации электронов на высоте 350 км, а также изменение формы профиля электронной концентрации над рассматриваемым регионом.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-2058.2011.5.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОРОНАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ВСПЫШЕЧНОГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ

*Зимовец И. В.*

ИКИ РАН, e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru

Исследована взаимосвязь процесса формирования коронального выброса массы (КВМ) с нагревом плазмы и ускорением электронов

в лимбовой солнечной вспышке рентгеновского класса C4.9, произошедшей 3 ноября 2010 г. Анализ данных совместных наблюдений космических аппаратов RHESSI (жесткое рентгеновское излучение) и Solar Dynamics Observatory (SDO; оптическое излучение) позволил детально изучить тонкую структуру и динамику КВМ, а также определить для различных моментов времени положение вспышечного источника ускорения электронов по отношению к КВМ и вытягивающемуся за ним нитеподобному разогретому образованию, наблюдаемому SDO на длине волны 131 Å ( $T > 10$  МК). Обсуждается возможность того, что это образование является вспышечным токовым слоем.

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ IGR J17473-2721 И IGR J17419-2802 ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ ОБСЕРВАТОРИИ «ИНТЕГРАЛ»**

*Исмаилова Э. С.*

НИЯУ МИФИ, e-mail: ismelina@yandex.ru

*Научный руководитель:* Гребенев С. А., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В работе представляются результаты исследований недавно открытых в поле галактического центра транзиентных рентгеновских источников IGR J17473-2721 и IGR J17419-2802 по данным наблюдений этой области неба телескопами IBIS/ISGRI и JEM-X обсерватории «Интеграл».

Новый рентгеновский транзиент IGR J17473-2721 был открыт телескопом IBIS/ISGRI во время вспышки в марте – апреле 2005 г. Средний поток от источника при регистрации составил 3,9 мКраб в диапазоне 18...45 кэВ. Поток постепенно нарастал с 2,7 до 5,6 мКраб на протяжении месяца. Позднее, в марте 2008 г., прибором SuperAGILE обсерватории AGILE от источника был зарегистрирован рентгеновский всплеск первого рода (с пиковым потоком 2,5 Краб), показавший, что этот источник является барстером. Обсерватория «Интеграл» выполнила длительные наблюдения источника сразу после регистрации всплеска. Эти наблюдения показали, что началась вторая вспышка источника — более интенсивная и продолжительная (с марта по август 2008 г.), чем первая. Во время вспышки источник имел жесткий спектр, который хорошо аппроксимировался спектром тормозного излучения тепловой плазмы с энергией  $kT \approx 65$  кэВ. Спектр смягчался по мере увеличения яркости источника.

Рентгеновский источник IGR J17419-2802 был обнаружен телескопом IBIS/ISGRI обсерватории «Интеграл» во время вспышки в сентябре 2005 г. Средний поток от источника при регистрации соста-

вил 7,8 мКраб в диапазоне 18...45 кэВ. Наблюдалась и вторая вспышка — с февраля по март 2006 г. (средний поток составил 7,7 мКраб). Источник обладает жестким спектром излучения, похожим на спектр IGR J17473-2721, и предположительно также относится к группе транзиентных рентгеновских барстеров.

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СЛИЯНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ МОНИТОРИНГА РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

*Камардин И. С., Матвеев А. М., Мазуров А. А. (мл.)*

ИКИ РАН, e-mail: mat\_alex@bk.ru

Современные спутниковые приборы ДЗЗ высокого и детального пространственного разрешения имеют многозональный набор принимаемых данных. При этом помимо «узких» спектральных каналов, применяемых для формирования цветных снимков или построения различных продуктов (например, индексов NDVI), приборы имеют панхроматический канал с широким спектральным фильтром, имеющих увеличенное пространственное разрешение. Для данных SPOT-4 (прибор HRVIR) и Landsat-7 (ETM+), используемых для мониторинга растительного покрова, в ИКИ РАН реализована автоматизированная технология использования метода IHS-подобного слияния спектральных каналов, применяемого для улучшения разрешения многозональных снимков с использованием панхроматического спектрального канала.

#### **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПОСТРОЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ БЕЗОБЛАЧНЫХ МОЗАИК ПО ДАННЫМ КА LANDSAT НА ПРОИЗВОЛЬНЫЕ РЕГИОНЫ**

*Капранов В. В., Бурцев М. А.*

ИКИ РАН, tayfen@gmail.com

*Научный руководитель:* Лупан Е. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Использование спутниковых данных предоставляет безальтернативную возможность регулярного мониторинга больших территорий. Для многих задач необходимы однородные покрытия-мозаики территорий, размер которых больше, чем размер территории, покрываемой одним сеансом. Такие мозаики приходится составлять из больших, зачастую многолетних наборов данных. Например, для построения пол-



ной мозаики для России по данным КА Landsat-5 необходимо порядка 3000 сцен. К тому же исходный набор данных может существенно увеличиваться за счёт шумных, сбойных и облачных сцен. Учитывая всё сказанное выше, а также необходимость регулярного построения подобных композитов, возникает необходимость создания автоматизированной технологии построения композитных мозаик, о которой рассказывается в докладе.

Данная технология должна обеспечить:

- автоматизированный выбор наиболее подходящих данных в соответствии с заданными пространственными и временными критериями;
- проведение первоначальной обработки исходных данных (калибровка, фильтрация облачности, теней, искажений и шумов);
- построение мозаик и занесение их в специальные архивы (склейка, фрагментация, заполнение баз данных для дальнейшего использования мозаик).

В ИКИ РАН для построения композитных изображений используются архивы данных КА Landsat-5 и Landsat-7, содержащие данные, накопленные более чем за 20 лет. Разработаны программы по качественной склейке изображений, по удалению дефектов, связанных со спутниковой аппаратурой, по фильтрации облачности и теней. Доступ к результирующим продуктам осуществляется посредством специализированного веб-интерфейса.

На текущий момент технология находится в стадии разработки. В её рамках планируется связать все вышеперечисленные этапы жизненного цикла данных в непрерывный технологический процесс и поставить его на поток. Также планируется дальнейшее развитие использующихся фильтров облачности и теней.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР БАЛТИЙСКОГО, ЧЕРНОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ ПО СПУТНИКОВЫМ РАДИОЛОКАЦИОННЫМ ДАННЫМ**

*Каримова С. С.*

ИКИ РАН, e-mail: feba@list.ru

*Научный руководитель:* Лаврова О. Ю., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Исследуются вихри, детектируемые на спутниковых радиолокационных изображениях (РЛИ) Балтийского, Черного и Каспийского морей. Указанные три бассейна в значительной степени различаются по их географическому положению, климатическим условиям, очертанию береговой линии, форме и глубине котловин, гидрологическим,

гидрохимическим и гидробиологическим характеристикам вод. Цель исследований — выявление особенностей образования мелкомасштабных вихревых структур в каждом из рассматриваемых морей.

Работа основана на РЛИ Envisat ASAR и ERS-2 SAR с пространственным разрешением 150 м и с широкой (400 км) и узкой (100 км) полосами обзора, полученных в 2009–2010 гг. над различными участками акваторий Балтийского, Черного и Каспийского морей. За этот период было получено и проанализировано более 2000 изображений: 970 по Балтийскому морю, 680 по Черному и 380 по Каспийскому.

При исследовании вихревых структур отдельно рассматривались две категории вихрей. Первая — это вихри, визуализированные с помощью темных нитевидных областей — сликов, обусловленных наличием на поверхности пленок естественного происхождения (так называемые «черные» вихри). Вторая категория — вихри, проявленные с помощью областей повышенного рассеяния радиолокационного сигнала, возникающих вследствие усиления образования гравитационно-капиллярных волн на сдвиговых течениях («белые» вихри).

В результате анализа указанных радиолокационных данных для каждого из исследуемых морей — отдельно для «черных» и «белых» вихрей — были выявлены следующие характеристики вихревых структур: количество вихрей, частота их встречаемости на РЛИ, знак завихренности, характерный горизонтальный масштаб, особенности пространственного распространения по акваториям. Для каждой из указанных характеристик исследована сезонная и межгодовая динамика.

Работа поддержана РФФИ, проект № 10-05-00428.

#### **УСРЕДНЕННЫЕ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЗАРЯЖЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ В ПОЛЕ МОЩНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Кастильо А. Х.*

РУДН, e-mail: erwinschodringer@gmail.com

*Научный руководитель:* Милантьев В. П., д-р физ.-мат. наук, РУДН

Проблема усредненных (пондеромоторных) сил мощного электромагнитного излучения имеет большое значение во многих задачах нелинейного взаимодействия волна — частица. Несмотря на большое количество работ по этой проблеме продолжают дискуссии по поводу выражения для усредненных сил в поле релятивистски сильного излучения. В данной работе проведено усреднение по методу Боголюбова релятивистских уравнений движения заряженной частицы в поле мощного излучения, задаваемого в виде гауссова пучка основной моды. В качестве малого параметра используется отношение длины

волны к сужению пучка. Усреднение проводится по быстрой фазе. Получены выражения для компонентов усредненной силы. Проведено обсуждение полученных результатов в сравнении с известными в литературе данными.

### **ШИРИНА ЛИНИИ РАССЕЯННОГО СОЛНЕЧНОГО ЛАЙМАН-АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ КАК СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СВОЙСТВ ГРАНИЦЫ ГЕЛИОСФЕРЫ**

*Катушкина О. А.*

ИКИ РАН, МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: okatushkina@gmail.com  
*Научный руководитель:* Измоленов В. В., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН, МГУ им. М. В. Ломоносова, ИПМех РАН

В настоящей работе исследуется влияние процессов, происходящих в области взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой, на параметры рассеянного солнечного лайман-альфа-излучения, измеряемого на орбите Земли. При этом для описания распределения межзвездных атомов водорода в гелиосфере использовалась усовершенствованная кинетическая модель. В этой модели учитываются как эффекты, связанные с границей гелиосферы, так и локальные эффекты солнечной ионизации, гравитации и радиационного давления, существенные вблизи Солнца. На основе полученных распределений атомов водорода в гелиосфере были вычислены спектры рассеянного солнечного лайман-альфа-излучения для различных направлений луча зрения наблюдателя, находящегося на орбите Земли, а также интегральные характеристики этих спектров. Показано, что наиболее чувствительной к свойствам распределения атомов водорода в гелиосфере является ширина линии спектра рассеянного излучения. Это означает, что имеющиеся многочисленные экспериментальные данные по рассеянному излучению могут быть использованы как источник дополнительной информации о свойствах границы гелиосферы. В работе также проводится сравнение полученных результатов с экспериментальными данными КА SOHO/SWAN. Предлагается возможное объяснение имеющихся различий между теорией и экспериментом. Исследуется влияние многокомпонентного характера плазмы, а также межзвездного магнитного поля на параметры рассеянного излучения.

### **ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНЫХ МИКРОВСПЫШКАХ ПО ДАННЫМ ПРИБОРА «ТЕСИС / КОРОНАС-ФОТОН»**

*Кириченко А. С., Богачев А. С., Кузин С. В.*

ФИАН РАН, Москва, e-mail: kirichenko@lebedev.ru

В период с марта по май 2009 г., в рамках эксперимента ТЕСИС, проводимого на спутнике «Коронас-Фотон», были получены серии изображений короны Солнца в области температур выше 5 МК. Соответствующий промежуток времени совпал с глубоким минимумом солнечной активности: за 3 месяца на Солнце не было зарегистрировано ни одной вспышки рентгеновского класса С и выше; кроме того, по данным каталога NOAA, наблюдалось всего 5 активных областей с пятнами. Наблюдения проводились в линии  $\text{MgXII } 8,42 \text{ \AA}$  с помощью монохроматического изображающего спектрогелиометра, входившего в состав научной аппаратуры ТЕСИС.

В условиях столь низкой активности нами зарегистрировано несколько десятков событий, сопровождавшихся нагревом плазмы до температур выше 5 МК. Указанные события можно было разделить на два основных типа: импульсный нагрев плазмы (микровспышки) и продолжительный нагрев одной области в течение времени от нескольких часов до нескольких дней.

В работе показано, что формирование плазмы с температурой выше 5 МК наблюдается даже в слабых событиях рентгеновского класса А и ниже, в том числе под порогом чувствительности GOES. В последнем случае было проведено дополнительное сравнение наших наблюдений с данными спектрофотометра мягкого рентгеновского диапазона SphinX, превосходящего GOES по чувствительности на 2,5 порядка величины. Для 30 % событий таким способом удалось найти соответствие в каталоге событий SphinX. В докладе эти результаты подробно излагаются и обсуждается их значение в контексте современных представлений о механизмах и источниках энерговыделения в солнечной короне.

### **ВЫЯВЛЕНИЕ ДИНАМИЧНОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ LANDSAT (НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВОГО УЧАСТКА В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Кирьянова Е. Ю.*

ИКИ РАН, e-mail: kiryan4ik@mail.ru

*Научный руководитель:* Савин И. Ю., д-р с.-х. наук, ИКИ РАН

Спутниковая информация достаточно широко используется для дистанционной оценки различных свойств почв: гранулометрического состава, содержания органического вещества, засоленности.

Целью исследования являлась разработка метода оценки динамичности почвенного покрова на основе анализа спутниковых данных Landsat.

Объектом исследования выступал почвенный покров хозяйства Екатериновское Екатериновского района Саратовской области. Для анализа динамичности свойств почв использованы 17 сцен Landsat TM 4 и 5 с 1984 по 2010 г. Все работы со спутниковой информацией осуществлялись в программе ILWIS 3.1. Academic.

Теоретической основой разработанного подхода являлась концепция почвенной линии. Изменение параметров почвенной линии свидетельствует об изменении свойств, влияющих на цвет почвы (например, содержание и тип гумуса, содержание карбонатов, легкорасстворимых солей).

В рамках разработанного подхода на всех отобранных сценах Landsat первоначально определялись пиксели открытой поверхности почвы. В качестве критерия разделения открытой поверхности почв и других фоновых компонентов (растительности, водоемов, дорог, зданий) использован набор вегетационных индексов: NDVI, RVI, NRVI и TTVI. Для каждой сцены Landsat построена карта открытой поверхности почв, для которой рассчитывались углы наклона почвенной линии (изменение угла наклона почвенной линии во времени считается показателем изменения свойств почвы). С помощью метода Фостера—Стьюарта проводилась проверка наличия тренда в изменении угла наклона почвенной линии. Присутствие тренда принималось за индикатор динамики почвенных свойств. В случае отсутствия тренда анализировались все случаи экстремальных изменений угла наклона почвенной линии во времени, что также является индикатором динамичности свойств почв. В результате исследования получена карта изменчивости свойств почв тестового участка.

### **МОДЕЛИ АККРЕЦИОННЫХ ДИСКОВ ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ ВОКРУГ ЧЕРНЫХ ДЫР**

*Клепнев А. С.*

ИКИ РАН, e-mail: klepnev.alexander@gmail.com

*Научный руководитель:* Бисноватый-Коган Г. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В данной работе рассматривается стационарная задача аккреции на вращающуюся черную дыру. Учитывается адвекция и используются обобщенные формулы для радиационного давления, описывающие одновременно оптически тонкий и оптически толстый случаи. Делается особый упор на рассмотрение моделей с большой скоростью аккреции. Исследованы свойства глобальных решений для аккреционного диска, описывающих непрерывный переход между оптически толстой внешней и оптически тонкой внутренней областями. Для случая аккреции на вращающуюся черную дыру показано существование высокотемпературной, оптически тонкой области на более широком (чем в случае аккреции на невращающуюся черную дыру) диапазоне значений мощности аккреции и параметра вязкости. Кроме того, температура в этой области достигает настолько высоких значений, что становится возможным рождение электронно-позитронных пар.

### **МЕДЛЕННЫЕ МАГНИТОЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПЛАЗМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ**

*Козлов Д. А.*

Институт солнечно-земной физики СО РАН, e-mail: kozlov-da@iszf.irk.ru

Построена теория медленных магнитозвуковых (ММЗ) волн, генерируемых в дипольной плазмосфере солнечным терминатором (границей раздела день—ночь), движущимся по ионосфере. ММЗ-колебания, распространяясь вдоль геомагнитного поля, достигают области ионосферы, магнитосопряженной с областью генерации токов. Здесь они проявляются в виде колебаний полного электронного содержания (ПЭС) с периодами 10...30 мин. Показано, что наблюдаемые периоды колебаний ПЭС соответствуют 4—6-й гармоникам стоячих ММЗ-волн. Для этих гармоник численно и аналитически (в ВКБ-приближении) построено продольное (вдоль силовой линии) распределение возмущенных компонент поля в модели магнитосферы с дипольным магнитным полем и реалистичным распределением параметров плазмы. В окрестности ионосферы ведущими компонентами поля рассматриваемых колебаний являются возмущенная скорость движения плазмы

в направлении геомагнитного поля, колебания концентрации плазмы и газокинетического давления.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 09-02-00082 и 10-05-00113.

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЛАКОВ И ТЕНЕЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ LANDSAT-TM

*Колбудаев П. А.*

ИКИ РАН, e-mail: kolbudaev@d902.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Разработан автоматический алгоритм детектирования облаков и теней по данным Landsat-TM. Метод детектирования облаков основан на модернизированном алгоритме АССА (Automated Cloud-Cover Assessment), в котором для нахождения облаков используются яркостные и температурные характеристики облачности в пяти из семи каналов Landsat-TM. Основные предположения — яркость облаков в канале ТМ3 ( $\lambda \approx 0,65$  мкм) больше 0,08 и яркостная температура в канале ТМ6 ( $\lambda \approx 11$  мкм) не более 300 К. Детектирование теней предполагает использование результатов выявления облаков и основано на анализе яркости областей потенциального расположения затененных облаками участков земной поверхности. Построение этих областей основано на использовании данных о зенитных и азимутальных углах Солнца в предположении, что максимальная высота облаков не превышает 3 км. Для нахождения теней анализируются яркости в каналах ТМ4 ( $\lambda \approx 0,80$  мкм) и ТМ5 ( $\lambda \approx 1,60$  мкм). Разработанный алгоритм позволяет выделять участки облаков с погрешностью около 5 %. Погрешность определения теней несколько выше и связана в том числе с наличием недостаточно хорошо выявляемых полупрозрачных облаков.

### СПОСОБЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ФОРМАТЫ ХРАНЕНИЯ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

*Корнева Н. Н.<sup>1</sup>, Говоров А. В.<sup>2</sup>, Назаров В. Н.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ИКИ РАН, e-mail: nkorneva@romance.iki.rssi.ru

<sup>2</sup> ИКИ РАН, МИИГАиК

<sup>3</sup> ИКИ РАН

Визуализация научной информации космических проектов является одним из наиболее доступных методов решения фундаментальных и

прикладных задач космических исследований. Традиционно с этой целью используются двумерные изображения изучаемых объектов и их характеристик. Однако данный способ отображения не дает исследователю естественного для него пространственного представления объекта (явления), что затрудняет восприятие научных данных. Одним из методов повышения выразительности, а, следовательно, и информационной ценности изображения является стереовизуализация. Для решения данной задачи можно использовать следующие способы: анаглифический, эклипсный, поляризационный, растровый, суть которых заключается в создании у зрителя иллюзии стереоэффекта из-за раздельного наблюдения ракурсов стереоизображения.

Выбор способа стереовизуализации зависит от требований, предъявляемых к качеству стереоизображения, доступности для конечного пользователя необходимых аппаратных средств. Так, например, только анаглифический способ сепарации позволяет создать иллюзию стереоэффекта на простой бумаге.

Реализация эклипсного, поляризационного, растрового методов получения стереоизображения возможна только при наличии специального аппаратного и программного обеспечения. В докладе рассматривается возможность применения одного из самых распространенных на сегодня в индустрии развлечений решений на базе эклипсного способа сепарации ракурсов комплекта 3D Vision Kit компании NVIDIA для стереовизуализации научной информации космических проектов. Комплект может быть использован с видеокартами как пользовательского сегмента, так и профессионального. В первом случае вывод стереоизображения приложением должен быть реализован на основе Direct3D с использованием драйвера 3D Vision, во втором же варианте возможно использование механизма четверной буферизации (QuadBuffer) API OpenGL.

Существование процедур обработки, хранения, визуализации стереоизображений подразумевает наличие форматов их хранения. На сегодняшний день большинство из них предполагает хранение ракурсов в одном изображении, информация об исходном стереоформате в файле, как правило, отсутствует.

В докладе рассматриваются способы визуализации и форматы хранения стереоизображения, приведены примеры реализации вывода стереоизображения на устройство отображения для некоторых из способов сепарации ракурсов.

**МЕХАНИЗМЫ НАГРЕВА СУБРЕЛЯТИВИСТСКИХ ДЖЕТОВ***Кривошеев Ю. М.*

ИКИ РАН, e-mail: krivosheev@iki.rssi.ru,

*Научный руководитель:* Бисноватый-Коган Г. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В работе рассматриваются различные физические процессы, влияющие на тепловой баланс рентгеновского джета. Основное внимание уделяется проблеме быстрого остывания плотных джетов за счет тормозного излучения. Поэтому все процессы рассматриваются с точки зрения их вклада в тепловой баланс джета. Исследуется нагрев джета за счет обратного комптон-эффекта жестких рентгеновских квантов из горячей короны на электронах джета, влияние прохождения ударных волн по джету на его нагрев, а также механизм трансформации кинетической энергии джета в тепловую за счет кулоновских столкновений протонов джета и короны. Численные значения получены для случая галактического микроквара SS433 на основе предыдущих результатов авторов по моделированию рентгеновского спектра этого источника. Реально важным механизмом нагрева джета для этого источника оказались столкновения частиц джета с окружающим газом.

**РАСSEЯНИЕ СВИСТОВЫХ ВОЛН НА МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ В ОКОЛОЗЕМНОЙ ПЛАЗМЕ***Кузичев И. В.*

ИКИ РАН, e-mail: mar-cuss@yandex.ru

*Научный руководитель:* Шкляр Д. Р., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В последние годы появилось множество работ, посвященных наземным наблюдениям ОНЧ-волн, которые распространяются в магнитосфере и ионосфере Земли в свистовой моде. Однако до сих пор проблема описания выхода свистовой волны на Землю не решена окончательно. ОНЧ-волны, возникающие в результате молниевых разрядов или являющиеся излучением наземных ОНЧ-передатчиков, экспериментально регистрируются на Земле приблизительно в магнитосопряженной с источником излучения точке. В магнитосфере Земли низкочастотная свистовая волна распространяется с групповой скоростью, направление которой мало отклоняется от геомагнитного поля. В то же время при падении на ионосферу волновой вектор волны обычно составляет довольно большой угол с нормалью к поверхности Земли. Однако из анализа уравнений для электромагнитного поля в ОНЧ-диапазоне следует, что на Землю могут выйти лишь те волны, которые падают на ионосферу почти вертикально.

Таким образом, для объяснения экспериментального наблюдения ОНЧ-волн на Земле требуется некоторый механизм, приводящий к появлению в спектре излучения соответствующих волновых векторов. Наиболее простым таким механизмом является рассеяние волны на мелкомасштабных неоднородностях плотности в верхней ионосфере.

В работе рассмотрена задача о рассеянии свистовой волны с произвольным направлением вектора волновой нормали на занимающем конечную область пространства слое с мелкомасштабными неоднородностями. Предложен новый подход к решению этой задачи, основными особенностями которого являются описание процесса рассеяния величинами с ясным физическим смыслом, а именно, коэффициентами прохождения и рассеяния, а также то, что спектральная амплитуда поля не разделяется на медленно и быстро меняющиеся части, что позволяет отказаться от приближений, использовавшихся в предшествующих работах. Получено решение уравнений Максвелла в борновском приближении, определены коэффициенты отражения и прохождения волны. Получена формула, описывающая ослабление интенсивности падающего сигнала за счет рассеяния.

**О РАЗРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТИ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩИХ ТОКОВЫХ СЛОЕВ***Леденцов Л. С.*

ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова,

e-mail: koob@mail.ru

*Научный руководитель:* Сомов Б. В., д-р физ.-мат. наук, ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова

Рассмотрен вопрос об интерпретации результатов численных экспериментов по магнитному пересоединению в солнечных вспышках. В рамках классической постановки задачи о разрывных магнитогидродинамических течениях установлено соответствие между стандартной классификацией магнитогидродинамических разрывов и параметрами, характеризующими величину потока массы через разрыв и конфигурацию магнитного поля. Найдено наглядное графическое представление зависимости между углами вектора магнитного поля относительно нормали к плоскости разрыва по обе ее стороны. Соотношения между параметрами двумерного разрывного течения имеют наиболее простой вид в системе координат, где силовые линии магнитного поля параллельны скорости вещества — системе де Хофмана — Теллера. В связи с этим рассмотрен вопрос о преобразовании конфигурации магнитного поля при переходе к «лабораторной» системе координат, в

которой присутствует электрическое поле. Результат применен к полученному ранее (Безродных, Власов, Сомов) аналитическому решению задачи о структуре магнитного поля в окрестности пересоединяющего токового слоя. Показано, что вблизи торцов токового слоя, при наличии в нем обратных токов, появляются области неэволюционных ударных волн.

### **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАСЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПЛАНЕТАРНЫХ МИССИЙ**

*Ледков А. А., Аббакумов А. С.*

ИКИ РАН, e-mail: aledkov@iki.rssi.ru, aabbakumov@romance.iki.rssi.ru

*Научные руководители:* Эйсмонт Н. А., канд. техн. наук, Назаров В. Н., ИКИ РАН

Одна из ключевых задач наземной информационной поддержки научных космических проектов — расчет баллистических параметров миссии и их наглядная визуализация.

При этом необходимо учитывать специфику космических проектов. Так, например, необходимо применять различные подходы при реализации астрономических миссий и проектов дистанционного зондирования Земли.

Для проекта ФОБОС-ГРУНТ подготовлен программный комплекс расчета и визуализации баллистической информации, который с самого начала разрабатывался как унифицированное средство, позволяющее адаптировать его к различным планетарным проектам без существенной переделки имеющейся базы.

Ядро расчетной составляющей — широко применяемая во всем мире система SPICE — система хранения навигационных и вспомогательных данных, необходимых для осуществления планирования наблюдений и обработки результатов экспериментов, проводимых научными приборами в космических проектах.

Компонента комплекса, обеспечивающая отображение информации, является оригинальной разработкой. Однако при ее создании учитывался опыт аналогичных систем других проектов, в частности, проекта ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС.

В докладе описываются архитектурные особенности комплекса, рассматриваются базовые принципы его функционирования, а также осуществляется демонстрация его работы на конкретных примерах.

### **АПРОБАЦИЯ МЕТОДА СПЕКТРОГРАФИЧЕСКОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ СЪЕМКИ ПО УСЕЧЕННОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

*Луковникова А. А., Кравцова М. В., Сдобнов В. Е.*

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: luk@iszf.irk.ru

*Научный руководитель:* Сдобнов В. Е., канд. физ.-мат. наук, ИСЗФ СО РАН

Для мониторинга электромагнитных и радиационных условий в системе Солнце — Земля необходимо выполнение определенных требований к используемой сети станций. Она должна состоять не менее чем из 30 нейтронных мониторов, соответствующим образом распределенных по земному шару и по барическим уровням в атмосфере Земли. Организованная таким образом сеть позволяет получать информацию о вариациях жесткого спектра и анизотропии релятивистских космических лучей (КЛ) за пределами магнитосферы Земли и об изменениях планетарной системы жесткостей геомагнитного обреза за каждый час наблюдений. Эта информация, в совокупности с информацией об энергичных частицах, получаемой на спутниках, позволяет детально исследовать как непосредственно спорадические явления в гелиосфере, так и явления, предшествующие им или служащие их следствием, а также осуществлять мониторинг радиационной обстановки на орбите Земли.

По данным наземных наблюдений интенсивности КЛ на мировой сети станций методом спектрографической глобальной съемки (СГС) исследованы вариации жесткого спектра КЛ за период май — август 2005 г. Метод СГС позволяет получать информацию о вариациях углового и энергетического распределения первичных КЛ за пределами магнитосферы Земли, а также об изменениях планетарной системы жесткостей геомагнитного обреза за каждый час наблюдений. Проведено сравнение результатов, полученных по ограниченному количеству нейтронных мониторов (19 шт.), работающих в режиме реального времени, и по большему числу (43 шт.) станций КЛ. Сделаны выводы о возможности применения неполного числа станций КЛ для получения параметров жесткого спектра КЛ.



## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАРСИАНСКОГО АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ ДВУХ ФРАКЦИЙ ПО ДАННЫМ ПРИБОРА OMEGA МИССИИ MARS-EXPRESS

*Майоров Б. С.*<sup>1</sup>, *Васильев А. В.*<sup>2</sup>, *Bibring J.-P.*<sup>3</sup>, *Vincendon M.*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ИКИ РАН, e-mail: Bogdan.Mayorov@iki.rssi.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)

<sup>3</sup> L'Institut d'Astrophysique Spatiale, CNRS-Universite de Paris, Франция

*Научный руководитель:* Засова Л. В., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Данные спектрометра OMEGA [1] европейской миссии Mars-Express анализировались одновременно в 12 «аэрозольных каналах» (диапазон длин волн от 0,4 до 3,5 мкм). Моделирование переноса излучения в атмосфере Марса осуществлено на базе радиационного кода SCATRD [2]; в основе расчёта — метод статистического моделирования (Монте-Карло), позволяющий учесть многократное рассеяние излучения в сферической атмосфере. Авторами разработан и применён алгоритм восстановления высотных профилей микрофизических параметров марсианского аэрозоля из орбитальных (лимбовых) спектральных измерений прибора OMEGA.

Предполагалось, что для всех высот химический состав аэрозольных веществ фиксирован; для каждой высоты доминирует одна из двух возможных аэрозольных фракций: водяной лёд [3] или пыль из популярной полуэмпирической модели MarsDust [4]. Также для всех высот использовалось одномодовое модифицированное гамма-распределение частиц по размерам ( $c \gamma = 0,5$ ;  $\alpha = 1,5$ ).

В результате для нескольких сеансов наблюдений спектрометра OMEGA (отвечающих различным марсианским сезонам, широтам и местным временам) были получены вертикальные профили концентрации и радиуса аэрозольных частиц соответствующих фракций.

1. *Bibring J.-P., Soufflot A., Berthé M.* et al. // Mars Express. The scientific payload / SP-1240 "Mars Express: a European mission to the Red planet" / Ed. by A. Wilson: European space agency, ESTEC, 2004. P. 37–49.
2. *Васильев А. В.* // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 4: Физика, химия. 2006. Вып. 3. С. 3–14.
3. *Warren S. G.* Optical constants of ice from ultraviolet to the microwave // *Applied Optics*. 1984. V. 23. № 8. P. 1206–1225.
4. *Ockert-Bell M. E., Bell J. F., Pollack J. B.* et al. Absorption and scattering properties of the Martian dust in the solar wavelengths // *J. Geophysical Research*. 1997. V. 102. N. E4. P. 9039–9050.

## СИСТЕМА ЕДИНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ

*Мамаев А. С., Прошин А. А., Флитман Е. В.*

ИКИ РАН, e-mail: Detander@gmail.com

*Научный руководитель:* Лупян Е. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Информационные системы, создаваемые и поддерживаемые в ИКИ РАН для решения различных задач дистанционного мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных ресурсов, обеспечивают возможность работы с различной информацией. В основном в этих системах для удаленного доступа к данным используются веб-интерфейсы, установленные на серверах, зачастую разнесенных территориально. В то же время на одном физическом сервере могут располагаться десятки веб-интерфейсов, обеспечивающих работу с данными различных систем.

Одной из задач, решаемой в рамках каждой отдельной информационной системы, является контроль удаленного доступа к данным на основе учетной записи каждого пользователя и пароля для аутентификации. На основе групп учетных записей пользователей осуществляется авторизация в информационной системе. При этом во многих случаях в зависимости от специфики конкретной системы возникают задачи, требующие усовершенствования стандартных решений по контролю удаленного доступа, на основе учетных записей для распределенных систем и управления учетными записями пользователей.

Представляемая работа посвящена описанию разработанной в ИКИ РАН системы аутентификации пользователей, позволяющей однотипно решать подобные задачи в широком классе создаваемых информационных систем дистанционного мониторинга. Основными особенностями данного решения являются, в частности:

- единая аутентификация пользователя для предоставления доступа к веб-интерфейсам информационной системы на основе авторизации;
- аутентификация на каждом сервере происходит независимо от работоспособности других серверов;
- управление учетными записями пользователей через веб-интерфейс;
- авторизация осуществляется на уровне веб-сервера, не затрагивая работу веб-интерфейсов;
- для авторизации может дополнительно использоваться информация, находящаяся в запросе клиента;
- поддержка единой аутентификации на серверах, не входящих в один домен.

Для решения задачи используются веб-сервер Apache с установленными модулями, модули, написанные на языке Perl, реляционная база данных, механизм Cookie на стороне клиента, веб-интерфейсы.

### РЕПРОЕЦИРОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ГРИД-ТЕХНОЛОГИЙ

*Матвеев А. М., Мазуров А. А., Балашов И. В.*  
ИКИ РАН, e-mail: mat\_alex@bk.ru

Системы доступа к спутниковым данным, в которых изображение формируется на основе имеющихся в архивах данных динамически, по запросу пользователя, в настоящее время приобретают все более широкое распространение. В первую очередь, такие системы позволяют предоставлять пользователю доступ к спутниковым данным в необходимом масштабе и в географической проекции. Кроме того, эти системы позволяют организовать формирование новых продуктов на базе существующих в архивах данных.

Для успешного развития описанных выше систем требуются как существенные вычислительные мощности, так и высокие скорости доступа к данным. Одним из перспективных путей решения этой проблемы, безусловно, является использование современных суперкомпьютерных технологий, позволяющих производить параллельную распределенную обработку данных. С 2007 г. в сотрудничестве с ИПС РАН ведутся работы по созданию технологии высокоэффективных систем доступа к архивам спутниковых данных на основе использования суперкомпьютерного кластера СКИФ-ГРИД.

В представленном докладе рассматривается вопрос преимущественно клиентской части программного комплекса и технология «быстрого» репроецирования данных. Несомненным преимуществом предложенного подхода является возможность использования различных методов диспетчеризации заданий, в том числе без использования кластерных технологий. Рассматриваемые программные решения являются кросс-платформенными и могут использоваться для решения широкого спектра задач.

При написании программ использовались следующие библиотеки: `rainlib` (для чтения и записи изображений), `tinxml` (для чтения конфигурационных файлов), а также фрагменты программного комплекса `Sputnik`, разработанного в ИКИ РАН для обработки спутниковых данных.

### ВОЗМОЖНОСТЬ БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНОГО ПРОХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ СЛОЙ НЕОДНОРОДНОЙ МАГНИТОАКТИВНОЙ ПЛАЗМЫ

*Меркулов Е. С.*

Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, Елец, e-mail: djoj\_dyuqua@mail.ru

*Научный руководитель:* Ерохин Н. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Рассмотрено безотражательное прохождение электромагнитной волны через слой неоднородной магнитоактивной плазмы, содержащий мелкомасштабные структуры. Данная задача представляет большой интерес для ряда важных практических приложений включая просветление волновых барьеров, просветляющих и поглощающих покрытий в радиодиапазоне и пр.

На основе точно решаемой 1D-модели уравнения Гельмгольца рассмотрена возможность безотражательного прохождения электромагнитной волны через слой сильно неоднородной магнитоактивной плазмы с субволновыми структурами плотности. Изучаемые пространственные профили поля волны характеризуются набором свободных параметров, определяющих, в частности, глубину модуляции диэлектрической проницаемости.

В данном сообщении рассмотрена, в частности, следующая точно решаемая модель:  $p(\xi) = 1 + \alpha \exp\{-\chi[1 - \cos(\gamma\xi)]\}$ , где  $\alpha$ ,  $\chi$ ,  $\gamma$  — свободные параметры задачи;  $\xi = \omega x/c$ ;  $p(\xi) = ck_x/\omega$  — безразмерный волновой вектор. Нормированная амплитуда волны  $A(\xi)$  и эффективная диэлектрическая проницаемость плазмы  $\epsilon_{ef}(\xi)$  выражаются через функцию  $p(\xi)$ :  $\epsilon_{ef}(\xi) = [p(\xi)]^2 + (d^2p/d\xi^2)/2p - 0,75(dp/d\xi)^2/p^2$ ,  $A(\xi) = 1/[p(\xi)]^{1/2}$ . Профиль безразмерной плотности плазмы вычисляется по формуле  $v(\xi) = (\omega_{pe}/\omega)^2 = v(\xi) = 1 - 0,5\epsilon_{ef}(\xi) + [D(\xi)]^{1/2}$ , где введены обозначения:  $D(\xi) = 0,25[\epsilon_{ef}(\xi)]^2 + u^2[1 - \epsilon_{ef}(\xi)]$ ;  $u = \omega_{He}/\omega$ . В случае выбора параметров  $\alpha = 10$ ,  $\chi = 2$ ,  $\gamma = \pi/b$ ,  $b = 5$ ,  $u = 0,2$  имеется плавная неоднородность плазменного слоя  $0 \leq \xi \leq b$ , причем на левой границе слоя  $p(0) = 11$ , что соответствует сильно замедленной электромагнитной волне в данной области. Усиление амплитуды волны порядка 3 максимально на правой границе слоя. Поскольку неоднородность плавная, графики функций  $[p(\xi)]^2$ ,  $\epsilon_{ef}(\xi)$  весьма близки, плотность плазмы монотонно возрастает к правой границе слоя. При изменении параметров, приняв, например,  $\gamma = 2\pi/b$ ,  $b = 1$ , получаем большое отличие в профилях функций  $[p(\xi)]^2$ ,  $\epsilon_{ef}(\xi)$  и наблюдаются области непрозрачности плазмы, в которых  $\epsilon_{ef}(\xi) < 0$ .

### ПОИСК ТРАНЗИЕНТНЫХ ГАММА-СОБЫТИЙ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ТЕЛЕСКОПОМ SPI ОБСЕРВАТОРИИ INTEGRAL

*Минаев П. Ю.*

ИКИ РАН, e-mail: minaevp@mail.ru

*Научный руководитель:* Позаненко А. С., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Проведен анализ данных наблюдений, выполненных телескопом SPI обсерватории INTEGRAL с целью поиска коротких транзиентных явлений длительностью от 1 мс до 10 с. Разработан алгоритм выделения гамма-событий на фоне большого числа взаимодействий заряженных частиц с детектором. Проведена классификация таких событий. Помимо событий, связанных с космическими гамма-всплесками, подтвержденными другими космическими обсерваториями, активностью известных источников повторных мягких гамма-всплесков (например, SGR 1806-20), найдены кандидаты в гамма-всплески, о которых ранее не сообщалось, жесткие короткие гамма-события, наиболее вероятно ассоциируемые с активностью SGR и AXP.

### АЛГОРИТМ ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОПУЩЕННЫХ ДАННЫХ, ФИЛЬТРАЦИИ ВЫБРОСОВ И СГЛАЖИВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ЗНАЧЕНИЙ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

*Москаленко Т. С., Плотников Д. Е.*

ИКИ РАН, e-mail: limires@smis.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Для решения задач дистанционного зондирования Земли часто используются временные ряды спутниковых измерений значений коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) поверхности или полученных на их основе спектральных вегетационных индексов (ВИ). Временная серия значений КСЯ или ВИ для любого отдельно взятого элемента спутникового изображения может содержать пропуски, вызванные мешающим влиянием облачности и отсутствием в соответствующий временной интервал наблюдений земной поверхности, а также шумы, связанные с изменениями условий съемки (состояние атмосферы, геометрические условия освещения и наблюдения).

В ИКИ РАН разработан и прошел экспериментальную апробацию алгоритм обработки временных рядов данных спутниковых измерений, направленный на исключение выбросных значений, заполнение пропусков данных и сглаживание с целью уменьшения влияния изменений в условиях съёмки.

Разработанный алгоритм экспериментально апробирован применительно к использованию данных прибора MODIS спутника Тетта. Исходная временная серия данных состоит из разновременных композитных изображений КСЯ в красном и ближнем инфракрасном спектральных каналах с пространственным разрешением 250 м.

В докладе будут представлены разработанный алгоритм, в основе которого лежит полиномиальная аппроксимация скользящим вдоль оси времени окном заданного размера, реализованная методом Нелдера – Мида, а также его экспериментальная апробация с учетом требований решения различных прикладных задач мониторинга растительного покрова.

### ОРИЕНТАЦИЯ СОСТАВНОГО ТЕЛА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

*Мысина О. А.*

Самарский государственный аэрокосмический университет

им. акад. С. П. Королева, e-mail: olgamysina@yandex.ru

*Научный руководитель:* Безгласный С. П., канд. физ.-мат. наук, Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С. П. Королева

Работа посвящена задаче об управлении движениями составного тела переменной структуры относительно произвольной системы координат.

Рассматривается система, состоящая из двух тел. Первое — носитель, свободное твердое тело, совершающее произвольные движения в трехмерном пространстве. Второе — ротор, твердое тело, вращающееся с заданной угловой скоростью вокруг оси, неподвижной в первом теле и совпадающей с одной из главных центральных осей инерции первого носителя. Учитывается передвижение масс в обоих телах, вызванное либо изменением режима работы гиросиловых стабилизаторов, либо иными перемещениями масс в аппарате, т. е. тензоры инерции тел  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$  считаются зависящими от времени функциями.

В работе ставится задача реализации произвольных движений составного тела (или об одноосной и трехосной ориентации составного тела относительно Кениговой и произвольной неинерциальной системы координат). Под одноосной ориентацией понимается задача об асимптотическом совмещении некоторого неподвижного в теле орта с заданным ортом, закрепленным в подвижной системе координат. Под трехосной ориентацией — асимптотическое совмещение некоторого неподвижного в системе репера с заданным репером соответственно, неподвижным в подвижной системе координат.

Задача стабилизации решается активным управлением по принципу обратной связи, реализуемой, например, двигателями малой тяги. В работе получены стабилизирующие управления и условия на величины  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$ , при которых возможна желаемая ориентация составного тела.

Поставленная задача решалась на основе метода функций Ляпунова и метода предельных уравнений и предельных систем, позволяющих использовать функции Ляпунова со знакопостоянными производными.

### **ОБРАБОТКА СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ РАДИОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*Нестеров Д. А.*

Владимирский государственный университет (ВлГУ), e-mail: radists105@rambler.ru

*Научный руководитель:* Садовский И. Н., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, ВлГУ

Наряду с известными достоинствами, такими как возможность съемки в любое время суток и практически при любой погоде, включая сплошное покрытие облачностью, в последнее время радиолокационные системы позволяют получать изображения с разрешением, вплотную приближающимся к характеристикам оптической аппаратуры. Поэтому существует возможность адаптации некоторых алгоритмов обработки оптических изображений на случай изображений, полученных в микроволновом диапазоне.

Широкие возможности для изучения объектов дает стереофотография. С ее помощью можно оценить форму, размер, пространственное положение и т. д. Зная некую априорную информацию, такую как фокусное расстояние и базис, можно определить все эти параметры.

Объединяя достоинства изображений, полученных радиополяриметрическим методом, и возможности стереофотографии, можно получить мощный комплекс для проведения как научных исследований, так и решения практических задач, от контроля производства до картографирования.

В данной работе, на примере оптических стереофотографий простых объектов, рассмотрен алгоритм восстановления их трехмерных моделей. Удачное решение поставленной задачи позволяет перейти к следующему шагу исследований: искусственному снижению качества оптического изображения до разрешения, обеспечивающегося при радиополяриметрическом методе получения изображений с последующей оценкой возможной точности определения параметров объекта.

Еще одной задачей является вопрос повышения качества радиополяриметрических изображений, с применением различных алгоритмов их обработки, известных из оптики.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-02-00780-а.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ГЛОБАЛЬНЫМ ТРОПИЧЕСКИМ ЦИКЛОГЕНЕЗОМ И ЯВЛЕНИЕМ ENSO**

*Нурмухаметов А. Р.*

МФТИ, e-mail: nurmukhametov.alex@gmail.com

*Научный руководитель:* Шарков Е. А., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В работе проведён статистический анализ данных о тропических циклонах за период 1995–2009 гг. на основе базы данных «Глобал-ТЦ» (ИКИ РАН) с целью выявления возможных телекоммуникационных связей между тропическим циклогенезом и временными вариациями явления Эль-Ниньо – Южное колебание (ENSO). Явление ENSO, состоящее из двух стохастических циклов (теплого Эль-Ниньо и холодного Ла-Нинья), — одно из доминирующих климатических вариаций в глобальной термодинамической системе океан–атмосфера и, следовательно, одна из возможных регулирующих структур для тропического циклогенеза. В работе используется подход, связанный с формированием временного потока событий тропических циклонов (ТЦ). При этом каждое тропическое возмущение представляется как импульс единичной амплитуды со случайной длительностью (соответствующей времени функционирования ТЦ) и со случайными моментами появления (генерации индивидуального ТЦ). Данный подход позволяет эффективно обработать исходные данные и наглядно представить полученный результат. Посчитан коэффициент корреляции между SOI (численный индекс, характеризующий явление ENSO) и региональными циклогенезами. Для некоторых из них найдены явные зависимости.

### ГЕНЕРАЦИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОЛНЦА В МОДЕЛИ ДИНАМО С НЕЛОКАЛЬНЫМ АЛЬФА-ЭФФЕКТОМ

*Олемской С. В., Кичатинов Л. Л.*

Институт солнечно-земной физики СО РАН, e-mail: osv@iszf.irk.ru

Рассматриваются вопросы генерации крупномасштабных магнитных полей Солнца в приближении  $\alpha\Omega$ -динамо. Обсуждаются результаты модели солнечного динамо, в которой учитываются диамагнитный эффект неоднородной турбулентности и нелокальный альфа-эффект, возникающий при всплывании магнитных петель. Нелокальный альфа-эффект не подвержен катастрофическому подавлению, связанному с сохранением магнитной спиральности. С учетом диамагнитного переноса магнитные поля концентрируются вблизи основания конвективной оболочки, несмотря на то, что область моделирования охватывает всю толщину зоны конвекции. Период магнитного цикла, характер экваториальной симметрии поля, его меридиональный дрейф и соотношение амплитуд полярного и тороидального полей, полученные в модели, согласуются с данными наблюдений. Имеются также определенные несоответствия результатам наблюдений, указывающие пути совершенствования модели.

### ДИНАМИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ОКРЕСТНОСТИ ФРОНТА МЕЖПЛАНЕТНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

*Петухов И. С.*

ИКФИА СО РАН, e-mail: i\_van@ikfia.ysn.ru

*Научный руководитель:* Петухов С. И., д-р физ.-мат. наук, ИКФИА СО РАН

Разработан кинетический метод расчета динамики интенсивности космических лучей в области перед фронтом межпланетной ударной волны. Сопоставление результатов расчета вариаций интенсивности космических лучей и измерений наземных детекторов перед событием 9 сентября 1992 г. показывает общее согласие по амплитуде и во времени. Метод может быть использован для выявления и классификации предвестников в космических лучах приближающихся к Земле крупномасштабных возмущений солнечного ветра.

### О ФОРМЕ ФРОНТА МЕЖПЛАНЕТНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

*Петухов И. С.*

ИКФИА СО РАН, e-mail: i\_van@ikfia.ysn.ru

*Научный руководитель:* Петухов С. И., д-р физ.-мат. наук, ИКФИА СО РАН

Разработан метод, позволивший впервые определить характерную форму фронта межпланетной ударной волны. Для двух множеств значений компонент вектора-нормали к фронтам, охватывающих периоды 1998–2003 гг. (199 значений) и 1998–2008 гг. (257 значений), выявлена крупномасштабная асимметрия фронта. В предположении аксиальной симметрии определена форма фронта, в общем согласующаяся с расчетными данными. Предложен статистический метод определения формы фронта поверхности, использующий множество значений вектора-нормали к поверхности.

### ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНЖЕКЦИИ СОЛНЕЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В МЕЖПЛАНЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВО

*Петухов И. С., Портнягин Д. Н.*

ИКФИА СО РАН, e-mail: i\_van@ikfia.ysn.ru

*Научный руководитель:* Петухов С. И., д-р физ.-мат. наук, ИКФИА СО РАН

Из решения уравнения анизотропной диффузии частиц в сферическом слое для сосредоточенного в пространстве и импульсного во времени источника определены возможные временные и угловые зависимости потока солнечных космических лучей, инжектируемых в межпланетное пространство. Модель объясняет возможность длительной (до 10 ч) инжекции солнечных космических лучей. С учетом распространения частиц в межпланетном пространстве (модель Кримигиса для высокоэнергичных частиц и модель Бахаревой для частиц малых и умеренных энергий) модель воспроизводит немонотонное поведение во времени потока солнечных космических лучей в межпланетном пространстве и экспоненциальный спад во времени интенсивности солнечных космических лучей, наблюдающиеся в реальных событиях.

**БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНУЮ КИРАЛЬНУЮ ПЛАЗМУ***Поверенный М. В.*

Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, Елец,

e-mail: channel165@mail.ru

Научный руководитель: Ерохин Н. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

На основе точно решаемой 1D-модели уравнения Гельмгольца рассмотрено безотражательное распространение поперечной электромагнитной волны круговой поляризации через слой неоднородной киральной плазмы с мелкомасштабными структурами плотности. Рассмотренные пространственные профили диэлектрической проницаемости киральной плазмopodobной среды характеризуются рядом свободных параметров, определяющих характерные размеры структур, пространственный профиль поля волны, глубину модуляции диэлектрической проницаемости и т. д.

Изучен вариант плазменной неоднородности с профилем волнового вектора  $p(\xi) = 1 - 0,25\chi g(\xi)q(\xi)[1 - \cos(\alpha\xi)]$ , где  $g(\xi) = 1 + (\xi - a_1)/[\mu^2 + (\xi - a_1)^2]^{1/2}$ ,  $q(\xi) = 1 - (\xi - a_2)/[\mu^2 + (\xi - a_2)^2]^{1/2}$ , слой занимает область  $0 \leq \xi \leq b$ ,  $\xi = \omega x/c$ ,  $\alpha = 2\pi/b$ . Задача имеет свободные параметры  $\mu$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$ , причем  $0 < a_1 < a_2 < b$ . Проведены численные расчеты профилей волнового числа  $p(\xi)$ , амплитуды волны, диэлектрической проницаемости киральной плазмы  $\epsilon(\xi)$ , а также плотности плазмы в слое. Для случая параметров  $b = 20$ ,  $\mu = 1$ ,  $a_1 = 5$ ,  $a_2 = 15$ ,  $\chi = 0,49$  профиль волнового числа имеет вид ямы, причем с  $p_{\min} = 0,039$ , что соответствует усилению амплитуды волны в центре слоя в 5 раз. Профиль диэлектрической проницаемости  $\epsilon(\xi)$  существенно отличается от  $p(\xi)$ : он содержит две ямы, горб и две области непрозрачности, в которых  $\epsilon(\xi) < 0$  и, тем не менее, реализуется безотражательное прохождение волны через слой. Профиль плотности плазмы является двухгорбым с достаточно глубокой ямой между горбами (уменьшение плотности плазмы в ней порядка 50 %).

Изложенная методика анализа безотражательного распространения волн представляет интерес, в частности, для задач согласования характеристик плазмы и падающей из вакуума электромагнитной волны, в которых можно резко повысить эффективность поглощения электромагнитного излучения в слоях плазменных резонансов.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ им. М. В. ЛОМОНОСОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ***Полякова Е. В.*

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, e-mail: lenpo26@yandex.ru

В настоящее время на территории Беломорско-Кулойского плато (БКП) ведется активная деятельность по разработке месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова, сопровождающаяся, помимо собственно карьерных работ, строительством хвостохранилищ, развитием транспортной инфраструктуры, функционированием горно-обогательного комбината (Ломоносовский ГОК) и пр. С экономической точки зрения данные виды работ имеют колоссальное значение, однако и экологическая составляющая последствий алмазодобывающей промышленной деятельности немаловажна. Рубка естественных лесонасаждений является неотъемлемой частью подобных работ.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), использованные для исследования состояния вырубок на территории разработки месторождения алмазов, включали разновременные снимки с искусственных спутников Земли (ИСЗ) Landsat-5 (5.06.1987), Landsat-7 (31.05.2000) и QuickBird (14.06.2006). Выбор снимков обуславливался сезонностью (начало летнего периода), разрешением (Landsat-5, -7 — 30 м, QuickBird — 2,44 м в RGB-диапазоне) и схожестью физиологического состояния растительного покрова как наиболее варибельного в спектральном отношении показателя. При сопоставлении снимков серии Landsat отмечается уменьшение контрастности границ вырубленных участков к 2000 г. по сравнению с 1987 г. Анализируя состояние этих же участков в 2006 г., можно отметить естественный сукцессионный процесс восстановления хвойных лесонасаждений, характеризующийся стадией елового редколесья.

**ВЛИЯНИЕ МЕРИДИОНАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА ДИНАМО-ВОЛНЫ ВБЛИЗИ СОЛНЕЧНЫХ ПОЛЮСОВ***Попова Е. П.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: popovaelp@mail.ru

Научный руководитель: Соколов Д. Д., д-р физ.-мат. наук,

МГУ им. М. В. Ломоносова

Принято считать, что природа цикла активности связана с действием механизма динамо, который приводит к образованию и распростра-

нению волны крупномасштабного магнитного поля (динамо-волны) внутри солнечной конвективной зоны.

В приближении динамо Паркера изучено поведение динамо-волн вблизи солнечных полюсов при действии меридиональной циркуляции. Построено асимптотическое решение уравнений генерации магнитного поля. Для широтных профилей меридиональной циркуляции  $\sim \sin 2\theta$  и  $\sim 1/(\sin 2\theta)$  тороидальное магнитное поле вблизи полюса представляет собой суперпозицию стоячих волн. При меридиональной циркуляции, не зависящей от широты, существуют отраженная и падающие волны. При этом скорость движения вещества не может изменить направление волн. Значение широты, на которой возникает падающая волна, по порядку совпадает с величиной, полученной в работе Galitsky V., Sokoloff D. // Geophys. а. Astrophys. Fluid Dyn. 1999. V. 91. P. 147. Отметим, что для асимптотических исследований решений такой вид меридиональной циркуляции наиболее естественен, так как фактически построение решения происходит на небольшом участке, и скорость движения вещества не успевает сильно измениться.

Работа поддержана РФФИ, проекты № 09-02-01010 и 10-02-00960.

### ИЗГИБНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ОДНОМЕРНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТОКОВОГО СЛОЯ

Поповин С. Ю.

МФТИ, ИКИ РАН, sergej.popovdin@phystech.edu

Научный руководитель: Малова Х. В., д-р физ.-мат. наук, НИИЯФ МГУ им. М. В. Ломоносова, ИКИ РАН

Рассматриваются изгибные возмущения токового слоя, распространяющиеся вдоль направления тока. Предполагается, что возмущения низкочастотные:  $\omega l_0 \ll cs$  и  $\omega l_0 \ll v_{Tj}s$ . Первое допущение позволяет пренебречь током смещения, второе — не учитывать возмущение скалярного потенциала. Получено уравнение для возмущения векторного потенциала:

$$\frac{d^2 u_1}{dx^2} - \frac{s^2 u_1}{4x^2} = -\frac{u_1 \operatorname{ch}^{-2}(x-x_1)}{4\lambda(1+\tau^{-1})} \left( 1 + \frac{\sum_j J_j^{\text{res}}(x)}{\sqrt{x}} \right),$$

где  $u = ar + \eta r^2$ ;  $r = \rho/l_0$ ;  $a = A_0/B_0 l_0$ ;  $l_0 = \sqrt{cT_i/\omega_{Di} e B_0}$ ;  $B_0 = \sqrt{8\pi n_0(T_i + T_e)}$ ;

$x = r^2$ ;  $\tau = T_i/T_e$ ;  $\mu = m_i/m_e$ ;  $\eta = \left( \frac{\omega_{Di}^2}{v_{Ti}^2} \frac{T_i}{T_i + T_e} + \frac{T_e}{T_i + T_e} \frac{\omega_{De}^2}{v_{Te}^2} \right) l_0^2$ ;  $\lambda = v_{Ti} m_i c /$

$/(e_i B_0 l_0)$ ; скорость  $v$  нормирована на величину  $v_{Ti}$ ;  $s$  — номер моды возмущения и  $J_j^{\text{res}}$  — ток, связанный с резонансным взаимодействием частиц с неустойчивой волной, индекс «0» соответствует невозмущенным значениям, индекс «1» — возмущенным. В приближении бесконечно тонкого слоя, развитом для плоских моделей токовых слоев:

$$\frac{8\sqrt{1+s^2} \cdot \lambda(1+\tau^{-1})}{\sqrt{x_1}} - \sqrt{x_1} = \sum_j J_j^{\text{res}}(x_1).$$

Решение данного дисперсионного уравнения позволяет определить инкременты и действительные части частот неустойчивых мод в зависимости от номера  $s$ . С уменьшением  $\lambda$  падает значение инкремента  $\gamma$ , мода колебания становится более длинноволновой (растет номер  $s$ , соответствующий максимальному инкременту  $\gamma$ ), а ее частота уменьшается как  $\omega_r \sim \lambda^2$ .

### МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ГЕЛИОСФЕРНОМ УДАРНОМ СЛОЕ

Проворникова Е. А.

МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет, ИКИ РАН, e-mail: provea@iki.rssi.ru

Научный руководитель: Измоленов В. В., д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет, ИКИ РАН, ИПМех РАН

При взаимодействии сверхзвукового солнечного ветра и потока газа локальной межзвездной среды образуется структура, состоящая из гелиосферной ударной волны, тангенциальной поверхности — гелиопаузы — и предположительно головной ударной волны в межзвездной среде. Область между гелиосферной ударной волной и гелиопаузой, в которой солнечный ветер становится дозвуковым, называется гелиосферным ударным слоем (гелиошисом). Измерения параметров солнечного ветра на космических аппаратах «Вояджер-1» и «Вояджер-2», движущихся к границам гелиосферы, показывают, что течение плазмы солнечного ветра в межпланетном пространстве и в области ударного слоя носит сильно нестационарный характер. Это вызвано изменением параметров солнечного ветра в 11-летнем солнечном цикле и прохождением различных межпланетных ударных волн. Целью данной работы является исследование таких эффектов на течение солнечного ветра в гелиосферном ударном слое с помощью газодинамических моделей.

Распространение возмущений в гелиосферном ударном слое рассматривается в рамках одномерной модели, описывающей решение вблизи оси симметрии задачи о взаимодействии солнечного ветра и локальной межзвездной среды. На основе двухкомпонентной кинетико-газодинамической модели исследуется влияние изменения динамического давления солнечного ветра в 11-летнем цикле солнечной активности на течение в гелиосферном ударном слое.

В настоящее время с переходом к максимуму солнечной активности проблема исследования нестационарных явлений во внешней гелиосфере становится особенно актуальной.

### ВРЕМЯ ЖИЗНИ ХОЛОДНЫХ МЕЖЗВЕЗДНЫХ ОБЛАКОВ В ГОРЯЧЕЙ ПЛАЗМЕ

*Проворникова Е. А.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, ИКИ РАН, e-mail: provea@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Измоленов В. В., д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет, ИКИ РАН, ИПМех РАН

Данные, полученные на космических аппаратах, и наземные наблюдения показывают, что межзвездная среда неоднородна: плотные холодные преимущественно нейтральные облака окружены горячим разреженным ионизованным газом. В работе исследуется газодинамическая структура переходной области на границе облака и дана оценка времени жизни межзвездных облаков в горячей плазме. Взаимодействие нейтрального межзвездного облака с горячей плазмой рассматривается в рамках двухкомпонентной газодинамической модели, в которой предполагается, что облако заполнено плотным холодным нейтральным газом, окружающая облако горячая плазма считается квазинейтральной, состоящей из протонов, электронов и ионов тяжелых элементов. Нейтральные атомы взаимодействуют с протонами плазмы через процесс резонансной перезарядки. Исследуется влияние электронной теплопроводности в плазме на структуру переходной области на границе облака. Процесс перезарядки атомов водорода на протонах плазмы может являться одним из самых важных механизмов, обеспечивающих существование холодных облаков в горячей среде. Результаты двухкомпонентной модели показывают, что этот процесс препятствует нагреву облака.

В рамках двухкомпонентной модели определено время жизни для локальных межзвездных облаков с различной концентрацией атомов водорода и различных радиусов. Получена оценка времени жизни для

локального межзвездного облака (1,5 млн лет), в котором движется Солнечная система.

### ИЗУЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ОБЛАСТИ ДИСКА В ИСТОЧНИКЕ GX 339-4 ВО ВРЕМЯ ЕГО ВСПЫШКИ 2007 г.

*Просветов А. В.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: prav@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Гребенев С. А., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Источник GX 339-4 является маломассивной двойной системой, в которой происходит аккреция вещества на черную дыру умеренной массы  $M \sim 4M_{\odot}$ . Поведение источника характеризуется мощными рентгеновскими вспышками, которые позволяют напрямую исследовать динамику и особенности нестационарной аккреции в таких системах.

Исследовался широкополосный спектр источника, полученный вблизи максимума блеска вспышки 2007 г. по данным прибора PCA обсерватории RXTE (в диапазоне 3...25 кэВ) и данным телескопа IBIS ИНТЕГРАЛ (в диапазоне 20...200 кэВ). Модель «усеченного диска», учитывающая излучение внешнего холодного чернотельного диска, комптонизированное жесткое излучение центральной горячей области и его отражение от внешнего диска не позволяют удовлетворительно аппроксимировать измеренный спектр. Добавление в модель дополнительной компоненты чернотельного излучения с  $kT \sim 2$  кэВ позволяет значительно улучшить аппроксимацию. Источником этого излучения может быть внутренний диск, конденсирующийся в узкой области  $R \geq 3R_g$  (где  $R_g = GM/c^2$ ) из облака высокотемпературной плазмы, или плазма, падающая по спирали в черную дыру при  $R < 3R_g$ , нагреваемая жестким рентгеновским излучением.

Эффективная площадь чернотельного излучения внутренней области составляет  $\sim 300 \text{ км}^2$ , в то время как внутренний диск вблизи радиуса  $3R_g$  должен иметь ширину порядка 1 км.



### О МЕХАНИЗМЕ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ПЕРЕХОДНОМ СЛОЕ МЕЖДУ КОРОНОЙ И ХРОМОСФЕРОЙ СОЛНЦА

*Птицына О. В.*

ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: olq1543@gmail.com,

*Научный руководитель:* Сомов Б. В., д-р физ.-мат. наук, проф.,

ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова

Получено распределение температур по толще вещества в переходном слое между короной и хромосферой Солнца в предположении, что нагрев плазмы классическим тепловым потоком уравновешен потерями энергии на излучение, используются новейшие атомные данные о функции охлаждения плазмы излучением. Доказана устойчивость полученного решения в рассматриваемом диапазоне температур. Показано, что переходная область между короной и хромосферой представляет собой тонкий слой, в котором, однако, хорошо применимо обычное столкновительное приближение, что подтверждается сравнением рассчитанной дифференциальной меры эмиссии с наблюдательными данными. Показано, что равновесный профиль температур с разделением плазмы на высоко- и низкотемпературную устанавливается вне зависимости от режима нагрева: успевает или нет установиться гидродинамическое равновесие. Результатом работы также является утверждение, что в переходном слое спокойного Солнца режим нагрева близок к случаю медленного нагрева (такого нагрева, при котором за время изменения температуры успевает выровняться давление).

### ДИНАМИКА РЕЗКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЫ И МОДУЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИЗ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА В МАГНИТОСЛОЙ

*Рахманова Л. С.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, физический факультет,

e-mail: amical106@rambler.ru

*Научный руководитель:* Рязанцева М. О., канд. физ.-мат. наук,

НИИЯФ МГУ им. М. В. Ломоносова, ИКИ РАН

*Научный консультант:* Застенкер Г. Н., д-р физ.-мат. наук, проф., ИКИ РАН

В исследовании взаимодействия между солнечным ветром и магнитосферой представляется весьма важным изучить, каким образом разного рода возмущения плазмы солнечного ветра видоизменяются, входя в магнитослой, что будет определять их воздействие на магнитосферу.

В данной работе была поставлена задача изучения динамики формы и амплитуды отдельных мелкомасштабных вариаций солнечного ветра при вхождении в магнитослой. Для этого исследования были использованы экспериментальные данные известного многоспутникового проекта THEMIS. Орбиты этих спутников устроены таким образом, что можно выбрать конфигурацию, когда один спутник находится в солнечном ветре и один — в магнитослое. Для анализа выбирались скачки плотности длительностью не более нескольких минут с изменением амплитуды более чем на 20 %, которые можно однозначно идентифицировать как на фоне солнечного ветра вне границ магнитосферы, так и на фоне сильно флуктуирующего магнитослоя одновременно на двух спутниках.

Сравнение изменений плотности плазмы и амплитуды магнитного поля в этих двух областях для одного и того же события позволяет утверждать, что при прохождении через околосолнечную ударную волну в магнитослой такие структуры сохраняют достаточно резкие границы, однако амплитуда скачка и длительность его фронта могут меняться при переходе из одной области в другую. Такие изменения могут заметно различаться для плотности плазмы и величины магнитного поля. В докладе анализируются эти различия для нескольких изученных событий.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАКРОСПИКУЛ С ПОМОЩЬЮ ВУФ-ТЕЛЕСКОПА «ТЕСИС/КОРОНАС-ФОТОН»

*Рева А. А.*

ФИАН, e-mail: reva\_anton@mail.ru

*Научный руководитель:* Кузин С. В., д-р физ.-мат. наук, ФИАН

Макроспикулы представляют собой небольшие ( $H \sim 50$  Мм) выбросы относительно холодного ( $T \sim 70$  тыс. К) и плотного ( $n \sim 10^{11}$  см<sup>-3</sup>) вещества переходного слоя, распространяющегося в корону, которое движется вдоль магнитных силовых линий. На сегодняшний день механизмы формирования и развития макроспикул остаются неизвестными. Для решения этих задач необходимо иметь наблюдения с высоким временным разрешением. На данный момент наилучшее временное разрешение, которое удалось получить при исследовании макроспикул в ВУФ-диапазоне, составляет 1 мин (телескоп EIT/SOHO). Так как время жизни макроспикул имеет характерное значение 20 мин, такого временного разрешения недостаточно для детального исследования их динамики.

В эксперименте ТЕСИС на спутнике «Коронас-Фотон» ВУФ-телескопом на длину волны  $304 \text{ \AA}$  была проведена программа быстрых наблюдений полярных областей лимба Солнца, основной целью которой было исследование динамики макроспикул. Изображения регистрировались с временным разрешением 3 с в течение 15 мин. Полученный ряд содержит информацию о структуре и динамике 10 макроспикул. Для анализа этих данных был разработан метод определения скорости движения вещества в макроспикуле по изменению интенсивности свечения макроспикулы на разных ее высотах. Для 10 макроспикул была получена зависимость скорости движения вещества от высоты и времени. Характерная высота поднятия макроспикулы 40 Мм, начальная скорость 100...200 км/с, время жизни 15 мин. Было установлено, что наблюдаемая высота подъема макроспикулы больше, чем была бы при баллистическом движении. Это говорит о том, что на макроспикулу действует некоторая сила, из-за которой макроспикула поднимается выше баллистического значения.

#### ИСТОРИЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЙ В М87

*Рудометкин Е. А.*

ИКИ РАН, e-mail: rudometkin@gmail.com

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

Активное галактическое ядро в скоплениях галактик является постоянным поставщиком энергии в межгалактический газ (МГГ). В зависимости от параметров энерговыделения, энергия может преобразовываться в разные виды энергии, такие как тепловая и гравитационная энергии МГГ, кинетическая энергия фронта ударных волн. С использованием аналитических оценок, результатов моделирования и наблюдательных данных в диапазонах 1,2...2,5; 3,5...7,5 кэВ даются ограничения на параметры взрывов и моделируется возможная история энерговыделений в масштабах последних 60 млн лет.

#### ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОВЫХ ГРАВИТАЦИОННО-КАПИЛЛЯРНЫХ ВОЛН ПО ДАННЫМ УГЛОВЫХ РАДИОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Сазонов Д. С.*

Владимирский государственный университет (ВлГУ), e-mail:

Sazonov\_33M7@mail.ru

*Научный руководитель:* Садовский И. Н., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, ВлГУ

Результаты, полученные в ИКИ РАН за последние годы, подтверждают, что по данным угловых радиополяриметрических измерений возможно определять параметры ветровых гравитационно-капиллярных волн (ГКВ).

Предложенный для решения этой задачи (в рамках метода нелинейной радиотепловой резонансной спектроскопии - НРРС) алгоритм прошел апробацию как в ходе модельных расчетов, так и экспериментальных исследований.

Первоначально данный алгоритм состоял из отдельных программ-модулей, последовательно вызываемых оператором в процессе решения задачи, и был реализован на языке программирования Fortran. В качестве недостатков такого подхода следует отметить: во-первых, низкую скорость решения задачи (за счет временных затрат оператора на анализ промежуточных результатов и общего решения); во-вторых, появление субъективных погрешностей, обусловленных участием в процессе решения оператора, и вариации их абсолютных значений в зависимости от уровня его квалификации.

В настоящей работе предложен автоматизированный алгоритм восстановления параметров спектра ветрового волнения. Алгоритм реализован на языке C<sup>++</sup>. Автоматизация поиска решения за счет исключения оператора позволило существенно сократить затраты машинного времени на решение задачи: с 40 мин (при участии оператора) до 15 мин (при использовании в обоих случаях процессора класса Core 2 Duo с тактовой частотой 2,6 ГГц).

Следует особо отметить, что модернизация алгоритма привела к тому, что время машинных вычислений, затрачиваемых программой на поиск решения, оказалось меньше, чем время сбора данных радиополяриметрических измерений, по которым осуществляется восстановление спектра ГКВ (время одного цикла сканирования водной поверхности – около 25 мин). Таким образом, появилась уникальная возможность восстановления параметров спектра ГКВ в ходе натуральных исследований в режиме реального времени.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-02-00780-а.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РОСТА ПЛЕНОК NaCl ПО ПЛОСКОСТЯМ (001), (110) И АДСОРБЦИИ НА НИХ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА

*Селиванова А. С.<sup>1</sup>, Чистяков А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет, e-mail: alina9120@yandex.ru

<sup>2</sup> МПГУ, e-mail: ignite2005@mail.ru

*Научные руководители:* Ковалёв В. Л., д-р физ.-мат. наук, проф., МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет; Ларин А. В., канд. хим. наук, вед. науч. сотр., МГУ им. М. В. Ломоносова, химический факультет

Плётки галогенидов щелочных металлов являются частью многокомпонентных материалов солнечных элементов, магнитных сенсоров и твердотельных лазеров. В настоящей работе исследованы плётки хлорида натрия, связанные с гранями (001) и (110), и их взаимодействие с молекулярным водородом.

Расчеты выполнялись методом теории функционала плотности с использованием пакета CRYSTAL06 на суперкомпьютере СКИФ-МГУ «Чебышев». Применялся гибридный функционал B3LYP (20 % обмена по Хартри-Фоку) с базисом 86-311G\*(Cl)/85-11G\*(Na)/511G\*(H). Результаты оптимизации показывают, что чистые плётки заметно отличаются по структуре от граней идеального кристалла. Структурная релаксация сопровождается и существенным перераспределением электронной плотности. Поверхностный слой заряжается положительно, а при удалении от поверхности эффективные суммарные заряды слоёв чередуются по знаку и уменьшаются по абсолютной величине. Плёнка, отвечающая поверхности (110), на 4 кДж/моль на ячейку менее стабильна, чем (001), и характеризуется существенно большей степенью деформации.

Адсорбция H<sub>2</sub> на плётке (001) проходит с образованием монослоя (1×1) при расположении молекул параллельно плоскости над катионом Na. Для плётки NaCl(110) установлена адсорбция двух молекул H<sub>2</sub> на ячейку. При половинном заполнении молекула H<sub>2</sub> сорбируется по сайту Na, как и на плётке (001), а при повышении заполнения одна из молекул координируется двумя катионами Na параллельно поверхности, а другая — анионом хлора перпендикулярно поверхности. Результаты для плётки (001) и адсорбции на ней водорода согласуются с доступными литературными данными. Результаты для плётки (110) получены впервые. Для обеих плёнок характерны значительные релаксационные эффекты.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 11-01-280а.

### АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АККРЕЦИОННОЙ КОЛОНКИ У ПОВЕРХНОСТИ БЕЛЫХ КАРЛИКОВ НА ОСНОВЕ ЗАМЫВАНИЯ ВАРИАЦИЙ ЯРКОСТИ

*Семена А. Н.*

ИКИ РАН, e-mail: san@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Ревнивцев М. Г. д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр. ИКИ РАН

Аккреционная колонка белого карлика разделена ударной волной на две зоны. В верхней зоне холодное вещество падает на гравитирующий объект со скоростью, близкой к скорости свободного падения. На небольшой высоте от поверхности белого карлика вещество сильно разогревается, проходя через ударную волну, и замедляется. Положение ударной волны в такой системе неустойчиво и испытывает квазипериодические осцилляции, период которых определяется характерным временем остывания вещества в горячей зоне колонки. Интегральная светимость горячей зоны, которая определяет полную светимость колонки, изменяется вместе с ее высотой.

В реальных аккреционных потоках темп аккреции не постоянен и, как правило, испытывает аperiodические вариации. Поскольку темп потери энергии в горячей зоне зависит от количества вещества, натекающего на ударную волну, вариации этого потока должны влиять на кривую блеска аккреционной колонки. Вариации потока на временах, меньших, чем характерное время остывания вещества в горячей зоне, должны замыкаться в кривой блеска. Мы исследуем возможность использовать этот эффект для диагностики физических параметров горячей плазмы у белых карликов.

### КОСМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА МКС «МОНИТОР ВСЕГО НЕБА»

*Сербинов Д. В.*

ИКИ РАН, e-mail: Serbinov@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Семена Н. П., канд. техн. наук, ИКИ РАН

В 2013–2016 гг. на борту Российского сегмента МКС планируется проведение эксперимента «Монитор всего неба».

Главная научная задача эксперимента — исследование диффузного рентгеновского фона с высокой точностью, а именно — измерение поверхностной яркости космического рентгеновского фона.

Основным прибором в эксперименте является рентгеновский монитор СПИН-Х1-МВН, в котором реализован ряд новых технических

решений. Впервые в отечественной практике для космического монитора будут использоваться многоэлементные CdTe-рентгеновские детекторы. Кроме того, в мониторе будут применены:

- пьезодвигатели для ввода калибровочного источника;
- проточная двухдиапазонная система обеспечения теплового режима;
- оригинальная система затенения апертуры.

В состав научной аппаратуры, кроме монитора, входит бортовой компьютер в формате PC-104 под управлением операционной системы QNX.

### О РАДИОВСПЫШКАХ RRAT

*Собьянин Д. Н.*

ОТФ ФИАН, e-mail: sobyanin@lpi.ru

Исследована возможная связь между «молниями» в магнитосфере нейтронной звезды и радиовспышками вращающихся радиотранзиентов (RRAT). Поглощение энергичного фотона внешнего космического гамма-фона во внутренней магнитосфере нейтронной звезды приводит к запуску генерации вторичной ультрарелятивистской электрон-позитронной плазмы и формированию «молнии» — удлиняющейся и одновременно расширяющейся плазменной трубки. Высокая интенсивность генерации плазмы приводит к динамической экранировке продольного электрического поля, которая обеспечивается не разделением зарядов, а нарастанием электрического тока в «молнии». Параметры генерируемой плазмы позволяют предположить возможность наблюдения радиоизлучения от «молний» в виде одиночных радиовспышек. Для наблюдения радиовспышки необходимо, чтобы полярная шапка нейтронной звезды была направлена в сторону наблюдателя и одновременно происходило образование «молнии». Частота вспышек связана с темпом поглощения космических гамма-квантов в области открытых магнитных силовых линий. Типичный интервал между двумя последовательными вспышками равен 100 с. Ширина одиночной вспышки может определяться как шириной конуса излучения, формируемого излучающими областями «молнии», находящимися на некоторой высоте над поверхностью нейтронной звезды, так и конечным временем жизни «молнии». Ширина распределения радиовспышек RRAT по фазе определяется шириной пучка открытых магнитных силовых линий на высоте формирования радиоизлучения. Полученные результаты согласуются с современными наблюдательными данными и свидетельствуют о тесной связи между

RRAT, выключающимися пульсарами и пульсарами с экстремальным нуллином.

### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЕСОВ ПОЖАРАМИ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ РАЗЛИЧНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

*Стыценко Ф. В.*

ИКИ РАН, e-mail: fedor@d902.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Леса, являясь важным компонентом экосистемы, часто подвергаются негативному воздействию. Пожары относятся к числу наиболее мощных природных факторов воздействия на лесные экосистемы. Оценка последствий от лесных пожаров — актуальная задача дистанционного зондирования Земли.

Были проведены эксперименты по оценке на основе спутниковых данных повреждений лесов Московской области пожарами лета 2010 года. Для определения степени повреждения лесов пожарами использовался разновременный спектральный индекс, полученный с использованием спутниковых изображений Landsat-TM (30 м).

В качестве вспомогательных использовались данные выборочных наземных обследований, проведенных осенью 2010 г., которые позволили установить зависимость степени повреждения лесов от вегетационного индекса, полученного по спутниковым данным.

Методикой был предусмотрен расчет степени усыхания лесов, пострадавших от огня по данным Landsat-TM, с использованием выявленных зависимостей. Границы пострадавших лесных территорий были получены по данным высокого пространственного разрешения с использованием технологий ИСДМ-Рослесхоз. В качестве дополнительных данных использовались результаты определения пройденных огнем площадей по данным MODIS (250 м), а также маска лесных территорий, полученная на основе данных Landsat (60 м).

Результаты позволили оценить площади лесов, погибших в течение пожароопасного сезона 2010 г. на территории Московской области, а также получить зависимость степени повреждения лесов от спектрального спутникового индекса, которые могут быть использованы для развития методов оценки повреждения лесов пожарами.

## НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ ТЯЖЁЛОЙ ЖИДКОСТИ НА РОВНОЙ ГРАНИЦЕ В ПРИБЛИЖЕНИИ МЕЛКОЙ ВОДЫ. ПРОСТЫЕ ВОЛНЫ И ЗАДАЧА РИМАНА

*Тарасевич С. В.*

ИКИ РАН; МГУ им. М. В. Ломоносова, механико-математический факультет, e-mail: aprilfire.ru@gmail.com

*Научный руководитель:* Петросян А. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Уравнения магнитной гидродинамики в приближении мелкой воды являются альтернативой решению полной магнитогиродинамической системы уравнений тяжёлой жидкости со свободной границей. Эти уравнения получаются из уравнений магнитной гидродинамики, записанных для слоя несжимаемой невязкой жидкости со свободной поверхностью, находящегося в поле сил тяжести, осреднением по глубине в предположении гидростатичности распределения давлений и малости толщины слоя по отношению к характерному линейному размеру задачи. Полученная таким образом система уравнений в магнитной гидродинамике играет такую же важную роль, как и классические уравнения мелкой воды в гидродинамике нейтральной жидкости. Приближение мелкой воды в магнитной гидродинамике применяется: для изучения солнечного тахоклина, растекания материи при дисковой аккреции в нейтронных звёздах, динамики атмосфер нейтронных звёзд, атмосфер внесолнечных планет, для оптимизации механических процессов при электролитическом получении алюминия.

В работе найдены все автомодельные разрывные решения (магнитогравитационные ударные волны и альфвеновские волны) и все непрерывные центрированные автомодельные решения (магнитогравитационные волны разрежения) системы уравнений магнитной гидродинамики в приближении мелкой воды над ровной поверхностью. В явном виде решена задача распада произвольного разрыва для уравнений магнитной гидродинамики в приближении мелкой воды над ровной поверхностью. Показано, что решение задачи распада произвольного разрыва представляет собой одну из пяти волновых конфигураций: «две ударные волны, две альфвеновские волны», «две волны разрежения, две альфвеновские волны», «левая ударная волна, правая волна разрежения, две альфвеновские волны», «левая волна разрежения, правая ударная волна, две альфвеновские волны», «две волны разрежения, зона вакуума». Для каждой конфигурации найдены ограничения на начальные условия, необходимые и достаточные для её реализации.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента РФ № МК-1349.2011.2.

## ЕДИНАЯ САМОСОГЛАСОВАННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КОМЕТЫ ЭНКЕ

*Усанин В. С.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), e-mail: Vladimir.Usanin@ksu.ru

*Научные руководители:* Ишмухаметова М. Г., канд. физ.-мат. наук, Астрономическая обсерватория им. В. П. Энгельгардта (АОЭ), КФУ; Кондратьева Е. Д., канд. физ.-мат. наук, КФУ

Комета Энке неоднократно рассматривалась как возможная цель космической миссии, поэтому NASA постоянно поддерживает её высокоточную эфемериду. Но ввиду отсутствия приемлемой модели негравитационных сил, эта эфемерида требует отдельного определения параметров по группам из 3–5 появлений. Такой подход не позволяет решить фундаментальные вопросы: о динамическом происхождении кометы, её отождествлении в летописях, разделении вклада планетных и негравитационных возмущений, прогнозе движения кометы как объекта, сближающегося с Землёй. Автором показано, что ход параметра Марседена  $A_2$  кометы Энке может быть объяснён вековым угасанием активности даже без учёта прецессии и изменения формы ядра. Убывание массы ядра может вызывать возрастание параметров по модулю, но образование на нём препятствующей сублимации маломассивной корки, либо накопление без препятствия сублимации значительной нелетучей массы приводит к их приближению к нулю. Последний вариант даёт лучшие результаты для кометы Энке при меньшем числе дополнительных параметров.

Выведенные автором уравнения этой модели имеют вид:

$$A_i = A_{i0} \frac{\chi^2(\chi_0^3 + 1)}{\chi_0^2(\chi^3 + 1)}, \quad d\chi/dt = -\alpha g(r(t)), \quad \alpha = \text{const}, \quad \text{где } A_i \text{ и } g — \text{параметры}$$

и функция Марседена;  $r$  — гелиоцентрическое расстояние;  $t$  — время;  $\chi \geq 0$  — изменяющаяся пропорционально радиусу ледяной поверхности безразмерная величина;  $\alpha \geq 0$  — комбинация параметров ядра и физических констант со значением скорости обтаивания в единицах  $\chi$  на единичном  $r$ , величины с индексом «0» относятся к произвольно фиксированному моменту. Гелиоцентрические элементы орбиты (эклиптика и равноденствие J 2000,0) и негравитационные параметры получены по наземным оптическим наблюдениям 1786–2010 гг.:  $t = \text{JD } 2455880,5 \text{ TDB}$ ,  $\omega = 186,5424227^\circ$ ,  $\Omega = 334,5766684^\circ$ ,  $i = 11,7783945^\circ$ ,  $e = 0,848129287$ ,  $a = 2,21431556 \text{ а. е.}$ ,  $M = 139,2652225^\circ$ ,  $A_1 = -0,002750 \text{ а. е.}/(10^4 \text{ сут}^2)$ ,  $A_2 = -0,0002566 \text{ а. е.}/(10^4 \text{ сут}^2)$ ,  $A_3 = -0,01089 \text{ а. е.}/(10^4 \text{ сут}^2)$ ,  $\alpha = 2,8847 \cdot 10^{-5} \text{ сут}^{-1}$ ,  $\chi = 0,04658$ ,  $\sigma = 32,75 \text{ ед. веса}$  обусловлена, в основном, наблюдениями XVIII в.

## УПРАВЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА

*Федоренко А. Н.*

Московский институт электроники и математики (МИЭМ),

e-mail: fedorenko\_a1exey@rambler.ru

*Научный руководитель:* Чумаченко Е. Н., д-р техн. наук, проф., МИЭМ, ИКИ РАН

Использование солнечных парусов является перспективным способом для управления космическими аппаратами без использования топлива. Такие паруса представляют собой очень тонкие мембраны большой площади, которые способны отражать солнечные фотоны и вследствие этого получать ускорение. К настоящему моменту проведено два проекта с успешным разворачиванием солнечных парусов в космосе. Это спутник NASA NanoSail и японский аппарат Ikaros. На спутнике Ikaros была испытана экспериментальная система управления, использующая жидкокристаллические пленки на поверхности мембраны, способные изменять коэффициент отражения света. Благодаря этому можно изменять давление света в различных частях паруса.

Предлагается рассмотреть конструкцию из шести шарообразных солнечных парусов, прикрепленных к аппарату длинными штангами. Штанги должны быть расположены вдоль трех взаимно перпендикулярных направлений. Поверхности парусов будут разделены на участки (пикселы), которыми можно управлять, меняя их коэффициент отражения солнечного света. Задача состоит в том, чтобы выполнить поворот такого спутника на заданный угол вокруг произвольной оси. Движение описывается системой нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений  $\dot{x} = f(t, x, u)$ ,  $x(t_0) = x_0$  — начальное условие, где  $x(t)$  представляет вектор-столбец из компонент угловых координат и скоростей, вектор вращающего момента  $u$  является управлением. Требуется перевести систему в состояние  $x(t_1) = x_1$  за минимальное время  $t_1$ . Для решения предлагается применить принцип максимума Понтрягина: при оптимальном управлении  $u^*$  гамильтониан

$$H(\psi, x, u) = \psi^T f(x, u), \text{ где } \psi \text{ удовлетворяет } \frac{dx_j}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \psi_j}, \frac{\partial \psi_j}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial x_j}$$

, достигает максимума:  $H(\psi, x, u) \leq H(\psi, x, u^*)$ . Система полученных условий слишком сложна для решения аналитически, поэтому требуется разработать метод для ее численного решения.

## РАДИОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

*Федотов Ю. А.*

Владимирский государственный университет (ВлГУ),

e-mail: Fedotoff\_yuri@mail.ru

*Научный руководитель:* Садовский И. Н., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, ВлГУ

Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям интенсивности собственного излучения водной поверхности, возмущаемой потоком газовых пузырьков, в лабораторных условиях.

Объектом исследования являлась диэлектрическая ванна, заполненная пресной водой. В качестве приемника излучения использовался радиометр с рабочей длиной волны 0,8 см, закрепленный на подвижном каркасе, что позволяло менять вертикальный угол наблюдения от надира до горизонта. При этом антенна радиометра была всегда направлена на центр ванны. Исследуемая поверхность возмущалась подводным газовым источником, выполненным в виде компрессора, подключенного к системе полипропиленовых труб с четырьмя точками выхода газа. Интенсивность возмущения (интенсивность возмущающего газового потока) регулировалась путем сброса давления в системе через стравливающий клапан.

Цель настоящей работы — оценка изменения радиояркостной температуры водной среды на разных углах визирования при различной интенсивности возмущающего газового потока, варьируемом количестве источников возмущения и их взаимном расположении.

Ввиду сложности учета фонового излучения в лабораторных условиях сначала производились измерения собственного излучения гладкой водной поверхности, затем аналогичные измерения в присутствии возмущения, после чего вычислялось значение радиояркостного контраста, обусловленного выходом на поверхность газовых пузырьков.

Результаты исследований выявили хорошее соответствие с данными аналогичных натуральных экспериментальных исследований, проявившееся в росте величины яркостного контраста в присутствии газовых источников возмущения для углов визирования, больших 30° от надира. Кроме того, увеличение интенсивности возмущения также привело к росту абсолютных значений яркостной температуры.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-02-00780-а.

### РАЗРАБОТКА ОДНОКАСКАДНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ БЛЕНДЫ ДЛЯ ЗВЕЗДНОГО ДАТЧИКА

*Филиппова О. В.*

ИКИ РАН, e-mail: 499B@rambler.ru

*Научный руководитель:* Бессонов Р. В., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

К техническим характеристикам приборов звездной ориентации с каждым годом предъявляются все более высокие требования. К их числу относятся следующие параметры: частота обновления информации (в первых приборах она составляла 0,3 Гц, сейчас — 1...4 Гц) и диапазон рабочих угловых скоростей (0,15 и 4 град/с соответственно). Повышения быстродействия прибора и увеличения допустимой угловой скорости КА можно добиться с помощью более светосильного объектива и большего поля зрения, что неминуемо скажется на габаритах бленды прибора. Бленда защищает объектив прибора от попадания на него боковой засветки от Солнца, корпуса КА и т. д. Габариты бленды сейчас, фактически, определяют габариты прибора звездной ориентации.

На данный момент единственным вариантом сохранения компактности прибора является переход от двухкаскадной диффузной бленды, которая применяется в приборах разработки оптико-физического отдела ИКИ РАН, к однокаскадной.

Исследование зависимости коэффициента подавления бленды от ее габаритов, коэффициента отражения покрытий, выбора типа покрытия — зеркального или диффузного, привело к выводу, что наиболее эффективной является однокаскадная бленда с зеркальным покрытием, доля диффузного рассеяния которого очень мала. Однако это наиболее сложный вариант с точки зрения технологии производства. Поэтому рассматриваются варианты однокаскадной зеркальной квадратной бленды и однокаскадной бленды с зеркальными ножами, но диффузной боковой поверхностью. Эти возможные варианты конструкции меньше по габаритам в сравнении с двухкаскадной диффузной блендой и, по результатам численного моделирования, обладают коэффициентом подавления, достаточным для работоспособности прибора.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО СПЕКТРА СИСТЕМЫ ДЖЕТОВ SS433 В ЛИНИЯХ СТАНДАРТНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ДИАПАЗОНА

*Хабидуллин И. И.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: khabibullin@iki.rssi.ru,

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

Детальная интерпретация спектров галактического микроквара SS433, полученных в стандартном рентгеновском диапазоне за последние 10 лет, столкнулась с целым рядом принципиальных трудностей. Во-первых, в работе [1] было показано, что наблюдаемый непрерывный спектр не может быть описан какой-либо простой моделью, вытекающей из стандартной модели джетов. Во-вторых, наблюдаемые интенсивности линий указывают на избыточное обилие тяжелых элементов (около 30 % для железа, серы, кремния, магния и неона по отношению к водороду и гелию) [2]. При этом спектры, полученные обсерваторией XMM-Newton, указывают на более чем восьмикратный избыток никеля [1]. В-третьих, в наблюдениях Chandra HETGS мера эмиссии наиболее горячих частей джета оказалась примерно в два раза меньше ожидаемой в рамках стандартной модели джетов [2].

Мы исследовали влияние эффектов рассеяния внутри вещества джета на спектр выходящего излучения в линиях стандартного рентгеновского диапазона, используя технику методов Монте-Карло для задач переноса излучения. Моделирование производилось на широкой сетке физических параметров джета, охватывающей как стандартную адиабатическую модель с конической геометрией, так и модели, учитывающие охлаждение за счет потерь на излучение и возможную неточность определения геометрических параметров течения (прежде всего величины угла раскрытия). Кроме того, при моделировании принималась во внимание мультиплетность наиболее важных линий, что позволило максимально точно предсказать их профили, имея в виду разрешающую способность планируемых экспериментов (в частности, ASTRO-H).

1. *Brinkmann W.* et al. XMM-Newton observations of SS 433 I. EPIC spectral analysis // *Astronomy and Astrophysics*. 2005. V. 431. P. 575–586.
2. *Marshall H. L.* et al. The High-Resolution X-Ray Spectrum of SS 433 Using the Chandra HETGS // *Astrophysical J.* 2002. V. 564. P. 941. doi: 10.1086/324398.

## ШИРОТНАЯ СТРУКТУРА МЕЖГОДОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И ТРЕНДОВ РАДИОТЕПЛОвого ПОЛЯ

*Хайруллина Г. Р.*

ИКИ РАН, e-mail: x.g.r.@list.ru

*Научный руководитель:* Астафьева Н. М., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Квазидвухлетние колебания (КДК) — яркий пример высокочастотных квазирегулярных изменений атмосферы и климата Земли на межгодовых масштабах. Исследуются характеристики межгодовых колебаний глобальных радиотепловых полей из электронной коллекции GLOBAL-Field (данных микроволнового спутникового мониторинга, <http://www.iki.rssi.ru/asp>) за период с 1999 по 2007 г. на частотах, содержащих информацию о распределении влаго- и водозапаса тропосферы. Структура радиотепловых полей над Атлантическим океаном изучается на основе метода скользящего среднего при разных периодах сглаживания и метода линейной регрессии. Представленные результаты демонстрируют наличие квазидвухлетних колебаний радиотеплового поля (влагозапаса тропосферы) в экваториальных широтах и вне тропиков; изменение размаха межгодовых колебаний радиояркой температуры по времени на каждой широте и по широтам. Для изучения тенденций изменения радиояркой температуры (тренда) на разных широтах определены коэффициенты линейной регрессии за исследуемый период времени — на каждой широте проведена линейная аппроксимация радиояркой температуры с периодом сглаживания 24 месяца. На широтах 5° ю. ш. — 37° с. ш. прослеживается максимум коэффициентов линейной регрессии, свидетельствующий о заметном положительном тренде радиояркой температуры с максимумом угла наклона вблизи 8–16° с. ш. в Северном полушарии, то есть в наиболее энергоактивной зоне северной Атлантики. Диапазоны небольшого положительного (отрицательного) тренда наблюдаются в 22–31° ю. ш. (38–54° с. ш., 13–21° ю. ш.); в диапазонах 5–12 и 30–40° ю. ш. тренд практически отсутствует.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ПРИ АДАПТАЦИИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ SEVER ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКИХ УСЛОВИЯХ

*Хвостиков С. А.*

ИКИ РАН, khvostikov@d902.iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

В данной работе использовалась имитационная глобальная модель растительности SEVER, основанная на модели LPJ (Lund-Postdam-Jena). Эта модель имитирует основные процессы, происходящие в растительности, такие как фотосинтез, соревнование за ресурсы, изменения в плотности популяции и в запасе органических остатков в почве и лесной подстилке и пожары.

Для оценки качества работы модели проводилось сравнение распределений растительности в модели с картой распределения видов растительности TerraNorte RLC, созданной в ИКИ РАН. Данная карта была построена по данным спутникового аппарата MODIS (с разрешением 250×250 м) для территории России. Виды растительности данной карты были приведены к видам растительности в модели, а затем эта карта была осреднена до клетки модели 0,5×0,5°.

По результатам сравнения были обнаружены значительные отличия результатов работы исходной версии модели от карты растительности TerraNorte RLC. В связи с этим была осуществлена адаптация модели к российским условиям посредством оптимизации параметров модели. Критерием качества оптимизации являлась сумма квадратов корреляций между процентными долями содержания каждого вида растительности по TerraNorte и данным модели в одной клетке модели.

Оптимизация проводилась в два этапа. Первоначально вручную была проведена работа по определению влияния каждого параметра модели на ошибку, в результате которой был выбран набор параметров, оказывающих наибольшее влияние на поведение модели. Всего было выбрано 12 параметров для оптимизации. Затем посредством визуального сравнения со спутниковыми данными были подобраны более подходящие значения всех предложенных параметров. После этого оптимизация проводилась автоматически с помощью метода градиентного спуска. Для подсчета градиента использовалась аппроксимация градиента по методу Бройдена. Данная оптимизация привела к значительному увеличению корреляции для всех видов растительности.



### АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОЖАРАМИ, ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ LANDSAT-ETM+

Ховратович Т. С.

ИКИ РАН, e-mail: kurat@smis.iki.rssi.ru

Научный руководитель: Барталёв С. А., д-р техн. наук, ИКИ РАН

Лесные пожары — один из основных факторов, приводящих к ослаблению и последующей гибели лесов. Воздействие огня приводит к снижению влагосодержания и концентрации хлорофилла в зеленых фракциях растения, а, следовательно, к изменению спектрально-отражательных свойств насаждений. Возможности спутниковых систем высокого пространственного разрешения, таких как Landsat-TM/ETM+, позволяют получать, с одной стороны, детальную, а с другой — достаточно регулярную информацию о происходящих в лесах изменениях. На больших территориях, в силу нехватки человеческих ресурсов и высокой стоимости наземных исследований, невозможно достоверно оценивать площадь, пройденную огнем, без данных дистанционного зондирования.

В лаборатории Спутникового мониторинга наземных экосистем ИКИ РАН разрабатывается алгоритм автоматического детектирования и классификации изменений в лесах, связанных с пожарами, по спутниковым данным высокого пространственного разрешения. Данный алгоритм ориентирован не на попиксельное детектирование гари, а на выделение и классификацию области, пройденной огнем, как целостного объекта, имеющего собственные характеристики, отличающие его от соседних здоровых насаждений. Алгоритм включает в себя следующие шаги: выделение на исходном спутниковом изображении однородных по яркости областей с помощью алгоритма сегментации Color Structure Code, построение признакового описания для каждой построенной области, классификация области по имеющемуся вектору признаков. Данный алгоритм был протестирован на наборе спутниковых данных Landsat-TM/ETM+. Локальная настройка параметров для алгоритма позволяет говорить о возможности применения данного алгоритма на больших территориях.

### ИЗМЕРЕНИЕ МАСС СВЕРХМАССИВНЫХ ЧЁРНЫХ ДЫР (СМЧД) В АКТИВНЫХ ЯДРАХ ГАЛАКТИК (АЯГ)

Хорунжеев Г. А.

ИКИ РАН, e-mail: horge@iki.rssi.ru

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

**Цель исследования** — оценка масс СМЧД из выборки 68 близких ( $z < 0,1$ ) активных ядер галактик (АЯГ) Sy1 и Sy2 типа с галактической широтой  $|b| > 5^\circ$ , полученных прибором IBIS/ISGRI рентгеновского обзора всего неба в проекте ИНТЕГРАЛ в диапазоне 17...60 кэВ. Оценка проводилась следующими методами: по эмпирической зависимости масса СМЧД — масса балджа; для объектов Sy1 — по ширине и светимости широких балмеровских линий.

**Методы исследований.** Массы 62 объектов оценены с помощью зависимости А. Graham (2007)  $M-L_K$  масса СМЧД — масса балджа. Была введена поправка на долю балджа в общей светимости галактики. Использовалась фотометрия в  $K_s$ -диапазоне инфракрасного обзора всего неба 2MASS. Проведен учет вклада активного ядра в ИК-светимость галактики.

Второй метод измерения был основан на эмпирической зависимости между массой СМЧД и шириной, светимостью линии H $\beta$  ( $\lambda = 4861 \text{ \AA}$ ), предложенной М. Vestergaard, В. Peterson (2006). Нами проведена серия оптических наблюдений на 1,5-метровом российско-турецком телескопе и получены спектры АЯГ. Этим способом были оценены массы 19 объектов Sy1 из нашей выборки.

**Результаты исследований.** Данные по прямым динамическим измерениям (5 объектов) были добавлены к результатам реверберационных измерений (11 объектов) масс сверхмассивных чёрных дыр и проведено сравнение различных способов определения масс между собой. Непрямые методы согласуются между собой в пределах заявленной их авторами точности. Нами построена  $M-L_K$ -зависимость, основанная на значениях масс и светимости в K-диапазоне 22 АЯГ:

$$\lg(M/M_\odot) = (1,21 \pm 0,05) \lg(L/L_{\odot,K}) - (5,37 \pm 0,56).$$

Было также показано, что для Sy1 яркие АЯГ с  $\log(L_{H\alpha}) > 44,00$  эрг/с дают сильный вклад и в ИК-диапазон, для этих объектов метод оценки при помощи эмпирической зависимости  $M-L_K$  необходимо применять с осторожностью.

### ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС В ЗАДАЧЕ О МАГНИТНОЙ КОЛЛИМАЦИИ ДЖЕТОВ

*Цупко О. Ю.*

ИКИ РАН, e-mail: tsupko@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Бисноватый-Коган Г. С., д-р физ.-мат. наук, проф., ИКИ РАН

В рамках модели коллимации джетов магнито-торсионными колебаниями было проведено исследование динамики джета при различных физических параметрах вещества джета. Проблема динамики джета, коллимированного магнито-торсионными колебаниями, сводится к обыкновенному дифференциальному уравнению, содержащему сингулярность и зависящему от параметра. Найден диапазон параметра, при котором система имеет периодические решения, и исследовали бифуркации этих решений. Использован метод сечения Пуанкаре, чтобы показать существование областей регулярного и хаотического движения. Был исследован переход от периодических решений к хаотическим через последовательность удвоений периода.

Работа частично поддержана грантами Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-8696.2010.2 и ведущих научных школ НШ-3458.2010.2.

### ВЫРОЖДАЮЩАЯСЯ И СТАЦИОНАРНАЯ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ В ТЕПЛОПРОВОДЯЩЕЙ ПЛАЗМЕ

*Чернышов А. А.*

ИКИ РАН, e-mail: achernyshov@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Петросян А. С., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Многие турбулентные течения электропроводящей жидкости не могут быть описаны в рамках несжимаемой среды или сжимаемыми уравнениями в приближении политропии (или адиабатичности), а необходимо рассматривать теплопроводящую плазму с использованием уравнения энергии. Применение метода крупных вихрей для сжимаемой теплопроводящей заряженной жидкости значительно усложняется из-за того, что нужно решать уравнение энергии, в котором после операции фильтрации появляются дополнительные подсеточные слагаемые из-за наличия магнитного поля, требующие разработки теории для их параметризации. В данной работе система сжимаемых магнитогиродинамических (МГД) уравнений для электро- и теплопроводящей жидкости, включающая уравнение сохранения полной

энергии, рассматривается для трех различных турбулентных течений: с малым значением числа Маха, с умеренным значением числа Маха и в режиме сверхзвукового течения. Подробно рассмотрены и предложены параметризации для принципиально новых дополнительных подсеточных слагаемых в уравнении энергии после процедуры фильтрации вследствие наличия сжимаемости и магнитного поля. Получены выражения для внешней силы в уравнении сохранения количества движения и в уравнении магнитной индукции для моделирования стационарной сжимаемой МГД-турбулентности с вынуждающей силой в физическом пространстве. В работе численно исследуются подсеточные модели и спектры сжимаемой МГД-турбулентности космической плазмы для случая теплопроводящего газа.

Работа выполнена при поддержке Фонда «Династия» и гранта Президента РФ (МК-1349.2011.2) по программе поддержки молодых ученых со степенью кандидата наук.

### КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

*Чернышов В. Г., Лантев Д. А.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, ВМиК, e-mail: webcreator18@gmail.com, laptev.d.a@gmail.com

*Научный руководитель:* Ветров Д. П., канд. физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова, ВМиК

Солнечные вспышки — это уникальные по своей мощности процессы выделения энергии (световой, тепловой и кинетической) в атмосфере Солнца.

Жесткое ультрафиолетовое и рентгеновское излучения от вспышек изменяют состояние земной атмосферы, вызывая сильные магнитные бури. Потоки энергичных частиц от протонных вспышек представляют опасность для здоровья и жизни космонавтов в космическом пространстве. Они могут вызывать сбои и деградацию бортовых ЭВМ и других приборов.

Цель исследовательской работы — разработать автоматизированную систему краткосрочного ( $T_f \in [0, 2, 5]$  сут) прогнозирования сильных (класса M1 и сильнее, класс определяется исходя из пиковой величины потока) солнечных вспышек, используя современные методы машинного обучения.

В качестве исходных данных используются изображения со спутника SOHO в формате FITS двух типов: снимки в видимом диапазоне (cont-изображения) и магнетограммы Солнца (magn-изображения).

Прецедент формируется из признаков, выделенных из пары соседних cont-изображений и пары наиболее близких к ним по времени magp-изображений. Примером признака может служить скорость изменения магнитного потока в активной области (далее АО), полученная по двум соседним магнетограммам.

Преимущества разработанного метода перед известными работами [1, 2]:

- создание и использование тестовой базы по солнечной активности с 1997 по 2009 г.: более 300 Гб изображений, несколько тысяч вспышек;
- процедура сферической коррекции для проекции видимой полусферы Солнца на круг; использование эффективных и робастных процедур для выделения АО на cont-изображении (базируется на работе [3]);
- уточнение границ АО по cont-изображению с помощью метода ветвей и границ;
- предложена новая модель вспышечного прецедента; используемые в описании прецедента признаки отражают физическую суть явления и рассчитываются непосредственно из имеющихся серий изображений;
- реализована автоматическая система тестирования на основе алгоритма классификации SVM [4], включающая в себя подбор оптимальных значений параметров для выбранного ядра и выделение наиболее информативных признаков.

На данный момент достигнута точность 75 % при прогнозировании сильных вспышек на реальных данных; для повышения качества классификации ведётся поиск более информативных признаков.

1. *Qahwaji R.* Automatic Short-Term Solar Flare Prediction Using Machine Learning and Sunspot Associations. 2007.
2. *Rong Li, Hua-Ning Wang, Han He et al.* Support Vector Machine combined with K-Nearest Neighbors for Solar Flare Forecasting // Chinese J. Astron. A. Astrophys. 2007. V. 7. N. 3. P. 441–447.
3. *Zharkov S., Zharkova V., Ipson S., Benkhalil A.* Technique for Automated Recognition of Sunspots on Full-Disk Solar Images // EURASIP J. Applied Signal Processing. 2005. V. 2005. P. 2573–2584.
4. *Drucker H., cjc Burges, Kaufman L.* et al. Support vector regression machines // Advances in Neural Information Processing Systems / Eds. Mozer M., Jordan M. I., Petsche T. V. 9. P. 155–161. Cambridge, MA: MIT Press, 1997.

## ПРОЕКТ МОБИЛЬНОГО РОБОТА — ШАГАЮЩЕГО ГРУНТОЗАБОРНОГО УСТРОЙСТВА (ШГЗУ) — РОССИЙСКОЙ КОМАНДЫ «СЕЛЕНОХОД» ДЛЯ УЧАСТИЯ В КОНКУРСЕ GOOGLE LUNAR X PRIZE

*Шаенко А. Ю.; Соколов И. А.*, канд. техн. наук; *Голиков Н. В.; Романов Н. С.; Кушманцев В. Л.; Руппель Д. А.; Бродин Е. В.; Халезов А. Б.; Кужелевский С. В.; Персев И. В.*, канд. техн. наук; *Шахвердян Т. А.; Мальцев С. В.*

ООО «Селеноход», e-mail: selenokhod@selenokhod.com

*Научный руководитель:* Маленков М. И., д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

13 сентября 2007 г. компания Google и фонд X PRIZE объявили о начале конкурса Google Lunar X PRIZE. Согласно условиям конкурса, победителем станет команда, чей мобильный робот (луноход) совершит успешную посадку на Луну, пройдет по ее поверхности не менее 500 м и передаст на Землю видеоизображения высокой четкости.

Единственным российским участником конкурса является команда «Селеноход». Работы по проекту начались в конце 2008 г. К настоящему времени степень проработки достигла уровня предэскизного проекта. Предложена следующая схема проекта: старт на РН «Днепр», перелетно-посадочный модуль (ППМ) разработки НПО им. С. А. Лавочкина, лыжно-шагающий привод ШГЗУ, аналогичный использовавшемуся на ПрОП-М АМС «Марс-3», связь и питание передаются с ППМ по кабелю, работа в районе северного полюса Луны в течение лунного дня.

Основная задача ШГЗУ — многократная доставка на ППМ порций лунного грунта объемом до 150 см<sup>3</sup> с глубины до 80 мм с расстояния до 50 м с целью поиска в нем воды. Дополнительная задача — победа в конкурсе Google Lunar X PRIZE.

В настоящее время проведено проектирование шагающего грунтозаборного устройства, произведен расчет ШГЗУ на инерционные и виброакустические нагрузки при выведении с перегрузкой до 10g, а также анализ его теплового режима при работе на лунном грунте с температурой от 25 до 175 К. Ведутся работы по созданию технологического образца.

Проведенные исследования показывают, что возможно создание мобильного робота массой до 5 кг, способного выполнить поставленные задачи.

### ЭМИССИИ КИСЛОРОДА И ГИДРОКСИЛА НА НОЧНОЙ СТОРОНЕ ВЕНЕРЫ ПО НАДИРНЫМ И ЛИМБОВЫМ ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА VIRTIS-M (VENUS EXPRESS)

*Шакун А. В.*<sup>1</sup>, *Засова Л. В.*<sup>1</sup>, *Пиччиони Дж.*<sup>2</sup>, *Дроссар П.*<sup>3</sup>  
и техническая команда VIRTIS

<sup>1</sup> ИКИ РАН, e-mail: avshakun@iki.rssi.ru

<sup>2</sup> IASF-INAF, Рим

<sup>3</sup> LESIA, Париж

*Научный руководитель:* Засова Л. В., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Одной из научных задач эксперимента VIRTIS было исследование свечения молекулярного кислорода  $O_2$  ( $a^1\Delta_g$ ) на ночной стороне Венеры. Атомарный кислород образуется на дневной стороне планеты в результате фотодиссоциации  $CO_2$ , заносится циркуляцией на ночную сторону, где рекомбинирует с высвечиванием на длине волны 1,27 мкм.

Разработан алгоритм, позволяющий рассчитать интенсивность эмиссии кислорода  $O_2$  ( $a^1\Delta_g$ ) из спектров ночной стороны Венеры, полученных с низким разрешением (~0,01 мкм). Предложенный метод позволяет учесть вклад теплового излучения нижней атмосферы (спектрально неразрешимый пик), отражения от верхней границы облаков, а также сферическую геометрию наблюдения.

Построена карта распределения интенсивности ночного свечения молекулярного кислорода в зависимости от широты и местного времени на Венере. Наблюдается быстрая переменность излучения (максимальное значение превышает 6 МРл). Среднее значение интенсивности, полученное по надирным данным эксперимента VIRTIS, составляет  $0,35 \pm 0,30$  МРл.

В экваториальных широтах распределение эмиссии кислорода имеет максимум свечения в антисолнечной точке. Это указывает на то, что преобладающей модой атмосферной циркуляции на высоте около 100 км является SSAS (движение от подсолнечной точки через терминаторы к антисолнечной точке). На широтах ниже  $20^\circ$  ю. ш. положения максимумов и минимумов свечения говорят о более сложном характере циркуляции, чем SSAS или зональная суперротация.

По лимбовым измерениям получены вертикальные профили распределений эмиссии кислорода (1,27 мкм) и гидроксила (2,60...3,14 мкм). Обнаружена корреляция между характеристиками вертикальных профилей эмиссий OH и  $O_2$ . Возможной причиной наблюдаемой корреляции является связанный механизм образования кислорода и гидроксила в возбужденных состояниях.

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИМПУЛЬСНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

*Шарыкин И. Н.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: ivan.sharykin@phystech.edu

*Научный руководитель:* Струминский А. Б., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН, МФТИ

В работе исследуется взаимосвязь мягкого и жесткого рентгеновского излучения в мощных импульсных вспышках: 23:17 UT 13.09.2005 и 00:26 UT 1.01.2005. Эти события обладали одинаковым характерным временным масштабом развития тепловых процессов, который определяется взаимодействием ускоренных электронов с плазмой. Первые 15 мин эффективная температура, измеренная GOES, в источнике мягкого рентгеновского излучения была пропорциональна логарифму интенсивности жесткого рентгеновского излучения в канале CA RHESSI 25...50 кэВ. В некоторые моменты времени обнаружен явный избыток жесткого рентгеновского излучения по сравнению с наблюдаемым нагревом, что обусловлено взаимодействием ускоренных электронов в короне. Это взаимодействие определяет относительно большую величину энергии обрезания и, следовательно, меньшую мощность пучка электронов, проникающего в хромосферу. В этом случае в интенсивность мягкого рентгеновского излучения доминирующий вклад дает корональный источник, а не вспышечная петля, заполненная горячей плазмой в результате хромосферного испарения.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТАЦИИ МАГНИТНЫХ СИЛОВЫХ ТРУБОК ВБЛИЗИ ДАЛЬНЕГО ШЛЕЙФА ВЕНЕРЫ

*Шахвердян Т. А.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: tigran@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Вайсберг О. Л., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

В работе рассмотрены измерения магнитного поля в дальнем шлейфе Венеры на космическом аппарате «Пионер-Венера» за 10 лет измерений (15 серий прохождения КА в зоне дальнего хвоста,  $\sim 10R_p$ ). В качестве признака того, что измеряемое на этом расстоянии от Венеры магнитное поле может принадлежать силовой трубке, которая имеет сильную массовую нагрузку в области вблизи планеты, принят критерий близкого к оси  $X$  направления магнитного поля (прокси-параметр). В докладе приводятся предварительные результаты анализа распределения полярности магнитного поля на расстоянии 8...12 радиусов в аккреционном хвосте Венеры (progress report).

### НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КЕЛЬВИНА – ГЕЛЬМГОЛЬЦА ДЛЯ ОГРАНИЧЕННОГО В ПРОСТРАНСТВЕ ПОТОКА ПЛАЗМЫ: СРАВНЕНИЕ ТРЁХСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ И МОДЕЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПОТОКА

*Шевелёв М. М.*

ИКИ РАН, e-mail: mposimba@gmail.com

*Научный руководитель:* Буринская Т. М., канд. физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Изучен вопрос о возбуждении неустойчивости Кельвина – Гельмгольца (К-Г) в ограниченном потоке плазмы в рамках двух моделей: поток плазмы, ограниченный двумя параллельными плоскостями, и поток плазмы, ограниченный в пространстве цилиндрической поверхностью. Для обеих моделей аналитически получено общее дисперсионное уравнение. Исследовано развитие неустойчивости К-Г для случаев несжимаемой плазмы и случая плазмы с конечной температурой, исследовано влияние сжимаемости плазмы на устойчивость потока. Построены структуры возмущений магнитного поля. На основе полученных результатов проведено сравнение характерных особенностей развития неустойчивости К-Г для двух данных моделей.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В АНОМАЛИЯХ ГОРЯЧЕГО ПОТОКА

*Шестаков А. Ю.*

МФТИ, ИКИ РАН, e-mail: sartiom@iki.rssi.ru

*Научный руководитель:* Вайсберг О. Л., д-р физ.-мат. наук, ИКИ РАН

Работа посвящена исследованию распределения скоростей частиц плазмы в теле аномалий горячего потока, которые образуются при взаимодействии межпланетных токовых слоев с околоземной ударной волной. Были рассмотрены несколько событий, зарегистрированных на КА «Интербол». По измерениям скорости плазмы вдоль линии пересечения спутником аномальной области вычислено среднее значение. Остаточные значения скоростей были использованы для исследования конвекции плазмы внутри аномалии, в предположении квазистационарной структуры аномалии. Как правило, в теле аномалии определяется область, которую можно рассматривать как источник тепловой и конвективной энергии аномалии. В работе обсуждаются сходства и различия характеристик рассмотренных явлений и конвекции плазмы внутри них.

### НАБЛЮДЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА НА СПУТНИКАХ «КОРОНАС-Ф» И «КОРОНАС-ФОТОН»

*Шестов С. В., Ульянов А. С., Перцов А. А., Кузин С. В.*

ФИАН, e-mail: sshestov@gmail.com

В настоящее время проблема космического мусора (КМ) является одной из важных проблем расширения освоения околоземного космического пространства (ОКП). Каждое взаимное столкновение космических объектов, в том числе с элементами КМ, увеличивает количество последнего.

Для контроля ОКП необходимо развивать системы мониторинга КМ и постоянно обновлять каталоги КМ. Наблюдение мусора с борта космических аппаратов имеет ряд преимуществ по сравнению с наземными телескопическими наблюдениями. Сюда можно отнести лучшие условия для наблюдений, потенциально большее пространство для обзора.

Так как запуск специализированных спутников для мониторинга КМ является довольно дорогим решением этой проблемы, мы оценили возможности по наблюдению КМ с помощью звездных датчиков, которыми оборудовано большое количество космических аппаратов. Наблюдение частиц КМ с помощью звездных датчиков было проведено в ФИАН на спутниках «Коронас-Ф» (2001–2005) и «Коронас-Фотон» (2009).

Звездный датчик представляет собой оптическую камеру с полем зрения  $\sim 8^\circ$ , с осью визирования, перпендикулярной главной (солнечной) оси спутника. Кроме непосредственно изображения звезд, на некоторых кадрах звездных датчиков присутствовали треки КМ. Протяженность треков вызвана относительным движением элементов КМ и спутника за время экспозиции.

За время проведения эксперимента СПИРИТ получено более 20 тыс. кадров звездных датчиков (общее время наблюдений составило более 12 ч), из них 85 кадров содержат треки, ассоциированные с КМ. Во время проведения эксперимента ТЕСИС получено более 79 тыс. кадров звездных датчиков (что соответствует времени наблюдения  $\sim 2,7$  сут), из них  $\sim 390$  кадров содержат треки, ассоциированные с КМ.

Были созданы алгоритмы для автоматического поиска кадров, содержащих треки, выделения треков КМ из сигналов, оставляемых в ПЗС-матрицах заряженными частицами. В настоящее время идет предварительная обработка параметров орбиты элементов КМ.

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА СПУТНИКОВ МАРСА***Шибанова М. С.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет, e-mail: marusja89@bk.ru  
*Научный руководитель:* Лазарев Е. Н., канд. техн. наук,  
 ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова

При картографировании спутников Марса Фобоса и Деймоса возникают определенные сложности. Во-первых, форму поверхности таких небесных тел нельзя точно аппроксимировать шаром или двухосным эллипсоидом. В частности, поверхность Фобоса лучше аппроксимируется трехосным эллипсоидом со следующими осями:  $13,4 \times 11,2 \times 9,2$  км [1]. Например, часто используемый при составлении карт земной поверхности программный пакет ArcGIS позволяет применить в качестве аппроксимирующей поверхности только двухосный эллипсоид, для которого были выбраны оси 11,2 и 9,2 км.

Во-вторых, важную роль в построении карты поверхности небесного тела играет разрешение выбранной цифровой модели рельефа (ЦМР). Для построения гипсометрической карты Фобоса была использована ЦМР с разрешением  $0,5^\circ$  [2], а для построения карты Деймоса —  $5^\circ$  [3]. В связи с этим, для построения горизонталей и светотеневой отмывки рельефа выбирался наиболее подходящий и корректный способ интерполяции.

И, наконец, геоинформационные программные продукты часто не позволяют учитывать неправильную форму небесного тела при создании 3D-моделей рельефа, которые помогают изучить морфологические особенности кратеров и наглядно показать рельеф.

С учетом вышеперечисленных особенностей были созданы карты полушарий Фобоса и Деймоса в ортографической проекции [4] в масштабе 1:60 000. Для наглядного изображения рельефа спутников была разработана особая высотная шкала, выполненная в цветовой гамме, соответствующей реальным цветам поверхности. Спутники Марса всегда повернуты к планете одной стороной, поэтому полушария были выбраны таким образом, что одно из них является видимой стороной для гипотетического наблюдателя на Марсе, а другое — обратной. Для составления карт были использованы ЦМР, полученные по данным съемок космических аппаратов Mars-Express и Viking [2, 3].

1. *Seidelman P. K. et al.* Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 2006. V. 98. P. 155–180.
2. *Wählisch M., Willner K. et al.* Phobos control point network, rotation, and shape // *Earth and Planetary Science Letters*. 2009. V. 294. P. 549–550.
3. *Thomas P. C.* // *Icarus*. 1993. V. 105. P. 326.
4. *Бугаевский Л. М., Цветков В. Я.* Геоинформационные системы. М.: Златоуст, 2000. 222 с.

**СВОБОДНОМОЛЕКУЛЯРНОЕ ТЕЧЕНИЕ РАБОЧЕГО ГАЗА В УСКОРИТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ ХОЛЛОВСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ***Шумилин А. В., Шумилин Н. В.*

МИЭМ, e-mail: awshumilin@mail.ru,  
*Научный руководитель:* Чумаченко Е. Н., д-р техн. наук, проф.,  
 ИКИ РАН, МИЭМ

Холловские электрические ракетные двигатели (ЭРД) в настоящее время широко используются в качестве двигателей коррекции орбиты долгоживущих космических аппаратов. При этом в условиях, в которых работает двигатель, длина ионизационного выгорания получается много меньшей, чем длина свободного пробега и ширина разрядного канала. То есть критерий свободномолекулярности для этого случая выполняется с большим запасом. По этой причине вполне правомерно считать, что атомы до своей гибели движутся прямолинейно и с постоянными скоростями, то есть разлет нейтралов можно считать кнудсеновским (свободномолекулярным).

Поскольку разлет нейтралов в канале ЭРД происходит в свободномолекулярном режиме, то для его описания и определения вероятности ионизации рабочего газа следует исходить из кинетического уравнения, а не из уравнения непрерывности с использованием предположения о постоянстве гидродинамической скорости, как это обычно делается.

В работе рассмотрен свободномолекулярный разлет нейтральных частиц в условиях сильного ионизационного выгорания в кинетическом приближении для произвольной полуизотропной функции распределения частиц по скоростям на поверхности эмиттера.

С использованием решения кинетического уравнения получены выражения для вероятности ионизации рабочего газа при различных функциях распределения нейтралов по скоростям на эмитирующей поверхности. Показано, что кинетическое решение дает несколько меньшие значения вероятности ионизации, чем гидродинамический подход при небольших расстояниях от эмитирующей поверхности.

Эти решения могут быть использованы при анализе структуры газового потока в разрядах низкого давления с протоком рабочего газа и интенсивным ионизационным выгоранием. В частности, полученные решения позволяют более корректно вычислить вероятность ионизации рабочего газа в канале холловских ЭРД.

## ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА В ДИОДНОМ ПРОМЕЖУТКЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

*Шумилин Н. В., Шумилин А. В.*

МИЭМ, e-mail: shumilinhell@mail.ru ,

*Научный руководитель:* Чумаченко Е. Н., д-р техн. наук, проф., ИКИ РАН, МИЭМ

Рассмотрена классическая задача об электронном потоке в диодном промежутке. Суть задачи сводится к следующему: имеются две бесконечные плоскости, одна из которых является источником электронов (катод), а другая, имея положительный потенциал относительно катода, полностью поглощает поступающий на нее поток электронов. В качестве граничного условия на катоде рассматривается произвольное полуизотропное в пространстве скоростей распределение электронов. Для простоты считается, что катод работает в режиме недокала, то есть электрическое поле на его поверхности отлично от нуля и провисание потенциала отсутствует.

В модели холодной плазмы, в которой фактически предполагается, что все электроны движутся с одинаковыми гидродинамическими скоростями, концентрация электронов по мере удаления от катода, естественно, падает, происходит их ускорение.

При кинетическом описании электронного потока в диодном промежутке использовано бесстолкновительное кинетическое уравнение. Получено общее решение с учетом принятого граничного условия. По мере удаления от катода ускорение электронов происходит при любой начальной функции распределения.

Путем усреднения исходного кинетического уравнения получены уравнения модели теплой плазмы. Обычно считается, что, по сравнению с моделью холодной плазмы, модель теплой плазмы дает более точное описание происходящих в плазме процессов. Однако в нашем случае для начальной максвелловской функции распределения электронов по скоростям эта модель предсказывает торможение электронного потока при удалении от катодной поверхности. Обнаруженный эффект неадекватности описания электронного потока с помощью модели теплой плазмы не зависит от величины электрического поля на катоде и имеет место при сколь угодно малых плотностях электронного тока. Оказывается, что для начального максвелловского распределения тепловой поток при удалении от катода убывает настолько быстро, что производной от теплового потока по координате вблизи катода пренебречь нельзя.

## РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛИНДРОВ ФАРАДЕЯ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ПРИБОРОМ БМСВ

*Юрасов А. С.*

МГУ им. М. В. Ломоносова, физический факультет, e-mail: yurale@yandex.ru

*Научный руководитель:* Рязанцева М. О., канд. физ.-мат. наук,

НИИЯФ МГУ им. М. В. Ломоносова, ИКИ РАН

*Научные консультанты:* Застенкер Г. Н., д-р физ.-мат. наук, Колоскова И. В., Шевырев Н. Н., ИКИ РАН

В эксперименте по определению основных параметров солнечного ветра (СВ) с помощью прибора БМСВ, который разрабатывается в ИКИ РАН, в качестве датчиков потока ионов используются цилиндры Фарадея. На их управляющие сетки подается пилообразное положительное (т. е. тормозящее ионы) напряжение в диапазоне от 200 В до 3,7 кВ. В соответствии с этим выходные токи датчиков будут представлять собой интегральные энергетические спектры, т. е. запирающие характеристики, в которых ток коллектора уменьшается с увеличением приложенного напряжения.

Преимуществом цилиндров Фарадея перед другими типами датчиков является возможность достичь с их помощью очень высокого временного разрешения (от одной секунды до сотых долей секунды) в определении изучаемых величин. Такое определение предполагается производить, сопоставляя результаты измерений с заранее рассчитанной библиотекой откликов — набором интегральных энергетических спектров для различных скоростей, температур и углов падения потока СВ. Поэтому задачей данной работы являлось проведение расчета такой многомерной библиотеки для возможно более широкого набора параметров. Для проведения систематического расчета была разработана специальная программа, позволившая создать базу откликов датчика (т. е. его угловых и запирающих характеристик) в зависимости от различных входных параметров СВ — переносной скорости от 100 до 800 км/с, ионной температуры от 0,1 до 300 эВ и углов падения от 0 до 30°.

Существенным является доказанное в данной работе утверждение, что в широкой области изменения параметров СВ вид интегральных спектров полностью определяется углом падения потока и величиной отношения переносной скорости ионов к их тепловой скорости. В работе определены рамки применимости этого положения.

Рассмотрена также возможность с помощью этой же базы откликов определять параметры не только потока протонов, но и альфа-частиц в СВ.

## СПИСОК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

1. **Абубекеров М. К., Гостев Н. Ю.** Анализ кривой блеска двойной системы с экзопланетой HD 189733. . . . . 15
2. **Алов М. Д.** Восстановление полей температуры и аэрозоля в атмосфере Марса по данным прибора ПФС КА MARS-EXPRESS. . . . . 16
3. **Андреев Д. Г.** Генерация быстрых частиц стохастическими электрическими полями . . . . . 16
4. **Артемов А. В.** Устойчивость токовых слоёв с учётом эффектов пролётных частиц . . . . . 17
5. **Балашов И. В., Бурцев М. А., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Прошин А. А.** Разработка единого распределённого каталога центрального, сибирского и дальневосточного Центров приема и обработки спутниковой информации . . . . . 18
6. **Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Толпин В. А.** Картографический сервис SMISWMS . . . . . 19
7. **Бурлаков А. В.** Полная микрофизическая модель конденсационных облаков воды в атмосфере Марса . . . . . 20
8. **Бутаков Ю. А.** Исследование собственного излучения периодически неровной водной поверхности . . . . . 21
9. **Васько И. Ю.** Двумерный цилиндрический токовый слой . . . . . 22
10. **Вольнова А. А.** Глубокий обзор галактик в поле гамма-всплеска GRB 051008 . . . . . 23
11. **Воронин П. В.** Теорема о геометрических местах локализации тригональных точек либрации в пространстве бинарной системы, стабилизированной во внешнем ортогональном магнитном поле. . . . . 23
12. **Гаврик Ю. А.** Результаты моделирования эксперимента радиопросвечивания ионосферы Венеры. . . . . 25
13. **Глушихина М. В.** Перенос тепла в замагниченной нейтронной звезде. . . . . 26
14. **Григоренко Е. Е.** Ускорение ионов в хвосте магнитосферы Земли и структура пограничного плазменного слоя . . . . . 27
15. **Григорьев А. В.** Тонкая структура области вспышки супермазерного излучения в Орионе КЛ, период молчания 2003 г. . . . . 27
16. **Грицык П. А.** Жёсткое рентгеновское излучение солнечных вспышек в модели толстой мишени с обратным током. . . . . 28
17. **Долгоносов Н. В.** Метод фильтрации опорной выборки для локально-адаптивной классификации земной поверхности по спутниковым данным . . . . . 29
18. **Евдокимова Н. А.** Исследование взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности в климатическом цикле марса по данным гиперспектрометра OMEGA КА MARS-EXPRESS. . . . . 30
19. **Егоров Е. С.** Моделирование импактных процессов . . . . . 31
20. **Ерохин А. Н.** Условия захвата и серфотронного ускорения электронов электромагнитной волной в космической плазме . . . . . 32
21. **Ерохина О. С.** Моделирование движения криобота в системе MSC PATRAN/NASTRAN . . . . . 33
22. **Жарко В. О., Плотников Д. Е.** Использование временных серий спутниковых данных для распознавания сельскохозяйственных культур . . . . . 34
23. **Заева М. А.** Двухступенчатый многоканальный фазовый обнаружитель. . . . . 35
24. **Зайцев М. А.** Хромато-масс-спектрометрический анализ продуктов моделирования ударных процессов в атмосфере Титана . . . . . 36
25. **Захаренкова И. Е., Черняк Ю. В., Шагмуратов И. И.** Исследование сейсмо-ионосферных эффектов по данным ГНСС GPS/ГЛОНАСС и низкоорбитального спутника CHAMP . . . . . 37
26. **Зимовец И. В.** Исследование свойств коронального источника вспышечного энерговыделения . . . . . 37
27. **Исмаилова Э. С.** Исследование рентгеновских источников IGR J17473-2721 И IGR J17419-2802 по данным наблюдений обсерватории «Интеграл» . . . . . 38
28. **Камардин И. С., Матвеев А. М., Мазуров А. А. (мл.)** Использование метода слияния изображений для улучшения пространственного разрешения в технологиях мониторинга растительности . . . . . 39
29. **Капранов В. В., Бурцев М. А.** Автоматизированное построение композитных безоблачных мозаик по данным КА Landsat на произвольные регионы . . . . . 39
30. **Каримова С. С.** Результаты наблюдения вихревых структур Балтийского, Черного и Каспийского морей по спутниковым радиолокационным данным . . . . . 40
31. **Кастильо А. Х.** Усредненные силы, действующие на заряженные частицы в поле мощного излучения . . . . . 41
32. **Катушкина О. А.** Ширина линии рассеянного солнечного лайман-альфа-излучения как способ диагностики свойств границы гелиосферы. . . . . 42
33. **Кириченко А. С., Богачев А. С., Кузин С. В.** Формирование высокотемпературной плазмы в солнечных микровспышках по данным прибора «ТЕСИС/КОРОНАС-ФОТОН» . . . . . 43



34. **Кирьянова Е. Ю.** Выявление динамичности свойств почв по космическим снимкам Landsat (на примере тестового участка в Саратовской области) . . . . . 44
35. **Клепнев А. С.** Модели аккреционных дисков высокой светимости вокруг черных дыр . . . . . 45
36. **Козлов Д. А.** Медленные магнитозвуковые колебания в плазмосфере Земли. . . . . 45
37. **Колбудаев П. А.** Разработка алгоритма автоматического детектирования облаков и теней по спутниковым данным Landsat-TM . . . . . 46
38. **Корнева Н. Н., Говоров А. В., Назаров В. Н.** Способы визуализации и форматы хранения стереоизображения. . . . . 46
39. **Кривошеев Ю. М.** Механизмы нагрева субрелятивистских джетов. . . . . 47
40. **Кузичев И. В.** Рассеяние свистовых волн на мелкомасштабных неоднородностях в околоземной плазме. . . . . 47
41. **Леденцов Л. С.** О разрывных течениях плазмы в окрестности пересоединяющих токовых слоев. . . . . 49
42. **Ледков А. А., Аббакумов А. С.** Программный комплекс расчета и визуализации баллистической информации для планетарных миссий. . . 50
43. **Луковникова А. А., Кравцова М. В., Сдобнов В. Е.** Апробация метода спектрографической глобальной съемки по усеченной сети станций космических лучей . . . . . 51
44. **Майоров Б. С., Васильев А. В., Vibration J.-P., Vincendon M.** Восстановление характеристик марсианского аэрозоля для двух фракций по данным прибора OMEGA миссии MARS-EXPRESS. . . . . 52
45. **Мамаев А. С., Прошин А. А., Флитман Е. В.** Система единой аутентификации пользователей для обеспечения работы с распределенными информационными ресурсами . . . . . 53
46. **Матвеев А. М., Мазуров А. А., Балашов И. В.** Репроецирование спутниковых данных на основе ГРИД-технологий . . . . . 54
47. **Меркулов Е. С.** Возможность безотражательного прохождения электромагнитной волны через слой неоднородной магнитоактивной плазмы. . . . . 55
48. **Минаев П. Ю.** Поиск транзиентных гамма-событий, зарегистрированных телескопом *spri* обсерватории INTEGRAL. . . . . 56
49. **Москаленко Т. С., Плотников Д. Е.** Алгоритм заполнения пропущенных данных, фильтрации выбросов и сглаживания временных рядов значений вегетационных индексов . . . . . 56
50. **Мысина О. А.** Ориентация составного тела переменной структуры . . . . 57
51. **Нестеров Д. А.** Обработка стереоизображений, полученных радиополяриметрическим методом. . . . . 58
52. **Нурмухаметов А. Р.** Исследование тел екоммунікаційних зв'язей между глобальным тропическим циклогенезом и явлением *Enso* . . . . . 59

53. **Олемской С. В., Кичатинов Л. Л.** Генерация крупномасштабных магнитных полей солнца в модели динамо с нелокальным альфа-эффектом . . . . . 60
54. **Петухов И. С.** Динамика интенсивности галактических космических лучей в окрестности фронта межпланетной ударной волны. . . . . 60
55. **Петухов И. С.** О форме фронта межпланетной ударной волны . . . . . 61
56. **Петухов И. С., Портнягин Д. Н.** Диффузионная модель инжекции солнечных космических лучей в межпланетное пространство . . . . . 61
57. **Поверенный М. В.** Безотражательное прохождение электромагнитной волны через неоднородную киральную плазму . . . . . 62
58. **Полякова Е. В.** Оценка состояния лесных сообществ на территории разработки месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова по данным дистанционного зондирования Земли . . . . . 63
59. **Попова Е. П.** Влияние меридиональных потоков на динамо-волны вблизи солнечных полюсов. . . . . 63
60. **Поповин С. Ю.** Изгибная неустойчивость одномерного цилиндрического токового слоя. . . . . 64
61. **Проворникова Е. А.** Моделирование нестационарных явлений в гелиосферном ударном слое. . . . . 65
62. **Проворникова Е. А.** Время жизни холодных межзвездных облаков в горячей плазме . . . . . 66
63. **Просветов А. В.** Изучение внутренней области диска в источнике GX 339-4 во время его вспышки 2007 г. . . . . 67
64. **Птицына О. В.** О механизме переноса тепла в переходном слое между короной и хромосферой солнца . . . . . 68
65. **Рахманова Л. С.** Динамика резких возмущений плотности плазмы и модуля магнитного поля при переходе из солнечного ветра в магнитослой . . . . . 68
66. **Рева А. А.** Исследование динамики макроспикул с помощью ВУФ-телескопа «ТЕСИС/КОРОНАС-ФОТОН» . . . . . 69
67. **Рудометкин Е. А.** История энерговыделений в M87 . . . . . 70
68. **Сазонов Д. С.** Общий алгоритм определения параметров ветровых гравитационно-капиллярных волн по данным угловых радиополяриметрических измерений . . . . . 71
69. **Селиванова А. С., Чистяков А. А.** Теоретическое изучение роста пленок NaCl по плоскостям (001), (110) и адсорбции на них молекулярного водорода . . . . . 72
70. **Семена А. Н.** Анализ физических параметров аккреционной колонки у поверхности белых карликов на основе замывания вариаций яркости . . . . . 73
71. **Сербинов Д. В.** Космический эксперимент на МКС «Монитор всего неба». . . . . 73
72. **Собьянин Д. Н.** О радиовспышках RRAT . . . . . 74

73. **Стыченко Ф. В.** Оценка степени повреждения лесов пожарами на территории Московской области с использованием спутниковых данных различного пространственного разрешения . . . . . 75
74. **Тарасевич С. В.** Нелинейная динамика магнитогидродинамических течений тяжелой жидкости на ровной границе в приближении мелкой воды. Простые волны и задача Римана . . . . . 76
75. **Усанин В. С.** Единая самосогласованная модель движения кометы Энке. . . . . 77
76. **Федоренко А. Н.** Управление космическим аппаратом с помощью солнечного паруса. . . . . 78
77. **Федотов Ю. А.** Радиополяриметрические исследования взаимодействия пузырьков газа с водной поверхностью. . . . . 79
78. **Филиппова О. В.** Разработка однокаскадной зеркальной бленды для звездного датчика. . . . . 80
79. **Хабидуллин И. И.** Моделирование методом монте-карло спектра системы джетов SS433 в линиях стандартного рентгеновского диапазона . . . . . 81
80. **Хайруллина Г. Р.** Широтная структура межгодовых колебаний и трендов радиотеплового поля . . . . . 82
81. **Хвостиков С. А.** Использование спутниковых данных при адаптации имитационной модели растительности SEVER для применения в российских условиях . . . . . 83
82. **Ховратович Т. С.** Алгоритм выявления площадей, поврежденных пожарами, по спутниковым данным высокого пространственного разрешения Landsat-ETM+. . . . . 84
83. **Хорунжев Г. А.** Измерение масс сверхмассивных чёрных дыр (СМЧД) в активных ядрах галактик (АЯГ) . . . . . 85
84. **Цупко О. Ю.** Динамический хаос в задаче о магнитной коллимации джетов . . . . . 86
85. **Чернышов А. А.** Вырождающаяся и стационарная магнито-гидродинамическая турбулентность в теплопроводящей плазме. . . . . 86
86. **Чернышов В. Г., Лаптев Д. А.** Краткосрочное прогнозирование солнечной активности . . . . . 87
87. **Шаенко А. Ю.; Соболев И. А.; Голиков Н. В.; Романов Н. С.; Кушманцев В. Л.; Руппель Д. А.; Бродин Е. В.; Халезов А. Б.; Кужелевский С. В.; Персев И. В.; Шахвердян Т. А.; Мальцев С. В.** Проект мобильного робота — шагающего грунтозаборного устройства (ШГЗУ) — российской команды «Селеноход» для участия в конкурсе GOOGLE LUNAR X PRIZE . . . . . 89
88. **Шакун А. В., Засова Л. В., Пиччиони Дж., Дроссар П. и техническая команда VIRTIS.** Эмиссии кислорода и гидроксидов на ночной стороне Венеры по надирным и лимбовым данным эксперимента VIRTIS-M (Venus Express) . . . . . 90

89. **Шарыкин И. Н.** Энергетические процессы в импульсных солнечных вспышках . . . . . 91
90. **Шахвердян Т. А.** Распределение ориентации магнитных силовых трубок вблизи дальнего шлейфа Венеры . . . . . 91
91. **Шевелёв М. М.** Неустойчивость Кельвина—Гельмгольца для ограниченного в пространстве потока плазмы: сравнение трёхслойной модели и модели цилиндрического потока. . . . . 92
92. **Шестаков А. Ю.** Исследование поля скоростей в аномалиях горячего потока . . . . . 92
93. **Шестов С. В., Ульянов А. С., Перцов А. А., Кузин С. В.** Наблюдение космического мусора на спутниках «Коронас-Ф» и «Коронас-Фотон» . . . . . 93
94. **Шибанова М. С.** Картографирование рельефа спутников Марса . . . . . 94
95. **Шумилин А. В., Шумилин Н. В.** Свободномолекулярное течение рабочего газа в ускорительном канале холловского электрического ракетного двигателя . . . . . 95
96. **Шумилин Н. В., Шумилин А. В.** Описание электронного потока в диодном промежутке в электрическом поле . . . . . 96
97. **Юрасов А. С.** Расчет энергетических характеристик цилиндров Фарадея, используемых для определения параметров солнечного ветра прибором БМСВ. . . . . 97

055(02)2

Ротап rint ИКИ РАН  
Москва, 117997, Профсоюзная ул., 84/32

Подписано к печати 4.04.2011

Заказ 2238

Формат 70×108/32

Тираж 120

5 уч.-изд. л.