



МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

**XV Конференция молодых ученых
«Взаимодействие полей и излучения с веществом»**

11–16 сентября 2017 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Иркутск-2017

Ректор Школы, сопредседатель Программного комитета —
научный руководитель ИСЗФ СО РАН, академик РАН Г.А. Жеребцов

Сопредседатель Программного комитета —
член-корреспондент РАН А.П. Потехин

Зам. председателя Программного комитета —
член-корреспондент РАН В.М. Григорьев

Председатель оргкомитета Школы —
зам. директора ИСЗФ СО РАН, д.ф.-м.н. С.В. Олемской

Ответственный секретарь Школы —
инженер 1 кат. И.П. Яковлева

Организаторы мероприятия:

- Институт солнечно-земной физики СО РАН;
- Иркутский государственный университет;
- Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;
- Московский физико-технический институт

Мероприятие проводится при финансовой поддержке Государственной корпорации «Ростех» и Федерального агентства научных организаций (ФАНО России).

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ЛЕКЦИИ

ЧТО ВОЛНУЕТ СЕГОДНЯ АСТРОФИЗИКОВ?

Ю.Ю. Балега

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, Россия
balega@sao.ru

WHAT DO ASTROPHYSICISTS CARE ABOUT TODAY?

Yu.Yu. Balega

Special Astrophysical Observatory RAS, Nizhny Arkhyz, Russia

Из огромного числа направлений, в которых ведут исследования астрономы, выделены несколько вызывающих наибольший интерес. К ним мы отнесли следующие:

- Существуют ли земноподобные планеты вокруг других звезд, одиноки ли мы?
- Насколько типична наша Солнечная система?
- Когда сформировались звезды в галактиках?
- Как образовались галактики?
- Сколько во Вселенной супер-массивных черных дыр?
- Когда и где формировались звезды и химические элементы?
- Какими были первые объекты?
- Как завершилась темная эпоха?
- Сколько типов материи существует, что собой представляет темная материя и где она?
- Что такое темная энергия? Эволюционирует ли она? Каких видов она бывает?

Нами рассмотрены также наиболее амбициозные проекты новых инструментов для астрофизических исследований, включая создание Европейского экстремально большого телескопа E-ELT, 30-м телескопа TMT США, Большого синоптического телескопа LGST, 6.5-м телескопа JWST на орбите и другие. В ближайшие десятилетия они позволят решить значительную часть поставленных задач и сформулировать ряд новых.

ПЛАЗМЕННАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЫ В ПОЛЕ МОЩНЫХ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

С.М. Грач

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
sgrach@rf.unn.ru

PLASMA TURBULENCE OF THE UPPER IONOSPHERE IN THE FIELD OF POWER SHORT RADIO WAVES. PHYSICAL BACKGROUNDS

S.M. Grach

Lobachevsky University, Nizhny Novgorod, Russia

В лекции кратко излагаются основные свойства искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) в области отражения мощной радиоволны обыкновенной поляризации (с частотой f_0) и описываются физические процессы, лежащие в основе ее возбуждения. ИИТ включает в себя высокочастотные квазипотенциальные плазменные волны с частотой

тами $f \sim f_0$ и различные низкочастотные возмущения: ионно-звуковые и нижнегибридные волны, вынужденные ионно-звуковые колебания, неоднородности концентрации плазмы, вытянутые вдоль геомагнитного поля, с поперечными масштабами от десятков сантиметров до километров. Высокочастотные плазменные волны ускоряют электроны до энергий 10–50 эВ, что, в результате столкновений этих электронов с нейтральными частицами, приводит к дополнительной ионизации ионосферной плазмы, в том числе к образованию искусственных отражающих слоев и к генерации оптического свечения ионосферы. Нагрев электронов электрическим полем плазменных волн приводит к подавлению фонового свечения за счет уменьшения концентрации возбужденных нейтральных частиц из-за уменьшения коэффициента рекомбинации с ростом температуры. Рассмотрены свойства искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) и возможности исследования свойств ИИТ с помощью ИРИ, в том числе зависимость основных свойств ИИТ от соотношения f_0 и гармоник электронной циклотронной частоты. Обсуждаются результаты исследования модификации профиля электронной концентрации в ионосфере под действием мощной радиоволны.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ ПО ЗЕМНОМУ ШАРУ И РОЛИ МОЛНИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Е.А. Мареев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
mareev@appl.sci-nnov.ru

ON THE DISTRIBUTION OF THUNDERSTORM ACTIVITY OVER THE GLOBE AND ROLE OF LIGHTNING IN THE GLOBAL ELECTRIC CIRCUIT

E.A. Mareev

Institute of Applied Physics RAS, Nizhniy Novgorod, Russia

Лекция посвящена проблемам физики молнии и параметризации грозовой активности и ионосферного потенциала в моделях прогноза погоды и климата. Лекция содержит три основных раздела.

1. Методы мониторинга молниевой активности. Обзор современных грозолокационных сетей, включая глобальные сети WWLLN и GLD-360. Распределение молниевой активности по земному шару на основе глобальных сетей и оптических спутниковых данных. Отдельно рассматриваются сети мониторинга внутриоблачной молниевой активности в УКВ-диапазоне и LMA как наиболее развитая из них.

2. Статистические распределения молниевых вспышек по пиковому току. Основное внимание уделено физическим процессам и механизмам, определяющим статистику молний по току и энергии. Отдельно рассмотрены первые и последующие компоненты отрицательных вспышек облако—земля.

3. Учет атмосферных электрических явлений в моделях прогноза погоды и климатических моделях высокого разрешения. Проблема параметризации молниевых вспышек и ионосферного потенциала. Вариация молниевой активности в период Эль-Ниньо. Учет обратных связей между электрическими явлениями, изменениями состава и радиационным балансом. Нарботка окислов азота разрядами молнии в атмосфере.

The lecture is devoted to the problems of physics of lightning and parameterization of lightning activity and ionospheric potential in the models of weather and climate forecast. The lecture includes three main sections.

1. Methods of monitoring the lightning activity. Overview of modern lightning networks, including global networks WWLLN and GLD-360. Distribution of lightning activity over the globe on the basis of global networks and optical satellite data. Separately, monitoring networks

for intracloud lightning activity in the VHF band and LMA as the most developed of them are considered.

2. Statistical distributions of lightning flashes over peak current. The main attention is paid to physical processes and mechanisms that determine the statistics of lightning in terms of current and energy. Separately, the first and subsequent components of negative cloud-to-ground flashes are considered.

3. Accounting for atmospheric electrical phenomena in weather prediction models and high-resolution climate models. The problem of the parametrization of lightning flashes and the ionospheric potential. Variation of lightning activity during the El Niño. Allowance for feedback between electrical phenomena, composition changes and the radiation balance. Particular attention is paid to the problem of the production of nitrogen oxides by lightning discharges in the atmosphere.

ИОНОСФЕРНЫЙ ОТКЛИК НА ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.А. Похотелов

Институт физики Земли РАН, Москва, Россия
pokh@ifz.ru

IONOSPHERIC RESPONSE TO NATURAL AND ANTHROPOGENIC ACTION

O.A. Pokhotelov

Institute of Earth's Physics RAS, Moscow, Russia

В последние годы пристальное внимание уделяется изучению генерации электромагнитных волн в высоких широтах в УНЧ/СНЧ-диапазоне. Эти колебания обычно наблюдаются как наземными, так и спутниковыми средствами в разные периоды местного времени. Особое внимание уделяется генерации таких волн в так называемом ионосферном альфвеновском резонаторе (ИАР). С использованием реалистичных моделей нижней ионосферы были проанализированы физические свойства взаимодействия ИАР с магнитосферным конвективным потоком. Показано, что в отсутствие такого потока собственные моды ИАР подвержены сильному затуханию из-за утечки волновой энергии через верхнюю стенку резонатора и джоулевой диссипации в проводящей ионосфере. Максимальное затухание возникает, когда ионосферная проводимость совпадает с волновой проводимостью резонатора, и становится формально бесконечным. Наличие же холловской дисперсии, обусловленной зацеплением альфвеновской и магнитозвуковой мод, снимает эту сингулярность, и затухание становится конечным. Усиление магнитосферной конвекции приводит к существенной перестройке собственных мод ИАР и уменьшению их затухания. Для заданного поперечного волнового числа положение максимума затухания сдвигается в область меньшей ионосферной проводимости. Когда величина поля конвекции достигает определенного критического значения, резонатор становится неустойчивым. Эта неустойчивость получила название неустойчивости с положительной обратной связью. Физический механизм этой неустойчивости сходен с механизмом черенковского излучения в бесстолкновительной плазме. Наиболее благоприятные условия для ее возникновения реализуются в плазме с низкой проводимостью, т. е. в ночных условиях. Результатом неустойчивости может стать уменьшение электрического поля конвекции, необходимого для образования турбулентного альфвеновского слоя и появления аномальной проводимости в области локализации ИАР. Дан также обзор и искусственной генерации этих волн с помощью нагревных стендов типа EISCAT, HIPAS и HAARP. Моделирование наземного отклика усложняется тем обстоятельством, что на рассматриваемых частотах скин-длина сопоставима с толщиной ионосферы и необходимо учитывать пространственную

вертикальную структуру ионосферы. Кроме того, из-за наличия холловской проводимости магнитозвуковые и альфвеновские волны зацеплены друг с другом, обеспечивая сложный характер их взаимодействия. В данной модели генерация магнитного звука в F-области модулированным ВЧ-нагревом не зависит от наличия электроджета и может происходить в областях, далеких от области аврорального электроджета.

ЭФФЕКТЫ ИОНИЗАЦИИ В АТМОСФЕРЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВОПРОСАХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

С.А. Пулинец

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
pulse@rssi.ru

IONIZATION EFFECTS IN THE ATMOSPHERE AND POSSIBILITIES FOR THEIR USING IN PREVENTION NATURAL AND TECHNOGENIC DISASTERS

S.A. Pulinets

Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

Основными источниками ионизации атмосферы являются природная радиоактивность Земли (в основном радон, его изотопы и дочерние продукты), галактические и солнечные космические лучи. Солнечное электромагнитное излучение (ультрафиолет и рентген) оказывают воздействие на верхние слои на высотах ионосферы и в настоящем исследовании не рассматриваются. Эффекты от обоих источников ионизации практически идентичны и могут рассматриваться в рамках единого механизма. Последствия или эффекты ионизации условно можно разделить на три группы: тепловые, метеорологические и электромагнитные. С точки зрения физико-химических процессов, приводящих к этим эффектам, следует рассматривать формирование легких ионов как первую ступень ионизации, кластеризацию за счет гидратации первичных ионов (ion induced nucleation), изменение химического состава атмосферы в результате плазмохимических реакций и рост образованных частиц до размеров аэрозолей субмикронного и микронного размеров, выделение скрытой теплоты в результате присоединения молекул воды к ионным кластерам, изменение электрической проводимости тропосферы и индуцирование неоднородностей электронной концентрации в ионосфере.

В качестве природных явлений, наблюдаемых как результат ионизации, будут рассмотрены формирование тепловых и ионосферных аномалий над зонами подготовки сильных землетрясений, формирование облаков под воздействием галактических космических лучей, усиление и формирование тропических ураганов вследствие форбуш-эффекта космических лучей, роль долговременных вариаций потоков галактических лучей в глобальных изменениях климата.

ВИХРЕВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ПОЛЯ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

О.В. Тихомирова, В.П. Аксенов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
science@iao.ru

VORTEX OPTICAL FIELDS IN A TURBULENT ATMOSPHERE

O.V. Tikhomirova, V.P. Aksenov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Представлены результаты исследований распространяющихся в турбулентной среде оптических пучков с винтовыми особенностями волнового фронта. Обладающие такими особенностями световые поля называются вихревыми и являются предметом изучения в сингулярной оптике. Рассмотрены свойства оптических вихрей, условия их возникновения и трансформации, пространственная динамика потоков энергии в вихревых полях. Показана возможность эффективного использования вихревых лазерных пучков в атмосферных линиях связи.

Results of study of optical beams with screw peculiarities of the wave front when propagating in a turbulent media are presented. The light fields with such features are called vortex fields and are subject to study in singular optics. The properties of optical vortices, conditions for their appearance and transformation, the spatial dynamics of energy flows in vortex fields are considered. A possibility of effective application of vortex laser beams in atmospheric communication lines is demonstrated.

ПРОБЛЕМА ОПЕРАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДАЛЬНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

Г.Н. Ткачёв

ОАО «НПК «Научно-исследовательский институт дальней связи», Москва, Россия
gtkachev@niidar.ru

PROBLEM OF PROMPT PROVISION OF UP-TO-DATE LONG-RANGE RADIOLOCATION SYSTEMS WITH GEOPHYSICAL DATA

G.N. Tkachev

Joint Stock Company “Scientific Research Institute of Long-Distance Radio Communications”, Moscow, Russia

В Советском Союзе в 60–70 гг. прошлого столетия была создана система предупреждения о ракетном нападении (СПРН). Основу наземного эшелона СПРН составляли РЛС метрового диапазона типа «Днестр». Одна из таких РЛС, после соответствующей доработки, используется в настоящее время ИСЗФ СО РАН в качестве средства измерения параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн.

Государственные испытания РЛС «Днестр» проводились в 1965 г., и тогда же разработчики РЛС «Днестр» и участники испытаний впервые заметили серьезное негативное влияние ионосферы на работу данной РЛС (ЗГ РЛС). Дело в том, что в РЛС «Днестр» используется на излучение и на прием антенна с линейной поляризацией. В ионосфере, как известно, линейно-поляризованный сигнал расщепляется на два сигнала круговой поляризации. В результате при приеме наблюдались замирания сигнала, отраженного от спутника сферической формы, его не должно было быть, если считать ионосферу изотропной. Разработчики РЛС в дальнейшем учли это обстоятельство, и в современных РЛС дальнего обнаружения метрового и дециметрового диапазонов волн используются две поляризации — горизонтальная и вертикальная.

Современные РЛС дальнего обнаружения имеют высокие точности измерения координат и скорости космических объектов. В связи с этим на первый план вышла другая проблема, обусловленная влиянием ионосферы, — проблема устранения ошибок ионосферного происхождения, т. е. ошибок, обусловленных рефракцией радиоволн в ионосфере, отличием скорости распространения радиоволн в ионосфере от скорости света и дисперсионными фазовыми искажениями сигналов [1]. Для компенсации этих ошибок нужны оперативные и достоверные сведения о параметрах ионосферы на трассах радиолокации, т. е. сведения о параметрах ионосферы в режиме «здесь и сейчас».

Разработчики РЛС принимают меры по получению информации о параметрах ионосферы в режиме «здесь и сейчас», т. е. на конкретных трассах радиолокации в текущий

момент времени. В частности, в РЛС дециметрового диапазона [2] для компенсации ионосферных ошибок измерения дальности и угла места используются данные текущих измерений полного электронного содержания по сигналам навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Эти данные используются для текущей коррекции модели ионосферы, а затем проводятся необходимые оценки величины ионосферных ошибок по дальности и углу места. Аналогичным образом проводится учет ионосферных ошибок в американской РЛС дальнего обнаружения ALTAIR. Примечательно, что модель ионосферных ошибок корректируется в РЛС ALTAIR с темпом 10 секунд.

Использование данных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS позволило значительно уменьшить ошибки измерения дальности ионосферного происхождения. Однако угловые ошибки при этом не удается заметно уменьшить, поскольку они определяются градиентами электронной концентрации, а не полным электронным содержанием.

Разработчики загоризонтных РЛС (ЗГ РЛС) пространственной волны на коротких волнах для получения информации об ионосфере в режиме «здесь и сейчас» используют данные возвратно-наклонного зондирования (ВНЗ). Однако при практической реализации этой технологии имеются определенные ограничения.

В первых ЗГ РЛС пространственной волны, построенных в СССР, использовались антенны с вертикальным размером апертуры до 140 м, что позволяло сформировать узкий по углу места радиолуч и управлять им. В этом случае удавалось выделить в «теле» сигнала ВНЗ модовую структуру и использовать ее при интерпретации данных ВНЗ. Однако антенны с высотой до 140 м — слишком дорогое удовольствие. Поэтому в настоящее время за рубежом и в РФ используются на передачу и на прием антенны с широкой по углу места диаграммой направленности (ДН). При широких по углу места ДН резко сужаются информационные возможности сигналов ВНЗ. Четко наблюдается зависимость задержки переднего фронта сигнала ВНЗ от частоты, оценить же модовую структуру сигнала ВНЗ не представляется возможным.

В связи с этим информацию, полученную с использованием сигналов ВНЗ, требуется дополнять другими данными, например, данными наклонного и вертикального зондирования. В частности, в Австралии для обеспечения работы ЗГ РЛС пространственной волны создана система контроля состояния ионосферы в области вершины первого скачка, включающая 9 ионозондов вертикального зондирования, 6 станций наклонного зондирования и 6 приемопередатчиков, размещенных на островах и в северной части морского побережья Австралии. Темп обновления «карты» ионосферной погоды в зоне действия ЗГ РЛС Австралии составляет примерно 5 мин.

Для Российской Федерации задача получения информации об ионосфере в режиме «здесь и сейчас» в интересах обеспечения средств дальней надгоризонтной и загоризонтной радиолокации является значительно более сложной и многогранной по ряду причин.

Одна из причин — обширность территории РФ и недостаточная развитость инфраструктуры, особенно для районов Сибири и Арктики. Вторая причина — изменение динамики внешней среды. В настоящее время атмосфера и ионосфера стали более изменчивыми по сравнению с периодом времени 10–15 лет назад. Это связано с общим изменением климата на планете, уменьшением напряженности магнитного поля Земли, начавшимся ускоренным дрейфом магнитных полюсов Земли до 50 км в год (вместо 1–1.5 км), антропогенным влиянием и т. д.

Эти факторы, а также неизвестные науке глобальные геофизические изменения привели к более частому появлению спорадических образований различных масштабов в областях D, E, F2 ионосферы, диффузности слоя F2, изменению границ овала полярных сияний и т. д.; в тропосфере усилилась конвекция воздуха, перепады температуры днем и ночью стали более существенными в летнее время и т. д. Данные явления влияют на работу РЛС различного назначения и диапазонов волн и приводят к ухудшению точности измерения координат, к снижению вероятностных характеристик обнаружения, сокращению зоны обзора и т. д.

Для снижения негативных последствий влияния среды на работу РЛС дальнего обнаружения необходимо ее непрерывно контролировать. В Российской Федерации действуют две службы геофизического мониторинга и прогнозирования: Гелиогеофизический центр Института прикладной геофизики (ИПГ) и Центр прогнозов космической погоды ИЗМИРАН. Однако отечественные службы не были спроектированы так, чтобы обеспечивать гелиогеофизические потребности средств дальней радиолокации СПРН России в оперативном режиме, с заданным уровнем надежности.

В системе РАН и Росгидромета имеются организации, которые предметно и успешно занимаются диагностикой ионосферы. Но решить проблему получения ионосферных данных в режиме «здесь и сейчас», т. е. на конкретных трассах радиолокации и в текущий момент времени, даже при получении от НИИ РАН и Росгидромета геофизической информации, не получится по очень простой причине: темп измерений параметров внешней среды составляет, как правило, 15 мин, а распределение средств измерений по территории Российской Федерации оставляет желать лучшего. Поэтому данные, выдаваемые институтами РАН и Росгидромета в сеть интернета или по заявкам, для радиолокационных средств дальнего обнаружения Российской Федерации мало пригодны и практически недоступны.

Особую озабоченность вызывают районы Арктики. Средства дальнего радиолокационного обнаружения Российской Федерации контролируют эти районы, а данные о геофизической обстановке в этих районах весьма ограничены.

Что делать? В каких направлениях нужно двигаться? По мнению автора, прежде всего необходимо:

1. Форсировать разработку методов и средств диагностики параметров ионосферы, пригодных к реализации на аппаратных средствах РЛС дальнего обнаружения. В первую очередь это относится к методам, которые используют фазовые и частотные различия сигналов.

2. Изыскать возможности совмещения штатного режима работы РЛС дальнего обнаружения (обзор пространства, сопровождение космических объектов) и режима некогерентного накопления сигналов, обратно рассеянных электронами ионосферы.

3. Дооснастить РЛС дальнего обнаружения аппаратными средствами оперативной оценки момента начала внезапных ионосферных возмущений, например, измерителями доплеровского смещения частоты реперных источников излучения и т. п.

4. Продолжить работы по совершенствованию региональных, оперативно корректируемых моделей ионосферы с минимальным количеством внешних входных данных и без использования оценочных индексов, получаемых по интернету от зарубежных обсерваторий.

5. Форсировать работы по разработке методов прогнозирования параметров ионосферы, в том числе на очень коротких интервалах времени (от десятков секунд до нескольких минут).

Список литературы

1. Виноградов А.Г., Горбунов М.Е., Лучин А.А., Синчура А.А. Современное состояние и перспективы развития работ по компенсации атмосферных ошибок измерений в РЛС дальнего обнаружения на основе радиопросвечивания атмосферы двухчастотными сигналами навигационных систем // Труды РТИ им. акад. А.Л. Минца. М., 2011. Вып. 3 (47). С. 106–117.

2. Ясюкевич Ю.В., Оводенко В.Б., Мыльников А.А., Живетьев И.В., Веснин А.М., Едемский И.К., Котова Д.С. Метод компенсации ионосферной составляющей ошибки радиотехнических систем с применением данных полного электронного содержания GPS/ГЛОНАСС // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2017. № 2 (34). С. 19–31.

СТРАТОСФЕРА И МЕЗОСФЕРА ЗЕМЛИ: ОПТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА

О.С. Угольников

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
ougolnikov@gmail.com

**STRATOSPHERE AND MESOSPHERE OF EARTH:
OPTICAL AND THERMAL PROPERTIES**

O.S. Ugolnikov

Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

В первой части лекции рассказывается о вертикальной структуре атмосферы Земли и основных физических и оптических свойствах, формирующих эту структуру. Рассматриваются взаимодействие коротковолнового солнечного излучения с веществом атмосферы, формирование озона и двух слоев эффективного нагрева (в стратосфере и термосфере). Вторая часть лекции посвящена анализу оптических широкоугольных наземных измерений температурного профиля верхней атмосферы, а также изучению микрофизических свойств частиц стратосферного аэрозоля и полярных мезосферных (серебристых) облаков и их связи с глобальными климатическими изменениями на Земле в последние десятилетия. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 16-05-00170а.

The lecture starts from the description of vertical structure of the Earth's atmosphere and basic physical and optical properties forming this structure. Interaction of short-wave solar emission with the atmosphere, forming the ozone and two layers of effective heating (in stratosphere and thermosphere) is considered. The second part of lecture is devoted to the analysis of optical wide-field ground-based measurements of mesosphere temperature profile, investigations of microphysical properties of stratospheric aerosol and polar mesospheric (noctilucent) clouds particles, and their relation with global climate change on Earth during the recent decades. The work is supported by Russian Foundation for Basic Research, grant No. 16-05-00170a.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СЕКЦИЯ А

АСТРОФИЗИКА И ФИЗИКА СОЛНЦА

ДИАГНОСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОСНОВАНИИ КОРОНЫ СОЛНЦА МЕТОДАМИ ГИРОРЕЗОНАНСНОЙ МАГНИТОГРАФИИ

^{1,2}С.А. Анфиногентов

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Университет Уорика, Ковентри, Великобритания

anfinogentov@iszf.irk.ru

MAGNETIC FIELD DIAGNOSTICS AT THE BASE OF THE SOLAR CORONA USING THE MICROWAVE GYRORESONANT TECHNIQUES

^{1,2}S.A. Anfinogentov

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²University of Warwick, Coventry, UK

Единственный доступный в настоящее время прямой способ измерения магнитного поля в короне Солнца состоит в анализе наблюдений в радиодиапазоне. В докладе рассмотрен метод измерения магнитного поля в основании короны по наблюдениям гирорезонансного радиоизлучения. Оно формируется в слоях солнечной атмосферы, где частота излучения совпадает с одной из гармоник гирочастоты (обычно 2-й или 3-й) и, следовательно, напрямую зависит от модуля магнитного поля. Поэтому детектирование гирорезонансного излучения на конкретной частоте указывает на то, что луч зрения пересекает область с соответствующим модулем магнитного поля, и дает нам ограничение снизу на поле в основании короны. В докладе представлены двухуровневые ($B > 680$ Гс и $B > 2020$ Гс) радиомагнитограммы ряда активных областей, полученные по наблюдениям на двух частотах: 5.7 ГГц (ССРТ) и 17 ГГц (NoRH). Кроме того, на примере Сибирского радиогелиографа (СРГ) показана возможность значительного повышения точности картографирования модуля магнитного поля за счет использования многоволновых наблюдений радиоизлучения Солнца, которые станут доступны после запуска радиогелиографов нового поколения (СРГ, EOVSА, MUSER).

Nowadays, observations and analysis of the solar radio emission is the only way for the direct measurements of the magnetic field in solar corona. In this talk, we discuss the magnetic field measurements using the microwave gyroresonant techniques. Microwave gyroresonant emission of solar active regions is formed in the layers of plasma where the absolute value of the magnetic field corresponds to one of the gyro-frequency harmonics (typically third or second). The detection of a gyroresonant emission at a certain frequency means that the line of sight crosses the layer with the corresponding magnetic field, giving us the lowest possible value of the field in the transition region. We present 2-level ($B > 680$ G и $B > 2020$ G) radiomagnetograms for a few active regions obtained from the microwave observations at 2 frequencies: 5.7 GHz (SSRT), and 17 GHz (NoRH). Also, we discuss the possibility of mapping the absolute value of the magnetic field at the base of the corona with significantly higher accuracy using the Siberian Radioheliograph (SRH) and other upcoming radioheliographs such as EOVSА and MUSER.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
КРУПНОМАСШТАБНЫХ КОРОНАЛЬНЫХ ВОЛН
С КОРОНАЛЬНЫМИ МАГНИТНЫМИ СТРУКТУРАМИ**

А.Н. Афанасьев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
afa@iszf.irk.ru

**NUMERICAL SIMULATION OF THE LARGE-SCALE CORONAL WAVE
INTERACTION WITH CORONAL MAGNETIC STRUCTURES**

A.N. Afanasyev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе рассматриваются крупномасштабные корональные ударные волны (EIT-волны) и их взаимодействие с крупномасштабными неоднородностями магнитного поля и параметров плазмы. С помощью кода Lare2d выполнено 2.5-мерное моделирование взаимодействия одиночной быстрой магнитозвуковой ударной волны слабой и умеренной интенсивности с областями повышенной и пониженной альфвеновской скорости. В результате моделирования получены прошедшие, отраженные и вторичные волны, регистрируемые в наблюдениях.

We consider large-scale coronal shock waves (EIT waves) and their interaction with large-scale non-uniformities of the background magnetic field and plasma parameters. Using the Lare2d code, we perform 2.5D simulations of the interaction of a single-pulse fast-mode MHD shock wave of weak-to-moderate intensity with regions of enhanced and reduced Alfvén speed. In our simulations we find the transmitted and reflected waves as well as secondary wave fronts, which are detected in observations.

**МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ШАЛ НА УСТАНОВКЕ TUNKA-REX**

П.А. Безъязыков

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
domifa@rambler.ru

**TECHNIQUES FOR INCREASING EFFICIENCY
OF DETECTION RADIOEMISSION OF EXTENDED SHOWERS
IN TUNKA-REX EXPERIMENT**

P.A. Bez'yazykov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Tunka-Rex регистрирует радиоизлучение ШАЛ в диапазоне 30–80 МГц. Для восстановления параметров ливня по данным радиоизлучения необходима высокая точность регистрации. Восстановление параметров осложнено шумами внешнего и внутреннего происхождения и зависимостью эффективности регистрации от направления прихода, сорта и энергии частицы, инициировавшей ливень, что вносит статистическую неточность в определение спектра и массового состава космических лучей. Для минимизации влияния шумов предлагается методика восстановления амплитуды зашумленного сигнала с помощью нейросети с использованием библиотек модельных сигналов и семплов реального шума, записанного на установке Tunka-Rex. Для повышения достоверности статистики предлагается расчет и ввод ограничений на углы прихода в зависимости от энергий первичных частиц, для которых детектор работает с полной эффективностью. Для разработки методов использовалось моделирование радиоизлучения ШАЛ методом Монте-Карло с применением программного обеспечения CoREAS.

Tunka-Rex measures radioemission of shower in band 30–80 MHz. Reconstruction of shower parameters by radio data needs high precision of detection. Parameters reconstruction is complicated by inner and outer background and dependence of detection efficiency on arrival direction, type and energy of primary particle initiates a shower. It gives statistical imprecision in estimation of energy spectrum and mass composition of cosmic rays. To minimize background influence we offer technique of noisy signal amplitude reconstruction using neural network with libraries of modelled signals and background samples, collected by Tunka-Rex. For increasing precision of statistics we calculated borders of arrival angles depends on energy of primary particle for full efficiency of detection. For development of this techniques we apply Monte-Carlo simulations of shower radioemission using CoREAS software.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ВЕКТОРНОЙ
И ТЕНЗОРНОЙ АНИЗОТРОПИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАГНИТНОЙ ПРОБКИ**

П.Ю. Гололобов, П.А. Кривошапкин, Г.Ф. Крымский

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
gpeter@ikfia.sbras.ru

**INVESTIGATION OF SHORT-TERM VARIATIONS OF VECTOR
AND TENSOR ANISOTROPIES
OF COSMIC RAYS USING MAGNETIC MIRROR MODEL**

P.Yu. Gololobov, P.A. Krivoshapkin, G.F. Krymsky

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Исследуются вариации плотности, векторной и тензорной анизотропий космических лучей во время форбуш-понижений. Информация об угловом распределении космических лучей получена на основе данных мировой сети нейтронных мониторов с помощью метода глобальной съемки. Обнаружены резкие амплитудно-фазовые колебания анизотропии космических лучей, наблюдаемые во время форбуш-понижений неизвестного происхождения. Для объяснения полученных результатов разработана модель магнитной пробки, которая основана на кинетическом рассмотрении процесса модуляции и позволяет учитывать первые две сферические гармоники углового распределения космических лучей. Проведено сопоставление модельной функции распределения космических лучей с экспериментальными данными.

Variations of density, vector and tensor anisotropies of cosmic rays in the periods of Forbush decreases are investigated. The information about angular distribution of cosmic rays is obtained on the basis of the data of world-wide network of neutron monitors using the global survey method. Abrupt amplitude-phase oscillations of cosmic ray anisotropy during Forbush decreases of unknown origin are found. In order to explain the obtained results the model of magnetic mirror is proposed. The model is based on kinetic consideration of the modulation process and allows to count the first two spherical harmonics of cosmic ray angular distribution. A comparison of the model calculations and the experimental data is carried out.

ГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

П.Ю. Гололобов, П.А. Кривошапкин, Г.Ф. Крымский

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
gpeter@ikfia.sbras.ru

ANNUAL VARIATIONS OF COSMIC RAY DENSITY

P.Yu. Gololobov, P.A. Krivoshapkin, G.F. Krymsky

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

На основе данных мировой сети нейтронных мониторов исследуются сезонные вариации плотности космических лучей за 1953–2015 гг. и их связь с циклом солнечной активности. Показано, что плотность космических лучей испытывает годовые вариации с амплитудами порядка 1–2 %. Обнаружено существование годовой вариации плотности космических лучей определенной фазы в периоды максимумов солнечной активности. Обсуждаются возможные причины возникновения годовых вариаций, связанных с гелиоширотной асимметрией гелиосферы.

From the data of world-wide network of neutron monitors the seasonal variations of cosmic ray density and their relationship with solar activity cycle during the period 1953–2015 are investigated. It is shown that cosmic ray density experiences annual variations with the amplitudes around 1–2 %. The existence of annual variations of cosmic ray density of specific phase in the periods of solar maxima is found. The possible reasons for origin of the annual variations are discussed.

ДИАГНОСТИКА ПОПЕРЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОРОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ, СВЯЗАННЫХ С ТЕНЬЮ ПЯТНА, ПО НАБЛЮДЕНИЯМ 3-МИНУТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

A.C. Дерес, С.А. Анфиногентов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

deres@mail.iszf.irk.ru

DIAGNOSTICS OF A TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE CORONAL STRUCTURES ABOVE SUNSPOT UMBRA BY OBSERVING 3-MIN OSCILLATIONS

A.S. Deres, S.A. Anfinogentov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе рассмотрено использование медленных МГД-колебаний для диагностики поперечного распределения температуры в корональных структурах, видимых в КУФ-диапазоне и связанных с тенью солнечного пятна. Поскольку КУФ-излучение оптически тонкое, изображающие инструменты (например, SDO/AIA) регистрируют суммарное излучение всей плазмы, находящейся на луче зрения, что существенно осложняет интерпретацию наблюдений. Для решения этой проблемы в работе применяется метод прямого моделирования. Чтобы оценить влияние поперечного распределения температуры в корональных структурах на распространение медленных МГД-волн и их проявления в наблюдениях, мы провели численное МГД-моделирование (код Lare2d) распространения ММЗ-волн в трех типах структур: равномерное поперечное распределение температуры, а также случаи, когда центральная часть горячее или холоднее периферийной. С помощью метода прямого моделирования (код FoMo) на основе полученных моделей построены синтетические изображения в КУФ-диапазоне, и проведено их сравнение с наблюдениями 3-минутных колебаний по данным SDO/AIA. Выявлены основные особенности, позволяющие определить тип температурного распределения в корональных структурах по наблюдениям распространяющихся медленных МГД-волн.

We investigate the possibility of using slow MHD waves for the diagnostics of the transverse temperature profile in coronal structures above sunspots. Since the coronal EUV emission is optically thin, any EUV imaging instrument (like SDO/AIA) measures the emission integrated along the line of sight. Therefore, the interpretation of the EUV observations is a challenging

task. To establish the influence of the transverse temperature profile in a coronal structure on the observational manifestation of the propagating slow MHD waves, we performed MHD simulations of the slow MHD waves propagating in a coronal fan for three cases: an isothermal fan, a fan with a hotter core, and a fan with a colder core. Applying the FoMo forward modeling code to the simulation results, we created synthetic EUV images at different coronal wavelength and compared them with the SDO/AIA observations of 3-min oscillations. Specific features that allow us to distinguish between different temperature distributions are revealed and discussed.

ГЕНЕРАЦИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ, СВЯЗАННОЙ С КВМ, В ПОЛЕ ЗРЕНИЯ КОРОНОГРАФА LASCO C3

Я.И. Егоров, В.Г. Файнштейн

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
egorov@iszf.irk.ru

CME-RELATED SHOCK GENERATION WITHIN THE LASCO C3 CORONAGRAPH FIELD-OF-VIEW

Ya.I. Egorov, V.G. Fainshtein

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Ударные волны (УВ), связанные с корональным выбросом массы (КВМ), играют важную роль в формировании космической погоды, и при воздействии на магнитосферу Земли, определяют характеристики геомагнитных возмущений. Свойства УВ на орбите Земли во многом зависят от особенностей их генерации на Солнце. Существуют две точки зрения, касающиеся природы УВ, связанных с КВМ и наблюдающихся в поле зрения коронографов LASCO C2, C3. Согласно одной точке зрения, все такие УВ являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня, но сведения о том, где возникла такая УВ, для большинства анализировавшихся событий отсутствуют. Согласно другой точке зрения, по крайней мере часть таких УВ генерируется в нижней короне быстро ускоряющимся до относительно больших скоростей эруптивным волокном или магнитным жгутом (flux rope), возмущающим окружающую корону. Сразу после возникновения эта волна распространяется как взрывная и на достаточно большом удалении от места возникновения может начать вести себя как поршневая. Нам впервые удалось исследовать возникновение связанной с КВМ ударной волны в поле зрения коронографа LASCO C3, т. е. на относительно больших расстояниях. Рассматривался КВМ, впервые зарегистрированный в поле зрения LASCO C2 17 июля 2012 г. в 13:48 UT. Ударная волна возникла на расстоянии большем 12 радиусов Солнца, когда скорость тела КВМ превысила суммарную скорость $V_a + V_{sw}$, где V_a — алфвеновская скорость, V_{sw} — скорость солнечного ветра на оси тела КВМ. Сформировавшаяся ударная волна оказывается бесстолкновительной, так как ширина ее фронта во много раз меньше длины свободного пробега заряженных частиц корональной плазмы. Особенности анализируемого КВМ являются его формирование на относительно большой высоте и медленное нарастание скорости тела КВМ с расстоянием. Для нескольких моментов времени было найдено алфвеновское число Маха, а также сопоставлены вариации скорости УВ и тела КВМ — «поршня».

CME-driven shocks play an important role in space weather and in many cases determine the characteristics of geomagnetic disturbances when the shock wave acts on the Earth's magnetosphere. Properties of shock waves in the Earth's orbit largely depend on the features of their generation on the Sun. There are two points of view concerning the nature of CME-driven shock observed in the LASCO coronagraphs field of view. According to another view, at least some of these shock waves are generated in the lower corona by rapidly accelerating eruptive filament or flux rope perturbing the surrounding corona. Such shock wave spreads like an explosive one and,

at a sufficiently large distance from the place of origin, can begin to behave like a piston one. We first captured the appearance of a CME-driven shock in the LASCO C3 field of view, i.e. at relatively large distances. We study the CME of July 17, 2012. This CME was characterized by formation at a relatively high altitude and a slow acceleration. The shock wave arose at a distance greater than 12 solar radii when the velocity of the CME body exceeded the total velocity $V_a + V_{sw}$. Where V_a is the Alfvén speed, V_{sw} is the solar wind velocity. The generated shock wave seems to be collisionless, because the width of its front is many times smaller than the mean free path of the charged particles of the coronal plasma. The distribution of the Alfvén Mach number with distance was found.

ЭФФЕКТ P2P, ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАССЕРОВ

^{1,2}**И. Живанович**, ¹**В.И. Ефремов**, ³**А. Риехокайнен**, ¹**А.А. Соловьёв**

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
ivanzhiv@live.com

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
³Обсерватория Туорла, Каарина, Финляндия

ARTIFACT P2P AS AN INSTRUMENT FOR THE STUDYING OF THE MOVEMENTS OF THE TRACCERS

^{1,2}**I. Zhivanovich**, ¹**V.I. Efremov**, ³**A. Riehoainen**, ¹**A.A. Solov'ev**

¹Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

³Tuorla Observatory, Kaarina, Finland

Данные, получаемые с инструмента HMI на борту космического аппарата SDO, имеют угловое разрешение 1 угл. сек. Благодаря этому есть возможность исследования различных мелкомасштабных структур на солнечном диске. С использованием двухчасового ряда наблюдений инструмента HMI с помощью эффекта p2p была получена кривая дифференциального вращения Солнца, и проведено ее сравнение с кривыми, полученными ранее, в том числе и по наземным наблюдениям.

Data of the SDO/HMI with an angular resolution of 1 arcsecond give us a good opportunity to explore on small-scale structures the Sun using a specific p2p effect. The curve of the differential rotation obtained by the HMI data is compared with the curves, obtained earlier from the ground-based observations.

О ПОСТОЯНСТВЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОРОНАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПЕТЕЛЬ

В.В. Зайцев, **П.В. Кронштадтов**

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
KronshtadtovPavel@ya.ru

CONSTANCY OF A CROSS SECTION OF CORONAL MAGNETIC LOOPS

V.V. Zaitsev, **P.V. Kronshtadtov**

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Наблюдения корональных магнитных петель Солнца свидетельствуют о постоянстве поперечного сечения вдоль всей длины. Данный факт очень интересен, так как длина корональных магнитных петель может достигать несколько масштабов высот неоднородно-

сти атмосферы и, следовательно, давление может различаться на порядок на разных высотах в магнитной петле. В работе рассмотрен баланс сил в стационарной магнитной трубке с током. Решено гидростатическое уравнение баланса сил в условиях постоянства продольного электрического тока и сохранения потока продольной компоненты магнитного поля. Получены зависимости радиуса магнитной петли от высоты при различных значениях плазменного параметра в магнитной петле. Показано, что если газокинетическое давление внутри трубки мало по сравнению с давлением продольного магнитного поля, то толщина трубки не меняется с высотой в короне, что характерно для большинства наблюдаемых в короне магнитных петель.

Coronal magnetic loop observations give evidence that the solar magnetic loop cross section is constant along all length. This is interesting, because coronal magnetic loop length can reach several height scales of the inhomogeneous atmosphere and therefore pressure may vary over the order of magnitude at different heights in a magnetic loop. A force balance in the stationary current-carrying magnetic loop is considered. The hydrostatic equation of the force balance is solved under the conditions of constant longitudinal electric current and the conservation of the longitudinal magnetic field flux. As a result, dependence of the magnetic loop radius on height in case of different plasma beta values in the magnetic loop footpoint is obtained. It is shown, that when gas-kinetic pressure inside the loop is small in comparison with the longitudinal magnetic field pressure, then the thickness of the loop is constant in the corona that is typical for the majority of the observed coronal magnetic loops.

МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА НА ЯКУТСКОЙ УСТАНОВКЕ ШАЛ

А.А. Иванов, Л.В. Тимофеев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
timofeevlev@ikfia.ysn.ru

A TECHNIQUE FOR OBSERVING CHERENKOV LIGHT AT THE YAKUTSK EAS ARRAY

A.A. Ivanov, L.V. Timofeev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлены методика наблюдения черенковского света от широких атмосферных ливней (ШАЛ), порожденных космическими лучами выше 10^{16} эВ, и предварительные результаты наблюдений. Детектором является широкоугольный черенковский телескоп, работающий на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установки ШАЛ. Детектор расположен рядом (около 2 м) с одним из интегральных черенковских детекторов.

This paper presents a technique for observing Cherenkov light from extensive air showers (ESA) generated by cosmic rays above 10^{16} eV, as well as preliminary observations. The detector is a wide-angle Cherenkov telescope working on coincidence with scintillation detectors, integral and differential Cherenkov detectors of the Yakutsk EAS array. The detector is located near (about 2 m) one of the integral Cherenkov detectors.

НАБЛЮДЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ШИРОКОУГОЛЬНЫМ ЧЕРЕНКОВСКИМ ТЕЛЕСКОПОМ

А.А. Иванов, Л.В. Тимофеев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
timofeevlev@ikfia.ysn.ru

OBSERVATION OF COSMIC RAYS BY A WIDE-ANGLE CHERENKOV TELESCOPE

A.A. Ivanov, L.V. Timofeev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

В докладе рассмотрены принцип работы черенковского широкоугольного телескопа и временные характеристики сигналов черенковского света от ШАЛ, полученные с помощью прототипа телескопа. Детектор работает на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установки ШАЛ. Построен энергетический спектр, полученный с помощью прототипа.

In this paper, the principle of operation of the Cherenkov wide-angle telescope and the temporal characteristics of the signals of Cherenkov light from the EAS, obtained with the help of a prototype telescope, are considered. The detector works on coincidence with scintillation detectors, integral and differential cherenkov detectors of the Yakutsk EAS array. The energy spectrum obtained by the prototype.

О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОТОННЫХ ВСПЫШЕК НА СОЛНЕЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Е.С. Исаева, ¹С.А. Язев, ²В.М. Томозов

¹Астрономическая обсерватория ИГУ, Иркутск, Россия

ele3471@yandex.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

ON SPACE-TIME LOCATION OF PROTON FLARES ON THE SOLAR SURFACE

E.S. Isaeva, ¹S.A. Yazev, ²V.M. Tomozov

¹Astronomical Observatory of ISU, Irkutsk, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Протонные вспышки следует относить к разряду наиболее сильных геоэффективных явлений, происходящих на Солнце. Подобные события экстремальной мощности неоднократно вызвали серьезные последствия в земных оболочках, включая техносферу. Начиная с 1976 г. ведется каталог наиболее сильных событий, влияющих на природную среду. Вспышки, включенные в упомянутый каталог, отобраны по количеству энергичных (более 10 МэВ) частиц. В докладе мы рассмотрим их пространственно-временное расположение на поверхности Солнца.

Proton flares should be classified as the most powerful geoeffective phenomena occurring on the Sun. Such events of extreme power repeatedly caused serious consequences in the Earth's shells, including the technosphere. Since 1976, the catalog of the most powerful events affecting the natural environment has been maintained. The outbreaks included in the catalog are selected according to the number of energetic (more than 10 MeV) particles. In the report, we will consider their spatial-temporal location on the surface of the Sun.

ВЫХОД УСКОРЕННЫХ ПРОТОНОВ В СОЛНЕЧНЫХ ЭРУПТИВНЫХ СОБЫТИЯХ

В.И. Киселёв, В.В. Гречнев, А.А. Кочанов, А.М. Уралов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

valentin_kiselev@iszf.irk.ru

RELEASE OF PROTONS ACCELERATED IN SOLAR ERUPTIVE EVENTS

V.I. Kiselev, V.V. Grechnev, A.A. Kochanov, A.M. Uralov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Римс проанализировал дисперсии скоростей ионов разных энергий в 13 солнечных событиях 23-го цикла, вызвавших наземные возращения интенсивности космических лучей. Выход ионов у Солнца в межпланетное пространство оказался задержанным относительно вспышек, что считается подтверждением ускорения частиц ударной волной, возникающей перед корональным выбросом, скорость которого превысила альфвеновскую. Однако, согласно недавним результатам, ударная волна возникает уже в импульсной фазе вспышки. Возможно другое объяснение задержки выхода энергичных частиц. Часть ускоренных во вспышке электронов и ионов захватывается и переносится вверх расширяющимся магнитным жгутом. Последующее пересоединение жгута с открытыми корональными структурами открывает доступ в межпланетное пространство всем захваченным частицам. Для проверки этого сценария рассмотрены дека/гектометровые (ДГМ) всплески III типа, вызванные уходящими в межпланетное пространство электронами. В это же время возможен и выход тяжелых частиц. Мы сравнили оцененные для 13 событий времена их выхода с началом ДГМ-всплесков III типа. Для 11 событий разница не превысила пяти минут. Для двух событий оцененные времена выхода частиц оказались слишком поздними относительно как ДГМ-всплесков III типа, так и начала околоземных протонных возращаний. Вероятно, в этих случаях пути ионов разных энергий различались, что повлияло на результаты Римса. Рассмотренный сценарий решает проблему выхода ускоренных протонов из области вспышки, а близость вероятных времен выхода энергичных частиц и ДГМ-всплесков III типа подтверждает ускорение частиц вспышечными процессами.

Reames made velocity dispersion analysis of different-energy ions in 13 events of solar cycle 23 responsible for ground-level enhancements of cosmic-ray intensity. The estimated solar particle release time is delayed with respect to flares. This result is considered as confirmation of particle acceleration by a shock wave driven by a coronal mass ejection exceeding the Alfvén speed. However, recent results show that a shock wave appears during the flare impulsive phase. Another explanation of a delayed particle escape is possible. Some part of electrons and ions accelerated in a flare is trapped in an expanding magnetic flux rope. A later reconnection between the flux rope and an open coronal structure grants all trapped particles the access to the interplanetary space. To verify this scenario, we consider deca/hectometric (DH) type III bursts produced by escaping electrons. Release of heavy particles is possible at the same time. We compared their release times estimated for 13 events with onset times of DH type III bursts. The difference did not exceed five minutes for 11 events. In two events, the estimated particle escape times were too late relative to both DH type III bursts and the onset of near-Earth proton enhancements. Probably, the paths of different-energy ions were not identical in these events that affected the results of Reames. The scenario considered addresses the challenge of release of accelerated protons from the flare region. The closeness of the probable release times of energetic particles and DH type III bursts confirms acceleration of particles by flare processes.

ОБЪЕДИНЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ

Л.Л. Кичатинов, А.А. Непомнящих

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
maiksany@mail.ru

A JOINED MODEL FOR SOLAR DYNAMO AND DIFFERENTIAL ROTATION

L.L. Kitchatinov, A.A. Nepomnyashchikh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Развита модель солнечного динамо, согласованная по используемым в ней крупномасштабным течениям и численным методам с моделью дифференциального вращения. Турбулентная диффузия магнитного поля выражена через градиент энтропии, который определяется уравнениями модели. Значение магнитного числа Прандтля и распределение альфа-эффекта по широте определены из требования соответствия расчетных периода цикла активности и экваториальной симметрии магнитного поля наблюдениям. При этом моменты обращения знака полярного поля и широтно-временные распределения полей также приходят в соответствие с наблюдениями. Полоидальное поле достигает максимальной величины около 10 Гс в полярных областях. Тороидальное поле в несколько тысяч гаусс локализовано у основания конвективной оболочки и переносится меридиональным течением к экватору. Модель предсказывает величину около 10^{37} эрг для полной магнитной энергии крупномасштабных полей в конвективной оболочке Солнца.

A model for solar dynamo concerted in the employed global flow and the numerical method with the differential rotation model is developed. The magnetic turbulent diffusivity is expressed in terms of the entropy gradient, which is controlled by the model equations. The magnetic Prandtl number and latitudinal profile of the alphaeffect are specified by fitting the computed period of the activity cycle and the equatorial symmetry of magnetic fields to observations. Then, the times of polar field reversals and time-latitude diagrams of the fields come in agreement with observations as well. The poloidal field has a maximum amplitude of about 10 Gs in polar regions. The toroidal field of several thousand Gauss is localised near the base of the convection zone and transported towards the equator by the meridional flow. The model predicts the value of about 10^{37} erg for the total magnetic energy of large-scale fields in the solar convection zone.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ШАЛ С ЭНЕРГИЕЙ ВЫШЕ 10 ЭэВ

С.П. Кнуренко, И.С. Петров

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
igor.petrov@ikfia.ysn.ru

AIR SHOWER RADIO EMISSION WITH ENERGY MORE THAN 10 EeV

S.P. Knurenko, I.S. Petrov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Приводятся результаты, полученные из измерений радиоизлучения на частоте 30–35 МГц от частиц широкого атмосферного ливня с энергией выше 10^{19} эВ. Данные получены на Якутской установке ШАЛ за 1986–1989 и 2009–2014 гг. Впервые было зарегистрировано радиоизлучение от ШАЛ с энергией выше 10^{20} эВ, в том числе и радиоизлучение в ливне с рекордной для Якутской установки энергией $\sim 2 \cdot 10^{20}$ эВ.

The paper presents the results, obtained from measurements of radio emission at frequency 30–35 MHz of air showers with energy more than 10^{19} eV. The data obtained at the Yakutsk array in 1986–1989 and 2009–2014. For the first time radio emission of the air shower with energy more than 10^{20} eV was registered at the Yakutsk array including radio emission of shower with the energy as high as $\sim 2 \cdot 10^{20}$ eV.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ГЛУБИНЫ МАКСИМУМА РАЗВИТИЯ ШАЛ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТЕ 30–35 МГц

С.П. Кнуренко, И.С. Петров

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
igor.petrov@ikfia.ysn.ru

DETERMINATION OF THE ENERGY AND DEPTH OF MAXIMUM OF EAS BY RADIO EMISSION METHOD AT 30–35 MHz FREQUENCY

S.P. Knurenko, I.S. Petrov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

В данной работе приводится описание Якутской радиоустановки и методы регистрации радиоизлучения ШАЛ сверхвысоких энергий. Установлена связь амплитуды радиоизлучения с характеристиками широких атмосферных ливней. Приводятся формула связи амплитуды радиоизлучения с энергией ливня и соотношение амплитуды радиоизлучения на разных расстояниях от оси ливня с глубиной максимума развития ШАЛ X_{\max} .

The paper presents the Yakutsk radio array description and methods of radio emission registration of air showers of ultra-high energies. Correlation of radio emission amplitude with air shower characteristics are considered. Formulas of energy determination and depth of maximum by radio emission amplitude are presented.

АНАЛИЗ ПОМЕХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДАННЫЕ СИБИРСКОГО РАДИОГЕЛИОГРАФА

V.S. Kobets, S.V. Lesovoi

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
Veronikakobets@yandex.ru

ANALYSIS OF INTERFERENCE AFFECTING THE DATA OF THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH

V.S. Kobets, S.V. Lesovoi

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В настоящее время запущена первая очередь многочастотного радиогелиографа, состоящая из 48-антенной Т-образной решетки и приемной системы, обеспечивающей апертурный синтез [Lesovoi et al., 2012, 2014]. Один из видов данных радиогелиографа — корреляционные кривые [badary.iszf.irk.ru/srhCorrPlot.php], которые получают путем суммирования комплексных ковариаций, вычисляемых для различных пар антенн. Поскольку ковариация сигналов от пары антенн соответствует определенной пространственной гармонике, каждую точку корреляционной кривой можно рассматривать как интеграл по пространственному спектру наблюдаемого объекта. Пределы интегрирования определяются задачей. Для получения динамики только компактных объектов суммируются значения только высоких гармоник пространственного спектра. Для получения максимальной чувствительности суммируется весь спектр. Данные радиогелиографа подвержены ряду естественных и техногенных помех. В работе показано, как учитывать при обработке данных гелиографа фоновое излучение подстилающей поверхности, излучение геостационарных спутников и радаров самолетов.

The first phase of the Siberian Radioheliograph (SRH) is a 48-antenna array. One type of radioheliograph data represents correlation plots. In evaluating the covariation of two-level signals, these plots are sums of complex correlations, obtained for different antenna pairs. Bearing in mind that correlation of signals from an antenna pair is related to a spatial frequency, we can say that each value of the plot is an integral over a spatial spectrum. Limits of the integration are defined by a task. Only high spatial frequencies are integrated to obtain dynamics of compact sources while the whole spectrum is integrated to reach maximum sensitivity. These data are affected by the some interference: the radio emission of the geostationary satellites for the about 0 declination, the forest emission especially for negative declinations. In this work we show how to mitigate the influence of these interferences on the correlation plots of the SRH.

**КОРОНАЛЬНЫЕ ПОЛЯРНЫЕ ДЖЕТЫ ПО ДАННЫМ STEREO
В ПЕРИОД С 2009 ПО 2014 г.**

А.В. Кудрявцева, Д.В. Просовецкий

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kudryavtseva@mail.iszf.irk.ru

CORONAL POLAR JETS OBSERVED WITH STEREO DURING 2009–2014

A.V. Kudryavtseva, D.V. Prosovetsky

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

На изображениях солнечной короны можно наблюдать джеты — струи вещества в потоках солнечного ветра, движущиеся радиально от Солнца. Мы проанализировали изображения, полученные коронографами STEREO в белом свете с 2009 по 2014 г., и определили характеристики джетов в полярных областях короны Солнца. Учитывались только те джеты, которые не были последствиями корональных выбросов массы (КВМ), что проверялось по каталогам КВМ. Были определены размеры джетов и радиальные скорости, изменение их количества с течением времени. Была изучена также корреляция с наличием полярных корональных дыр в ультрафиолете, и проведено сравнение характеристик джетов в северной и южной полусферах.

On the solar corona images inside solar wind streams observed jets – flows of matter driven radially outward the Sun. We analyzed white-light images producing by coronagraphs COR2/STEREO during 2009–2014 years and determined jet characteristics in polar regions of solar corona. Jets that connecting with coronal mass ejection (CME) were exclude from our investigation by CME catalogues. There were determined sizes and radial velocities, jet number variation during researched period. Also were calculated correlation between jets and visibility of coronal holes in UV on solar poles. Comparison between all jet characteristics in northern and south solar hemispheres was done.

ОЦЕНКА АЛЬФА-ЭФФЕКТА ТЕОРИИ ДИНАМО ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

С.В. Латышев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
osv@iszf.irk.ru

ESTIMATION OF DYNAMO THEORY ALPHA-EFFECT FROM OBSERVATION DATA

S.V. Latyshev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

По данным наблюдений произведена оценка вклада нелокального альфа-эффекта в глобальное полоидальное магнитное поле Солнца. Результаты сопоставлены с полярным магнитным полем за последние четыре цикла солнечной активности. Расчеты подтверждают действие механизма Бэбкока—Лейтона на Солнце. Выявленные закономерности исследованы в численной модели динамо с нерегулярными изменениями альфа-эффекта.

The contribution of nonlocal alpha-effect to the Sun's global poloidal magnetic field is estimated from observation data. The results are compared with the polar magnetic field for the last four cycles of solar activity. Calculations confirm the action of the Babcock—Leighton mechanism on the Sun. The revealed regularities have been investigated in the numerical dynamo model with irregular changes in the alpha effect.

ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

Л.С. Леденцов, Б.В. Сомов

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия
koob@mail.ru

THERMAL INSTABILITY OF THE RECONNECTING CURRENT LAYER IN SOLAR FLARES

L.S. Ledentsov, B.V. Somov

Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

С целью интерпретации современных спутниковых наблюдений последовательного увеличения яркости отдельных корональных петель в солнечных вспышках мы решили задачу об устойчивости малых продольных возмущений однородного пересоединяющего токового слоя в МГД-приближении. Условием неустойчивости служит эффективное подавление теплопроводности плазмы возмущением магнитного поля внутри слоя. Неустойчивость в линейной фазе нарастет за характерное время лучистого охлаждения плазмы. В результате неустойчивости в токовом слое образуется периодическая структура холодных и горячих волокон, расположенных поперек направления электрического тока. Предлагаемый механизм тепловой неустойчивости пересоединяющего токового слоя может быть полезен для объяснения последовательного увеличения яркости, «поджига», вспыхивающих петель во вспышках.

With the purpose of interpreting modern satellite observations of successively increasing the brightness of individual coronal loops in solar flares, we solved the problem of the stability of small longitudinal perturbations of a homogeneous reconnecting current layer in the MHD approximation. The suppression of the plasma thermal conductivity by the magnetic field inside the current layer provides an instability. The instability increases in a radiative cooling time scale of the plasma in the linear phase. A periodic structure of hot and cold fibers arranged transversely to the direction of the electric current are formed as a result of the instability. The proposed mechanism of the thermal instability can be useful for an explanation of the consistent increase in the brightness of individual coronal loops in solar flares.

РАННИЕ ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТЬЮ ТЕЛЕСКОПОВ-РОБОТОВ МАСТЕР 10 ГАММА-ВСПЛЕСКОВ В СРАВНЕНИИ С ИХ ГАММА-РЕНТГЕНОВСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

¹В.М. Липунов, ¹Е.С. Горовской, ¹В. Корнилов, ¹Д. Кувшинов, ¹Н. Тюриня,
¹П. Балануца, ¹А. Кузнецов, ¹В.В. Чазов, ¹Д. Власенко, ²К. Иванов, ²О.А. Гресс,
²Н.М. Буднев, ²С.А. Язев, ²О. Чувалаев, ²В.А. Полещук, ²О.А. Ершова, ³А. Тлатов,
³В. Сеник, ³А.В. Пархоменко, ³Д. Дормидонтов, ⁴В. Юрков, ⁴А. Габович,
⁴Ю. Сергиенко, ⁵Р. Подеста, ⁵К. Лопес, ⁵Ф. Подеста, ⁶Х. Левато, ⁶К. Саффе, ⁷Р. Реболо,
⁷М. Серра, ⁷Н. Лодью, ⁷Г. Израелян, ⁷Л. Суарес-Андрес, ⁸Д. Бакли, ⁸С. Поттер,
⁸А. Князев, ⁸М. Котце

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штенберга, МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
oliteya@gmail.com

³Кисловодская горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия

⁴Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

⁵Обсерватория им. Феликса Агилара (ОАФА), Сан-Хуан, Аргентина

⁶Институт астрономических наук, Земли и космоса (ICATE), Сан-Хуан, Аргентина

⁷Канарский институт астрофизики, Санта-Крус-де-Тенерифе, Испания

⁸Южноафриканская астрономическая обсерватория, Кейптаун, ЮАР

EARLY OPTICAL OBSERVATIONS WITH GLOBAL ROBOTIC TELESCOPE NET MASTER OF 10 GAMMA-RAY BURSTS COMPARED WITH GAMMA-X-RAY DATA

¹V.M. Lipunov, ¹E.S. Gorovskoi, ¹V. Kornilov, ¹D. Kuvshinov, ¹N. Tyurina,
¹P. Balanutsa, ¹A. Kuznetsov, ¹V.V. Chazov, ¹D. Vlasenko, ²K. Ivanov, ²O. A. Gres',
²N.M. Budnev, ²S.A. Yazev, ²O. Chuvalaev, ²V.A. Poleshchuk, ²O. Ershova, ³A. Tlatov,
³V. Senik, ³A.V. Parkhomenko, ³D. Dormidontov, ⁴V. Yurkov, ⁴A. Gabovich, ⁴Yu. Sergienko,
⁵R. Podesta, ⁵C. Lopez, ⁵F. Podesta, ⁶H. Levato, ⁶C. Saffe, ⁷R. Rebolo, ⁷M. Serra,
⁷N. Lodieu, ⁷G. Israelyan, ⁷L. Suarez-Andres, ⁸D. Buckley, ⁸S. Potter,
⁸A. Knyazev, ⁸M. Kotze

¹Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute of MSU, Moscow, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk, Russia

⁴Amur State University, Blagoveshchensk, Russia

⁵Félix Aguilar Observatory (OFA), San Juan, Argentina

⁶Institute of Astronomy, Earth and Space Sciences (ICATE), San Juan, Argentina

⁷The Institute of Astrophysics of the Canary Islands (IAC), Santa Cruz de Tenerife, Spain

⁸South African Astronomical Observatory (SAAO), Cape Town, Republic of South Africa

В работе представлены данные для 10 гамма-всплесков GRB (Gamma-Ray Bursts): 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C, полученные с помощью Глобальной сети МАСТЕР (Мобильная астрономическая система телескопов-роботов). Полная автоматизация наблюдений позволила получить уникальные данные по раннему оптическому излучению. Проведено сравнение полученных результатов с рентгеновским (использованы данные SWIFT X-ray Telescope (XRT)) и гамма- (использованы данные SWIFT Burst Alert Telescope (BAT)) излучениями.

Результатом исследования стало выделение двух групп гамма-всплесков по критериям корреляции кривых блеска. Первая группа характеризуется антикорреляцией кривых блеска в гамма- и оптическом диапазонах и, следовательно, имеет различную природу генерации излучения. Во вторую группу вошли коррелирующие кривые блеска, что позволяет определить общую природу возникновения оптического и гамма-излучения — столкновения.

По поведению кривых блеска можно выделить два случая:

Кривая блеска в гамма-диапазоне не коррелирует с оптической кривой блеска, что предполагает разную природу возникновения гамма- и оптического излучения. Так, в этом случае оптическое излучение может быть сгенерировано обратной ударной волной, возникающей, в свою очередь, в результате взаимодействия выброса с окружающей средой. Используемый механизм — синхротронное излучение.

Кривые блеска коррелируют. Соответственно, определяется общий механизм их возникновения. Оптическое излучение в этом случае служит индикатором джета, изолированного от межзвездной среды. Излучение возникает в результате столкновения внутренних ударных волн. Используемые механизмы — синхротронный, обратный комптон-эффект.

In the present study is considered the results for 10 gamma-ray bursts 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C that is obtained with Global Robotic Telescopes Net MASTER. Full automated observations allowed to get unique data for early optical emission. The obtained results is compared with x-ray emission (with the use of SWIFT orbital observatory's data) and gamma-emission (with the use of SWIFT Burst Alert Telescope's data).

In this work we divide a representative group in two classes by the correlation criteria. Also a spectral index was obtained for each grb and the interval of indices for each group. The first group show anticorrelation of the light curves in gamma-optical band, so it can argue to different origins of emission. In the second group the correlated light curves were added that can be a reason for a general nature of optical and gamma-emission.

So we can present two groups:

A gamma light curve is anticorrelate with an optical light curve that argue to the different origin for gamma and optical emission. In this way, an optical emission can be generated by a reverse shock wave, that starts from an interaction between an ejecta and circumstellar medium. It is used the synchrotronous emission effect.

Light curves are correlate. So, it can be a reason for their general origin. In this case, the optical emission indicates a jet, that is close from interstellar medium. It uses both synchrotron and reverse Compton effects.

РАЗРАБОТКА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СОЛСИТ

Л.С. Лоптева, Г.И. Кушталь, В.А. Прошин, В.И. Скоморовский

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
lopteva@mail.iszf.irk.ru

DEVELOPMENT OF POLARIZATION DEVICES FOR SOLSYT

L.S. Lopteva, G.I. Kushtal, V.A. Proshin, V.I. Skomorovsky

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

СОЛСИТ (солнечный синоптический телескоп) предназначается для исследования магнитных полей на Солнце с высоким пространственным разрешением. С помощью анализатора поляризации будут одновременно измеряться все четыре параметра Стокса. Из-за большого размера изображения солнечного диска диаметр поляризационной оптики должен быть не менее 70 мм. Это требует разработки методики отбора оптически однородных кристаллов, технологии их обработки и контроля. Работа содержит описание изготовления электрооптических модуляторов (ЭОМ) на основе кристаллов DKDP и фазовых пластинок из кварца нулевого порядка диаметром 70 мм.

SOLSYT (the SOLAR Synoptic Telescope) is designed to research magnetic fields on the Sun with high spatial resolution. All four Stokes parameters will be measured simultaneously with the help of the polarization analyzer. The diameter of the polarization optics should be at least 70 mm because the image of the solar disk has the large size. This requires the development of a methodology for selecting optically homogeneous crystals, the technology of their processing and control. This article contains a description of the fabrication of electro-optical phase modulators (EOM) based on DKDP crystals and phase plates of quartz of zero order of diameters of 70 mm.

РОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И РЕКОМБИНАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

М.С. Малышев

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
mix.malyshev@yandex.ru

THE ROLE OF ELECTRIC FIELD AND RECOMBINATION IN FORMATION OF SOLAR FLARES IMAGES

M.S. Malyshev

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Рассмотрена модель, в которой формирование изображений солнечных вспышек связано с рекомбинационным свечением ионов, ионизованных внутри Солнца. В рамках данной модели построены траектории движения ионов над активными областями в элек-

трическом и гравитационном полях. Полученные изображения вспышек представляют собой корональные структуры типа дуги, петли, арки и т. д.

We considered a model in which the formation of solar flare images is associated with recombination luminescence of ions ionized inside the Sun. In the framework of this model, trajectories of ion motion over active regions in electric and gravitational fields are constructed. The resulting images of flares are coronal structures such as arcs, loops, arches, etc.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОРМЫ РАДИОСИГНАЛА ШАЛ ОТ ЗЕНИТНОГО УГЛА И РАССТОЯНИЯ ДО ОСИ ЛИВНЯ

Т.Н. Маршалкина (от коллаборации Tunka-Rex)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
marshalkintatjana@rambler.ru

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF EAS RADIO SIGNAL SHAPE ON THE ZENITH ANGLE AND THE DISTANCE TO THE SHOWER AXIS

T.N. Marshalkina (for the Tunka-Rex Collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В данной работе представлены результаты исследования формы радиосигнала от широких атмосферных ливней в зависимости от зенитного угла и расстояния до оси ливня на основе моделирования с помощью программы CoREAS. Создана библиотека шаблонов радиосигналов, которая включена в программную платформу Offline для осуществления согласованной фильтрации сигналов от широких атмосферных ливней, регистрируемых в эксперименте Tunka-Rex.

In this paper, the results of a study of the pulse shape from extensive air showers, depending on the zenith angle and the distance to the shower axis, are presented. A library of templates of radio pulses was created and included in the Offline software platform with aim to implement matched filtering to radio pulses from extensive air showers registered in the Tunka-Rex experiment.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

А.Г. Михайлов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
mag10629@yandex.ru

MODELING THE POLARIZATION OF RADIATION OF SEYFERT GALAXIES

A.G. Mikhailov

Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

Представлены результаты моделирования поляризации излучения сейфертовских галактик с использованием кода STOKES. Исследовано влияние размеров пылевого тора и области широких эмиссионных линий, угла раскрытия конических оттоков, скорости и плотности электронов в оттоках на поляризационные характеристики излучения. Полученные результаты используются для интерпретации измерений поляризации, представленных в литературе.

We present the results of modeling the polarization of the emission of Seyfert galaxies using the STOKES code. The effect of the sizes of a dust torus and the region of broad emission lines, the angle of opening of conical outflows, the velocity and density of electrons in outflows

on the polarization characteristics of radiation are investigated. The results obtained are used to interpret the polarization measurements presented in the literature.

ПОСЛЕДНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА TUNKA-GRANDE

Р.Д. Монхоев (от коллаборации Tunka)

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
makaay08@rambler.ru

LATEST RESULTS OF THE TUNKA-GRANDE EXPERIMENT

R.D. Monkhoev (for the Tunka Collaboration)

Applied Physics Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Сцинтилляционная установка Tunka-Grande входит в состав единого экспериментального комплекса, расположенного в Тункинской долине (Республика Бурятия, Россия) в 50 км от оз. Байкал. Данный комплекс также включает в себя установку Тунка-133 и установку Tunka-Rex. Задачей совместной работы установок является изучение энергетического спектра и массового состава первичных космических лучей в диапазоне энергий 10–1000 пэВ, а также поиск диффузного гамма-излучения в диапазоне энергий 50–500 пэВ. Приводится описание экспериментального комплекса и представляются результаты работы установки Tunka-Grande. Также указываются перспективы исследования космических лучей при одновременной регистрации черенковской и заряженной компонент и радиоизлучения ШАЛ. В заключение обсуждается подход к изучению диффузного гамма-излучения.

The Tunka-Grande scintillator array is a part of the single experimental complex located in the Tunka Valley (Republic of Buryatia, Russia) about 50 km from Lake Baikal. This complex also includes the Tunka-133 array and Tunka-Rex array. The purpose of this complex is the study of the primary cosmic rays energy spectrum and mass composition in the energy range from 10 peV to 1000 peV and search for the diffuse gamma-rays in the energy range from 50 peV to 500 peV. We describe the design of the experimental complex and present the results of the Tunka-Grande operation. The prospects of studying the primary cosmic rays during simultaneous registration of the radio emission, Cherenkov and charged particle components of extensive air showers are provided. Finally we discuss an approach for diffuse gamma-rays study.

ФЛЕЙВОРНЫЕ И ЗАРЯДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРИНО ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

¹А.Д. Морозова, ²А.А. Кочанов, ³Т.С. Синеговская, ⁴С.И. Синеговский

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
refriz@yandex.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

³Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

⁴Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

FLAVOUR AND CHARGE RATIOS OF HIGH-ENERGY ATMOSPHERIC NEUTRINOS

¹A.D. Morozova, ²A.A. Kochanov, ³T.S. Sinegovskaya, ⁴S.I. Sinegovsky

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

³Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

⁴Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Отношения нейтрино/антинейтрино ($\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$) и флейворные отношения $\nu_\mu/\nu_e, \bar{\nu}_\mu/\bar{\nu}_e, (\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)$ отчетливо показывают различие предсказаний моделей адронных взаимодействий для спектров рождения π - и K -мезонов — основных источников атмосферных нейтрино при $E_\nu \leq 500$ ТэВ. Величины $\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$ чувствительны к отношениям $\pi^+/\pi^-, K^+/K^-$ и π/K , которые определяются сечениями инклюзивных процессов рождения мезонов в hA -соударениях; элементный состав космических лучей через p/n -отношение также влияет на развитие адронного каскада ШАЛ и нейтринные отношения. На основе расчета потоков нейтрино в интервале энергий 10^2 – 10^8 ГэВ показано различие $\nu/\bar{\nu}$ и флейворных отношений для ряда адронных моделей. Сравнительный анализ характеристик потока атмосферных нейтрино, рассчитанных в рамках двух разных подходов — метода $Z(E, h)$ -функций и метода матричных каскадных уравнений (MCEq), показал хорошее их согласие по абсолютной величине и форме энергетических спектров ($\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu$) и $(\nu_e + \bar{\nu}_e)$. Парциальные вклады электронных нейтрино также близки в этих двух схемах расчета, однако парциальные вклады от распада $K_{L\mu 3}^0$ заметно различаются.

The neutrino to antineutrino ratios, ($\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$), and neutrino flavor ones, $\nu_\mu/\nu_e, \bar{\nu}_\mu/\bar{\nu}_e, (\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)$ clearly display a discrepancy between predictions of different hadronic models for π and K yield which are major atmospheric neutrino sources up to $E_\nu \leq 500$ TeV. Ratios $\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$ are sensitive to $\pi^+/\pi^-, K^+/K^-$ and π/K -ratios, depending on meson production cross-sections in hA -collisions. The cosmic-ray composition due to p/n ratio also affects the hadronic cascade evolution and neutrino ratios. Basing on calculations of the atmospheric neutrino spectra in the energy range 10^2 – 10^8 GeV we display differences of $\nu/\bar{\nu}$ and the flavor ratio for the set of hadronic models. Comparative analysis of atmospheric neutrino fluxes, calculated in framework of the two methods — $Z(E, h)$ functions approach and the Matrix Cascade Equations method (MCEq), demonstrates the close agreement of both calculations.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НОВОГО СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА (ССМД)

^{1,2}Н.О. Муратова, ¹А.А. Муратов, ¹Л.К. Кашапова

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия,

²Астрономический институт, Академия наук Чешской Республики, Прага, Чешская Республика
muratova@mail.iszf.irk.ru

THE FIRST OBSERVATION RESULTS OF THE NEW SOLAR METER-WAVE SPECTROPOLARIMETER (SSMD)

^{1,2}N.O. Muratova, ¹A.A. Muratov, ¹L.K. Kashapova

¹The Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic

В апреле 2016 г. новый солнечный спектрополяриметр метрового диапазона (ССМД) начал наблюдения в тестовом режиме в Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (ур. Бадары). Основной технической задачей при проектировании ССМД было создание радиоспектрографа метрового диапазона, оснащенного цифровым приемником, имеющего улучшенные характеристики в сравнении с пока еще широко распространенными аналоговыми устройствами, а также записывающего полный набор параметров Стокса. В докладе будут представлены характеристики и особенности нового инструмента и результаты первых наблюдений.

The new Solar Meter-wave Spectropolarimeter (SSMD) started the test observations in the Radioastrophysical Observatory (Badary) ISTP SB RAS in April of 2016. Main technical tasks of SSMD design and realization were to create the meter range radiospectrograph equipped by the digital receiver having advanced characteristics in comparison with still widespread analog devices and also recording the full set of Stokes parameters. In this contribution we will summarize the parameters and features of the new instrument and present results of the first observations.

СТАТУС ЭКСПЕРИМЕНТА TAIGA-HiSCORE

А.Л. Пахорук

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
pal.27@yandex.ru

STATUS OF THE TAIGA-HiSCORE EXPERIMENT

A.L. Pakhorukov

Scientific Research Institute of Applied Physics,
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В Тункинской долине начиная с 2012 г. создается широкоугольная черенковская установка TAIGA-HiSCORE, предназначенная для регистрации гамма-квантов и космических лучей посредством широких атмосферных ливней. TAIGA-HiSCORE входит в состав гамма-обсерватории TAIGA, нацеленной на проведение исследований в области гамма-астрономии ультравысоких энергий (выше 30 ТэВ) и физики космических лучей. Установка состоит из широкоугольных оптических станций (с апертурой 0.6 ср), расположенных на расстоянии примерно 106 м друг от друга. В статье приводятся описание конструкции оптической станции и статус установки на текущем этапе развертывания.

Wide-Angle Cherenkov Array TAIGA-HiSCORE is under construction in the Tunka valley since 2012. It purposed to register gamma-quanta and cosmic rays by means of extensive air showers. TAIGA-HiSCORE is one part of Gamma-Observatory TAIGA aiming at carrying out the research in the field of gamma astronomy of ultra high energy (higher than 30 TeV) and cosmic ray physics. The array consist of wide-angle optical stations (0.6 sr) placed at distances of 106 m. The article gives a description of optical station construction and status of the array at current stage of development.

ТЕОРИЯ ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЯ В МАГНИТНОМ ОБЛАКЕ

А.С. Петухова, И.С. Петухов, С.И. Петухов

Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
aspetuhova@mail.ru

THEORY OF FORBUSH DECREASE IN A MAGNETIC CLOUD

A.S. Petukhova, I.S. Petukhov, S.I. Petukhov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлена модель форбуш-понижения в магнитном облаке. Выполнен расчет моментов функции распределения космических лучей в зависимости от времени. Результаты расчета в общем согласуются с измерениями интенсивности космических лучей наземными детекторами. Установлена определяющая роль структуры магнитного поля (magnetic flux rope) в динамике форбуш-понижения. Выявлено существенное влияние областей, соединяющих магнитное облако с Солнцем, на распределение космических

лучей в области возмущения. Получено, что продолжительность восстановления фобуш-понижения определяется ориентацией магнитного облака и уменьшением магнитного поля при его расширении.

A model of Forbush decrease in a magnetic cloud is presented. We calculate moments of the particle distribution function depending on time. The calculated results of cosmic ray intensity generally agree with the observed ones in events registered by ground based detectors. It is found that the magnetic flux rope is of great importance in dynamics of Forbush decrease. The regions connecting a magnetic cloud with the Sun (the loop legs) significantly influence the particle distribution inside the disturbance. The duration of Forbush decrease recovery time is determined by the magnetic cloud orientation and the magnetic field decrease during its expansion.

ТОРОИДАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ БЕССИЛОВОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.С. Петухова, И.С. Петухов, С.И. Петухов

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
aspetuhova@mail.ru

TOROIDAL MODELS OF THE FORCE-FREE MAGNETIC FIELD

A.S. Petukhova, I.S. Petukhov, S.I. Petukhov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Выполнены расчеты моментов функции распределения космических лучей для разных моделей магнитного поля (magnetic flux rope) в магнитном облаке. Проведено сопоставление результатов расчета с измерениями интенсивности космических лучей наземными детекторами. Результаты могут быть использованы при определении свойств магнитных облаков.

We calculate moments of the particle distribution function for different models of the magnetic flux rope in a magnetic cloud. The calculated results of cosmic ray intensity are compared with the observed ones in events registered by ground based detectors. These results can be used to determine properties of magnetic clouds.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ НЕЙТРИНО СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТЬЮ МАСТЕР

¹Ю.В. Рабинович, ¹О.А. Гресс, ^{2,3}В.М. Липунов

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
sunny.rabinovich@mail.ru

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

SEARCHING OF SOURCES OF ULTRAHIGH ENERGIES NEUTRINO IN THE OPTICAL RANGE BY GLOBAL MASTER NETWORK

¹Yu.V. Rabinovich, ¹O.A. Gress, ^{2,3}V.M. Lipunov

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Работа посвящена наблюдению в оптическом диапазоне телескопами сети МАСТЕР квадратов ошибок наблюдений нейтринной обсерватории IceCube. Проведен поиск возможных источников нейтрино сверхвысоких энергий. В качестве источников предполагались известные в оптическом диапазоне квазары, гамма-всплески, взрывы сверхновых.

Соответствующих явлений не обнаружено. Составлен список квазаров, лежащих в квадратах ошибок в спокойном состоянии. В квадратах ошибок и вблизи них были обнаружены вспышки катаклизмических переменных. После открытия первого радиопульсара на белом карлике ясно, что такие системы могут быть источниками релятивистских частиц. А значит, в числе потенциальных источников нейтрино могут быть галактические звездные системы. Показано, что поток релятивистских частиц от белого карлика в области 100 парсек соответствует потоку частиц от квазара. Разработана методология поиска пульсаров на белых карликах как источников нейтрино.

We were observing error-boxes of Neutrino Observatory IceCube in optical range, searching for known types of possible sources of ultrahigh energies neutrino. The expected phenomena were not revealed. We found a number of quasars in a quiet state in error-boxes. We found flashes of cataclysmic variables into and near to error-boxes. After exploration of the first radio pulsar on the white dwarf it has become clear that such systems can be sources of relativistic particles. Therefore, there can be galactic star systems among potential sources of a neutrino. We carried out calculation of relativistic particles stream from the white dwarf in the area of 100 parsec. It corresponds to a particle stream from a quasar. By the known pulsar observations we made up methodology of white dwarf's pulsars neutrino sources searching by the MASTER telescopes.

МОДИФИЦИРОВАННОЕ УРАВНЕНИЕ ДЕВИАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ В МЕТРИКЕ ШВАРЦШИЛЬДА

А.М. Расулова

Институт озераведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
ARasulova@gmail.com

GENERALIZED GEODESIC DEVIATION EQUATION IN THE SCHWARZSCHILD METRIC

A.M. Rasulova

Institute of Limnology RAS, Saint Petersburg, Russia

Проведен анализ модифицированного уравнения девиации геодезических в сферически-симметричной метрике Шварцшильда. В отличие от обычного уравнения девиации геодезических, которое описывает отклонение двух бесконечно близких геодезических, с помощью модифицированного уравнения девиации геодезических можно описать любые две геодезические с произвольными касательными векторами, не обязательно параллельными. Проанализированы знаки второй производной компонент вектора девиации, которые отвечают за расхождение (положительный) или сближение (отрицательный) геодезических.

Generalized geodesics deviation equation in the Schwarzschild spherically symmetric metric is analyzed. In contrast to a usual geodesics deviation equation describing the deflection of two infinitely near geodesics, the generalized equation deviation equation may help to describe any two geodesics, with arbitrary tangent vectors, not necessarily parallel. The sign of the second derivative of the components deviation vector is analyzed that is responsible for the geodesics divergence (positive) or the geodesics converge (negative).

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ НЕУПРУГИЕ АТОМНЫЕ СТОЛКНОВЕНИЯ КАЛЬЦИЯ И ВОДОРОДА

Д.С. Родионов, Д.В. Власов, Я.В. Воронов, С.А. Яковлева, А.К. Беляев

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия
dsrodionov@herzen.spb.ru

LOW-ENERGY INELASTIC ATOMIC COLLISIONS OF CALCIUM AND HYDROGEN

D.S. Rodionov, D.V. Vlasov, Ya.V. Voronov, S.A. Yakovleva, A.K. Belyaev

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

Кальций является альфа-элементом, производимым сверхновыми, и представляет интерес при изучении звездных атмосфер в условиях отклонения от локального термодинамического равновесия. Процессы взаимной нейтрализации различных элементов представляют интерес с точки зрения как фундаментальной науки, так и прикладных исследований, например, при моделировании фотосферы Солнца и газовых лазеров. Проанализированы доступные квантово-химические данные для системы Ca+H и Ca⁺+H⁻. Для выполнения динамических расчетов проведена процедура диабатизации квантово-химических данных и сконструированы атомные данные в гибридном представлении. На конференции будут представлены результаты расчетов вероятностей неупругих переходов, сечений и констант скоростей, необходимых при моделировании атмосфер звезд.

Calcium is an alpha element produced by supernovae and is of interest for non-local thermodynamic equilibrium modeling of stellar atmospheres. In addition to astrophysical interest, the processes of mutual neutralization for various elements are of interest from both the fundamental and practical points of view, for example, for modeling the solar photosphere and gas lasers. The available quantum-chemical data for the system Ca+H and Ca⁺+H⁻ are analyzed. For nuclear dynamical calculation, the diabaticization procedure was performed and atomic data were constructed in a hybrid representation. The calculated inelastic transition probabilities, cross sections and rate coefficients will be represented at the conference, the data required for modeling of stars's atmospheres.

ГЕНЕРАЦИЯ УДАРНЫХ МГД-ВОЛН В ВЕРХНИХ СЛОЯХ СОЛНЕЧНОЙ ХРОМОСФЕРЫ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ, ВСПЛЫВАЮЩИМИ С ПОДФОТОСФЕРНОГО УРОВНЯ

¹К.В. Романов, ¹Д.В. Романов, ²М.В. Еселевич

¹Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия
k-v-romanov@ya.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

GENERATION OF MHD SHOCK WAVES IN UPPER CHROMOSPHERE OF THE SUN BY MAGNETIC FIELDS EMERGING FROM SUBPHOTOSPHERIC LEVEL

¹K.V. Romanov, ¹D.V. Romanov, ²M.V. Eselevich

¹V.P. Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Исследуется волновая природа аномального прогрева нижних слоев солнечной атмосферы. Ранее было получено, что в солнечной хромосфере феномен аномального прогрева обусловлен диссипацией энергии газодинамических ударных волн, генерируемых колебаниями крупномасштабных магнитных полей ниже фотосферного уровня. Прогрев газодинамическими ударными волнами обеспечивает подъем температуры газа до 10⁵ К в верхних слоях хромосферы, где значения плотности газа относительно малы. Поэтому при наличии даже слабых магнитных полей разогрев нижних слоев короны Солнца обеспечивается диссипацией ударных МГД-волн. Исследуется нелинейная фаза развития неустойчивости Паркера в коротковолновой части спектра ($m \geq 20$) с учетом токового прогрева магнитной трубки вдоль силовых магнитных линий. При подъеме магнитного поля до высот верхней хромосферы магнитные поля начинают тормозиться, и генерация

ударных МГД-волн выше этого уровня прекращается, что объясняет наличие двухступенчатого подъема температуры в нижних слоях атмосферы Солнца по эффекту аномального прогрева.

We analyze wave nature of anomalous heating of the lower solar atmosphere. Hydrodynamical shock wave heating is able to increase temperature up to 10^5 K in the upper chromosphere. Density of plasma in the upper chromosphere is negligible compared to the photosphere, and at that height a presence of even weak magnetic field can support heating of lower corona of the Sun due to dissipation of weak MHD shock waves. Goal of the paper is to study physical mechanism of generation of steady flux of MHD shock waves in upper chromosphere. Nonlinear stage of development of Parker instability is investigated for shortwave part of spectrum ($m \geq 20$). Modeling takes into account heat transport along magnetic field. It is shown that emerging magnetic field starts to slow down in upper chromosphere and generation of MHD shock waves stops at that heights. It may explain the step rise of temperature in the lower atmosphere.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭВОЛЮЦИИ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО
И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК,
ПРОИЗОШЕДШИХ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ
С РАЗЛИЧНОЙ МАГНИТНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ**

А.Е. Рудель

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
wayaaway@gmail.com

**CHARACTERISTICS OF EVOLUTION OF THE HARD X-RAY
AND MICROWAVE EMISSION OF SOLAR FLARES OCCURRED
IN ACTIVE REGIONS OF DIFFERENT MAGNETIC TOPOLOGY**

A.E. Rudel

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Целью данной работы является изучение корреляции между эволюцией вспышечной активности и развитием активных областей. В настоящей работе были изучены такие параметры, как задержки между жестким рентгеновским и микроволновым излучением, наличие или отсутствие спорадических радиособытий II и III типов, а также позиции вспышек в активных областях (АО) по отношению к магнитной структуре активной области. Для проведения исследования были использованы данные, полученные в процессе прохождения по диску Солнца АО 8806 (18–29 декабря 1999 г.), 10375 (1–13 июня 2003 г.) и 10652 (19–27 июля 2004 г.). Данные по жесткому рентгеновскому излучению были получены из наблюдений «Конус-Винд». Для анализа микроволнового излучения были использованы данные сети солнечных радиотелескопов (RSTN). Полученные результаты обсуждаются с точки зрения эволюции магнитной топологии активной области.

The target of this research is to study correlation between flare characteristics evolution and evolution of active region (AR). We have studied such parameters as hard X-ray (HXR) spectral index, delays between HXR and microwave emission, the presence or absence of sporadic radio events like type II and type III as well as the flare positions in AR relative to magnetic topology. We analyzed AR 8806 (December 18–29, 1999), AR 10375 (June 1–13, 2003) and AR 10652 (July 19–27, 2004). The HXR characteristics were obtained from the Konus-Wind observations. The microwave characteristics were analyzed based on data of Radio Solar Telescope Net (RSTN). Results are discussed from the point of view of evolution of the magnetic topology of the active region.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ**

И.В. Русских, А.Ю. Шиховцев, С.А. Чупраков, В.А. Пуляев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vanekrus@iszf.irk.ru

SOLAR TELESCOPES DEVELOPMENT TO USE ADAPTIVE OPTICS SYSTEM

I.V. Russkikh, A.Yu. Shikhovtsev, S.A. Chuprakov, V.A. Pulyaev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Рассматриваются вопросы, связанные с развитием многозеркальной адаптивной оптики (АО), обеспечивающей высокое разрешение фильтровых систем крупных солнечных телескопов. Создаваемые оптические инструменты позволят продвинуться в понимании механизмов переноса энергии в солнечной атмосфере и построении согласованных моделей фотосфера—хромосфера—корона. В работе обсуждаются подходы к созданию схем АО для оптимального использования светового потока, включая АО с двумя датчиками волнового фронта.

Issues related to development of the multi-mirror adaptive optics (AO) providing high resolving power for large solar telescopes' filter systems are considered. Designed optical instruments allow to improve the understanding the mechanisms of energy transport in the solar atmosphere and the construction of advanced models of the photosphere—chromosphere—corona. Approaches to design AO for optimal light using including an AO with two wavefront sensors are discussed.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ ИМПУЛЬСОВ УСТАНОВКИ HiSCORE

В.С. Самолига

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
vovaliga@mail.ru

ANALYSIS OF CORRELATION OF HiSCORE PULSES

V.S. Samoliga

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка HiSCORE — сеть широкоугольных детекторов черенковского излучения широких атмосферных ливней. В качестве отклика на ливни в детекторах формируются электрические импульсы. В то время как стандартные методы анализа ливней используют только параметры импульсов, в настоящей работе используются полные осциллограммы импульсов и исследуется степень их схожести для детекторов, расположенных симметрично относительно оси ливня.

The HiSCORE is an array of wide-angle detectors of Cherenkov light generated in extensive air showers. As a response to showers the detectors give electric pulses. Whereas standard shower analysis methods use only parameters of the pulses, in this work full pulse oscillograms are used and their similarity is studied for the detectors placed symmetrically about the shower axis.

**ПРЯМЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ НЕЙТРИНО
В МОДЕЛИ КВАРК-ГЛЮОННЫХ СТРУН**

М.Н. Сороковиков, С.И. Синеговский

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
waleralincoln@mail.ru

PROMPT ATMOSPHERIC NEUTRINO IN THE QUARK-GLUON STRING MODEL

M.N. Sorokovikov, S.I. Sinegovsky

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Выполнен расчет потока прямых атмосферных нейтрино в интервале энергий $1-10^5$ ТэВ, генерируемых в распадах очарованных частиц. Сечения рождения очарованных D -мезонов и Λ_c -барионов в pA - и πA -соударениях рассчитаны в феноменологической модели кварк-глюонных струн (МКГС), значения свободных параметров которой были уточнены на основе данных измерений в экспериментах на Большом адронном коллайдере. Рассчитанный поток прямых атмосферных нейтрино не противоречит ограничению, установленному в эксперименте IceCube. Приведено также сравнение с результатами расчетов авторов, использующих другие модели рождения чарма.

We calculate the prompt atmospheric neutrino flux in the energy range of $1-10^5$ TeV arising from decays of the charmed particles. Cross sections of D -mesons and Λ_c -baryons production in pA - and πA -collisions are calculated with the phenomenological quark-gluon string model (QGSM), free parameters of which were improved using measurement data of the LHC experiments. Predicted prompt neutrino flux is compatible with the constraint obtained in IceCube experiment. Also we compare our calculation with other predictions obtained for different charm production models.

КОЛЕБАНИЯ И СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ МАГНИТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА СОЛНЦЕ

**П.В. Стрекалова, ²А. Риехокайнен, ^{1,2}В.В. Смирнова,
¹А.А. Соловьев, ¹Ю.А. Наговицын**

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
auriga-lynx@yandex.ru

²Университет Турку, Турку, Финляндия

OSCILLATIONS AND STRUCTURAL EVOLUTION OF SMALL-SCALE MAGNETIC FORMATIONS ON THE SUN

P.V. Strekalova, ²A. Riehoainen, ^{1,2}V.V. Smirnova, ¹A.A. Solov'ev, ¹Yu.A. Nagovitsin

¹Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

²University of Turku, Turku, Finland

Были проанализированы длинные квазипериодические колебания мелкомасштабных магнитных структур, наблюдаемых на солнечной фотосфере, а также в трех спектральных УФ-линиях (1600, 1700 и 304 Å). Проведено исследование взаимосвязи между значениями магнитного поля, временем жизни и периодами длинноволновых квазипериодических колебаний мелкомасштабных магнитных структур. Основной целью работы был подробный анализ структурной и временной эволюции мелкомасштабных магнитных структур, наблюдаемых в солнечной атмосфере. Структурная эволюция объектов прослеживалась в течение их жизни. Время жизни каждой структуры было разделено на три фазы: фаза роста, квазистабильная фаза и фаза разрушения. Квазипериодические колебания с периодами в диапазоне 18–200 мин были обнаружены в квазистабильной фазе жизни структур. Получены зависимости между временем жизни и максимальным значением магнитного поля исследуемых объектов, а также между временем жизни и периодами колебаний. Обнаружены связи между магнитными образованиями в фотосфере и яркими структурами в УФ-линиях 1600, 1700 и 304 Å. Те же периоды колебаний интенсивности были определены при анализе временных рядов этих линий.

Long quasi-periodic oscillations of small-scale magnetic structures observed on solar photosphere as well as at three UV spectral lines (1600, 1700, and 304 Å) are analyzed. The study of the relations between the values of the magnetic field, the lifetime, and the period of long quasi-periodic oscillations of small-scale magnetic structures was done. The detailed analysis of the structural and the temporal evolution of small-scale magnetic structures observed in solar atmosphere was the main goal of this work. Structural evolution of small-scale magnetic formations was traced during the life-time. The lifetime of each structure was divided into three phases: the growth phase, the quasi-stable phase, and the destruction phase. Long quasi-periodic oscillations with periods in range of 18–200 minutes were found during the quasi-stable phase of the lifetime of structures. The dependencies between the lifetime and the maximum value of the magnetic field of small-scale magnetic structures, as well as, between the lifetime and the periods of oscillations were obtained. The relations between the magnetic formations at the photosphere and the bright structures at 1600, 1700, and 304 Å UV lines were found. The same periods of oscillations were defined in time-series analysis of these lines.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА ПОЛЯРИМЕТРА СОЛСИТ

В.Е. Томин, А.В. Киселёв, И.В. Русских

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
tomin@iszf.irk.ru

STUDY OF SOLSYT POLARIMETER MOCKUP

V.E. Tomin, A.V. Kiselev, I.V. Russkikh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Создание спектрополяриметров для измерения магнитных полей является актуальной задачей приборостроения. Измерение полного вектора Стокса предъявляет жесткие требования к поляриметру из-за низкого уровня сигнала линейной поляризации. Проведено математическое моделирование поляриметра СОЛСИТ. Показана оптимальность модуляционных схем из шести состояний модуляции, в том числе упрощенного варианта оптической схемы поляриметра. Исследована возможность использования макета для многоволновых наблюдений с подстройкой только напряжений ЭОП-модуляторов. Проведена калибровка макета спектрополяриметра в лаборатории и на телескопе АСТ ССО для разных длин волн, что позволило учесть ошибки юстировки и получить сигналы поляризации и магнитного поля.

Design of polarimeter for measurement of magnetic fields is actual task of astrophysical instrument creation. Measurement of full Stokes vector imposes tight requirements for polarimeter because of weak linear polarization level. Mathematical modeling of SOLSYT polarimeter was conducted. Optimality of 6-states modulation schemes presented, including simplified polarimeter optical scheme. Possibility to use of this mockup for multiwavelength observation with only tuning of electrooptical modulators drive voltage is studied. Mockup spectropolarimeter was calibrated in laboratory and on site on AST SSO telescope for different wavelength. It allows to account alignment errors and obtain signals of polarization and magnetic field.

АНАЛИЗ СПЕКТРА МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАЛИМБОВОЙ ВСПЫШКИ 1 СЕНТЯБРЯ 2014 г.

М.С. Горопова

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
locle@mail.ru

ANALYSIS OF THE SPECTRUM OF MICROWAVE RADIATION OF THE BEHIND-THE-LIMB SOLAR FLARE ON SEPTEMBER 1, 2014

M.S. Toropova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Солнечные вспышки, произошедшие на обратной стороне Солнца и сопровождающиеся очень быстрыми корональными выбросами и мощными событиями солнечных космических лучей, представляют интерес как для исследователей физики солнечных эруптивных событий, так и для тех, кто занимается явлениями космической погоды. Примером такого события является вспышка 1 сентября 2014 г., произошедшая в активной области с координатами N14E126 [Pesce-Rollins et al., 2016]. В данном событии был зарегистрирован чрезвычайно высокий уровень микроволнового излучения на частотах до 16 ГГц, что необычно для событий такого типа. Авторы [Pesce-Rollins et al., 2016] выдвинули гипотезу о том, что частицы были ускорены на ударных волнах коронального выброса и вынесены этими волнами на видимую поверхность Солнца. Eoin, Vilmer [2016] сделали предварительные оценки магнитного поля, предполагая, что микроволновое излучение имеет гиросинхротронную природу, принадлежит корональному выбросу и формируется в нижней короне Солнца. Задачей данной работы является оценка магнитного поля на основе моделирования спектра микроволнового излучения с помощью программы GX_Simulator [Nita et al., 2005]. В качестве параметров тепловой вспышечной плазмы используются стандартные значения (температура, плотность). Параметры ускоренных частиц (спектральный индекс, плотность потока ускоренных электронов) были оценены на основе результатов, полученных в работе [Pesce-Rollins et al., 2016]. Для расчетов было использовано магнитное поле, полученное из магнитограмм HMI/SDO. Результаты моделирования сравниваются с наблюдавшимся микроволновым спектром и обсуждаются с точки зрения различных гипотез его возникновения.

The behind-the-limb solar flares that accompanied by very rapid coronal emissions and powerful events of solar cosmic rays are of interest both for researchers in the physics of solar eruptive events and for those involved in space weather phenomena. An example of such an event is a flare on September 1, 2014, which occurred in the active area with coordinates N14E126 [Pesce-Rollins et al., 2016]. In this event, an unusually high level of microwave radiation at frequencies up to 16 GHz was recorded, which is unusual for this type of event. The authors [Pesce-Rollins et al., 2016] hypothesized that the particles were accelerated on shock waves of coronal ejection and carried by these waves to the visible surface of the Sun. Eoin, Vilmer [2016] made preliminary estimates of the magnetic field, suggesting that microwave radiation has a gyrosynchrotron nature, belongs to a coronal discharge and is formed in the low corona of the Sun. The task of this paper is to estimate the magnetic field on the basis of modeling the spectrum of microwave radiation using the GX_Simulator program [Nita et al., 2005]. The standard values (temperature, density) are used as parameters of a thermal flare plasma. The parameters of the accelerated particles (spectral index, flux density of accelerated electrons) were estimated on the basis of the results obtained in the paper [Pesce-Rollins et al., 2016]. For calculations, a magnetic field obtained from the magnetograms HMI/SDO was used. The simulation results are compared with the observed microwave spectrum and are discussed from the point of view of various hypotheses of its occurrence.

РАЗВИТИЕ УСТАНОВКИ TUNKA-REX

О.Л. Фёдоров

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
offedoroff@yandex.ru

DEVELOPMENT OF TUNKA-REX FACILITY

O.L. Fedorov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка Tunka-Rex создана на базе установки Tunka-133 в 2012 г. Изначально массив насчитывал 18 антенных станций, подключенных к системе сбора данных установки Tunka-133. В такой конфигурации детектор Tunka-Rex работал только в течение темных безлунных ночей. В 2015 г. количество антенных станций было увеличено до 44, в 2016 г. до 63. В настоящей работе представлены последние результаты, полученные на установке Tunka-Rex, а также затрагиваются аспекты эксплуатации установки.

The Tunka-Rex facility is based on Tunka-133 in 2012. Initially, the array consisted of 18 antenna stations connected to the Tunka-133 data acquisition system. In this configuration, the Tunka-Rex detector worked only during dark moonless nights. In 2015 the number of antenna stations was increased to 44, and in 2016 to 63. In this work, the latest results of the Tunka-Rex facility are presented, and the aspects of its operation, also, are shown.

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЭРУПТИВНОГО ПРОТУБЕРАНЦА, ЗАРЕГИСТРИРОВАННОГО СИБИРСКИМ РАДИОГЕЛИОГРАФОМ, В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 4–8 ГГц

1А.Ю. Федотова, ¹А.Т. Алтынцев, ¹С.В. Лесовой, ^{1,2}А.А. Кочанов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
fedotovanastya@mail.iszf.irk.ru

FIRST OBSERVATION OF AN ERUPTIVE FILAMENT IN RANGE 4–8 GHz RECORDED THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH

¹A.Yu. Fedotova, ¹A.T. Altyntsev, ¹S.V. Lesovoi, ^{1,2}A.A. Kochanov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Регулярные наблюдения Солнца с помощью многоволнового Сибирского радиогелиографа (СРГ) в диапазоне частот 4–8 ГГц были начаты в 2016 г. СРГ представляет собой 48-элементный Т-образный радиоинтерферометр. Изображения Солнца формируются посредством апертурного фурье-синтеза. 25 июня 2016 г. СРГ зарегистрировал в диапазоне частот 4–8 ГГц эруптивный протуберанец, который наблюдался в восточной части солнечного лимба с 01:47 UT по 03:15 UT. По данным орбитальной обсерватории SDO/AIA, залимбовый протуберанец лучше всего наблюдался в каналах 171, 304, 131, 335 и 094 Å. Проводились также сравнения изображений с LASCO.

Regular observations of the Sun with multiwave Siberian Radioheliograph (SRH-48) in the frequency range of 4–8 GHz were started at 2016. SRH-48 is 48-element T-shaped radiointerferometer. The images of the Sun are created via Fourier aperture synthesis. At 25 June 2016 the SRH-48 registered eruptive filament in the range of 4–8 GHz, which was observed in the eastern part of solar limb from 01:47 UT to 03:15 UT. According to orbital observatory SDO/AIA the filament was best of all observed in the channels 171, 304, 131, 335 и 094 Å. Also we compared the images with LASCO.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШАЛ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

Д.О. Черных (от коллаборации Tunka)

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
chernykh.dash@gmail.com

SIMULATION AND RECONSTRUCTION OF THE EAS PARAMETERS FROM TUNKA-GRANDE DATA

D.O. Chernykh (for the Tunka Collaboration)

Applied Physics Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Сцинтилляционная установка Tunka-Grande и установка Tunka-Rex, регистрирующие радиоизлучение ШАЛ, входят в состав обсерватории TAIGA (Tunka Advanced Instrument for Cosmic Ray Physics and Gamma Astronomy), расположенной в Тункинской долине (Республика Бурятия) в 50 км от оз. Байкал. Задачей совместной работы установок является исследование энергетического спектра и массового состава первичных космических лучей в диапазоне энергий 10^{16} – 10^{18} эВ. В докладе представлены результаты моделирования и описание методики восстановления параметров ШАЛ по данным установок Tunka-Grande и Tunka-Rex.

The Tunka-Grande scintillator array and the Tunka Radio Extension (Tunka-Rex) array are part of the TAIGA (Tunka Advanced Instrument for Cosmic Ray and Gamma Astronomy) experimental complex located in the Tunka valley (Republic of Buryatia, Russia), 50 km from Lake Baikal. The purpose of the joint operation of the arrays is the study of energy spectrum and mass composition of primary cosmic rays in the energy range 10^{16} – 10^{18} eV. The result of simulation and the description of methods of reconstruction EAS parameters by data of the Tunka-Grande and the Tunka-Rex arrays are presented.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УСТАНОВКИ TUNKA-REX

Д.А. Шипилов (от коллаборации Tunka-Rex)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
justforprince@gmail.com

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO DIAGNOSE TUNKA-REX FACILITY

D.A. Shipilov (for the Tunka-Rex Collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка Tunka-Rex представляет систему детекторов, которая на данный момент состоит из 63 антенн. Антенны производят регистрацию радиоизлучения от ШАЛ. В работе представлены результаты применения сверточных нейронных сетей для диагностики спектров, полученных в ходе сбора данных установки Tunka-Rex. Создана нейронная сеть на базе библиотек Keras, Tensorflow, внедренная в процесс мониторинга состояния установки. Планируется также применить данную технологию для обработки радиосигналов.

The Tunka-Rex facility installation represents a system of detectors, which at the moment consists of 63 antennas. The antennas record the radio emission from the EAS. The results of application of convolutional neural networks for diagnostics of the spectra obtained during the data acquisition of the Tunka-Rex system are presented. A neural network was created on the basis of the Keras libraries, Tensorflow, implemented in the process of monitoring the status of the facility. It is also planned to apply this technology for the processing of radio signals.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СЕКЦИЯ В

ФИЗИКА ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУЧЕВЫХ ТРАЕКТОРИЙ КВ-РАДИОВОЛН В ЕСТЕСТВЕННО И ИСКУССТВЕННО ВОЗМУЩЕННОЙ ИОНОСФЕРЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДИОТОМОГРАФИИ

М.А. Анненков, Е.С. Андреева, И.А. Нестеров

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
annenkov@physics.msu.ru

RESEARCH INTO RAY TRAJECTORIES OF HF RADIOWAVES IN NATURALLY AND ARTIFICIALLY DISTURBED IONOSPHERE ON THE BASIS OF RADIOTOMOGRAPHIC DATA

M.A. Annenkov, E.S. Andreeva, I.A. Nesterov

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Проведено численное моделирование лучевых траекторий КВ-радиоволн в ионосфере. В качестве модели среды использованы как модель IRI, так и реальные данные, полученные методом радиотомографии ионосферы. Магнитное поле задано в соответствии с моделью IGRF. Выполнено сравнение лучевых траекторий КВ-радиоволн в условиях естественных и искусственных ионосферных возмущений.

We present numerical simulation of ray trajectories of HF radiowaves in ionosphere. As a model of the medium, we use both the IRI model and the real data obtained by the method of radio tomography of ionosphere. The magnetic field is defined by the IGRF model. We compare ray trajectories of HF radiowaves under conditions of natural and artificial ionospheric disturbances.

РАСЧЕТ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ВАРИАЦИЙ КОМПОНЕНТ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МАГНИТНОЙ СТАНЦИИ «БАЙГАЗАН»

А.С. Бедарева, А.Ю. Гвоздарев

Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия
bedarewa.anastasia@yandex.ru

CALCULATING THE AVERAGE VALUES OF THE VARIATIONS OF GEOMAGNETIC FIELD COMPONENTS AT "BAIGAZAN" MAGNETIC STATION

A.S. Bedareva, A.Yu. Gvozdarev

Gorno-Altaysk State University, Gorno-Altaysk, Russia

По данным кварцевого вариометра магнитной станции «Байгазан» (частота регистрации 20 Гц, погрешность — около 10 пТл) были рассчитаны секундные средние значения D-, H-, Z-вариаций геомагнитного поля за 2014–2016 гг. При этом были исключены выбросы и скачки в данных, рассчитаны секундные среднеквадратичные отклонения. Подготовка секундных средних необходима для предоставления данных в российско-украинский центр геомагнитных данных.

According to the data of the quartz variometer of the magnetic station “Baigazan” (the frequency of recording is 20 Hz, the error is about 10 pT), the second mean values of D, H and Z variations of the geomagnetic field for 2014–2016 were calculated. At the same time, jumps in the data were excluded, and standard deviations for every second were calculated. The preparation of second means is required to provide data to the Russian-Ukrainian Geomagnetic Data Center.

**ВОЗМУЩЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ
В УСЛОВИЯХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ШТОРМА 29–30 МАРТА 2015 г.
ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В КАЛИНИНГРАДЕ**

¹О.П. Борчевкина, ^{1,2}И.В. Карпов

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия
opsuslova@gmail.com

²Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия

**DISTURBANCES IN TOTAL ELECTRON CONTENT VARIATIONS
DURING THE METEOROLOGICAL STORM ON MARCH 29–30, 2015,
ACCORDING TO OBSERVATIONS IN KALININGRAD**

¹O.P. Borchevkina, ^{1,2}I.V. Karpov

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

^{1,2}West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere
and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

Метеорологические возмущения являются источником атмосферных волн в широком диапазоне частот, в том числе и акустико-гравитационных волн (АГВ). АГВ, распространяющиеся из нижней атмосферы, могут достигать высот верхней атмосферы и, вследствие процессов диссипации, существенно влиять на характеристики вариаций параметров среды.

Наблюдения динамики ионосферных параметров, выполненные в условиях метеорологических штормов в Калининграде (54° N, 20° E), показали, что в вариациях полного электронного содержания (параметр ПЭС) отмечается понижение значений этого параметра, достигающее ~50 % по отношению к метеоспокойным дням.

Характерные изменения вариаций ПЭС рассмотрены на примере метеорологического шторма 29–30 марта 2015 г.

Анализ наблюдений выявил существенные изменения спектров вариаций ПЭС, которые проявляются в следующем:

1. Усиление инфразвуковых составляющих, которое наиболее ярко проявляется в возрастании амплитуд колебаний с периодами 6–8 мин в день метеорологического шторма и сохраняется в последующие сутки.

2. В день метеорологического шторма в спектре возмущений ПЭС отмечается усиление гармоник вариаций с периодами от 20–25 мин, продолжающееся в течение суток после прохождения шторма.

3. Характерное время релаксации возмущения вариаций ПЭС в анализируемом диапазоне вариаций (периоды от 6 до 60 мин) составляет ~1 сут.

Наблюдаемые ионосферные возмущения развиваются достаточно быстро в течение нескольких часов после возмущений метеорологической обстановки. Такие ионосферные возмущения отмечаются устойчиво в периоды метеорологических штормов, что позволяет рассматривать их как характерные признаки возмущений, инициируемых метеорологическими процессами. Возможной причиной этих ионосферных возмущений являются процессы, связанные с формированием локальных областей нагрева термосферы вследствие

диссипации АГВ, приходящих в верхнюю атмосферу из области метеорологического возмущения в нижней атмосфере.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы повышения конкурентоспособности «5-100» БФУ им. И. Канта и гранта РФФИ № 15-05-01665.

Meteorological disturbances are a source of atmospheric waves in a wide range of frequencies, including acoustic-gravity waves (AGW). AGWs that propagate from the lower atmosphere can reach the altitudes of the upper atmosphere and, due to dissipation processes, significantly affect the characteristics of variations in the parameters of the environment.

Observations of the dynamics of ionospheric parameters performed in meteorological storms in Kaliningrad (54° N, 20° E) showed that in the variations of the total electron content, the values of this parameter reaching ~50 % relative to meteorologically calm days.

Typical changes in the TEC variations are considered in the case of a meteorological storm on March 29–30, 2015.

The analysis of observations revealed significant changes in the spectra of the TEC variations, which are manifested in the following:

1. The amplification of infrasonic components, which are most clearly manifested in the increase of amplitudes with periods of 6–8 min on the day of the meteorological storm and persist in the next 24 hours;

2. On the day of the meteorological storm, the amplification of harmonic variations with periods of 20–25 min is continuing during the day after the passage of the storm.

3. The characteristic relaxation time of the perturbation of the TEC variations in the analyzed range of variations (periods from 6 to 60 min) is ~1 day.

The observed ionospheric disturbances develop quite rapidly within a few hours after the perturbations of the meteorological situation. Such ionospheric disturbances are noted steadily during periods of meteorological storms, which allows us to consider them as characteristic signs of perturbations initiated by meteorological processes. A possible cause of these ionospheric disturbances are processes associated with the formation of local regions of thermosphere heating due to dissipation of AGWs that propagate to the upper atmosphere from the area of meteorological disturbance in the lower atmosphere.

These investigations were performed with financial support of the RFBR grants No. 15-05-01665 and the program to improve academic competitiveness 5-100 project IKBFU.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ НА ВАРИАЦИИ ИОНОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Д.С. Волосков, Ю.С. Масленникова, В.В. Бочкарев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
voloskovdmitry@gmail.com

EFFECT OF TROPICAL CYCLONES IN IONOSPHERIC PARAMETERS VARIATIONS

D.S. Voloskov, Yu.S. Maslennikova, V.V. Bochkarev

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

Данная работа посвящена анализу влияния метеорологических возмущений атмосферы на вариации ионосферных параметров, в качестве которых анализировались глобальные карты полного электронного содержания (ПЭС), полученные на основе интерпретации данных сети наземных приемников IGS. Ряд научных работ и публикаций свидетельствует о наличии значительного влияния метеорологических явлений на динамику ионосферы.

Одними из важнейших метеорологических явлений являются тропические циклоны. В данной работе исследуется влияние тропических циклонов на вариации параметров ионосферы.

Для анализа корреляций пространственных полей метеорологических и ионосферных параметров предложен метод, основанный на совместном разложении на главные компоненты. Он позволяет исследовать как пространственную, так и временную связь исследуемых параметров.

The aim of this study is a correlation analysis of meteorological disturbances in variations of meteorological parameters. We use total electron content (TEC) global maps (GIM) as assessment of ionosphere condition. This maps are based on the GPS measurements obtained by the network of ground based receivers (IGS).

A number of studies provide evidence of meteorological effects presence in variations of ionosphere parameters. Of the most important meteorological phenomena are tropical cyclones. In this study we analyze tropical cyclones influence on TEC variations.

A new method based on conjoint principal component analysis of meteorological and ionospheric maps. This method allows us to study space and time correlations between parameters.

ОДНОВРЕМЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ МЕРЦАНИЙ В МЕТРОВОМ И ДЕЦИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНАХ В НАПРАВЛЕНИИ МАГНИТНОГО ЗЕНИТА

М.В. Глоба, Р.В. Васильев, Ю.В. Ясюкевич

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
globa@iszf.irk.ru

SIMULTANEOUS OBSERVATIONS OF METRIC AND DECIMETRIC IONOSPHERIC SCINTILLATIONS IN THE MAGNETIC ZENITH DIRECTION

M.V. Globa, R.V. Vasilyev, Y.V. Yasyukevich

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе исследован эффект магнитного зенита, проявляющийся в усилении ионосферных мерцаний радиосигнала при уменьшении угла между лучом зрения на источник сигнала и вектором геомагнитного поля, для различных частотных диапазонов. Данные были получены на инструментах Обсерватории радиофизической диагностики атмосферы ИСЗФ СО РАН — Иркутском радаре некогерентного рассеяния (ИРНР) и приемнике навигационных сигналов NovAtel GPStation-6. Получены распределения интенсивности мерцаний в зависимости от угла между направлением на источник и геомагнитным полем, которые показывают наличие эффекта магнитного зенита для амплитудных мерцаний источника Лебедь А, наблюдаемых на ИРНР, и фазовых мерцаний навигационных сигналов.

We studied the magnetic zenith effect, which manifests itself as increase in intensity of ionospheric scintillations as the angle between line of sight (LOS) to the source of the signal and geomagnetic field vector decreases, for different frequency bands. Data were obtained by facilities of ISTEP SB RAS observatory of atmospheric radio probing — Irkutsk Incoherent Scatter Radar (IISR) and NovAtel GPStation-6 receiver. We have obtained scintillation intensity distribution over angles between LOS and geomagnetic field, which demonstrate presence of magnetic zenith effect for amplitude scintillations of Cygnus A signal, observed at IISR, and phase scintillations of navigation signals.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЛНОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ**

¹Д.В. Иванов, ¹В.А. Иванов, ¹Н.В. Рябова, ²М.И. Рябова, ¹А.А. Кислицын

¹Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
KislitsinAA@volgatech.net

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

**COMPLEX APPROACH TO DETERMINATION
OF THE ELECTRONIC CONCENTRATION TOTAL PROFILE**

¹D.V. Ivanov, ¹V.A. Ivanov, ¹N.V. Ryabova, ²M.I. Ryabova, ¹A.A. Kislitsin

¹Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

В работе представлен метод построения профиля электронной концентрации ионосферы на основе совместного использования данных наклонного и трансionoсферного зондирования. Метод определения профиля электронной концентрации до высоты глобального максимума основан на реконструкции ионограмм наклонного зондирования. Выше максимума применяется модель экспоненциального слоя, исходными параметрами которой являются данные трансionoсферного зондирования. Совместное использование обоих методов при определенных предположениях о функциональной зависимости профиля выше глобального максимума ионосферы позволяет получать дифференциальную характеристику — полный профиль электронной концентрации.

Paper shows a method for plotting the electron concentration profile of the ionosphere on the basis of a joint approach using oblique and transionoсpheric sounding data. The method of determining the profile up to the global maximum height is based on the reconstruction of oblique sounding ionograms. Above the maximum, an exponential layer model is used, the initial parameters of which are transionoсpheric sounding data. The joint use of both methods under certain assumptions on the functional dependence of the profile above the global maximum of the ionosphere makes it possible to obtain a differential characteristic — the total profile of the electron concentration.

**ДИНАМИКА ПРОТОННОГО СИЯНИЯ И SAR-ДУГИ КАК ОТОБРАЖЕНИЕ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ Pc1-ВОЛН К ВОСТОКУ ВДОЛЬ ПЛАЗМОПАУЗЫ**

И.Б. Иевенко, С.Г. Парников, Д.Г. Баишев

Институт космофизических исследований и аэрoномии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
Parnikov@ikfia.ysn.ru

**DYNAMICS OF THE PROTON AURORA AND SAR ARCS AS INDICATION
OF EASTWARD Pc1 WAVE PROPAGATION ALONG THE PLASMAPAUSE**

I.B. Ievenko, S.G. Parnikov, D.G. Baishev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Среднеширотные красные (SAR) дуги являются следствием взаимодействия внешней плазмoсферы (плазмoпаузы) с энергичными ионами кольцевого тока. Геомагнитные пульсации Pc1 регистрируются на Земле как следствие генерации электромагнитных ионно-циклотронных (ЭМИЦ) волн в экваториальной плоскости магнитосферы. ЭМИЦ-неустойчивость вызывает рассеяние протонов кольцевого тока в конус потерь. Высыпание энергичных протонов может наблюдаться как протонное сияние в линии H β атомарного водорода.

В работе выполнен анализ динамики SAR-дуги, протонного сияния и пульсаций Pc1 в вечернем секторе MLT на меридиане Якутска по данным камеры всего неба и индукционного магнитометра во время роста и расширения интенсивной суббури 31 декабря 2015 г.

The stable auroral red (SAR) arcs are the consequence of interaction of the outer plasmasphere (plasma-pause) with energetic ions of the ring current. The geomagnetic pulsations Pc1 are registered on the Earth as a consequence of the generation of electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves in the equatorial plane of the magnetosphere. EMIC instability causes the scattering of ring current protons into the loss cone. Precipitation of energetic protons can be observed as the proton aurora in line H β of atomic hydrogen.

In this work the dynamics of the SAR arc, proton aurora and Pc1 magnetic pulsations in the MLT evening sector at the Yakutsk meridian using the all-sky imager and an induction magnetometer during the growth and expansion of intense substorms on December 31, 2015 are analyzed.

СРАВНЕНИЕ КАРТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ТОКОВ В ИОНОСФЕРЕ, РАССЧИТАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТИМ И KRM/AMIE

В.Э. Капустин, В.М. Мишин, С.Б. Лунюшкин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kapustin@iszf.irk.ru

COMPARISON OF THE DISTRIBUTION MAPS OF IONOSPHERIC FIELD-ALIGNED CURRENTS CALCULATED ON THE BASIS OF MIT AND KRM/AMIE TECHNIQUES

V.E. Kapustin, V.M. Mishin, S.B. Lunyushkin

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Выполнено сравнение карт пространственных распределений продольных токов в высокоширотной ионосфере, рассчитанных на основе оригинальной версии техники инверсии магнитограмм (ТИМ) и хорошо известной версии KRM/AMIE. Оба метода используют в качестве входных данных собственные (разные в двух методах) модели корпускулярной проводимости и геомагнитные вариации по данным мировой сети магнитометров. Выходными параметрами обеих моделей являются карты распределений электрического потенциала, ионосферных и продольных токов, джоулева нагрева и т. д. Сравнение карт продольных токов, полученных методами ТИМ и KRM/AMIE, показало сходство крупномасштабных распределений в спокойное геомагнитное время, а также наличие мезомасштабных ячеек продольных токов в полуночной ионосфере во время суббури.

We carry out comparison of the spatial distribution in the high-latitude ionosphere of field-aligned currents calculated on the basis of the modified magnetogram inversion technique (MIT) and well-known KRM/AMIE technique. As input data, both techniques use their own models of corpuscular conductivity and geomagnetic variations measured on worldwide net of ground-based magnetometers. At the output, the models present distribution maps in the ionosphere of electrical potential, equivalent ionospheric and field-aligned currents, Joule heating etc. Comparison of the field-aligned current maps obtained by the MIT and KRM/AMIE techniques indicated similarity of large-scale distributions during geomagnetic quiet conditions, as well as appearance of mesoscale cells of the field-aligned currents in the midnight ionosphere during substorms.

**ОТКЛИК ИОНОСФЕРЫ НА УМЕРЕННУЮ МАГНИТНУЮ БУРЮ
21 ДЕКАБРЯ 2016 г.**

¹С.В. Кацко, ²Л.Ф. Черногор

¹Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
sophiaharytonova@gmail.com

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина

**IONOSPHERE RESPONSE TO THE MODERATE MAGNETIC STORM
ON 21 DECEMBER 2016**

¹S.V. Katsko, ²L.F. Chernogor

¹Institute of Ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Приведены результаты исследования отклика F-области и внешней ионосферы на умеренную магнитную бурю 21 декабря 2016 г. ($K_p \max=6$, $D_{st \min}=-40$ нТл). Наблюдения проводились с помощью радара некогерентного рассеяния Института ионосферы и цифрового ионозонда Радиофизической обсерватории ХНУ им. В.Н. Каразина. Магнитная буря вызвала отрицательное ионосферное возмущение в ночь с 21 на 22 декабря с уменьшением концентрации электронов в максимуме слоя F2 в два раза. В результате длительного воздействия высокоскоростного потока солнечного ветра наблюдались изменения суточных вариаций параметров ионосферной плазмы до конца измерений 24 декабря.

The study results of F region and topside ionosphere response to the moderate magnetic storm on 21 December 2016 are presented ($K_p \max=6$, $D_{st \min}=-40$ nT). The observations are carried out by the Kharkiv Incoherent Scatter Radar (Institute of Ionosphere) and the digital ionosonde (Radiophysical Observatory of Kharkiv National University). The magnetic storm caused a negative ionosphere disturbance at night time on December 21–22. The F2-layer maximum electron density decreased by a factor of 2. As a result of durational effect of solar wind flowing stream at high speed the variations of daily ionosphere plasma parameters were observed to the end of measurements on December 24.

**МОДЕЛЬ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ**

^{1,2}М.В. Клименко, ¹В.В. Клименко

¹Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия
maksim.klimenko@mail.ru

²Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия

**THE UPPER ATMOSPHERE MODEL
AS A TOOL FOR SPACE WEATHER INVESTIGATION**

^{1,2}M.V. Klimenko, ¹V.V. Klimenko

¹West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

²Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Исследование солнечно-земных связей является важнейшей частью бурно развивающегося в настоящее время нового направления прикладной науки — исследования космической погоды, направленного на изучение и мониторинг состояния межпланетного и околоземного космического пространства. Изучение влияния процессов, происходящих в нижней и средней атмосфере, на поведение параметров верхней атмосферы, включая

ионосферу, является неотъемлемой частью космической погоды. Другим аспектом космической погоды является влияние на ионосферу Земли процессов, происходящих на Солнце, через магнитосферно-ионосферное взаимодействие. Наиболее ярким примером такого влияния являются геомагнитные бури, которые, в свою очередь, способны оказывать большое (а в отдельных случаях — катастрофическое) влияние на глобальное распределение электронной концентрации в ионосфере Земли. Пространственно-временное поведение различных ионосферных параметров оказывает существенное влияние:

- 1) на движение и торможение спутников;
- 2) на условия прохождения радиосигналов.

Существующие в настоящее время эмпирические модели средней и верхней атмосферы, построенные по данным наблюдений и используемые в качестве моделей среды при решении различных прикладных задач, являются климатическими и недостаточно точно описывают параметры среды в периоды различных гелиосферных, атмосферных, метеорологических и магнитосферных возмущений. Это относится и к наиболее часто используемым международным справочным моделям ионосферы IRI, атмосферы CIRA и MSIS, глобальной термосферной циркуляции HWM. В связи с этим создание и модификация ассимиляционных и взаимосвязанных самосогласованных моделей верхней атмосферы являются наиболее актуальными и приоритетными прикладным и научным направлениями. В данной работе представлен обзор существующих моделей ионосферы и приведены основные результаты, полученные в последнее десятилетие на основе Глобальной самосогласованной модели термосферы, ионосферы и протоносферы (ГСМ ТИП). Обсуждаются ближайшие планы развития и перспективы в области моделирования ионосферы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-17-01060.

Investigation of solar-terrestrial relations is an important part of the rapidly developing new direction of applied science — space weather, aimed at studying and monitoring the state of the interplanetary and near-Earth space. The study of the influence of processes occurring in the lower and middle atmosphere on the behavior of the upper atmosphere parameters, including the ionosphere, is an essential part of space weather. Another aspect of space weather is the impact on the Earth's ionosphere of processes occurring on the Sun through the magnetospheric-ionospheric interaction. One of the example of such an effect is geomagnetic storms, which in turn are capable to exert a large, and in some cases catastrophic, impact on the global distribution of electron density in the Earth's ionosphere. The spatial-temporal behavior of various ionospheric parameters has a significant effect:

- 1) on the satellites motion and braking;
- 2) on the conditions for the transmission of radio signals.

Presently existing empirical models of the middle and upper atmosphere, constructed on the basis of observational data and used as environmental models in solving various applied problems, are climatic and do not accurately describe the medium parameters during the periods of various heliospheric, atmospheric, meteorological and magnetospheric disturbances. This also applies to the most frequently used international reference models such as the IRI ionospheric model, the CIRA and MSIS atmospheric models, and HWM model of the global thermospheric circulation. In this regard, the creation and modification of assimilation and interconnected self-consistent models of the upper atmosphere is the most urgent and priority applied scientific direction. This paper presents an overview of the existing ionospheric models and gives the main results obtained in the last decade on the basis of the Global Self-Consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere, and Protonosphere (GSM TIP). The nearest plans and perspectives of the development in the field of the ionosphere modeling are discussed.

This work was supported by the Grant of the RSF No. 17-17-01060.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ
АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА
НА ОСНОВЕ ТЕХНИКИ ИНВЕРСИИ МАГНИТОГРАММ**

А.Б. Кондратьев, Ю.В. Пенских, С.Б. Лунюшкин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
sky1net@iszf.irk.ru

**AUTOMATED METHOD OF DETERMINING AURORAL OVAL BOUNDARIES
BASED ON THE MAGNETOGRAM INVERSION TECHNIQUE**

A.B. Kondratyev, Yu.V. Pensikh, S.B. Lunyushkin

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Разработан оригинальный метод автоматизированного определения границ аврорального овала на основе карт эквивалентной токовой функции и продольных токов, рассчитываемых в программном комплексе ТИМ (техника инверсии магнитограмм) в приближении однородной проводимости ионосферы. В новом методе определяются граница обращения ионосферной конвекции, высокоширотная (полярная шапка) и низкоширотная границы аврорального овала, линии максимума плотности продольных токов в зонах I и II Ииджимы и Потемры и граница между этими зонами (линия максимума авроральных электроджетов). Указанные параметры ранее определялись вручную — визуальным анализом карт продольных и эквивалентных токов, что занимало очень много времени (недели и месяцы). Сравнение границ, полученных ручным и автоматизированным методами, показало, что коэффициент корреляции между двумя границами составляет в среднем 0.85, а среднеквадратичное отклонение не превышает 2–3 градусов по широте. Обеспечивая достаточную точность определения границ, автоматизированный метод сокращает время обработки карт на 2–3 порядка (до минут и часов), освобождая исследователя от трудоемкой визуальной работы. Новый метод реализован как один из важных блоков в модернизированном комплексе программ ТИМ.

We developed an original method to automatically determine the auroral oval boundaries. The method is based on the maps for equivalent current function and on the maps for field-aligned currents. The maps were calculated within the magnetogram inversion technique (MIT) software in the ionosphere homogeneous conductivity approximation. Through this new method, we determine: 1) the ionospheric convection reversal boundary, 2) the high-latitude (polar cap) and low-latitude boundaries of the auroral oval, 3) the field-aligned current density maximum lines in the Iijima–Potemra Regions 1 and 2, and 4) the boundary between these regions (auroral electrojet maximum line). Earlier, these parameters were determined manually, through visually analyzing the maps for field-aligned and equivalent currents, which took plenty of time (weeks and months). Comparing the boundaries obtained manually and automatically showed that the correlation coefficient between two boundaries is, on average, 0.85, and the root-mean-square deviation does not exceed 2–3 degrees latitude. By providing an adequate accuracy for the boundary determination, the automated method reduces the time for map processing by a factor of 2–3 (to minutes and hours), releasing a researcher from laborious visual work. The new method is implemented as one of the relevant modules in the updated MIT software.

**ДРЕЙФОВО-КОМПРЕССИОННЫЕ ВОЛНЫ,
РАСПРОСТРАНЯЮЩИЕСЯ В НАПРАВЛЕНИИ ДРЕЙФА
ЭНЕРГИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНИТОСФЕРЕ**

Д.В. Костарев, П.Н. Магер

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kostarev@mail.iszf.irk.ru

**DRIFT-COMPRESSION WAVES PROPAGATING
IN THE DIRECTION OF ENERGETIC ELECTRON DRIFT
IN THE MAGNETOSPHERE**

D.V. Kostarev, P.N. Mager

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В рамках gyrokinетики показана возможность существования в магнитосфере дрейфово-компрессионных волн, распространяющихся в направлении дрейфа энергичных электронов. Предполагается, что плазма состоит в основном из холодных частиц с примесью горячих частиц, протонов с максвелловским распределением и электронов с инверсным распределением. Найдены условия существования этих волн и их усиления за счет резонансного взаимодействия с энергичными электронами (дрейфовая неустойчивость) с инверсным распределением по энергиям. Результаты работы могут быть полезны при интерпретации наблюдений волновых явлений в магнитосфере с частотами в диапазоне геомагнитных пульсаций Pc5 и ниже.

Within the gyrokinetic framework it is shown that in the magnetosphere the drift-compression waves can propagate in the drift direction of energetic electrons. The plasma is assumed to be composed of core cold particles and a hot admixture of protons with a Maxwell distribution and electrons with an inverted distribution. The conditions of existence of such waves and their amplification due to resonance interaction with energetic electrons (drift instability) have been found. The obtained results can be helpful for interpretation of wave observations in the magnetosphere with frequencies in the range of geomagnetic pulsations Pc5 and below.

**АПРОБАЦИЯ МЕТОДА КОРРЕКЦИИ МОДЕЛИ ИОНОСФЕРЫ
ПО ДАННЫМ ПРИЕМНИКОВ
СИГНАЛОВ ГНСС В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ**

**^{1,2}Д.С. Котова, ³В.Б. Оводенко, ⁴Ю.В. Ясюкевич, ^{1,2}М.В. Клименко,
⁴А.А. Мыльникова, ⁴К.Г. Ратовский**

²Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия

²Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия
darshu@ya.ru

³ОАО «НПК "НИИДАР"», Москва, Россия

⁴Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

**APPROBATION OF THE IONOSPHERE MODEL UPDATING METHOD FROM GNSS
DATA IN SIBERIAN REGION**

**^{1,2}D.S. Kotova, ³V.B. Ovodenko, ⁴Yu.V. Yasyukevich, ^{1,2}M.V. Klimenko,
⁴A.A. Mylnikova, ⁴K.G. Ratovsky**

¹West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

²Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

³NIIDAR, Moscow, Russia

⁴Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В последние годы значительно возрос интерес к исследованию и диагностике ионосферы. Широкие возможности зондирования ионосферы предоставили глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), такие как GPS и ГЛОНАСС. Обработка сигналов ГНСС позволяет непрерывно вычислять абсолютное полное электронное содержание (ПЭС) в направлении на каждый спутник. Абсолютное ПЭС может использоваться для коррекции ионосферных моделей, что позволяет более точно описать распределение элект-

тронной концентрации. В настоящей работе мы осуществляем коррекцию модели NeQuick на основе данных абсолютного наклонного ПЭС. Метод коррекции параметров модели ионосферы по данным наклонного ПЭС заключается в поиске эффективного значения управляющего параметра модели. В модели NeQuick таким параметром является число солнечных пятен Rz12. Проведено сравнение модельных и экспериментальных данных по суточному поведению критической частоты F2-слоя над станциями в Иркутске и Норильске, которое позволило оценить эффективность метода коррекции параметров ионосферной модели по данным наклонного ПЭС в зависимости от времени суток и выбора сезона года.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00590 мол_а, гранта Президента РФ НШ-6831.2016.8 (Оводенко В.Б.) и программы повышения конкурентоспособности «5-100» БФУ им. И. Канта.

In recent years, attention to investigation and diagnostic of ionosphere significantly increases. Nowadays, global navigation satellite system (GNSS) such as GPS and GLONASS, worldwide ground-based network of satellite signal receivers provide a new possibility of real time ionospheric monitoring. GNSS signal processing is used for calculating absolute total electron content (TEC) along radio path between each satellite and ground-based receiver. The absolute TEC can be used for correction of ionospheric models providing more accurate electron density distribution. In this paper, we perform the correction of the NeQuick model based on the data of the absolute slant TEC. The correction method of ionospheric model parameters is based on the control parameters according to the slant TEC. Smoothed sunspot number Rz12 in the NeQuick is an example of such parameter. We compared the calculation results and the experimental data on the F2 layer critical frequency over the stations in Irkutsk and Norilsk to estimate the efficiency of the correction method of ionospheric model according to slant TEC data.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-35-00590 мол_а, Grant of the President of the Russian Federation НШ-6831.2016.8 (Ovodenko V.B.) and the program of increasing the competitiveness of “5-100” I. Kant BFU.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСКОРЕНИЯ ПРОТОНОВ В МАГНИТНОМ ОСТРОВЕ В СКЛАДКЕ ГЕЛИОСФЕРНОГО ТОКОВОГО СЛОЯ

¹О.В. Мингалев, ^{2,3}О.В. Хабарова, ^{4,3}Х.В. Малова, ¹И.В. Мингалев, ³Р.А. Кислов,
¹М.Н. Мельник, ¹П.В. Сецко, ³Л.М. Зелёный

¹Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия
setsko@pgia.ru

²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Москва, Троицк, Россия

³Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

⁴Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Россия

SIMULATION OF PROTON ACCELERATION IN A OSCILLATING MAGNETIC ISLAND IN THE FOLDS OF THE HELIOSPHERIC CURRENT SHEET

¹O.V. Mingalev, ^{2,3}O.V. Habarova, ^{4,3}H.V. Malova, ¹I.V. Mingalev, ³R.A. Kislov,
¹M.N. Melnik, ¹P.V. Setsko, ³L.M. Zelenyi

¹Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

²Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Troitsk, Russia

³Space Research Institute, Moscow, Russia

⁴Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Moscow

В работе для объяснения наблюдений анизотропных пучков высокоэнергичных частиц вблизи магнитных островов исследованы процессы дальнейшего ускорения предус-

коренных протонов до энергий в сотни кэВ в колеблющемся магнитном острове, который находится в солнечном ветре внутри складки гелиосферного токового слоя (ГТС).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-01-00100а.

To explain the observations of anisotropic beams of high-energy particles near magnetic islands, processes of further acceleration up to energies of hundreds keV of preaccelerated protons in the oscillating magnetic island located in the solar wind inside the fold of the heliospheric current sheet are investigated.

The study was carried out with the financial support from RFBR during of the scientific project No. 17-01-00100a.

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ У ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ ПРИ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПЛАЗМОЙ ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

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

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²МФТИ (ГУ), Долгопрудный, Россия
timoroz@yandex.ru

WAVE PROCESSES IN MOON'S SURFACE DUSTY PLASMA UNDER ITS INTERACTION WITH THE EARTH'S MAGNETOTAIL PLASMA

^{1,2}**T.I. Morozova**, ^{1,2}**S.I. Popel**

¹Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

²MIPT (SU), Dolgoprudny, Russia

Представлено описание волновых процессов при взаимодействии хвоста магнитосферы Земли с пылевой плазмой у поверхности Луны. Показана возможность возбуждения волн у освещенной части поверхности Луны для параметров фотоэлектронов, характеризующихся квантовым выходом лунного реголита из [Willis, et al. // Photon and Particle Interactions With Surfaces in Space. 1973. p. 389]. Ионно-звуковые волны возбуждаются в областях магнитного переходного и/или пограничного слоев магнитосферы в результате развития линейной гидродинамической неустойчивости, тогда как генерация пылевых звуковых волн обусловлена развитием линейной кинетической неустойчивости во всей области взаимодействия хвоста магнитосферы с пылевой плазмой у Луны. В обеих ситуациях развитие неустойчивостей обусловлено относительным движением ионов магнитосферы и заряженных пылевых частиц. Исследованы процессы развития ионно-звуковой и пылевой звуковой турбулентности. Ионно-звуковая турбулентность рассматривается с позиций сильной турбулентности, тогда как для описания пылевой звуковой турбулентности используется теория слабой турбулентности. Для случаев ионно-звуковой и пылевой звуковой турбулентности определены плотности энергии колебаний, эффективные частоты столкновений, а также возникающие в системе электрические поля. Оказывается, что при развитии ионно-звуковой турбулентности в плазменно-пылевой системе у Луны могут возбуждаться электрические поля, несколько меньшие электрических полей у поверхности Луны, возникающих в процессе зарядки ее поверхности при взаимодействии Луны с солнечным излучением, но, тем не менее, вполне значимые для установления адекватной картины электрических полей над Луной. Полученные эффективные частоты столкновений следует учитывать при записи гидродинамических уравнений для ионов пылевой плазмы с учетом ее турбулентного нагрева.

Wave processes in the Earth's magnetotail plasma during the interactions with the dust near the surface of the Moon are considered. It is shown that the excitation of waves is possible near the illuminated part of the Moon for photoelectron parameters characterized by a quantum yield

of the lunar regolith from the [Willis, et al. // Photon and Particle Interactions With Surfaces in Space. 1973. p. 389]. Ion-sound waves are excited in the magnetosheath and/or boundary layer of the magnetosphere as a result of linear hydrodynamic instability, while dust acoustic waves are generated due to the development of a linear kinetic instability in the entire region of the magnetotail plasma during the interactions with the lunar dust. In both the situations, the development of the instabilities is caused by the relative motion of magnetospheric ions and charged dust particles. The processes of ion-acoustic and dust acoustic turbulence are described. Ion-acoustic turbulence is considered from the viewpoint of strong turbulence, whereas to describe dust acoustic turbulence, we use the weak turbulence theory. The wave energy densities, the effective collision frequencies, and the electric fields appearing in the system are determined for the cases of ion-acoustic and dust acoustic turbulences. It is shown that the development of ion-acoustic turbulence in dusty plasma system near the Moon is accompanied by the excitation of the electric fields several smaller than the electric fields arising due to the process of charging of the surface of the Moon during its interaction with the solar radiation. Nevertheless, the electric fields appearing due to the development of ion-acoustic turbulence are important to establish an adequate picture of the electric fields on the Moon. The resulting effective collision frequencies should be considered in the hydrodynamic equations for dusty plasma ions with taking into account its turbulent heating.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ МАКСИМУМА
РАЗВИТИЯ ШАЛ ПО ОТКЛИКАМ ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ
ЯКУТСКОЙ УСТАНОВКИ ШАЛ**

В.П. Мохначевская, Ю.А. Егоров, С.П. Кнуренко, И.Е. Слепцов, З.Е. Петров

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
valyamokh@yandex.ru

**THE RESULTS OF THE RECOVERY OF THE MAXIMUM DEPTH OF THE EAS
ON THE RESPONSES OF TRACK DETECTORS YAKUTSK ARRAY EAS**

V.P. Mokhnachevskaya, Yu.A. Egorov, S.P. Knurenko, I.E. Sleptsov, Z.E. Petrov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

В работе приводится описание системы трековых детекторов, работающих на Якутской комплексной установке ШАЛ. Описана методика, позволяющая по отклику детектора вычислить число фотонов, приходящих с разных высот атмосферы, и тем самым восстановить продольное развитие в индивидуальных ливнях.

Представлены результаты прямых наблюдений каскадной кривой, и определен максимум развития ливня X_{\max} по наблюдениям черенковского света ШАЛ. Из сравнения X_{\max} с расчетами по модели QGSJETII-04 для разных первичных частиц получен предварительный вывод о массовом составе космических лучей в области энергий выше 10^{16} эВ.

A description is given of a system of tracking detectors operating at the Yakut complex EAS array. A technique is described that allows one to calculate the number of photons arriving from different heights of the atmosphere from the detector response and thereby restore longitudinal development in individual showers.

The results of direct observations of the cascade curve are presented and the depth of maximum shower development (X_{\max}) is determined from the observations of Cherenkov light from the EAS. From a comparison of X_{\max} with calculations based on the QGSJETII-04 model for different primary particles, a preliminary conclusion was obtained on the mass composition of cosmic rays in the energy above 10^{16} eV.

**ПОЛУЧЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ
ПО ОДНОЧАСТОТНЫМ ДАННЫМ ГЛОБАЛЬНЫХ
НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

¹А.А. Мыльникова, ^{1,2}Ю.В. Ясюкевич, ²В.Б. Иванов

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
manna@iszf.irk.ru

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

**ESTIMATING THE ABSOLUTE TOTAL ELECTRON CONTENT BASED
ON SINGLE-FREQUENCY GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM DATA**

¹A.A. Mylnikova, ^{1,2}Yu.V. Yasyukevich, ²V.B. Ivanov

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе представлен подход, позволяющий произвести оценку абсолютного вертикального и наклонного полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы. Оценка основана на одночастотных совместных измерениях фазового и группового запаздывания сигнала GPS/ГЛОНАСС по данным отдельных измерительных станций. Расчет абсолютного вертикального ПЭС выполняется с использованием модели разложения наклонного ПЭС в ряд Тейлора по пространству и времени. Совместно с абсолютным вертикальным ПЭС производится расчет пространственных градиентов ПЭС, на основе которых можно получить значения ПЭС на удалении от станции. Чтобы оценить возможную ошибку расчета абсолютного вертикального ПЭС по одночастотным измерениям, набрана статистика разностей значений ПЭС, получаемых по двухчастотным и одночастотным измерениям. Анализ проведен для 2009 г. (минимум солнечной активности) и 2014 г. (максимум солнечной активности) на основе данных GPS/ГЛОНАСС-станций IRKJ и NRC1, находящихся на средних широтах. Получено, что качественно и количественно вертикальное ПЭС, рассчитанное по одночастотным измерениям, согласуется с оценками, основанными на двухчастотных измерениях. Типичное значение разности вертикального ПЭС, полученного одночастотным и двухчастотным методом, для выбранных нами станций в основном не превышает ~ 1.5 TECU с СКО до ~ 3 TECU. Получение абсолютных значений ПЭС по одночастотным измерениям представляется, на наш взгляд, весьма перспективным для развития мониторинга ионосферы, особенно на территории Российской Федерации, где число двухчастотных приемников не так велико, как, например, в Японии или США. Как показал проведенный анализ, одночастотные измерения вертикального ПЭС лишь незначительно уступают в качестве двухчастотным измерениям.

We present a technique for the absolute vertical and slant total electron content (TEC) estimation. The technique is based on the single-frequency joint phase and pseudorange GPS/GLONASS measurements at single stations. The vertical TEC estimation is based on Taylor series expansion in space and time. Together with the absolute vertical TEC, the spatial gradients of the TEC are calculated, which makes it possible to obtain the TEC values at some distance from the station. To analyze the accuracy of the technique, the differences between TEC values obtained from two-frequency and single-frequency measurements are calculated and statistics is obtained. The analysis is performed for entire 2009 year (solar activity minimum) and for entire 2014 year (solar activity maximum), based on single-frequency and dual-frequency GPS/GLONASS data from IRKJ and NRC1 stations located at the middle latitudes. Estimated single-frequency vertical TEC agrees qualitatively and quantitatively with the dual-frequency vertical TEC. For the stations of interests single-frequency vertical TEC values and dual-frequency ones are generally differ not much than ~ 1.5 TECU with RMS up to ~ 3 TECU. The technique for estimating absolute values of TEC by single-frequency measurements seems, in our opinion, very promising for the development of ionospheric monitoring, especially in Russian Federation, where the number of two-frequency

receivers is not so big compared to Japan or USA. The results show, that single-frequency measurements of vertical TEC are only slightly less accurate compared to two-frequency measurements.

НАБЛЮДЕНИЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ПОВЫШЕНИЙ ПЭС ПО ДАННЫМ ГЛОБАЛЬНЫХ ИОНОСФЕРНЫХ КАРТ

¹И.И. Непомнящих, ²И.К. Едемский

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
ilya@iszf.irk.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

INVESTIGATION OF LOCALIZED TEC ENHANCEMENTS BASED ON GLOBAL IONOSPHERIC MAPS

¹I.I. Nepomnyashchikh, ²I.K. Edemsky

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе рассматривается подход к анализу глобальных карт GIM, позволяющий выделять локализованные области повышения полного электронного содержания (ПЭС). Подход основан на определении значимых отклонений величины ПЭС от медианных значений и позволяет проводить анализ значительных объемов данных в автоматическом режиме. В работе представлена полученная в процессе такого анализа статистика наблюдений событий и динамика изменения их числа за период 2000–2017 гг.

Работа выполнена при поддержке Президента Российской Федерации (грант № МК-1097.2017.5).

We present a method of global ionospheric maps (GIM) analysis allowing us to find localized areas of total electron content (TEC) enhancement. The method is based on definition of significant TEC deviations from the median values. The method makes possible to analyze big amount of data automatically. We present the results of such an analysis for the period 2000–2017 and show the dynamics of the events during the period.

The work is supported by Russian Federation President (grant No. МК-1097.2017.5).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЯМОГО ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ПОИСКА ВЕРХНИХ И НИЖНИХ ЛУЧЕЙ В ЗАДАЧЕ РАСЧЕТА КВ-РАДИОТРАСС В ИОНОСФЕРЕ

¹И.А. Носиков, ^{1,2}М.В. Клименко, ³П.Ф. Бессараб

¹Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Калининград, Россия
igor.nosikov@gmail.com

²Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия

³Университет Исландии, Рейкьявик, Исландия

IDENTIFICATION OF LOW AND HIGH RAYS FOR CALCULATING SHORT-WAVE RADIO PATHS IN THE IONOSPHERE BY A DIRECT VARIATIONAL METHOD

¹I.A. Nosikov, ^{1,2}M.V. Klimenko, ³P.F. Bessarab

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Kaliningrad, Russia

³University of Iceland, Reykjavik, Iceland

Представлена методика поиска верхних и нижних лучей в задаче расчета радиотрасс в модельной ионосфере с заданными положениями передатчика и приемника. Проведенное исследование всех типов стационарных решений позволило доказать существование минимумов и седловых точек функционала радиолуча. Определение верхних лучей осуществляется прямой минимизацией функционала оптической длины пути. Нижние лучи, представляющие собой седловые точки, определяются с помощью методов оптимизации, позволяющих инвертировать стационарное решение в минимум оптической длины пути. Данная методика апробирована в модельной изотропной ионосфере, где электронная концентрация задавалась по модели IRI. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 16-35-00590 мол_а.

Direct optimization of the optical path functional is a promising approach to the point-to-point ionospheric ray tracing problem. The approach involves a systematic transformation of the ray trajectory to an optimal configuration satisfying the Fermat's principle, while the endpoints are kept fixed according to the boundary conditions. Here, a strategy is proposed for the identification of both high and low rays using a direct variational approach. High rays are obtained by minimizing the optical path of ionospheric radio rays. Low rays which correspond to saddle points of the optical path are found using the minimum mode following method, where the saddle points are essentially converted to local minima. The method is applied to a point-to-point ionospheric ray tracing, where the propagation medium is obtained with the International Reference Ionosphere model.

ЭФФЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН И ПЛАЗМЕННЫЕ СТРУКТУРЫ В ИОНОСФЕРЕ ПО ДАННЫМ GNSS-ИЗМЕРЕНИЙ НА ТРАССАХ СПУТНИК—СПУТНИК И СПУТНИК—ЗЕМЛЯ

А.А. Павельев

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Россия
alxndr38@gmail.com

RADIO WAVE PROPAGATION EFFECTS AND PLASMA STRUCTURES IN THE IONOSPHERE FROM GNSS MEASUREMENTS AT SATELLITE—SATELLITE AND SATELLITE—EARTH PATHS

A.A. Pavelyev

Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics RAS, Fryazino, Russia

Классифицированы эффекты ионосферного воздействия слоев и случайно-неоднородных структур на распространение радиоволн на трассах спутник—спутник и спутник—Земля. Рассмотрен суточный, сезонный и широтный ход электронной концентрации на различных высотах в ионосфере по данным измерений амплитуды и фазы сигналов навигационных систем (GNSS) в области полярного овала с анализом случаев воздействия нагревного стенда HAARP за период с 2007 по 2015 г.

Ionospheric effects produced by layers and randomly inhomogeneous structures on propagation of radio waves at satellite—satellite and satellite—Earth paths are classified. The diurnal, seasonal and latitudinal variations of the electron concentration at different heights in the ionosphere are analyzed using measurements of the amplitude and phase of navigation system signals (GNSS) in the polar oval region with the influence of the HAARP during 2007–2015.

**УЛЬТРАНИЗКОЧАСТОТНЫЕ КОМПРЕССИОННЫЕ
КОЛЕБАНИЯ В МАГНИТОСФЕРЕ.
АНАЛИЗ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ THEMIS**

¹А.В. Рубцов, ²П.Н. Магер, ²Д.А. Чуйко, ^{1,2}Д.Ю. Климушкин

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
avtubcov@mail.ru

**ULTRA-LOW-FREQUENCY COMPRESSIONAL OSCILLATIONS
IN THE MAGNETOSPHERE.
DATA ANALYSIS OF THE SATELLITE SYSTEM THEMIS**

¹A.V. Rubtsov, ²P.N. Mager, ²D.A. Chuiko, ^{1,2}D.Yu. Klimushkin

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Исследована компрессионная пульсация Pc5 со значительной полоидальной компонентой, обнаруженная в данных спутниковой системы THEMIS. Были построены динамические спектры и вычислены параметры пульсации, определены параметры среды. По найденным параметрам среды была смоделирована частота фундаментальной гармоники стоячей альфвеновской волны. Было показано, что наблюдаемая частота пульсации близка к альфвеновской частоте. Таким образом, сделан вывод, что наблюдаемая волна является альфвеновской.

Данная работа частично поддержана грантом РФФИ № 16-05-00254.

The compressional Pc5 pulsation with a significant poloidal component found in the THEMIS data was investigated. Dynamic spectra were plotted and the parameters of pulsation as well as the parameters of the environment were determined. Based on the found parameters of the environment, the frequency of the fundamental harmonic of the standing Alfvén wave was simulated. It was shown that the observed pulsation frequency is close to the Alfvén frequency. Thus, it was concluded that the observed wave is the Alfvén mode.

**АБСОЛЮТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ
НА ИРКУТСКОМ РАДАРЕ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

А.Г. Сетов, В.П. Лебедев, А.В. Медведев, Д.С. Кушнарв

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

setov@iszf.irk.ru

**ABSOLUTE POWER MEASUREMENTS AT THE IRKUTSK
INCOHERENT SCATTER RADAR**

A.G. Setov, V.P. Lebedev, A.V. Medvedev, D.S. Kushnarev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Длинные ряды данных, полученные на Иркутском радаре некогерентного рассеяния, используются для исследования ионосферы, наблюдения за космическими объектами и для пассивных радионаблюдений. Ранее для анализа этих данных применялись методы, в которых не требуется знания точной величины принятого сигнала. В работе рассмотрена методика калибровки зарегистрированных сигналов и проведено сравнение полученной абсолютной мощности с мощностью сигнала некогерентного рассеяния.

Long rows of data, obtained at the Irkutsk Incoherent Scatter Radar are used for ionospheric studies, space surveillance and passive radio observations. Methods, that do not require knowledge about exact value of received signal, were used earlier of analysis of this data. This

work describes calibration technique for registered signals and comparison between measured absolute power and incoherent scatter power.

**ИЗМЕРЕНИЕ МЕРЦАНИЙ НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ NOVATEL GPStation-6
НА СРЕДНИХ ШИРОТАХ**

^{1,2}С.В. Сыроватский, ^{1,2}Ю.В. Ясюкевич, ^{1,2}А.М. Веснин

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

semen_syrovatskii@iszf.irk.ru

**RECORDING SCINTILLATIONS OF THE NAVIGATION SIGNAL
BY NOVATEL GPStation-6 EQUIPMENT AT MID-LATITUDES**

^{1,2}S.V. Syrovatskii, ^{1,2}Yu.V. Yasyukevich, ^{1,2}A.M. Vesnin

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе представлены результаты измерений фазовых и амплитудных мерцаний навигационного сигнала с использованием приемника NoVatel GPStation-6, расположенного в ИСЗФ СО РАН (Иркутск). В ходе работы был создан программный модуль для визуализации и первичной обработки данных мерцаний. Измерения проводятся для систем GPS (на частотах L1, L2, L5) и ГЛОНАСС (на частотах L1, L2). Наши результаты показывают отсутствие интенсивных амплитудных мерцаний на средних широтах даже во время сильных магнитных бурь. В то же время зарегистрирован ряд случаев появления интенсивных мерцаний до значений S4~1. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 15-05-03946.

This work describes the results of measurements of the phase and amplitude scintillations of the navigation signal using the NoVatel GPStation-6 receiver located in the ISTP SB RAS (Irkutsk). During this work a software module was created for visualization and primary processing of data of scintillations. The measurements are carried out for systems of GPS (at the frequencies L1, L2, L5) and GLONASS (at the frequencies L1, L2). Our results show the absence of intense amplitude scintillations at mid-latitudes, even during strong magnetic storms. At the same time, a number of cases of the appearance of intense scintillations to S4~1 are recorded. The work is supported by the RFBR (grant No. 15-05-03946).

**ЭВОЛЮЦИЯ ОБЛАКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ**

М.Ю. Терновой

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

mark.ternovoy@yandex.ru

**EVOLUTION OF A CLOUD OF CHARGED PARTICLES
IN THE EARTH'S MAGNETIC FIELD**

M.Yu. Ternovoi

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Представлены результаты моделирования эволюции облака заряженных частиц в геомагнитном поле, испущенных из космического аппарата на околоземной орбите. Исследованы форма и динамика облака в зависимости от угла между направлением струи выхлопа и силовыми линиями магнитного поля (IGRF-12).

We present simulated results of the evolution of a cloud of the charged particles injected by spacecraft in the geomagnetic field. We analyzed the cloud shape and dynamics, depending on the angle between the exhaust jet direction and the magnetic field (IGRF-12).

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО РАДИОКАНАЛА
С УЧЕТОМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

О.А. Трушкова, А.А. Кислицын, А.В. Зув

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
trushkova_ol@mail.ru

**VARIABILITY OF TRANSIONOSPHERIC RADIO CHANNEL PARAMETERS
ALLOWING FOR GEOPHYSICAL AND GEOGRAPHICAL FACTORS**

O.A. Trushkova, A.A. Kislitsyn, A.V. Zuev

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Важной характеристикой, влияющей на распространение сигнала через ионосферу, является полное электронное содержание. В свою очередь, полное электронное содержание испытывает значительные вариации при изменении геофизических и географических условий. В работе представлена методика исследования полного электронного содержания по данным транссионосферного зондирования. Представлены результаты определения суточных вариаций полного электронного содержания в различных широтно-долготных регионах при разных уровнях солнечной активности. На основе полученных результатов проведена оценка степени искажений сигналов при транссионосферном распространении с помощью исследования параметров дисперсии радиоканала.

Total electron content is an important characteristic affecting the signal propagation through the ionosphere. In turn, the total electron content is experiencing significant variations when you change the geophysical and geographical conditions. The paper presents the methodology of the study the total electron content according transionospheric sensing. Presents the results of diurnal variations in total electron content in different latitudinal-longitudinal regions under different levels of solar activity. On the basis of the results of the assessment of the degree of distortion of signals in casinosthere distribution, using the parameters of dispersion of the radio channel.

**НАБЛЮДЕНИЯ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ
В НОЧНОЙ МАГНИТОСФЕРЕ С ПОМОЩЬЮ
ЕКАТЕРИНБУРГСКОГО КОГЕРЕНТНОГО СРЕДНЕШИРОТНОГО РАДАРА**

М.А. Челпанов, О.В. Магер, П.Н. Магер, Д.Ю. Климушкин, О.И. Бернгардт

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
max_chel@iszf.irk.ru

**LONG-PERIOD PULSATIONS OBSERVED
WITH EKATERINBURG COHERENT MIDLATITUDE RADAR
IN THE NIGHTSIDE MAGNETOSPHERE**

M.A. Chelpanov, O.V. Mager, P.N. Mager, D.Yu. Klimushkin, O.I. Berngardt

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Рассмотрены УНЧ-пульсации, наблюдавшиеся в ночной магнитосфере с помощью Екатеринбургского когерентного радара. Представлены случаи наблюдения дрейфово-компрессионных волн. Для анализа привлечены спутниковые данные о магнитном поле и

плотности частиц в магнитосфере, полученные в период наблюдения волн. Сравнительный анализ показал, что в большинстве случаев наблюдаемые на радаре волны имеют частоту ниже собственной частоты колебания силовых линий и, вероятно, имеют кинетическую природу.

The analysis of ULF pulsations observed with the Ekaterinburg Coherent Radar in the nightside magnetosphere is implemented. The work presents drift-compressional wave observation cases. We used data on magnetic field and particle density during radar wave registration. The analysis shows that the majority of the oscillations feature frequencies that are much lower than fundamental poloidal Alfvén eigenmode frequency and therefore could have kinetic nature.

ФЛУКТУАЦИИ УРОВНЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, СОПРОВОЖДАВШИЕ СИЛЬНЕЙШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Л.Ф. Черногор, Е.О. Смирнова

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

GEOMAGNETIC FIELD FLUCTUATIONS ASSOCIATED WITH THE GREATEST EARTHQUAKES

L.F. Chernogor, K.O. Smirnova

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

С использованием данных магнитометра-флюксметра, размещенного в Магнитной обсерватории ХНУ им. В.Н. Каразина, проанализированы вариации уровня горизонтальных компонент геомагнитного поля с периодами $T \approx 1-1000$ с, сопровождавшие сильнейшие землетрясения (магнитуда $M \approx 7-9$). Расстояние между эпицентром землетрясения и обсерваторией изменялось от ~ 3000 до ~ 8000 км. Для обнаружения реакции на землетрясения использовался системный спектральный анализ, представляющий собой сочетание оконного и адаптивного преобразований Фурье, а также вейвлет-преобразования, взаимодополняющих друг друга. Спектральному анализу предшествовало тщательное изучение состояния космической погоды и исключение вариаций геомагнитного поля, обусловленных космическими факторами. Обнаружена реакция геомагнитного поля на свершившиеся землетрясения. Скорость возмущения была около 2.6–3.3 км/с и 290–430 м/с, период колебаний с амплитудой 1.5–2.5 нТл (фоновое значение — 0.5–1 нТл) был около 10–15 мин, продолжительность — 60–80 мин. Возмущение переносилось сейсмическими и акустико-гравитационными волнами. Магнитные предвестники землетрясений уверенно не наблюдались.

The fluxgate magnetometer has acquired measurements in the horizontal components at the V.N. Karazin Kharkiv National University Magnetic Observatory. The variations of the geomagnetic field, which were associated with greatest earthquakes of Richter magnitude 7–9, have been analyzed within the approximate period range of 1–1.000 s. The distances between the earthquakes epicenters and the Magnetic Observatory fall within the range from approximately 3000 km to 8000 km. To detect the response to the earthquakes, the system analysis was carried out, which includes the mutually complementary wavelet transform, the short-time Fourier transform, and the adaptive Fourier transform in a sliding window with a width adjusted to be equal to a fixed number of harmonic periods. The spectral analysis was preceded by a detailed study of the space weather state and the exclusion of geomagnetic variations caused by space factors. The response of the geomagnetic field to the earthquakes has been detected. The speed of its propagation is equal to approximately 2.6–3.3 km/s and 290–430 m/s, the oscillation period of approximately 10–15 min for the amplitudes of 1.5–2.5 nT (with 0.5–1 nT value in the background), and the duration of 60–80 min. The disturbances were transported by seismic and acoustic gravity waves. Magnetic precursors of earthquakes were not observed confidently.

ГЛОБАЛЬНАЯ СТАТИСТИКА БОЛИДОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Л.Ф. Черногор, Н.Б. Шевелев

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

GLOBAL STATISTICS OF METER-SIZE METEOROIDS

L.F. Chernogor, N.B. Shevelev

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Цель доклада — изложение результатов анализа распределений числа падений метеороидов в зависимости от их энергии свечения, скорости, высоты области максимального свечения и географического места расположения, а также корреляционных зависимостей высота области максимального свечения — логарифм энергии свечения космического тела и логарифм квадрата начальной скорости — логарифм энергии свечения космического тела. В качестве исходной использовалась спутниковая база данных НАСА о свечении тормозящихся в атмосфере Земли 693 метеороидов. Подтверждено, что число падений метеороидов быстро убывает при увеличении их энергии свечения. Средняя скорость космических тел была около 17.9 км/с. Высота максимального свечения чаще всего составляла 30–40 км. Закон распределения числа космических тел по долготе и широте (после исключения широтной зависимости), обусловленный геометрией, близок к равномерному. Корреляционная зависимость высота области максимального свечения — логарифм энергии свечения свидетельствует об отсутствии устойчивой связи между этими параметрами. Наблюдается определенная статистическая связь между логарифмом квадрата начальной скорости космического тела и логарифмом энергии свечения.

The goal of this report is to present the analysis of the distribution of the number of meteoroid (mini asteroid) falls as a function of their energy, velocity, the altitude of maximum glow, and geographic coordinates, as well as the correlation diagrams for (1) the altitude of maximum glow and the logarithm of celestial body glow and (2) the logarithm of square of the initial speed squared and the logarithm of the celestial body glow. As a source, the NASA satellite database on the glow of 693 mini asteroids, which were decelerated in the terrestrial atmosphere, has been used. A rapid decrease in the number of asteroids with increasing energy of their glow is confirmed. The average speed of the celestial bodies is equal to approximately 17.9 km/s. The altitude of maximum glow most often equals to 30–40 km. The distribution of the number of meteoroid entries into the terrestrial atmosphere in longitude and latitude (after excluding the component in the latitudinal dependence due to the geometry) has been shown to be approximately uniform. The correlation diagrams for the altitude of maximum glow and the logarithm of celestial body glow indicate that the relation between these parameters is not stable. Some statistical dependence between the logarithm of the square of the initial speed and the logarithm of the celestial body glow is observed.

О ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДАХ К ВЫЧИСЛЕНИЮ ИНДЕКСОВ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ НА БАЗЕ ДАННЫХ МИРОВЫХ СЕТЕЙ ГЕОМАГНИТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

В.Э. Чиликин, В.А. Пархомов

Байкальский государственный университет, Иркутск, Россия
chilikinve@ya.ru

**ABOUT THE POSSIBLE TECHNIQUE CALCULATION INDICES
OF GEOMAGNETIC ACTIVITY BASED ON THE DATA FROM WORLD
NETWORKS OF GEOMAGNETIC OBSERVATORIES
FOR OPERATIONAL DIAGNOSTICS OF SPACE WEATHER**

V.E. Chilikin, V.A. Parkhomov

Baikal State University, Irkutsk, Russia

Обсуждается возможность использования данных мировых сетей магнитометров для диагностики космической погоды. Представлено программное обеспечение, предназначенное для вычисления эквивалентных ионосферных токов Hav , построения карт векторов токов и изучения процессов, происходящих в околоземном космическом пространстве. Рассматривается возможность использования среднего значения Hav для оперативной диагностики космической погоды как аналога общепринятых геомагнитных индексов.

Discussion about of using data of the world magnetometer networks for diagnostics of space weather. The software is designed to calculate equivalent ionospheric currents Hav , constructing maps of the current vectors and research of the processes taking place in near-Earth space. Considered of using the average Hav value for operational diagnostics of space weather as an analog of the generally accepted geomagnetic indices.

**ВЛИЯНИЕ АЛЬФВЕНОВСКОГО РЕЗОНАНСА НА ОСНОВНУЮ МОДУ,
ГЕНЕРИРУЕМУЮ НЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ НА МАГНИТОПАУЗЕ**

Д.А. Чуйко

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

chuiiko@iszf.irk.ru

**EFFECT OF THE ALFVEN RESONANCE ON THE FUNDAMENTAL MODE
GENERATED BY INSTABILITY AT THE MAGNETOPAUSE**

D.A. Chuiko

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Исследована нулевая (основная) гармоника колебаний внешней магнитосферы Земли в приближении идеальной МГД. Поле колебаний плазмы внешней магнитосферы в таком случае имеет особенность — альфвеновский резонанс на магнитопаузе. Решена задача о структуре поверхностной волны, которая генерируется сдвиговым течением на магнитопаузе и частично поглощается в области резонанса. Определена пространственная структура волны при наличии резонанса вблизи переходного слоя. Получены аналитические выражения, описывающие частоту и инкремент поверхностной волны, а также ее пространственную структуру. Оценивается нагрев плазмы переходного слоя посредством диссипации альфвеновского резонанса.

The zero (or primary) oscillation harmonic of the Earth outer magnetosphere is investigated in the ideal MHD approximation. The outer magnetosphere plasma oscillation field in this case has a singularity — the Alfvén resonance on the Earth magnetopause. The problem of determining the structure of the surface wave that is generated by the shear flow at the magnetopause is solved. The wave spatial structure is determined taking into the account the presence of the Alfvén resonance near the boundary layer. The analytic expressions describing the surface wave frequency, growth rate and also its spatial structure are obtained. The heating of the boundary layer plasma due to the Alfvén resonance dissipation is estimated.

ГЛОБАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ В 23 И 24 ЦИКЛАХ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

¹**А.С. Ясюкевич**, ^{1,2}**Ю.В. Ясюкевич**, ³**И.В. Живетьев**

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
annpol@iszf.irk.ru

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия

GLOBAL ELECTRON CONTENT IN THE 23 AND 24 SOLAR CYCLES

¹**A.S. Yasyukevich**, ^{1,2}**Yu.V. Yasyukevich**, ³**I.V. Zhivetiev**

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

На основании данных глобальных карт полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы выполнен анализ поведения глобального электронного содержания (ГЭС) в течение 23-го и 24-го циклов солнечной активности. Изучены динамика ГЭС, а также его годовые, полугодовые и 27-дневные вариации. Выполнено сравнение параметров вариации ГЭС и регионального электронного содержания (РЭС). Рассмотрены вариации ГЭС для Байкальского, Европейского и Японского регионов. Показано, что общая динамика РЭС, ГЭС и их вариаций отражают изменения солнечного радиоизлучения ($F10.7$). При этом максимальная амплитуда указанных вариаций наблюдается в Японии. Выявлено, что в исследуемых регионах зависимость амплитуды суточных вариаций РЭС от $F10.7$ близка к линейной, в отличие от аналогичной зависимости для ГЭС. Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-6894.2016.5) и проекта РФФИ № 16-35-60018.

Using the Global Ionospheric Maps data of total electron content (TEC) we analyze behavior of the ionospheric global electron content (GEC) during the 23^d and 24th solar activity cycles. We examine GEC dynamics as well as its annual, semiannual and 27-day variations and compare features of the variations in GEC and regional electron content (REC). REC analyzes is performed for the Baikal, European and Japan regions. General dynamics in REC, GEC and their variations is shown to repeat the $F10.7$ solar radio emission changes. Herewith the maximal amplitude of considered variations is observed in Japan. Dependence of diurnal REC variations amplitude on the $F10.7$ index is revealed to be close to linear for all the regions under study, unlike the analogous GEC dependence. The study is supported by RF President Grant of Public Support for RF Leading Scientific Schools (NSh-6894.2016.5) and the RFBR project No. 16-35-60018.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СЕКЦИЯ С

ДИАГНОСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ РОБАСТНОГО КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ РЯДОВ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ СЛОЯ F2

И.А. Белашова, В.В. Бочкарев

Казанский федеральный университет, Казань, Россия
inkin91-91@mail.ru

APPLICATION OF A ROBUST CRITERION FOR FILTERING SERIES OF CRITICAL FREQUENCIES

I.A. Belashova, V.V. Bochkarev

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Одним из методов исследования ионосферы является метод вертикального зондирования, позволяющий получить значения критических частот ионосферных слоев. Анализ ионограмм позволяет получить эти временные ряды, прежде всего f_oF2 . Исследование колебаний f_oF2 дает информацию о волновых процессах в ионосфере. Выделение квазипериодических вариаций осложняется характером их вероятностного распределения. В настоящее время фильтрация является широко используемым методом обработки данных. Частотная фильтрация изучена довольно хорошо, и существует множество алгоритмов и методов такой фильтрации (спектральный анализ). Становится популярной также основанная на статистической значимости фильтрация, простейшим примером которой является пороговая вейвлет-фильтрация, где критерием качества является минимум среднеквадратичной ошибки. Такой критерий дает отличные результаты для данных, распределение вероятностей которых описывается гауссовским законом. К сожалению, для данных с иным распределением такой подход может быть некорректным. Таким образом, разработка универсального устойчивого критерия становится актуальной проблемой. Одним из наиболее известных универсальных критериев является метод максимального правдоподобия, который, однако, требует знания вида распределения для записи критерия качества. Здесь возникают две ключевые сложности: 1) распределение не всегда бывает известно; 2) довольно сложно записать функцию качества для некоторых видов распределения. Такую сложность можно обойти, используя в качестве критерия качества критерий, не зависящий от вида распределения. Одним из таких критериев является критерий серий — в данном случае использовался критерий Рамачандрана—Ранганатана. Фильтрация в этом случае будет основана на критерии минимума такой суммы квадратов длин серий, умноженных на число таких серий, в предположении, что случайные события не организуют длинные серии, тем самым позволяя отделить значимые сигналы от случайных. Для минимизации ошибки предлагается использовать генетические алгоритмы — один из стохастических методов оптимизации. Для сравнения методов фильтрации моделировались ряды с различным распределением шумовой составляющей. Результаты фильтрации разными методами показали преимущество сериального критерия над критерием минимальной среднеквадратичной ошибки. С помощью данных алгоритмов фильтрации обрабатывались также критические частоты с целью выделения квазипериодических вариаций, свидетельствующих о волновых процессах в ионосфере. Были использованы данные ионозонда «Циклон», работающего в режиме с повышенным временем разрешения. Результаты подтвердили преимущество сериального критерия.

The vertical sounding method is one of the ionosphere methods, which make it possible to obtain the values of critical frequencies of ionospheric layers. Ionograms analysis gives time series of critical frequencies of ionospheric layers, first of all, foF2 layer. Fluctuations research of foF2 layer allows to obtain information on wave processes in the ionosphere. Allocation of quasiperiodic variations is complicated by the nature of their probabilistic distribution. Nowadays filtering is widely used as a method of data processing. Frequency filtering has been studied quite well, and there are many algorithms and methods of such filtering (spectral analysis). However, at the present time, filtering, based on statistical significance is becoming popular, the simplest example of which is wavelet filtration, where the criterion of quality is the minimum root-mean-square error. Such a criterion gives excellent results for data whose probability distribution is described by a Gaussian law. Unfortunately, for data with a different distribution, this approach may not be correct. So, the development of a universal sustainable criterion becomes an urgent problem. One of the most famous universal criterion is the maximum likelihood method, which, however, requires knowledge of the type of distribution for recording the quality criterion. Here there are two key difficulties: 1) distribution is not always known; 2) it is rather difficult to record the quality function for some types of distribution. Such complexity can be circumvented, using as a criterion of quality a criterion that does not depend on the type of distribution. The series criterion is one of them—in this case the Ramachandran–Ranganatan. The filtering in this case will be based on the minimum amount of squared series length multiplied by the number of such series, assuming, that random events do not organize long series, thereby allowing to separate meaningful signals from random ones. To minimize the error, it is suggested to use genetic algorithms — one of the stochastic optimization methods. To compare the filtration methods, the series were modeled, with different distribution of the noise component. The results of filtering by different methods showed the advantage of the serial criterion over the criterion of the minimum mean square error. Also, these algorithms were used for filtration of critical frequencies of vertical sounding to separate quasiperiodic variations demonstrating wave processes in an ionosphere. Data of the ionozond “Cyclone” working in the mode with raised resolving time were used. Results of such research also showed advantage of serial criteria.

МОДЕЛИ НАНОКЛАСТЕРОВ, СОЗДАНЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ, СОСТОЯЩИХ ИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ДЕФЕКТОВ И ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ ВО ФТОРИДЕ ЛИТИЯ

¹В.А. Заяханов, ²А.С. Мысовский, ³Л.И. Брюквина, ¹Н.А. Иванов

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
zaiahanov@gmail.com

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

³Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия

MODELS OF NANOCCLUSERS FORMED BY IONIZING RADIATION AND CONSISTING OF MOLECULAR DEFECTS AND COLOR CENTERS IN LITHIUM FLUORIDE

¹V.A. Zavakhanov, ²A.S. Mysovsky, ³L.I. Bryukvina, ¹N.A. Ivanov,

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

³Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Известно, что кристаллы LiF с люминесцирующими центрами окраски широко применяются в дозиметрии, лазерной физике, а также в создании микро- и наноустройств, полученных с помощью фемтосекундных лазерных импульсов. Свойства центров окраски определяются примесями, намеренно вводимыми в кристалл. В настоящее время природа

нанокластеров из центров окраски и продуктов радиолитического распада примесей остается дискуссионной. Моделирование, проведенное нами с помощью программы PC GAMESS, позволило определить состав радиационно-созданного нанокластера и расположение в кристаллической решетке структурных единиц кластера — молекулы HF, Fi° , F-центра и иона OH^{\cdot} . Исследована стабильность конфигурации комплекса с H-связью $\text{OH}^{\cdot} \dots \text{Fi}^{\circ}$ в решетке LiF.

It is known that LiF crystals with luminescent color centers are widely used in dosimetry, laser physics, as well as in the creation of micro- and nanodevices obtained by means of femto-second laser pulses. The properties of the color centers are determined by impurities that are purposely introduced into the crystal. At present, the nature of nanoclusters of color centers and radiolysis products of impurities remains controversial. The simulation we carried out with the PC GAMESS program allowed us to determine the composition of the radiation-generated nanoclusters and the arrangement in the crystal lattice of cluster structural units — HF molecule, Fi° ion, F center and OH^{\cdot} ion. It is investigated of the stability of the configuration of the H-bond complex $\text{OH}^{\cdot} \dots \text{Fi}^{\circ}$, in the LiF lattice.

РЕЗОНАНСНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ И ЕЕ ФЛУКТУАЦИЙ НА МИКРО- И НАНОСПУТНИКАХ

А.Г. Галка, Д.В. Янин, А.В. Костров

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
galasnn@appl.sci-nnov.ru

THE RESONANT PROBE FOR MEASURING IONOSPHERIC PLASMA DENSITY AND ITS FLUCTUATIONS ON MICRO- AND NANOSATELLITES

A.G. Galka, D.V. Yanin, A.V. Kostrov

The Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Разработан резонансный датчик для измерения концентрации ионосферной плазмы и ее флуктуаций на микро- и наноспутниках. Диагностика основана на измерении диэлектрической проницаемости плазмы с помощью резонатора на базе четвертьволнового отрезка двухпроводной линии. Проведена экспериментальная апробация датчика на плазменном стенде «КРОТ» в масштабе 1:1. Показано, что диапазон измеряемых концентраций составляет $10^3\text{--}10^6\text{ см}^3$, что характерно для ионосферной плазмы на высотах 400–500 км.

The resonant probe for measuring ionospheric plasma density and its fluctuations on micro- and nanosatellites has been developed. The method is based on measuring of plasma dielectric permeability by means of the quarter wave resonator on a two-wire line section. Experimental approbation of the sensor was performed on KROT plasma device in 1:1 scale. It was shown that the range of the measuring density is $10^3\text{--}10^6\text{ см}^3$ that is typical for ionospheric plasma at the altitudes of 400–500 km.

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОНА В ПОЛЕ ТЕМ-ВОЛНЫ

Ю.Н. Григорьев, А.Ю. Зелинский, В.О. Шпагина

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков, Украина
valiashpagina@mail.ru

DYNAMICS OF ELECTRON IN TEM WAVE FIELD

Yu.N. Grigoryev, A.Yu. Zelinsky, V.O. Shpagina

National Science Center “Kharkov Institute of Physics and Technology”, Kharkov, Ukraine

Решению дифференциальных уравнений движения электрона в электромагнитном поле методами классической электродинамики посвящено большое число исследований.

Предлагаемая работа отличается тем, что при получении решения уравнения движения электрона в поле ТЕМ-волны в лабораторной системе координат используется теория почти периодических функций. Это дает возможность получить точные формулы координат и скорости электрона в виде явных функций времени. Полученные формулы пригодны для исследования динамики электрона в поле волны как малой, так и большой интенсивности. Приведены формулы проекций скорости электрона на оси координат в поле ТЕМ-волны, являющиеся функциями обобщенной фазы волны, полученные в результате интегрирования дифференциального уравнения движения электрона.

A great number of studies deals with solution of differential equations associated with electron motion in electromagnetic field using methods of classical electrodynamics. The proposed work differs in that, when getting the solution of equation of electron motion in TEM wave in laboratory coordinate system, the theory of almost periodic functions is used. This gives us an opportunity to get precise formulas of electron coordinates and rate in a form of explicit functions of time. The received formulas are suitable for analyses of electron dynamics in the fields of both low and high field intensity. The formulas are given for electron rate projections on coordinate axes in TEM wave field, which are the functions of the wave generalized phase, and were received as a result of integration of dynamics differential equation.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИОНОЗОНД НА ОСНОВЕ SDR-ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ НАКЛОННОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО ОДНОПОЗИЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ С DSSS-, FMCW- И FMICW-СИГНАЛАМИ**

Д.В. Иванов, В.А. Иванов, А.А. Елсуков, В.В. Овчинников

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
ElsukovAA@volgatech.net

**SDR BASED FLEXIBLE IONOSONDE FOR OBLIQUE
AND VERTICAL SINGLE-POSITION IONOSPHERE SOUNDING USING DSSS,
FMCW AND FMICW SIGNALS**

D.V. Ivanov, V.A. Ivanov, A.A. Elskov, V.V. Ovchinnikov

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Ионозонд является одним из основных инструментов, используемых для определения состояния ионосферы. В зависимости от режима работы (наклонного или вертикального) с целью обеспечения максимальной энергетической эффективности применяются различные сложные сигналы, такие как DSSS, FMCW и FMICW. Каждый из этих сигналов обладает своими преимуществами и недостатками. В данной работе решалась задача создания универсального ионозонда с применением сигналов данных типов. Рассмотрены частотные и временные характеристики сигнала и накладываемые на них ограничения в задаче получения максимальной энергии зондирующего сигнала при минимальной мощности передачи. Разработанный ионозонд реализован по технологии SDR на универсальной приемопередающей платформе USRP N210 и использует одну антенну для передачи и приема сигнала в вертикальном режиме.

Ionosonde is one of the main instrument used to determine the state of the ionosphere. Depending on the mode of operation (oblique or vertical), various complicated signals such as DSSS, FMCW and FMICW are used to provide maximum energy efficiency. Each of these signals has its advantages and disadvantages. In this paper, the problem of creating a universal ionosonde with the application of signals of these types was solved. The frequency and time characteristics of the signal and the confines imposed on them in the problem of obtaining the maximum energy of the probe signal with a minimum transmission power are considered. The devel-

oped ionosonde is implemented using SDR technology on the USRP N210 universal transceiver platform and uses one antenna to transmit and receive the signal in vertical mode.

**АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА
НА ФОНЕ ПОМЕХ И ИХ ВЕРИФИКАЦИЯ
ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ИОНОЗОНДА,
СОЗДАННОГО ПО SDR-ТЕХНОЛОГИИ**

¹Д.В. Иванов, ¹В.А. Иванов, ¹Н.В. Рябова, ²М.И. Рябова, ¹В.В. Овчинников

¹Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
v.o.1910@mail.ru

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

**THE USEFUL SIGNAL DETECTION ALGORITHMS
ON THE INTERFERENCE BACKGROUND
AND THEIR VERIFICATION FOR SDR BASED DIGITAL IONOSONDE**

¹D.V. Ivanov, ¹V.A. Ivanov, ¹N.V. Ryabova, ²M.I. Ryabova, ¹V.V. Ovchinnikov

¹Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Исследование ионосферы ставит перед собой ряд важнейших задач, решение которых невозможно без организации автоматизированной обработки информации. Основным источником информации о состоянии ионосферы является ионограмма. Значимым этапом в осуществлении диагностики ионосферного ВЧ-радиоканала является предварительная (первичная) обработка ионограмм. Поскольку в общем случае на входе приемника наблюдается смесь полезного сигнала, некоторого шума и помех разной природы, то для автоматического считывания с ионограммы радиотехнических параметров радиолинии необходима ее очистка от шумовых составляющих. Таким образом, возникает проблема оптимального приема сигналов, под которым понимается обеспечение максимально возможного подавления помех различной природы и шумов. Для ее решения необходимо разработать алгоритмы оптимального обнаружения и выделения полезного сигнала.

The study of the ionosphere faces series of important tasks, the solution of which is impossible without automated data processing. Ionogram is the primary data source about the state of the ionosphere. Preliminary (primary) processing of ionograms plays an important role in the diagnostics of the ionospheric HF radio channel. In general case a mixture of a useful signal, some noise and various interferences of a different nature are supplied to a receiver input. It is necessary to clean noise and interference components from ionogram for obtaining radio link parameters. Thus, there is a problem of signal optimal receiving, which means providing the maximum possible suppression of interference of various nature and noise. Thus, it is necessary to develop algorithms for signal optimal detection and extraction.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ СИГНАЛОВ
ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ПО ДАННЫМ РАДАРА ЕКВ ИСЗФ СО РАН**

И.А. Лавыгин, В.П. Лебедев, К.В. Гркович, О.И. Бернгардт

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
lavygin@mail.iszf.irk.ru

**ANALYSIS OF THE FINE STRUCTURE OF BACKSCATTERED SIGNALS
OBTAINED AT EKB ISTEP SB RAS RADAR**

I.A. Lavygin, V.P. Lebedev, K.V. Grkovich, O.I. Berngardt

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе представлены результаты исследования формы рассеянного сигнала по данным когерентного декаметрового радара ЕКВ ИСЗФ СО РАН. Изучена фазовая структура и параметры сигналов, рассеянных как от земной поверхности, так и от ионосферы. Проведен анализ динамики характеристик рассеянного сигнала — амплитудно-фазовых и корреляционных. Анализ проводился с использованием методов когерентного накопления. Анализировались параметры одиночных реализаций и их коротких серий.

We present results of an investigation of the scattered signals shape based on the coherent decameter ISTP SB RAS EKB radar data. We studied the phase structure and parameters of scattered signals both from the Earth surface and from the ionosphere. We analyzed the dynamics of the scattered signal characteristics, both phase-amplitude and correlational ones. We used coherent accumulation methods for the analysis. We analyze the parameters both for single sounding and for short series of soundings.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ДИСПЕРСНЫХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЬНЫХ СРЕД
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТУРБИДИМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА**

Э.А. Мецлер, С.С. Титов, А.А. Павленко

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, Бийск, Россия
mezlered@mail.ru

**THE DEVELOPMENT OF METHODOLOGY OF DETERMINING
DISPERSE PARAMETERS OF AEROSOL MEDIA
BY TURBIDIMETRIC METHOD**

E.A. Metsler, S.S. Titov, A.A. Pavlenko

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies SB RAS, Biysk, Russia

Работа направлена на развитие и модификацию турбидиметрического метода путем перехода от использования непрерывного спектра к набору дискретных длин волн зондирующего излучения. К основным преимуществам такой модификации метода относятся возможность исследования оптически плотных сред и возможность диагностики дисперсных сред с увеличенной длиной оптического пути. При переходе на ограниченное число длин волн зондирующего излучения возникает неопределенность при восстановлении функции распределения частиц по размерам, связанная с привлечением меньшего количества измерительных данных по исследуемой среде. Для уменьшения этой неопределенности вводится промежуточный этап, который заключается в определении осредненного размера исследуемой среды. В работе представлена методика восстановления функции распределения нано- и субмикронных частиц по размерам двухфазных сред. Приведены результаты исследований по определению динамики среднего объемно-поверхностного диаметра частиц водного аэрозоля, функции распределения частиц по размерам и массовой концентрации частиц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-79-20193).

The work is directed at the development and modification of the turbidimetric method by going to the continuous spectrum to the discrete set of wavelengths of the probing radiation. The main advantages of this modification method are the possibility of studying optically dense media and the possibility of diagnostics of disperse media with increased optical path length. In passing from to the limited number of wavelengths of the probing radiation, the uncertainty in the reconstruction of the size distribution functions associated with the involvement of a smaller number of measurement data on the studied environment. To reduce this uncertainty, the usual intermediate stage which consists in determining the average size of the investigated medium.

The paper presents methods of recovery of distribution function of nano and submicron particle size of two-phase media. The results of research to determine the dynamics of the Sauter mean diameter of a water aerosol, the size distribution functions and mass concentration of particles.

The work is executed at financial support of Russian Science Foundation (project No. 17-79-20193).

ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ ИЗОЛИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ

Е.Ю. Панкратьев, Р.В. Хатымов

Институт физики молекул и кристаллов Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия
evgeniy@pankratyeв.com

POLARIZABILITY OF ISOLATED FULLERENES

E.Yu. Pankratyev, R.V. Khatymov

Institute of Molecule and Crystal Physics of Ufa Research Center RAS, Ufa, Russia

В квантово-химическом приближении PBE/3 ζ (ПРИРОДА 16) изучены термодинамически наиболее стабильные или приближающиеся к ним изомеры фуллеренов C₂₀–C₇₂₀ в синглетном электронном состоянии. Общий набор данных хорошо описывается квадратичной зависимостью. Однако из нее выпадают три точки, отвечающие C₂₆₀, C₃₂₀, C₅₀₀, основное состояние для которых является триплетным. Также выделяется ограниченный участок C₂₀–C₁₂₀, который можно охарактеризовать линейной функцией.

The most thermodynamically stable or related fullerene isomers C₂₀–C₇₂₀ in the singlet electronic state were studied within quantum chemistry approach PBE/3 ζ (PRIRODA 16). The general data set is well described by a quadratic relationship. However, three points, corresponding to C₂₆₀, C₃₂₀, and C₅₀₀, whose ground state is triplet, are outside from this relationship. There is a limited section for C₂₀–C₁₂₀ characterized by a linear function.

ПЕНТАКВАРКИ СО СКРЫТЫМ ОЧАРОВАНИЕМ В МОДЕЛИ СКИРМА

¹Ю.Ю. Пантелеева, ¹И.А. Перевалова, ²М.В. Поляков

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
panteleevajuliy@mail.ru

²Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова, Санкт-Петербург, Россия

PENTAQUARKS WITH HIDDEN CHARM IN THE SKYRME MODEL

J.Yu. Panteleeva, I.A. Perevalova, M.V. Polyakov

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²B.P. Konstantinov Saint Petersburg Nuclear Physics Institute, Saint Petersburg, Russia

13 июля 2015 г. коллаборация LHCb сообщила об открытии необычных связанных состояний, состоящих из пяти кварков. Ранее такие состояния экспериментально не наблюдались, в связи с чем в настоящее время не существует их общепринятого теоретического описания. В данной работе мы предлагаем одну из возможных теоретических моделей, объясняющих существование пентакварка.

В нашем подходе пентакварк рассматривается как связанное состояние чармония $\psi(2S)$ и некоторого бариона (в случае обнаруженного на LHCb пентакварка — протона). Мы предлагаем теоретическое описание механизма их связывания в терминах хромоэлектрической поляризуемости чармония и тензора энергии–импульса бариона, вычисленного в модели Скирма. Таким образом, мы можем не только описать уже обнаруженный в эксперименте пентакварк, но и предсказывать другие возможные

связанные состояния пяти кварков. В настоящей работе мы делаем предсказание существования связанного состояния чармония с октетом и декуплетом барионов.

On 13 July 2015, the LHCb collaboration reported about detection of some extraordinary binding states, which consisted of five quarks. Before such states were not observed experimentally, so, there was not their generally accepted theoretical description now. In this report we have proposed the one of the possible theoretical models that describes pentaquarks.

In our approach the pentaquark is considered as the bound state of charmonium $\psi(2S)$ and some baryon (in the case of detected pentaquarks the baryon is proton). We propose the theoretical description of their binding mechanism in terms of the chromoelectric polarizability of charmonium and baryon energy momentum tensor calculated in the Skyrme model.

In this way we can not only describe detected pentaquark but also predict other possible bound states of five quarks. In this report we make a prediction of possible bound states of charmonium with the octet and the decuplet of baryons.

**ГРУППИРОВКА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ИНФОРМАЦИИ
ПО ВЫЧИСЛЯЕМЫМ ПРИЗНАКАМ
С ПОМОЩЬЮ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ**

Ю.В. Пенских

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
penskikh@iszf.irk.ru

**GROUPING OF LARGE INFORMATION VOLUMES
BY CALCULATED CRITERIA USING RELATIONAL DATA BASES**

Yu.V. Pensikh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

При работе с большими объемами информации часто возникает необходимость сгруппировать данные по каким-либо признакам, определить количество элементов в группе, их сумму, среднее значение и т. п. В данном исследовании задача классификации решалась с помощью реляционной базы данных. При этом группировка в базе данных не по скалярным, а по вычисляемым полям затруднительна. Для обхода этого ограничения был предложен способ предварительного расчета классифицирующих признаков, описаны преимущества использования данного подхода. Данная методика апробирована для группировки 250 суток минутных данных наземной сети магнитометров по узлам сетки в системе координат широта — местное геомагнитное время с одновременной группировкой по уровням активности AE -индекса.

When operating large information volumes, one often has to classify data into groups by some criteria, to determine the number of elements in the group, their sum, mean value, etc. In this study, I solve the classification problem through a relational data base. In doing so, it is difficult to group not by scalar, but by calculated fields within a data base. To bypass this restriction, I propose a method to preliminary calculate the classifying criteria, and describe the advantages of using this approach. This technique is tested for a group involving 250 days of 1-minute data from the ground-based network of magnetometers by hubs in the latitude-local geomagnetic time coordinate system with a simultaneous grouping by the AE -index activity levels.

**ЛЧМ-ПРИЕМНИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СИСТЕМ**

А.В. Подлесный

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
pav@iszf.irk.ru

WITH THE USE OF SOFTWARE DEFINED RADIO CHIRP RECEIVER

A.V. Podlesnyi

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приводятся описание и основные характеристики приемника ЛЧМ-сигналов с использованием программно-определяемых систем, разработанного в ИСЗФ СО РАН. Обсуждается опыт эксплуатации данных приемников в составе сети ЛЧМ-зондирования ИСЗФ СО РАН.

Described the main characteristics chirp signals SDR receiver developed in ISTP. The experience of operating these receivers as part of the chirp sounding network of the ISTP SB RAS of the SB RAS is discussed.

**СТАТИСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ АЗИМУТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ
В СВЯЗИ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ НА КАМЧАТКЕ**

А.А. Солодчук

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия
aleksandra@ikir.ru

**STATISTICS OF CHANGES IN AZIMUTHAL DISTRIBUTION
OF HIGH-FREQUENCY GEOACOUSTIC EMISSION
ASSOCIATED WITH KAMCHATKA EARTHQUAKES**

A.A. Solodchuk

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

Для оценки изменения направленности геоакустического излучения на Камчатке у дна оз. Микижа установлена приемная акустическая система на базе комбинированного векторного приемника. На основе полученных данных за период с августа 2008 г. по декабрь 2016 г. исследованы изменения направленности геоакустической эмиссии во время землетрясений. Установлено наличие пред- и постсейсмических аномалий в азимутальном распределении высокочастотной геоакустической эмиссии более чем в 70 % случаев.

To estimate the changes of geoaoustic emission directivity at Kamchatka, a receiving acoustic system based on a combined vector detector was installed by the bottom of Mikizha lake. Based on the data received from August 2008 to December 2016, the changes of geoaoustic emission directivity during earthquakes were investigated. Pre- and post-seismic anomalies in the azimuthal distribution of high-frequency geoaoustic emission were detected in more than 70 % of the cases.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ
МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

М.Ю. Степкина, А.А. Антонникова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, Бийск, Россия
antonnikova.a@mail.ru

RESEARCH INTO PRECIPITATION OF A FINE AEROSOL IN ACOUSTIC FIELD

M.Yu. Stepkina, A.A. Antonnikova

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies SB RAS, Biysk Russia

Важной научно-технической проблемой в разных отраслях промышленности является осаждение мелкодисперсных аэрозолей с размером частиц порядка 1–15 мкм (как жидкокапельных, так и твердофазных). Объясняется это тем, что огромные по массе выбросы и аэрозольные образования представляют непосредственную угрозу для здоровья человека и биосферы в целом. Перспективным направлением решения указанной проблемы является создание систем коагуляции и осаждения дисперсных частиц ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности.

Представлены экспериментальные данные по осаждению модельных аэрозольных сред с разными физико-химическими свойствами вещества при изменении внешних условий (температуры и влажности окружающей среды) под действием акустических источников с диапазоном частот колебаний от 2 до 30 кГц и с интенсивностью 120–150 дБ. При этом исследовалась динамика распределения по размерам и концентрации частиц. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-79-10209).

Important scientific and technical problem in different industries is a deposition of fine aerosols with particle size about 1–15 microns (both liquid-phase and solid-phase). It can be explained by the fact that emissions and aerosols, huge on weight, pose an instant threat for health of the person and the biosphere in general. The perspective direction of the solution of the specified problem is creation of systems of coagulation and a deposition of disperse particles by the ultrasonic vibrations of high intensity.

We have presented the experimental data on a deposition of model aerosol medium with different physical and chemical properties of substance at change of external conditions (temperatures and humidities of a surrounding environment) under acoustic sources with a frequency range of 2–30 kHz and intensity 120–150 dB. At the same time the dynamics of distribution by the sizes and particle concentration was investigated. This study was funded by grant from the Russian Science Foundation (Project No. 17-79-10209).

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ ВРЕДНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

M.Ю. Степкина, О.Б. Кудряшова

Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, Бийск, Россия
mabric@mail.ru

COMPLEX IMPACT OF ELECTRIC FIELD FOR ACCELERATION OF SEDIMENTATION OF HARMFUL AEROSOLS FROM THE AIR ENVIRONMENT

M.Yu. Stepkina, O.B. Kudryashova

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies SB RAS, Biysk, Russia

Воздействие электрического поля на мелкодисперсные частицы в воздушном пространстве приводит к ускорению процесса их осаждения, но не во всех случаях. С другой стороны, для сбора вредных аэрозолей из воздушной среды применяют специально распыленные в воздухе порошки сорбента. В данной работе исследуется комплексный подход к задаче осаждения вредных аэрозольных выбросов, заключающийся в электростатическом распылении частиц сорбента с последующим осаждением частиц электрофильтром.

Исследование воздействия электрического поля на процесс осаждения вредных аэрозольных образований в замкнутом пространстве предусматривает физико-

БШФФ-2017. Секция С. Диагностика естественных неоднородных сред и математическое моделирование
математическое моделирование электростатической коагуляции. В теоретическом и экспериментальном исследованиях фиксировались изменения концентрации и дисперсности частиц аэрозоля в измерительном объеме.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант мол_а 16-38-00581).

Impact of the electric field on the fine particles in airspace leads to acceleration of process of their sedimentation, but not in all cases. On the other hand, they apply the sorbent powders which are specially sprayed in air to collecting harmful aerosols from the air environment. In this work we investigate the integrated approach to a problem of sedimentation of harmful aerosol emissions consisting in electrostatic dispersion of particles of a sorbent with the subsequent sedimentation of the particles by the electric precipitator.

The research of impact of electric field on process of sedimentation of harmful aerosol emissions in the closed space provides physical and mathematical modeling of electrostatic coagulation. In theoretical and experimental study we fixed change of concentration and dispersion of particles of an aerosol in measuring camera.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant mol_а 16-38-00581).

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ И ИОННЫХ ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ИРКУТСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

В.П. Ташлыков, А.В. Медведев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vtashlykov@iszf.irk.ru

CORRELATION TECHNIQUE TO DETERMINE ELECTRON AND ION TEMPERATURES FOR IRKUTSK INCOHERENT SCATTER RADAR

V.P. Tashlykov, A.V. Medvedev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе предложен подход к решению обратной задачи восстановления температур ионосферной плазмы по корреляционным характеристикам сигнала обратного рассеяния для Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Описаны этапы решения данной задачи: построение теоретической регрессии для определения температур, построение прямой задачи рассеяния сигнала в ионосфере, а также проведение моделирования для валидации решения обратной задачи, поиска и устранения систематических погрешностей. Приведены результаты обработки экспериментальных данных ИРНР.

In this study, we considered the inverse problem approach to determine ionospheric plasma temperatures over correlation characteristics of backscatter signal for Irkutsk Incoherent Scatter Radar (IISR). The described stages of the problem solution are: theoretical regression for temperatures determination, and direct problem construction for backscatter signal in the ionosphere, and simulation for inverse problem validation, as well as for searching and suppression of systematic errors. The results of the IISR experimental data processing are presented.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ПСЕВДОДАЛЬНОСТИ В ГНСС

В.С. Самолига, В.И. Сажин, А.С. Тимофеев

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
wernayk@yandex.ru

MODELING VARIATIONS OF THE PSEUDO RANGE IN THE GNSS

V.S. Samoliga, V.I. Sazhin, A.S. Timofeev

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Проведено моделирование вариаций псевдодальности, измеряемой в глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС), в зависимости от изменений основных параметров формы высотного профиля электронной концентрации $N(z)$ ионосферы. Используется составная модель ионосферы, включающая гауссову форму профиля $N(z)$ на участках высот от 0 до высоты некоторой точки, лежащей выше максимума N . В данной точке гауссова форма профиля $N(z)$ сопрягается с экспоненциальной зависимостью $N(z)$, идущей вплоть до высоты окончания ионосферы. У этой зависимости имеется параметр, определяющий скорость убывания N с ростом высоты, вычисляемый исходя из опорного задаваемого значения Z_c . При моделировании задаются изменения N_{\max} , Z_{\max} и формы профиля выше максимума через изменение Z_c . Оценивается степень влияния одинаковых относительных изменений этих параметров на вариации псевдодальности.

The simulation of variations of the pseudo range measured in global navigation satellite systems (GNSS), depending on changes to basic parameters and shapes of high-rise profile of the electron density $N(z)$ of the ionosphere. Uses a composite model of the ionosphere, including the Gaussian form of the profile $N(z)$ plots of heights from 0 to the height of some point lying above the high of the N . At this point the Gaussian shape of the profile $N(z)$ is mated with the exponential dependence of $N(z)$, going up to the height of the end of the ionosphere. This based on a parameter that determines the rate of decrease of N with height that is calculated based on the reference value specified Z_c . In the simulation set changes N_{\max} , Z_{\max} and shapes of profile above the maximum changes Z_c . Estimated degree of influence of the same relative changes of these parameters on the variation of the pseudo range.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ

Р.М. Тимченко, Т.В. Малыхина, В.О. Шпагина

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
timchenkoruslan97@gmail.com

MATHEMATICAL MODELING THE ENERGY SPECTRUM OF FAST NEUTRONS

R.M. Timchenko, T.V. Malykhina, V.O. Shpagina

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

В связи с развитием ядерных технологий существует необходимость экологического мониторинга. Важным этапом разработки приборов для контроля объектов радиационной опасности является моделирование. В работе проведено математическое моделирование энергетического спектра быстрых нейтронов от источника PuBe-239 и сопоставление результатов с данными лабораторных испытаний. Полученные смоделированные характеристики источника нейтронов используются для разработки и исследования тяжелых сцинтилляторов.

The need for environmental monitoring is due to the development of nuclear technologies. Modeling is an important stage in the development of instruments for monitoring radiation hazard facilities. Mathematical modeling the energy spectrum of fast neutrons was carried out in the work, as well as a comparison of results with the data of laboratory tests. The simulated characteristics of the neutron source, obtained as a result, are used to develop and investigation heavy scintillators.

МЕТЕОРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА РАДАРЕ ЕКВ ИСЗФ СО РАН

Р.Р. Федоров, О.И. Бернгардт

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
fedrr@iszf.irk.ru

METEOR OBSERVATION AT EKV RADAR OF ISTP SB RAS

R.R. Fedorov, O.I. Berngardt

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе описано расширение возможностей когерентного радара декаметрового диапазона ЕКВ ИСЗФ СО РАН по диагностике нейтральной атмосферы высот 80–100 км за счет мониторинга метеорного рассеяния в реальном масштабе времени. Данный радар (56.5° N, 58.5° E) обладает сектором обзора около 52°, эффективной дальностью 3000–4500 км и рабочими частотами 8–20 МГц. Сектор обзора поделен на 16 направлений (лучей) шириной порядка 3–6°, разрешение по дальности 15–45 км, время накопления сигнала на одном луче 4–8 с, полное сканирование сектора обзора занимает 1–2 мин. Основной режим работы — сканирование многоимпульсными последовательностями с накоплением корреляционной функции сигнала на каждой радиолокационной дальности и по каждому лучу в отдельности. Основным назначением данного радара является мониторинг динамики ионосферы в полярных широтах, однако он может быть использован для регистрации параметров метеорного эха (рассеяния на метеорных следах) на малых дистанциях (до 600 км) на высотах сгорания метеоров (80–100 км).

Исследование метеорного эха является режимом относительно регулярной работы аналогичных радаров сети SuperDARN. В отличие от стандартных методов диагностики метеорного эха по среднестатистическим характеристикам сигнала с временным разрешением порядка нескольких секунд нами реализован алгоритм поиска метеорных эха по квадратурным компонентам рассеянного сигнала до статистического усреднения с временным разрешением 5–10 мс. Алгоритм основан на поиске пары параметров модели (характерного времени жизни следа и доплеровской скорости эха) из условия наименьшего среднеквадратичного отклонения наблюдаемого рассеянного сигнала от модельного. Поиск производится методом прямого перебора. В результате определяются характеристики метеорного следа: дальность, время жизни и скорость вдоль луча зрения радара. Эти характеристики позволяют судить о динамике нейтральных ветров на высотах сгорания метеоров. Алгоритм работает с данными радара в реальном масштабе времени, запущен на радаре ЕКВ в декабре 2016 г. и в настоящее время является видом регулярной обработки данных радара, а также используется для ретроспективного анализа данных.

Приведен статистический анализ характеристик метеорного эха в период с начала 2016 г. по настоящее время, исследованы его суточные, сезонные и ракурсные зависимости.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОЧАСТОТНЫХ ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ НЕРЕГУЛЯРНЫХ СОБЫТИЙ В ИОНОСФЕРЕ

А.А. Холмогоров, В.Б. Иванов

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
vararagon007@yandex.ru

USING A SINGLE-FREQUENCY RECEIVERS FOR THE REGISTRATION OF IRREGULAR EVENTS IN THE IONOSPHERE

A.A. Kholmogorov, V.B. Ivanov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Целью данной работы является исследование возможности одночастотных приемников ГНСС для диагностики ионосферы. Исследование проводилось на примере несколь-

ких крупномасштабных событий, таких как солнечное затмение, мощные землетрясения, взрыв Челябинского метеороида. Показано, что одночастотные приемники позволяют регистрировать нерегулярные события в ионосфере, хоть и с меньшей точностью, чем двухчастотные приемники.

The aim of this study is to investigate the possibility of single-frequency GNSS receivers for diagnostics of ionosphere. The study was carried out on the example of several large-scale events, such as a solar eclipse, powerful earthquakes, and the explosion of the Chelyabinsk meteoroid. It was shown that single-frequency receivers allow recording of irregular events in the ionosphere, though with less accuracy compared to two-frequency receivers.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНО-АППАРАТНОЙ ЧАСТИ
КОЭРЦИТИВНОГО СПЕКТРОМЕТРА**

М.М. Чупин, Р.Р. Латыпов, Д.К. Нургалiev

Казанский федеральный университет, Казань, Россия
grey2paul@gmail.com

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE
AND HARDWARE FOR COERCITIVE SPECTROMETER**

M.M. Chupin, R.R. Latypov, D.K. Nurgaliev

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Целью данного проекта является обновление системы управления и блока сбора данных коэрцитивного спектрометра с использованием современной элементной базы. Усовершенствование системы управления позволит улучшить качество обнаружения полезного сигнала, повысить соотношение сигнал/шум, упростить труд оператора системы и практически полностью автоматизировать систему получения и обработки конечных результатов спектрометра.

The aim of this project is modernization of control system and data gathering block of coercive spectrometer based on modern analog and digital elements. Control system upgrade leads to improvement of signal detection quality and increase of signal-to-noise ratio. Therefore, system operator's job would be simplified and complex of receiving and processing final data would be completely automatic.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕКЦИЯ D
ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

**ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАДИЕНТ
В ТРОПОСФЕРЕ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ
И ЕГО СВЯЗЬ С ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ
ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА**

М.Г. Акперов, М.А. Дембицкая, И.И. Мохов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
aseid@ifaran.ru

**LAPSE-RATE IN THE TROPOSPHERE OF THE NORTHERN HEMISPHERE
AND ITS CORRELATION WITH SURFACE TEMPERATURE
FROM REANALYSIS DATA**

M.G. Akperov, M.A. Dembitskaya, I.I. Mokhov

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

Вертикальный градиент температуры (ВГТ) γ является важной характеристикой атмосферы и земной климатической системы, характеризующей статистическую устойчивость. Для расчета ВГТ использовались среднемесячные данные реанализа ERA-Interim (1979–2014 гг.) с широтно-долготным разрешением $0.75 \times 0.75^\circ$ для Северного полушария (СП). Получены оценки ВГТ γ в тропосфере и его связи с приповерхностной температурой T_s в годовом ходе и межгодовой изменчивости для СП. Величина γ в тропосфере СП в целом около 6.3 К/км. При этом γ уменьшается от 6.7 К/км в низких широтах до 5.0 К/км в приполярных. Получены значения $d\gamma/dT_s$ около $3.3 \cdot 10^{-2}$ 1/км по данным в годовом ходе и около $4.5 \cdot 10^{-2}$ 1/км по данным в межгодовой изменчивости для СП в целом. Полученные положительные оценки $d\gamma/dT_s$ для СП в целом свидетельствуют об общем уменьшении статической устойчивости тропосферы при глобальном потеплении и о проявлении положительной климатической обратной связи через ВГТ.

Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки РФ № 14.616.21.0078.

Sensitivity of global climate to external forcing depends on climate feedbacks (FB). One of significant feedbacks is related with the rate of temperature decrease with height in the troposphere (lapse rate — LR). It is a characteristic of atmospheric static stability. Cyclonic (anticyclonic) and convective activity in the atmosphere depend on LR. The contribution of LR variations is important for the Arctic amplification. We use here ERA-Interim reanalysis data for the period 1979–2014 with 0.75×0.75 horizontal resolution for assessment of LR FB characteristics. We analyze, in particular, the relationship between the tropospheric LR γ and the surface air temperature (SAT). The relationship parameter $d\gamma/dT$ is estimated from the corresponding linear regression of γ on T . The LR values for various latitudes were normalized on the LR value for the Northern Hemisphere (NH) as a whole $\gamma_{NH} = 6.3$ K/km. According to the results obtained from reanalysis data for the period 1979–2014 the relative LR interannual changes in the troposphere of the Arctic latitudes are up to 4 times larger than for the NH as a whole and much larger than for tropical latitudes. The positive correlation of LR and SAT is a characteristic of positive climate FB.

This work was supported by the grant of Russian Ministry of Education and Science № 14.616.21.0078.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СУБАВРОРАЛЬНОЙ МЕЗОПАУЗЫ С ДАННЫМИ РАДИОМЕТРА SABER ВЕРСИИ v2.0

А.М. Аммосова, Г.А. Гаврильева, П.П. Аммосов, И.И. Колтовской

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
ammosovaam@mail.ru

COMPARISON OF SUBAURORAL MESOPAUSE TEMPERATURE WITH THE MEASUREMENTS FROM SABER v.2.0 RADIOMETER

A.M. Ammosova, G.A. Gavrilyeva, P.P. Ammosov, I.I. Koltovskoi

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлено сравнение температуры области мезопаузы на основе вращательной температуры OH(6-2), измеренной инфракрасным цифровым спектрографом на ст. Маймага (63° N, 129.5° E) на субавроуральных широтах, с данными 10-канального инфракрасного радиометра SABER версии v.2.0. Были проанализированы данные, совпадающие во времени и пространстве, с 2002 по 2015 г. Временной интервал исследования охватывает минимум и максимум 11-летнего цикла солнечной активности. Данные, полученные с помощью радиометра SABER версии v.2.0, хорошо согласуются с данными, измеренными на ст. Маймага в период максимума солнечной активности.

The mesopause region temperature on the basis of OH(6-2) rotational temperature measured with a digital infrared spectrograph installed at Maimaga station (63° N, 129.5° E) on the subauroral latitude with the data measured with 10-channel infrared radiometer SABER v2.0 are compared. The data of the observations measurements coincident in time and space from 2002 to 2015 have been analyzed. Time series includes the years of maximum and minimum 11-year cycle of solar activity. SABER v2.0 data in good agreement with the temperature measured at Maimaga station for maximum solar activity periods.

СРАВНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СУБАВРОРАЛЬНОЙ МЕЗОПАУЗЫ С РАСЧЕТАМИ МОДЕЛИ NRLMSISE-00

А.М. Аммосова, Г.А. Гаврильева, П.П. Аммосов, И.И. Колтовской

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
ammosovaam@mail.ru

COMPARISON OF THE SUBAURORAL MESOPAUSE TEMPERATURE WITH THE NRLMSISE-00 MODEL

A.M. Ammosova, G.A. Gavrilyeva, P.P. Ammosov, I.I. Koltovskoi

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлено сравнение вращательной температуры OH(6-2), измеренной на ст. Маймага (63° N, 129.5° E), с температурой мезопаузы, рассчитанной по модели NRLMSISE-00, с 1999 по 2015 г. Эмиссия гидроксидной полосы (6-2) возбуждается в области мезопаузы (~87 км), и интенсивность молекулярной эмиссии измеряется инфракрасным цифровым спектрографом. Модель NRLMSISE-00 описывает изменения температуры на высоте области мезопаузы с октября по апрель в пределах флуктуаций экспериментальных значений при сезонной вариации температуры ~35 К, отклонения от экспериментальных значений составляют не более 7 ± 4 К. Был проведен корреляционный анализ измеренной вращательной температуры OH(6-2) и значений, полученных по модели NRLMSISE-00. При количестве наблюдений на ст. Маймага больше 180 дней (примерно полгода) коэффициент корреляции $R > 0.7$. Это означает, что модель NRLMSISE-00 достаточно точно описывает изменения температуры субавроуральной мезопаузы.

The rotational temperature OH(6-2) obtained at Maimaga station (63° N, 129.5° E) located on the subauroral latitude with the calculations of the NRLMSISE-00 model from 1999 to 2015 are compared. The emission of the hydroxyl band (6-2) is excited at the mesopause region (~87 km), and the intensity of molecular emission is measured by an infrared digital spectrograph. The NRLMSISE-00 model describes temperature changes at the mesopause region height within the experimental values fluctuations from October to April for a seasonal temperature variation of ~35 K, deviations from the experimental values are no more than 7 ± 4 K. A correlation analysis was performed to compare the rotational temperature OH(6-2) and the NRLMSISE-00 model calculations. When the number of observations at Maimaga station is more than 180 days (approximately half a year) the correlation coefficient $R > 0.7$. The NRLMSISE-00 model precisely describes the changes of the subauroral mesopause temperature.

**УТОЧНЕНИЕ ВАРЬИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДЕТЕРМИНИРОВАННО-ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ D-ОБЛАСТИ
ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

С.З. Беккер, А.Н. Ляхов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия
susanna.bekker@gmail.com

**PRECISING VARIABLE PARAMETERS USED
IN DETERMINISTIC-PROBABILISTIC MODEL
OF D-REGION OF IONOSPHERE**

S.Z. Bekker, A.N. Lyakhov

Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia

Ионосфера как непостоянная, непрерывно изменяющаяся среда корректно может быть описана исключительно вероятностными моделями, которые сейчас практически не разрабатываются. Наиболее перспективной из обсуждаемых моделей является детерминированно-вероятностная модель, в которой варьируются параметры, входящие в уравнения ионизационно-рекомбинационного цикла.

Целью настоящей работы является уточнение этих параметров по экспериментальным данным, полученным из различных источников, и верификация результатов обновленной модели по радиофизическим данным.

There is no doubt that the ionosphere is very irregular and continuously changing environment. Therefore it is important to describe the ionosphere with probabilistic models, which are almost not developed. The most perspective model of them is a deterministic-probabilistic one, that is based on theoretical investigations with the varying of ionization-recombination cycle parameters.

With regard to this work, it is concentrated on precisening of variable parameters based on experimental data from different sources and verifying model results by radiophysical data.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЙВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН**

С.Ю. Белов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
Belov_Sergej@mail.ru

**COMPARATIVE ANALYSIS OF WAYS TO SOLVE
COMPUTATIONAL PROBLEMS WHEN DETERMINING
THE SCATTERING ABILITY OF THE EARTH'S SURFACE
IN THE SHORT-WAVE RANGE OF RADIO WAVES**

S.Yu. Belov

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

В работе рассматривается задача дистанционной диагностики «шероховатой» земной поверхности и диэлектрических подповерхностных структур в КВ-диапазоне. Предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур. Идея метода определения этого параметра заключается в том, что, располагая синхронной информацией о волне, отраженной от ионосферы, и о волне, отраженной от земли и ионосферы (или прошедшей ионосферу дважды при зондировании со спутника), возможно извлекать информацию о параметре рассеяния. Выполнен сравнительный анализ, и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный. Анализ аналитической оценки погрешностей этого параметра позволил рекомендовать новый метод вместо стандартного.

The problem of remote diagnostics of the “rough” earth surface and dielectric subsurface structures the short-wave band is considered. A new incoherent method for estimating the signal/noise ratio parameter is proposed. This band range allows one to diagnose subsurface aspects of the earth, as the scattering parameter is affected by irregularities in the dielectric permittivity of subsurface structures. The idea of the method for determining this parameter is that, by having synchronous information about a wave reflected from the ionosphere and about a wave reflected from the Earth and the ionosphere (or passed through the ionosphere twice when probing from a satellite), it is possible to extract information about the scattering parameter. A comparative analysis and shows that the analytical (relative) accuracy of the determination of this parameter new method on the order exceeds the widely-used standard method. Analysis of admissible relative analytical error of estimation of this parameter allowed to recommend new method instead of standard method.

**СКР-ЛИДАР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ
ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ В СТРАТОСФЕРЕ**

^{1,2}С.М. Бобровников, ^{1,2}Е.В. Горлов, ¹В.И. Жарков, ¹Д.А. Трифонов

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
bsm@iao.ru, gorlov_e@mail.ru, zharkov@iao.ru, trifonov@iao.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

**RAMAN LIDAR TO DETECT FINE STRUCTURE
OF TEMPERATURE STRATIFICATION IN THE STRATOSPHERE**

^{1,2}S.M. Bobrovnikov, ^{1,2}E.V. Gorlov, ¹V.I. Zharkov, ¹D.A. Trifonov

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Для обнаружения тонкой структуры температурной стратификации в стратосфере в ИОА СО РАН разрабатывается СКР-лидар на основе чисто вращательного спектра комбинационного рассеяния. Использование уникальной Сибирской лидарной станции в ИОА СО РАН с большим зеркалом диаметром 2.2 м позволит вести наблюдения за стационар-

ными струйными течениями в стратосфере с помощью дистанционных измерений температуры атмосферы с высоким пространственным разрешением.

В докладе обосновывается возможность реализации метода для одновременного измерения вертикального распределения температуры и аэрозольного наполнения атмосферы на основе зеркала диаметром 2.2 м. Приводится расчет необходимых параметров СКР-лидара для надежного обнаружения тонкой структуры температурной стратификации в стратосфере.

Raman lidar based on pure rotational Raman spectrum to detection of fine structure of temperature stratification in the stratosphere at the IAO SB RAS is developed. The big mirror 2.2 m in diameter at Siberian Lidar Station in IOA SB RAS will allow to observe stationary jet streams in the stratosphere using remote measurements of atmospheric temperature with high spatial resolution.

The report demonstrated the possibility of implementing the method for simultaneously measurement of vertical distribution of temperature and aerosol layers of the atmosphere based on the mirror of 2.2 m in diameter. The necessary parameters of the Raman lidar for reliably detection of fine structure of temperature stratification in the stratosphere are calculation.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЯРНЫХ МЕЗОЦИКЛОНОВ

Н.В. Вазаева, О.Г. Чхетиани, Л.О. Максименков, М.В. Курганский

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
ifanataly@gmail.com

INTEGRAL CHARACTERISTICS OF POLAR LOWS

N.V. Vazaeva, O.G. Chkhetiani, L.O. Maksimenkov, M.V. Kurgansky

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

Проводятся вычисление интегральных характеристик полярных мезоциклонов, в частности энергии и спиральности, с использованием данных реанализа (ECMWF) и результатов численного моделирования в мезомасштабной атмосферной модели WRF (версия 3.6.1) и сравнение их с экспериментальными данными. Исследуется возможность использования спиральности как диагностического фактора и в качестве прогностической характеристики для полярных мезоциклонов на примере интенсивного полярного мезоциклона над поверхностью Норвежского и Баренцева морей с 29 по 31 марта 2013 г.

Исследования выполнены при поддержке РФФ (проект № 14-17-00806).

The calculating of integral characteristics of Polar Lows such as energy and helicity according to re-analysis data (ECMWF), WRF numerical model findings (version 3.6.1), and experimental data have been carried out. The helicity applicability as a diagnostic factor and as a prognostic factor for Polar Lows has been investigated for the case of intense Mesocyclonic formations, that can be observed over Norwegian Sea and Barents Sea surfaces in the period between 27 and 31 March, 2013.

This study was supported by the Russian Science Foundation (project No. 14-17-00806).

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОМЕТРОВ И ERA-INTERIM НАД СЕВЕРО-ВОСТОКОМ ЕВРАЗИИ ЗА 1979–2015 ГГ.

М.С. Васильев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
m.s.vasiliev@ikfia.ysn.ru

**THE INTEGRAL MOISTURE CONTENT OF THE ATMOSPHERE
FROM DATA OF SUN-SKY PHOTOMETERS AND ERA-INTERIM
OVER THE NORTH-EAST OF EURASIA FOR 1979–2015**

M.S. Vasiliev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Проведен анализ связи широтной динамики влагосодержания атмосферы W с солнечной активностью и квазидвухлетними колебаниями (КДК) зонального ветра в экваториальной стратосфере над северо-востоком Евразии за 1979–2015 гг.

Были использованы данные солнечных фотометров сети AERONET (станции «Якутск», «Томск», «Иркутск» и «Даланзадгад») и реанализа ERA-Interim, который основан на регулярных метеорологических наблюдениях, аэрологической и спутниковой информации.

Обнаружена достоверно значимая корреляционная связь между среднегодовыми значениями W и восточной фазой КДК. В вариациях W в зависимости от географической широты наблюдается проявление фундаментальных циклов солнечной активности (Швабе, Хейла и Брюкнера).

In the work, an analysis of relation of latitudinal dynamic of the atmospheric moisture content W to quasi-biennial oscillations (QBO) of zonal wind in the equatorial stratosphere and solar activity over the north-east of Eurasia during 1979–2015 was held.

The data of sun-sky photometers of the AERONET (st. Yakutsk, st. Tomsk, st. Irkutsk and st. Dalanzadgad) and ERA-Interim reanalysis which, is based on the regular meteorological observations, aerological and satellite information, were used.

It is found the reliably significant correlation between mean annual values of W and QBO during its eastern phase. At the same time, variations of W depending on geographical latitude reveal the fundamental cycles of solar activity (Schwabe, Hale and Bruckner).

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ
НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА В ТРОПОСФЕРЕ**

Л.А. Васильева

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
larisa_v@iszf.irk.ru

**INFLUENCE OF GEOMAGNETIC DISTURBANCES
ON AIR TEMPERATURE IN THE TROPOSPHERE**

L.A. Vasilyeva

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Исследовалось влияние возмущений геомагнитного индекса aa на температуру воздуха в тропосфере. Были рассмотрены карты изменений температуры воздуха после резкого увеличения индекса. Выделены районы максимального воздействия геомагнитных возмущений. Рассмотрено также изменение температуры воздуха на различных высотах.

Influence of indignations of a geomagnetic aa -index on air temperature in the troposphere was investigated. Maps of changes of air temperature after sharp increase in aa -index were considered. Areas of the maximal influence of geomagnetic disturbances are allocated. Change of air temperature at various heights is also considered.

**НАБЛЮДЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ СТРУКТУР
В ПОЛОСЕ ЧАСТОТ ИОНОСФЕРНОГО АЛЬФВЕНОВСКОГО РЕЗОНАТОРА
НА МАГНИТНОЙ СТАНЦИИ «БАЙГАЗАН»**

¹А.Ю. Гвоздарев, ¹Е.О. Учайкин, ²А.А. Колмаков, ¹С.В. Келюев

¹Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия
kelyuev@yandex.ru

²Томский государственный университет, Томск, Россия

**OBSERVATION OF SPECTRAL RESONANCE STRUCTURES
IN THE FREQUENCY BAND OF THE ALFVEN IONOSPHERIC RESONATOR
AT THE MAGNETIC STATION “BAYGAZAN”**

¹A.Yu. Gvozdarov, ¹E.O. Uchaikin, ²A.A. Kolmakov, ¹S.V. Kelyuev

¹Gorno-Altaysk State University, Gorno-Altaysk, Russia

²Tomsk State University, Tomsk, Russia

В ноябре 2014 г. на магнитной станции «Байгазан» Горно-Алтайского государственного университета был установлен индукционный магнитометр разработки ГАГУ на базе датчика ИНТ-1 (предоставлен Институтом солнечно-земной физики СО РАН) и начат мониторинг геомагнитных вариаций. Низкий уровень магнитных шумов на станции, расположенной на кордоне Алтайского заповедника, и относительно высокая чувствительность аппаратуры позволяют уверенно регистрировать спектральные резонансные структуры (СРС) в полосе частот ионосферного альфвеновского резонатора и три первых шумановских резонанса (8, 14, 20 Гц). Был проведен предварительный анализ частоты наблюдений СРС на станции за 2015–2016 гг. Для этого по данным индукционного магнитометра строились динамические спектры и по характерным для СРС картинам спектров выявлялись дни их наблюдений. СРС наблюдались в ночное время. Выявлена годовая волна с минимумом в летние месяцы. Снижение количества дней наблюдений в летний период связано с вынужденными перерывами в регистрации в грозовой период из-за молниевых повреждений энергосистемы станции. Средний процент дней с СРС на станции составляет 35 %.

In November 2014, an induction magnetometer developed by the Gorno-Altaysk State University (GASU) based on the INT-1 sensor (provided by the Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS) was installed at the magnetic station “Baigazan” of the GASU and monitoring of geomagnetic variations was started. The low level of magnetic noise at the station, which is located on the cordon of the Altay Reserve, and the relatively high sensitivity of the equipment allows us to confidently register the spectral resonance structures (SRS) in the frequency band of the ionospheric Alfvén resonator and three Schumann resonances (8, 14, 20 Hz). A preliminary analysis of the frequency of observations of the SRS at the station for 2015–2016 was conducted. The dynamic spectra for induction magnetometer data were calculated, and according to the characteristic patterns of the SRS the days of their observation were revealed. SRS were observed at night. The one-year period wave for number of SRS observation per month with a minimum in the summer months (1–5 obs/month) and maximum in the November (20 obs/month) have been identified. The average percentage of SRS observation days at the station is 35 %.

**МЕТОД РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ
ЛИНЕЙНЫХ ПЗС КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ**

А.Н. Горобец

ООО «Лес-Информ» Волгоград, Россия
Liolik_work@mail.ru

THE METHOD OF RADIOMETRIC CALIBRATION OF LINEAR SPACE-BORNE CCDs

A.N. Gorobets

«Les-Inform» Limited Liability Company, Volgograd, Russia

Полноценное использование потенциальных возможностей изображений, получаемых с помощью линейных ПЗС космического базирования, невозможно без развития методов калибровки, специфичных для сенсоров с ПЗС.

В предлагаемой методике радиометрической калибровки используются поля цвета, соответствующие каналам сенсора КА, и пиранометры с фильтрами, соответствующими фильтрам, установленным на борту КА.

По пиранометрическим измерениям падающего и отраженного полями цвета излучения рассчитывается плотность мощности, приходящей на зрачок сенсора, что и обеспечивает его радиометрическую калибровку.

Помимо калибровки сенсоров с линейными ПЗС, метод дает дополнительные возможности в исследованиях по физике атмосферы, поскольку в ходе расчетов определяются параметры текущей передаточной функции атмосферы.

Full using of the potential capabilities of images obtained by linear spaceborne CCDs is impossible without the development of calibration methods specific for CCD sensors.

The proposed method of radiometric calibration uses the color fields according to spacecraft sensor channels and the pyranometers with filters which correspond to spacecraft ones.

By pyranometer measurements of the incident and reflected radiation, the power density arriving at the sensor aperture is calculated, which ensures its radiometric calibration.

In addition to CCD-sensors calibration, the method provides additional capabilities in the atmospheric physics research, since during the calculations the atmosphere transfer function parameters are also defined.

НЕЛИНЕЙНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДНЕЙ И ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ

¹К.А. Диденко, ²А.И. Погорельцев

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
didenko.xeniya@yandex.ru

²Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

NONLINEAR INTERACTIONS OF WAVE PROCESSES IN THE MIDDLE AND UPPER ATMOSPHERE

¹К.А. Didenko, ²A.I. Pogoreltsev

¹Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

²Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Чтобы рассмотреть эффекты нелинейных взаимодействий волна—волна и волна — средний поток, были изучены члены, которые дают вклад в баланс вихревой энтропии. С использованием общей формы ее уравнения была рассчитана эволюция планетарных волн с зональными волновыми числами $m=1, 2, 3$. Также исследовался вклад различных членов взаимодействия в изменение вихревой энтропии. Полученные результаты показывают, что квазигеострофическое приближение не подтверждается в верхней стратосфере, по крайней мере, во время внезапных стратосферных потеплений.

To consider the effects of nonlinear wave—wave and wave — mean flow interactions, the terms contributing to the eddy enstrophy balance have been studied. Using the general form of the eddy enstrophy balance equation, its evolution for planetary waves with zonal wave numbers $m=1, 2, 3$ has been calculated. The contribution of different interaction terms to the change the

eddy enstrophy has been discussed. The results obtained show that quasi-geostrophic approach is not approved in the upper stratosphere at least during the sudden stratospheric warmings.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФРАЗВУКОВОЙ СТАНЦИИ ИСЗФ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

^{1,2}В.А. Добрынин, ²А.Г. Сорокин

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
dobrynin-vasiliy95@mail.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

DEVELOPMENT OF AN INFRASOUND STATION BASED ON THE STM32 MICROCONTROLLER

^{1,2}V.A. Dobrynin, ²A.G. Sorokin

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе развиваются положения реконструкции структуры инфразвуковой станции на основе контроллера STM32. Обсуждаются проблемы повышения помехозащищенности от грозового электричества и расширения частотного диапазона когерентных сигналов с применением контроллера STM32. Рассматриваются перспективы изучения новых морфологических типов инфразвуковых сигналов.

The paper discusses the concept of reconstructing the structure of an infrasonic station based on the STM32 controller. The problems of increasing noise immunity from lightning electricity and expanding the frequency range of coherent signals using the STM32 controller are discussed. The prospects of discovering new morphological types of infrasonic signals are being studied.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРАТОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ ВНЕЗАПНЫХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНОЙ БАРОТРОПНОЙ ДИВЕРГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯЦИИ

О.С. Зоркальцева, В.И. Мордвинов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
olgak@szf.irk.ru

STUDY OF DYNAMIC PROCESSES IN THE STRATOSPHERE DURING SUDDEN STRATOSPHERIC WARMINGS USING NONLINEAR BAROTROPIC DIVERGENT CIRCULATION MODEL

O.S. Zorkaltseva, V.I. Mordvinov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Внезапные стратосферные потепления (ВСП) являются значительными событиями в зимней стратосфере, оказывающими влияние как на погодные условия в тропосфере, так и на процессы в ионосфере. Накоплено большое количество информации о динамике ВСП и их проявлениях на разных уровнях атмосферы, в том числе с использованием инструментальной базы ИСЗФ. Построены эмпирические модели развития ВСП, динамику ВСП удалось воспроизвести в моделях общей циркуляции атмосферы. Однако на ряд вопросов до сих пор не удалось получить окончательных ответов. Неясно, например, какой из механизмов начала развития ВСП преобладает — внутренняя неустойчивость стратосферного

полярного вихря или внешнее возбуждение планетарными волнами/вихрями. По нашему мнению, на некоторые вопросы ответ может быть получен в рамках простой баротропной дивергентной модели циркуляции, развиваемой в ИСЗФ. Модель учитывает нелинейные процессы, β -эффект и диффузию в тонком слое жидкости, внешнее возбуждение задается с помощью распределенных источников завихренности. В рамках тестирования модели с низким пространственным разрешением рассмотрены эффекты взаимодействия стратосферного полярного вихря с квазистационарным антициклоном над северо-востоком Азии и северной частью Тихого океана и локальными циклоническими возмущениями.

Sudden stratospheric warming (SSW) is a significant event in the winter hemisphere. SSA affects the weather conditions in the troposphere and processes in the ionosphere. A lot of information about SSW dynamics and their manifestations at different levels of the atmosphere has been accumulated, including with the use of the instrumental base of ISTP. SSW empirical models were developed, the dynamics of the SSW were reproduced in the models of general atmospheric circulation. However, there are still no answers to some of the questions. For example, which of the mechanisms for the beginning SSW prevails — the internal instability of the stratospheric polar vortex or external excitation by planetary waves/vortices. In our opinion, for some questions the answers could be obtained from the barotropic divergent circulation model developed in the ISTP. The model takes into account the nonlinear processes processes, β -effect and 2D diffusion, external excitation is given by distributed sources of vorticity. We have considered the effects of interaction of a stratospheric polar vortex with a quasi-stationary anticyclone over northeast Asia and the northern part of the Pacific Ocean and local cyclonic disturbances in the process of model validation with a low spatial resolution.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЫСОТЫ УРОВНЯ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ GNSS-РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

А.В. Карлышева, А.М. Падохин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
karlyshevaAnzhela@gmail.com

ESTIMATION OF SEA LEVEL HEIGHT BASED ON GNSS-REFLECTOMETRY DATA

A.V. Karlysheva, A.M. Padokhin

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

В работе исследуются методы GNSS-рефлектометрии для определения уровня водной поверхности, основанные на использовании эффекта многолучевости, возникающего при отражении навигационных сигналов от водной поверхности. Этот эффект приводит к появлению интерференции в данных сигнал/шум (SNR), при этом параметры интерференции полностью определяются длиной волны навигационного сигнала и высотой фазового центра антенны над отражающей поверхностью. В работе использовались данные SNR S1 и S2 для двух рабочих частот систем GPS и ГЛОНАСС. На примере ряда станций IGS проведено сравнение данных GNSS-рефлектометрии и традиционных приливных измерений, показавшее хорошее согласие полученных результатов.

In this work we study GNSS reflectometry methods in connection with the estimation of sea level height. They are based on the effect of multipath propagation of GNSS signals reflected from the water surface. It results in the interference pattern in the signal-to-noise ratio of GNSS signals, which parameters are defined by the frequency of navigational signal and the height of the antennas phase center above reflecting water surface. In this work, we used SNR S1 and S2 data for both working frequencies of GPS and GLONASS systems. We provide the comparison

of GNSS-R sea level estimations with traditional tidal gauge measurements for several IGS sites showing good agreement of both methods.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННИХ ВОЛН
В СТРАТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА
РАДИОЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

И.А. Кириллович, В.Н. Губенко

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Россия
sabersecretmail@gmail.com

**RESTORING THE INTERNAL WAVE CHARACTERISTICS IN THE EARTH'S
STRATOSPHERE BY USING AN ANALYSIS OF RADIOSONDE MEASUREMENTS**

I.A. Kirillovich, V.N. Gubenko

Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics RAS, Fryazino, Russia

Внутренние гравитационные волны (ВГВ) заметно влияют на структуру и циркуляцию атмосферы Земли благодаря эффективному переносу энергии и импульса с нижних атмосферных уровней на верхние. Поскольку внутренние волны являются характерной особенностью устойчиво стратифицированной атмосферы, аналогичные эффекты можно ожидать в атмосферах Венеры и Марса. Представлены результаты определения характеристик идентифицированных ВГВ, полученные на основе анализа высокоточных радиозондовых измерений SPARC скорости ветра и температуры в атмосфере Земли [<http://www.sparc.sunysb.edu>]. Обсуждается полезность зондовых исследований внутренних волн для задач радиозатменного мониторинга ВГВ в атмосферах планет. Работа выполнена при частичной поддержке Программы фундаментальных исследований 1.7 Президиума РАН.

Internal gravity waves (IGWs) significantly affect the structure and circulation of the Earth's atmosphere by an effective transporting the energy and momentum from the lower atmospheric levels upward. Since the internal waves are the characteristic feature of a stably stratified atmosphere, similar effects can be expected in the Venusian and Martian atmospheres. The results of determining the characteristics for identified IGWs in the Earth's atmosphere found from an analysis of the high-resolution radiosonde horizontal wind and temperature measurements SPARC [<http://www.sparc.sunysb.edu>] are presented. The usefulness of radiosonde studies in conjunction with tasks of a radio occultation monitoring the IGWs in planetary atmospheres is discussed. The work was carried out under partial support of the Fundamental Research Program 1.7 of the RAS Presidium.

**ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
В ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ
В ПЕРИОД КЛИМАТИЧЕСКОГО СДВИГА 1976–1977**

К.Е. Кириченко, Е.П. Белоусова, В.А. Коваленко, С.И. Молодых

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kirichenko@iszf.irk.ru

**CHANGES IN HYDROMETEOROLOGICAL CHARACTERISTICS
IN THE PACIFIC REGION DURING THE CLIMATIC SHIFT 1976–1977**

K.Ye. Kirichenko, Ye.P. Belousova, V.A. Kovalenko, S.I. Molodykh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Представлены и обсуждаются изменения характеристик атмосферы и океана (потoki тепла на границе раздела океан—атмосфера, ветровое напряжение, температура поверх-

ности океана и воздуха над ним, теплосодержание океана в слое 0–700 м) для Тихоокеанского региона Северного полушария в период климатического сдвига (КС) 1976–1977 гг. Установлено, что после КС теплосодержание и температура возросли в восточной части Тихого океана и уменьшились в западной. Для потоков скрытого тепла и коротковолнового излучения после КС наблюдается уменьшение, в то время как для потоков явного тепла и длинноволнового излучения — возрастание. Показано, что наибольшие изменения потоков тепла наблюдаются на низких широтах. Рассматриваются причинно-следственные связи изменений потоков тепла и вариаций температурных характеристик исследуемого региона. Обсуждается возможный сценарий влияния атмосферных процессов на вариации температурных характеристик через ветровое напряжение и их взаимосвязь.

Changes in the characteristics of the atmosphere and the ocean (heat fluxes at the ocean-atmosphere interface, wind stress, ocean surface and air temperature, ocean heat content in the 0–700 m layer) for the Pacific region of the Northern Hemisphere during the climatic shift (CS) 1976–1977 are presented and discussed. It was found that after the CS, the heat content and temperature increased in the eastern part of the Pacific Ocean and decreased in the western part. The flows of sensible heat and short-wave radiation after the CS decreased, while for the flows of latent heat and long-wave radiation increased. It is shown that the greatest changes in heat fluxes are observed at low latitudes. The cause-effect relationships of changes in heat fluxes and variations in the temperature characteristics of the investigation region are considered. A possible scenario of the influence of atmospheric processes on the variation of temperature characteristics through wind stress and their interrelation is discussed.

СОЗДАНИЕ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ИНФРАКРАСНЫХ СПЕКТРОГРАФОВ

И.И. Колтовской, П.П. Аммосов, Г.А. Гаврильева, А.М. Аммосова, В.И. Сивцева

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
koltigor@mail.ru

SETTING UP A MERIDIONAL NETWORK OF INFRARED SPECTROGRAPHS

I.I. Koltovskoi, P.P. Ammosov, G.A. Gavrilyeva, A.M. Ammosova, V.I. Sivtseva

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

С 2013 г. на оптической станции Маймага (63° N, 129.5° E) ведется постоянная регистрация полос гидроксила OH(3.1) спектрографом в далекой инфракрасной области (около 1.5 мкм). В сентябре 2015 г. аналогичный спектрограф установлен в Полярной геофизической обсерватории (ПГО) в пос. Тикси (71.6° N, 128.7° E). В данной работе представлено сравнение сезонного хода температуры мезопаузы, измеренного на двух разнесенных по широте станциях. Сделаны также предварительные сравнения по отдельным ночам (ночного хода). По результатам сравнения наблюдается очень хорошая корреляция между двумя станциями (коэффициент корреляции 0.83).

Permanent registration of hydroxyl OH (3.1) bands is conducted in the optical station Maimaga (63° N, 129.5° E) in the far infrared (1.5 micron) since 2013. In September 2015 a similar spectrograph was installed at the station Polar Geocosmophysical Observatory (PGO) in Tiksi (71.6° N, 128.7° E). This paper presents the comparison of seasonal variations of mesopause temperature measured at two spaced by latitude stations. Also preliminary comparisons are made for some nights. According to the results of comparison, there is a very good correlation between the temperatures measured in Maimaga and Tiksi (correlation coefficient 0.83).

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ФАЗОВЫХ АНОМАЛИЙ
ОНЧ-СИГНАЛОВ РАДИОСТАНЦИЙ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ В ЯКУТСКЕ**

А.А. Корсаков, В.И. Козлов, С.Е. Кобякова

Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
korsakov84@yandex.ru

**SEASONAL CHANGES IN SUDDEN PHASE ANOMALIES
OF VLF RADIO STATION SIGNALS REGISTERED IN YAKUTSK**

A.A. Korsakov, V.I. Kozlov, S.E. Kobyakova

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Внезапная фазовая аномалия (ВФА) в условиях одномодового распространения радиосигнала ОНЧ (3–30 кГц) хорошо описывается линейной функцией от логарифма произведения интенсивности потока рентгеновского излучения (0.1–0.8 нм) на косинус зенитного угла Солнца, усредненного на освещенной части радиотрассы. На основе непрерывной регистрации в г. Якутске (62° N, 129.7° E) сигналов навигационных станций Новосибирск, Краснодар (14.9 кГц) и Хабаровск (11.9 кГц) за 2009–2016 гг. отобраны события ВФА. С помощью регрессионного анализа определены параметры линейной модели отдельно для летних и зимних условий. Сигнал ст. Новосибирск: наклон линейной модели равен 10 и 9.4, начальное смещение равно 61.5 и 55.5 для зимы и лета соответственно. Сигнал ст. Хабаровск: наклон равен 14.5 (зима) и 8.9 (лето), смещение равно 90.3 (зима) и 55.1 (лето). Сигнал ст. Краснодар (обладает большими флуктуациями фазы): наклон равен 7 (зима) и 7.5 (лето), смещение равно 44.1 (зима) и 44.9 (лето). Зимой нижняя ионосфера более чувствительна к воздействию солнечных вспышек.

Sudden phase anomalies (SPA) of the VLF radio signal (3–30 kHz) in single-mode propagation is well described by a linear function of the logarithm of multiplication the X-ray flux intensity (0.1–0.8 nm) and the cosine of the zenith angle of the Sun averaged over the illuminated part of the propagation path. During 2009–2016 the SPA events are selected based on continuous registration in Yakutsk (62° N, 129.7° E) signals of navigation stations Novosibirsk, Krasnodar (14.9 kHz) and Khabarovsk (11.9 kHz). Based on the regression analysis, the parameters of the linear model are determined for summer and winter. The signal Novosibirsk: the linear model slope is 10 and 9.4, the initial offset is 61.5 and 55.5 for winter and summer respectively. Khabarovsk signal: the slope is 14.5 (winter) and 8.9 (summer), the offset is 90.3 (winter) and 55.1 (summer). The signal Krasnodar (large phase fluctuations): the slope is 7 (winter) and 7.5 (summer), the offset is 44.1 (winter) and 44.9 (summer). In winter the lower ionosphere is more sensitive to effects of solar flares.

**БАНК ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДВУОКСИ АЗОТА
ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭТОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ
И В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СРЕДАХ**

А.А. Лукашевская, Н.Н. Лаврентьева, А.С. Дударенок, В.И. Перевалов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
lukashevskaya@iao.ru

**DATABASE OF PARAMETERS OF NITROGEN DIOXIDE SPECTRAL LINES
FOR MONITORING THIS GAS
IN THE ATMOSPHERE AND IN THE HIGH-TEMPERATURE ENVIRONMENTS**

A.A. Lukashevskaya, N.N. Lavrentieva, A.C. Dudaryonok, V.I. Perevalov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

В работе представлен список линий NO₂ на основе глобального моделирования спектров высокого разрешения этой молекулы в рамках метода эффективных операторов с использованием полиадной модели эффективного гамильтониана.

Банк данных размещен на сайте ИОА СО РАН [ftp://ftp.iao.ru/pub/NDDDB] и содержит следующие спектральные параметры: положение линии, интенсивность линии, энергия нижнего состояния, коэффициенты самоуширения. Банк предназначен для высокотемпературных приложений вплоть до температуры $T=900$ К. Созданный банк данных включает в себя более 1 миллиона колебательно-вращательных переходов, которые расположены в спектральном диапазоне 466–3374 см⁻¹. Отсечка по величине интенсивности линий была выбрана равной 10⁻²⁵ см/молекула при температуре $T=1000$ К.

The high temperature line list of NO₂, which is based on global modeling of high resolution spectra of this molecule performed within the framework of the effective operators method using polyad model of effective Hamiltonian is presented.

Presented data bank is allocated on the web site of V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS on the address [ftp://ftp.iao.ru/pub/NDDDB]. The line list contains the following line parameters: line position, line intensity, energy of lower state and self-broadening coefficient. The data bank is designed for temperature up to 900 K. This database includes more than 1 vibration-rotation transitions, which is located in the 466–3374 cm⁻¹ spectral rang. It is generated using intensity cut off 10⁻²⁵ cm/molecule at 1000 K.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ O₃, NO₂ И АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ С ДАННЫМИ СПУТНИКОВЫХ И РАДИОЗОНДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

**А.П. Макеев, О.Е. Баженов, В.Д. Бурлаков[†], М.В. Гришаев[†],
Ю.В. Гриднев, С.И. Долгий, А.В. Невзоров**

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
map@iao.ru

COMPARISON OF REMOTE SPECTROPHOTOMETRIC MEASUREMENTS OF O₃, NO₂ AND STRATOSPHERIC AEROSOL WITH DATA OF SATELLITE AND RADIOSONDE MEASUREMENTS

**A.P. Makeev, O.E. Bazhenov, V.D. Burlakov[†], M.V. Grishaev[†],
Yu.V. Gridnev, S.I. Dolgii, A.V. Nevzorov**

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, SB RAS, Tomsk, Russia

В докладе приводятся результаты дистанционных спектрофотометрических измерений общего содержания озона и двуокиси азота, полученные на Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, в сравнении с результатами аналогичных спутниковых измерений.

Наземные измерения общего содержания озона проводились озонометром М-124, измерения содержания NO₂ выполнялись автоматизированным спектрофотометром. Эти измерения сравниваются с данными радиозондовых и спутниковых измерений. Спутниковые измерения осуществляются аппаратурой TOMS и IASI.

The report contains results of remote spectrophotometric measurements of the total ozone and nitrogen dioxide contents, obtained at the Siberian Lidar Station of V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, SB RAS in comparison with the results of analogous satellite measurements.

The ground-based measurements of the total ozone were conducted with M-124 ozonometer; and the measurements of the NO₂ content are carried out with automatic spectrophotometer.

These measurements are compared with data of radiosonde and satellite measurements. The satellite measurements are performed by the TOMS and IASI instrumentation.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО И ПРИЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
СЕТИ ЛЧМ-ЗОНДИРОВАНИЯ**

А.А. Науменко, А.В. Подлесный

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
naym@iszf.irk.ru

**MODERNIZATION OF TRANSMITTING AND RECEIVING FACILITIES
OF THE CHIRP SOUNDING NETWORK**

A.A. Naumenko, A.V. Podlesny

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В данной работе рассмотрен процесс модернизации сети ЛЧМ-ионозондов, проведенный в 2015–2017 гг. Главной целью модернизации было повышение надежности оборудования для обеспечения непрерывных измерений на трассах наклонного и вертикального ЛЧМ-зондирования. Рассмотрены конструкции передающих и приемных комплексов. Важной частью модернизации стало проектирование и создание нового генератора ЛЧМ-сигнала, по причине снятия с производства используемых ранее плат. Характеристики полученного генератора также представлены в работе. В процессе модернизации во всех приемных и передающих пунктах (Торы, Усолье, Норильск, Магадан, Хабаровск) были установлены новые комплекты оборудования.

In this paper, the process of upgrading the network of chirp ionosondes, conducted in 2015–2017, is considered. The main purpose of the modernization was to increase the reliability of equipment, to provide continuous measurements on the beams of oblique and vertical chirp sounding. The designs of transmitting and receiving complexes are considered. An important part of the modernization was the design and creation of a new LFM signal generator, due to the phasing out of the previously used boards. The characteristics of the generator obtained are also presented in the paper. In the process of modernization, new complexes of equipment were installed in all receiving and transmitting points (Tory, Usolye, Norilsk, Magadan, Khabarovsk).

**ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ОЗОНОВОГО СЛОЯ
В АРКТИКЕ ЗИМОЙ И ВЕСНОЙ 2016–2017 гг.**

М.П. Никифорова

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Севастополь, Россия
nikiforovamp@yandex.ru

**SPECIFICITY OF THE OZONE LAYER STATE OVER ARCTIC
DURING WINTER AND SPRING OF 2016–2017**

M.P. Nikiforova

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Sevastopol, Russia

В работе рассмотрены основные особенности изменчивости общего содержания озона (ОСО) в Арктике зимой–весной 2016–2017 гг. Проанализирован ход метеорологических элементов и характеристик стратосферного вихря, показаны их взаимосвязи с состоянием озонового слоя. Проведено сравнение с предыдущими годами, в частности с сезоном 2015–2016 гг., показавшим третий за всю историю наблюдений результат химического разрушения озона. Особое внимание уделено особенностям изменений ОСО над территорией России.

The report discusses the main features of the variability of the total ozone content (TOC) over Arctic during winter-spring 2016–2017. Dynamics of meteorological elements and stratospheric vortex are analyzed, showing their relationship with the state of the ozone layer. The ozone layer features of previous years are compared particularly with the season 2015–2016, which showed the third result of ozone chemical destruction since ozone monitoring era. Special attention is paid to the specificity of TOC changes over the Russian territory.

**ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КНЧ/СНЧ-ВОЛН,
НАБЛЮДАЕМЫХ ВО ВНЕШНЕЙ ИОНОСФЕРЕ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЩНЫМ НАЗЕМНЫМ КВ-РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ**

А.О. Рябов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
sanches-best@yandex.ru

**POLARIZATION CHARACTERISTICS OF ELF/VLF WAVES OBSERVED
IN THE OUTER IONOSPHERE UNDER THE INFLUENCE
OF POWERFUL GROUND-BASED SHORTWAVE RADIATION**

A.O. Ryabov

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Для исследования поляризационных характеристик и физической природы КНЧ/СНЧ-волн, наблюдаемых в ионосфере при нагреве околоземной плазмы мощным КВ-радиоизлучением, использован метод сингулярного разложения. Представленные в работе результаты экспериментов получены на среднеширотном нагревном стенде «Сура». Используются данные, зафиксированные бортовой аппаратурой искусственного спутника Земли DEMETER. На основе спектральных характеристик наблюдаемых излучений реализован метод оценки ионного состава околоземной плазмы. Метод верифицирован по результатам натурных измерений на высотах внешней ионосферы Земли.

For studying the polarization characteristics and the physical nature of the ELF/VLF waves observed in the ionosphere during heating the near-earth plasma powerful HF radio emission we used the method of singular value decomposition. The experimental results obtained in mid-latitude heating the stand “Sura”. Used data recorded by onboard equipment of artificial Earth satellite DEMETER. Based on the spectral characteristics of the observed radiation is implemented a method of assessing the ionic composition of the near-Earth plasma. The method has been verified against field measurements at altitudes of the topside ionosphere.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
ПРИ ПОМОЩИ ТРЕХБАЗНОЙ СЕТИ ПРИЕМНИКОВ ГНСС**

И.А. Ряховский, Б.Г. Гаврилов, Ю.И. Зецер, А.Н. Ляхов, Ю.В. Поклад, С.З. Беккер

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия
Ryakhovskiy88@yandex.ru

**SPACE-TIME CHARACTERISTICS OF IONOSPHERIC IRREGULARITIES
USING TRIPLE-BASE GNSS RECEIVERS**

I.A. Ryakhovsky, B.G. Gavrilov, Yu.I. Zetzer, A.N. Lyakhov, Y.V. Poklad, S.Z. Bekker

Institute of Geosphere Dynamics RAS, Moscow, Russia

По современным представлениям на точность позиционирования ГНСС наибольшее влияние оказывают ионосферные неоднородности с характерными размерами от 100 м

до нескольких километров. Разработанная нами методика, использующая пространственно-разнесенные приемники ГНСС на трех базах от 250 м до 80 км, позволяет исследовать пространственно-временное распределение локальных ионосферных неоднородностей в среднеширотной ионосфере. Представлены результаты для бури в ионосфере 17 марта 2015 г.

Up to date the ionospheric irregularities scaled from 100 m to several kilometers provide the major impact on GNSS precision. Our technique use spatially distributed GNSS receivers on bases varying from 250 m to 80 km and it allows us to study the spatiotemporal features of transient ionospheric irregularities in the midlatitude ionosphere. The results under ionospheric storm 17 March 2015 are presented.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВАРИАЦИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА
И ПОВТОРЯЕМОСТИ АТМОСФЕРНОГО БЛОКИРОВАНИЯ
В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ТРОПОСФЕРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Д.Е. Савкин, О.Ю. Антохина, Б.Д. Белан, Г.Н. Толмачёв

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
densavkin88@rambler.ru

**INVESTIGATION OF THE RELATION BETWEEN OZONE CONCENTRATION
VARIATIONS AND THE FREQUENCY OF ATMOSPHERIC BLOCKING
IN THE SURFACE LAYER OF THE TROPOSPHERE OF WESTERN SIBERIA**

D.E. Savkin, O.Yu. Antokhina, B.D. Belan, G.N. Tolmachev

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

В данной работе использованы данные измерений концентрации озона и температуры в приземном слое тропосферы на TOR-станции за 1993–2016 гг., а также данные реанализа ERA-Interim о высоте геопотенциальной поверхности 500 гПа. В качестве объективного критерия блокирования в работе использован критерий Тибальди и Мольтени. Рассчитаны коэффициенты корреляции вариаций озона (O_3), приземной температуры и индекса блокирования (BI). В зависимости от повторяемости блокирования для исследуемого района коэффициент корреляции BI и O_3 варьируется в очень широких пределах.

In this work, data of measurements of ozone concentration and temperature in the surface layer of the troposphere carried out on the TOR station for 1993–2016, as well as ERA-Interim reanalysis data on the height of the geopotential surface 500 hPa are used. As an objective criterion for blocking, the Tibaldi and Molteni criterion was used. Correlation coefficients for variations in ozone (O_3), surface temperature and the blocking index (BI) were calculated. Depending on the repeatability of the blocking for the area under investigation, the correlation coefficient BI and O_3 varies within very wide limits.

**ВЛИЯНИЕ ВИНЬЕТИРОВАНИЯ ВХОДНОЙ АПЕРТУРЫ ТЕЛЕСКОПА
НА ОШИБКУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОЛНОВОГО ФРОНТА
В АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ
БОЛЬШОГО СОЛНЕЧНОГО ВАКУМНОГО ТЕЛЕСКОПА**

Е.Л. Соин, Е.А. Копылов

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
Egorsh@vtomske.ru

**THE INFLUENCE OF THE VIGNETTING OF THE ENTRANCE APERTURE
ON THE ERROR IN WAVE FRONT RECONSTRUCTION
IN ADAPTIVE OPTICAL SYSTEM OF LARGE SOLAR VACUUM TELESCOPE**

E.L. Soin, E.A. Kopylov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

На ранее полученных экспериментальных данных в виде последовательности кадров с камеры датчика волнового фронта Шэка—Гартмана проведено исследование искусственного виньетирования матрицы субапертур датчика волнового фронта Шэка—Гартмана размерностью 8×8 и 12×12 на точность восстановления волнового фронта во время работы датчика. Показано, что при виньетировании зрачка телескопа до 70 % ошибка восстановления волнового фронта не превышает величину $\lambda/4$ ($\lambda=535$ нм). Однако замечено, что величина ошибки сильно зависит от конфигурации области перекрытия. В работе приведены примеры временной развертки первых семи полиномов Цернике (после наклонов) и представлены СКО волнового фронта в различных условиях численного эксперимента.

On previously obtained experimental data, in the form of a sequence of frames from the camera of the wavefront sensor a Shack—Hartmann, the study of artificial vignetting matrix subaperture wavefront sensor the Shack—Hartmann dimension of 8×8 and 12×12 , the accuracy of the restored wave front during operation of the sensor. It is shown that vignetting of the pupil of the telescope up to 70 % error in the wave front reconstruction does not exceed the value $\lambda/4$ ($\lambda=535$ nm.). However, it is noticed that the magnitude of the error strongly affects the configuration of region of parkrite. The paper presents examples of time-base the first seven Zernike polynomials (after bending) under various conditions of the numerical experiment and presents the results of RMS of the wave front in different conditions of the numerical experiment.

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ
В АТМОСФЕРЕ УЛАН-УДЭ**

И.П. Сунграпова, А.С. Заяханов, Г.С. Жамсуева, В.В. Цыдыпов

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия
kopa141192@mail.ru

FEATURES OF AEROSOL NUMBER SIZE DISTRIBUTION IN ULAN-UDE

I.P. Sungrapova, A.S. Zayakhanov, G.S. Zhamsueva, V.V. Tsydygov

Institute of Physical Material Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

В работе представлены результаты экспериментальных исследований мелкодисперсной фракции аэрозоля для различных по характерным значениям концентраций регионов: в центре промышленного г. Улан-Удэ и прибрежной территории оз. Байкал. Выявлено, что характер суточного хода аэрозольных частиц в городе совпадает с суточными изменениями общего содержания аэрозоля в приземном слое вокруг оз. Байкал, увеличение счетной концентрации частиц происходит в дневные и вечерние часы. В пиковый период пожаров (2015–2016 гг.) в Байкальском регионе наблюдалось повышенное содержание частиц субмикронной фракции.

The paper presents the experimental results of ultrafine aerosols for different regions of the characteristic values of the concentrations: in Ulan-Ude and the region of Lake Baikal. It was revealed that the nature of the diurnal variation of aerosol particles in urban air coincides with daily changes of total number concentration aerosol of Lake Baikal. The elevated concentrations of ultrafine particle aerosols in daily course of the total number concentration are observed in the

daytime and evening hours. The elevated content of submicron particle fraction in Baikal region are observed during the peak period of fires (2015–2016).

**ВАРИАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ВЫСОКО- И СРЕДНЕШИРОТНОЙ ВЕРХНЕЙ
АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОДЫ ВЫСОКОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ**

Т.Е. Сыренова, А.Б. Белецкий, М.А. Тащилин, А.В. Михалёв, С.В. Подлесный

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
angata@mail.iszf.irk.ru

**VARIATIONS IN THE RADIATION OF THE HIGH AND MID-LATITUDE UPPER
ATMOSPHERE DURING PERIODS OF HIGH GEOMAGNETIC ACTIVITY**

T.E. Syrenova, A.B. Beletsky, M.A. Tashchilin, A.V. Mikhalev, S.V. Podlesny

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Важной задачей является изучение процессов генерации и распространения ионосферных возмущений различных масштабов. Конфигурация оптических инструментов ИСЗФ СО РАН позволяет наблюдать процессы формирования возмущения в авральной области атмосферы азиатского долготного сектора (ст. «Исток») и его распространения в средние широты (ГФО, с. Торы). В работе приведены вариации излучения высоко- и среднеширотной верхней атмосферы в периоды высокой геомагнитной активности.

An important task is to study the processes of generation and propagation of ionospheric disturbances of various scales. The configuration of the optical instruments of the ISTP SB RAS makes it possible to observe the process of the perturbation formation in the auroral area of the atmosphere of the Asian longitude sector (Istok Station), its distribution to medium latitudes (GFO, Tori settlement). The work presents variations in the radiation of the high and mid-latitude upper atmosphere during periods of high geomagnetic activity.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕГИСТРАЦИИ ЭМИССИЙ
АВРОРАЛЬНОЙ АТМОСФЕРЫ ШИРОКОУГОЛЬНЫМИ КАМЕРАМИ
ВСЕГО НЕБА НА СТАНЦИИ «ИСТОК»**

М.А. Тащилин, А.Б. Белецкий

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
miketash@iszf.irk.ru

**PRELIMINARY RESULTS OF THE AURORAL ATMOSPHERE REGISTRATION
BY WIDE-ANGLE ALL-SKY-CAMERAS AT ISTOK STATION**

M.A. Tashchilin, A.B. Beletsky

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В 2013 г. были возобновлены исследования, в том числе оптическими методами, верхней атмосферы и ионосферы Земли на высокоширотной станции «Исток» ИСЗФ СО РАН (70° N, 88° E). В работе дается описание комплекса оптических инструментов, установленных на ст. «Исток», по состоянию на апрель 2017 г. Приводятся предварительные результаты исследования вариаций излучения атмосферы в эмиссиях молекулярного азота (427.8 нм) и атомарного кислорода (557.7 и 630 нм), полученные с помощью широкоугольных камер всего неба за период 2013–2017 гг. Приводятся морфологические характеристики полярных сияний, полученные за этот период. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00492.

There were renewed research of the upper atmosphere, ionosphere and magnetosphere of the Earth at the Istok ISTP High-Latitude Station (70° N, 88° E) in 2013. The paper describes the complex of optical instruments installed at the Istok station as of April 2017. The preliminary results of a study of atmospheric emission variations in molecular nitrogen (427.8 nm) and atomic oxygen (557.7 and 630 nm) are given. The results obtained with the help of wide-angle cameras of the entire sky for the period 2013–2017. The morphological characteristics of aurorae are obtained for the period 2013–2017. This study was supported by the Grant of the Russian Scientific Foundation Project No. 17-05-00492.

ЛИДАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДНЕЙ АТМОСФЕРЫ В ЯКУТИИ

С.В. Титов, С.В. Николашкин

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
stitov@ikfia.ysn.ru

LIDAR RESEARCH INTO THE MIDDLE ATMOSPHERE IN YAKUTIA

S.V. Titov, S.V. Nikolashkin

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

В статье представлены основные характеристики и описание Якутского лидара, а также полученные на нем данные по коэффициенту аэрозольного рассеяния R и температуре атмосферного слоя (25–60 км) с 2005 по 2016 г. Исследуется поведение температуры стратосферы во время внезапных стратосферных потеплений (ВСП), наблюдавшихся в январе–феврале над Якутском. Для анализа были привлечены данные со спутника MLS Aura. Рассматриваются особенности формирования и распада ВСП. В результате анализа коэффициентов аэрозольного рассеяния в ночь с 20 на 21 февраля 2013 г. был обнаружен аэрозольный слой на высоте примерно 39.5 км, который наблюдался примерно 1.5 ч, толщина аэрозольного слоя составила 500 м. Анализ карт траекторий воздушных масс для дат с 15 по 28 февраля, выполненный в Красноярском университете для уровней от 30 до 42 км с шагом 0.25 км по высоте, показал, что регистрируемый аэрозольный слой был вызван прохождением болида в атмосфере в районе Челябинска.

The main characteristics and description of the Yakut lidar, as well as the data on the aerosol scattering coefficient R and the atmospheric layer temperature (25–60 km) from 2005 to 2016 are presented in this article. The behavior of the temperature of the stratosphere, during the sudden stratospheric warming (SSW), observed in January–February over the Yakutsk, is investigated. Data were analyzed using MLS Aura satellite for analysis. The features of the formation and decay of the SSW are considered. As a result of the analysis of aerosol scattering coefficients on the night of 20 to 21 February 2013, an aerosol layer at an altitude of about 39.5 km was investigated which was observed for approximately 1.5 hours, the thickness of the aerosol layer was 500 m. Analysis of air mass trajectory maps for dates from February 15 to 28, performed at the Krasnoyarsk University for levels from 30 to 42 km, in 0.25 km increments in height, showed that the detected aerosol layer was caused by the passage of a fireball in the atmosphere in the Chelyabinsk region.

РЕГИСТРАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВСПЫШЕК В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ С ПОМОЩЬЮ ПЗС-ФОТОМЕТРА

И.Д. Ткачёв, Р.В. Васильев, А.В. Михалёв, С.В. Подлесный, А.Г. Сетов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
tid007@mail.iszf.irk.ru

REGISTRATION OF OPTICAL FLASHES IN THE EARTH'S ATMOSPHERE AT MIDDLE LATITUDES BY CCD PHOTOMETER

I.D. Tkachev, R.V. Vasilyev, A.V. Mikhalev, S.V. Podlesny, A.G. Setov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе представлены результаты наблюдения ночного неба по данным ПЗС-фотометра за период с декабря 2016 г. по май 2017 г. Основной задачей исследования является определение возможностей камеры по фиксации быстрых оптических вспышек, искусственных спутников Земли (ИСЗ) и метеорных болидов. Описан автоматический алгоритм выделения кадра со вспышкой. Предложены автоматические алгоритмы выделения кадров, содержащих ИСЗ и метеорные болиды. На основе первичной базы данных вспышек проведен статистический анализ результатов. Получены распределения вспышек по амплитудам, по времени суток.

The paper presents the results of night sky observations based on the CCD photometer data for the period from December 2016 to February 2017. The main objective of the study is to determine the camera's capabilities for fixing fast optical flashes, artificial Earth satellites and meteor bolides. An automatic algorithm for selecting a frame with a flash is described. Automated algorithms for extracting frames containing satellites and meteor bolides are proposed. Based on the primary flash database, a statistical analysis of the results was carried out. Flashes distributions by amplitudes, by the time of day are obtained.

СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ И УГАРНОГО ГАЗА В ГОДЫ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЛЕСОПОЖАРНОЙ АКТИВНОСТИ В МЕРЗЛОТНОМ РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

О.А. Томшин, В.С. Соловьёв

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
tomshinoa@gmail.com

SEASONAL VARIATIONS OF ATMOSPHERIC AEROSOLS AND CO DURING YEARS OF DIFFERENT LEVELS OF WILDFIRE ACTIVITY IN EASTERN SIBERIA

O.A. Tomshin, V.S. Solovyev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлены результаты исследования динамики лесных пожаров в бореальных лесах Якутии (Восточная Сибирь) за 2001–2016 гг. Проведено исследование вариаций аэрозольной оптической толщины атмосферы (АОТ, 550 нм), аэрозольного индекса (АИ) и общего содержания угарного газа в период май–сентябрь в годы с различным уровнем лесопожарной активности. Показано, что сезонный ход АОТ, АИ и СО в наиболее пожароопасные годы существенно отличается от сезонного хода в годы со средним и низким уровнем лесопожарной активности. Лесные пожары в Якутии оказывают значительное воздействие на сезонный ход аэрозольной компоненты атмосферы, формируя существенный рост АОТ/АИ в июле–августе. В отдельные месяцы с наиболее высоким уровнем пирогенной активности среднемесячные значения АОТ по исследуемому участку (Якутия) значительно превышали фоновые (~0.18), достигая значений 0.48. При этом значения АОТ в отдельных ячейках ($1 \times 1^\circ$) среднемесячной карты распределения достигали 1.73. В годы с высоким и средним уровнем лесопожарной активности наблюдались повышенные значения температуры воздуха в период май–июль относительно среднемноголетних. Значения относительной влажности в период май–сентябрь в годы с высоким и средним количеством ЛП более низкие, в то время как в наименее пожароопасные годы

значения влажности ближе к среднемноголетним. Сезонный ход осадков во все периоды примерно одинаков.

The results of studies of the dynamics of forest fires in the boreal forests of Yakutia (Eastern Siberia) for 2001–2016 are presented. Variations of aerosol optical thickness of the atmosphere (AOT, 550 nm), aerosol index (AI) and total carbon monoxide content during the period May–September in years with different levels of forest fire activity were studied. It is shown that the seasonal cycle of AOT, AI and CO in the most fire-dangerous years differs significantly from the seasonal cycle in the years with medium and low level of forest fire activity. Forest fires in Yakutia have a significant impact on the seasonal cycle of the aerosol component of the atmosphere, forming a significant growth of AOT/AI in July–August. In individual months with the highest level of pyrogenic activity, the average monthly AOT values for the study site (Yakutia) were significantly higher than the background ones (~ 0.18), reaching values of 0.48. At the same time, the AOT values in individual cells (1×1 degrees) of the average monthly distribution map reached 1.73. In the years with high and medium level of forest fire activity, air temperatures in the period May–July relative to the average annual were observed. The values of relative humidity in the period May–September in years with high and average number of wildfires are lower, while in the least fire-dangerous years the moisture values are closer to the average annual. The seasonal cycle of precipitation is approximately the same in all periods.

**О ДИНАМИКЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СКОРОСТИ
АТМОСФЕРНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ
В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

¹А.Ю. Шиховцев, ¹П.Г. Ковадло, ²В.П. Лукин, ¹А.В. Киселёв

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
artempochta2009@rambler.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, России

**THE DYNAMICS OF THE EFFECTIVE ATMOSPHERIC TURBULENCE VELOCITY
IN THE MOUNTAIN REGIONS OF EASTERN SIBERIA**

¹A.Yu. Shikhovtsey, ¹P.G. Kovadlo, ²V.P. Lukin, ¹A.V. Kiselev

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

В работе обсуждается динамика отдельных характеристик оптической атмосферной турбулентности в приложении к крупным астрономическим телескопам наземного базирования. Рассматривается изменение одного из важнейших турбулентных параметров, определяющих динамический диапазон работы адаптивных оптических систем, — эффективной скорости турбулентности V_e в слое атмосферы от 0 до 20 км. По данным реанализа показано, что в месте расположения Большого солнечного вакуумного телескопа значения V_e , оцениваемые по изменениям средней скорости струйного течения на высотах ~ 12 км, уменьшились ~ 0.8 м/с за период с 1948 по 2016 г. Приведены оценки эффективной высоты атмосферной турбулентности в зимний (3470 м) и летний (4170 м) периоды. Увеличение эффективной высоты турбулентности в летний период связано не только с понижением интенсивности приземной турбулентности, но и с ее понижением во всем рассматриваемом слое до 20 км.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-19-20013.

We discuss the dynamics of a few characteristics of optical atmospheric turbulence for large ground based astronomical telescopes. Variations of the effective turbulence rate V_e in the atmosphere layer from 0 to 20 km as an important turbulent parameter that determines the dynamic range of adaptive optical systems are considered. From the reanalysis data 0.8 m/s V_e de-

creasing at the Large Solar Vacuum Telescope site for the period from 1948 to 2016. V_e decreasing has been estimated from the jet stream mean velocity fluctuations at altitudes of ~ 12 km. Also, estimates of the effective atmospheric turbulence height in winter (3470 m) and summer (4170 m) are given. The effective turbulence height increasing in the summer is due not only to the intensity of surface turbulence decreasing, but also to its decreasing in the entire layer up to 20 km.

The work is supported by Russian Science Foundation grant No. 15-19-20013.

**ЭЛЕКТРОННАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ НА ВЫСОТАХ СЛОЯ F1 В МИНИМУМЕ
СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НАД НОРИЛЬСКОМ**

О.Е. Яковлева, Г.П. Кушнарченко, Г.М. Кузнецова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
sioy@mail.ru

**ELECTRON DENSITY AT IONOSPHERIC F1 LAYER HEIGHTS AT
SOLAR ACTIVITY MINIMUM ABOVE NORILSK**

O.E. Yakovleva, G.P. Kushnarenko, G.M. Kuznetsova

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Проведено обобщение массива данных экспериментальных измерений электронной концентрации на высотах 120–200 км с помощью полуэмпирической модели (ПЭМ), ранее разработанной авторами. Данные получены с помощью цифрового ионозонда, расположенного в Норильске (69.4° N; 88.1° E), в период минимума солнечной активности (2007–2009 гг.). Анализ результатов показал, что ПЭМ удовлетворительно описывает значения N в годовом ходе. Полученные результаты свидетельствуют о том, что вполне приемлемо использовать уравнения ПЭМ для задач по обобщению экспериментального материала в различных гелио- и геофизических условиях.

We made generalization of the measurement set of electron concentration N at the heights 120–200 km using the semi-empirical model (SEM), earlier developed by the authors. The N data were obtained by digital ionosonde in Norilsk (69.4° N; 88.1° E) during solar activity minimum (2007–2009). Examination of the N approximation results showed quite a satisfactory level of describing N values in the years of solar activity minimum. The obtained results testify a good acceptability degree of used model equation for problems on generalization of the experimental data in different helio-geophysical conditions.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

А		Васильева Л.А.	82
Акперов М.Г.	77	Власенко Д.	23
Аксенов В.П.	6	Власов Д.В.	31
Алтынцев А.Т.	38	Волосков Д.С.	42
Аммосов П.П.	78, 88	Воронов Я.В.	31
Аммосова А.М.	78, 88		
Андреева Е.С.	40		
Анненков М.А.	40		
Антонникова А.А.	71		
Антохина О.Ю.	93	Г	
Анфиногентов С.А.	11, 14	Гаврильева Г.А.	78, 88
Афанасьев А.Н.	12	Гаврилов Б.Г.	92
		Габович А.	23
		Галка А.Г.	65
		Гвоздарев А.Ю.	40, 83
		Глоба М.В.	43
		Гололобов П.Ю.	13
Б		Горлов Е.В.	80
Баженов О.Е.	90	Горобец А.Н.	83
Баишев Д.Г.	44	Горовской Е.С.	23
Бакли Д.	23	Грач С.М.	3
Балануца П.	23	Гресс О.А.	23, 30
Балега Ю.Ю.	3	Гречнев В.В.	18
Бедарева А.С.	40	Гриднев Ю.В.	90
Безъязыков П.А.	12	Григорьев Ю.Н.	65
Беккер С.З.	79, 92	Гришаев М.В.	90
Белан Б.Д.	93	Гркович К.В.	67
Белашова И.А.	63	Губенко В.Н.	87
Белецкий А.Б.	95		
Белов С.Ю.	79	Д	
Белоусова Е.П.	87	Дембицкая М.А.	77
Беляев А.К.	31	Дерес А.С.	14
Бернгардт О.И.	58, 67, 75	Диденко К.А.	84
Бессараб П.Ф.	54	Добрынин В.А.	85
Бобровников С.М.	80	Долгий С.И.	90
Борчевкина О.П.	41	Дормидонтов Д.	23
Бочкарев В.В.	42, 63	Дударенок А.С.	89
Брюквина Л.И.	64		
Буднев Н.М.	23		
Бурлаков В.Д.	90		
		Е	
В		Егоров Ю.А.	52
Вазаева Н.В.	81	Егоров Я.И.	15
Веснин А.М.	57	Едемский И.К.	54
Васильев М.С.	81		
Васильев Р.В.	43, 96		

Елсуков А.А.	66
Еселевич М.В.	32
Ершова О.А.	23
Ефремов В.И.	16

Ж

Жамсуева Г.С.	94
Жарков В.И.	80
Живанович И.	16
Живетьев И.В.	62

З

Зайцев В.В.	16
Заяханов А.С.	94
Заяханов В.А.	64
Зелёный Л.М.	50
Зелинский А.Ю.	65
Зецер Ю.И.	92
Зуев А.В.	58
Зоркальцева О.С.	85

И

Иванов А.А.	17
Иванов В.А.	44, 66, 67
Иванов В.Б.	53, 75
Иванов Д.В.	44, 66, 67
Иванов К.	23
Иванов Н.А.	64
Иевенко И.Б.	44
Израелян Г.	23
Исаева Е.С.	18

К

Капустин В.Э.	45
Карлышева А.В.	86
Карпов И.В.	41
Кацко С.В.	46
Кашапова Л.К.	28

Келюев С.В.	83
Кириллович И.А.	87
Кириченко К.Е.	87
Киселёв А.В.	36, 98
Киселёв В.И.	18
Кислицын А.А.	44, 58
Кислов Р.А.	50
Кичатинов Л.Л.	19
Клименко В.В.	46
Клименко М.В.	46, 49, 54
Климушкин Д.Ю.	56, 58
Кнуренко С.П.	20, 52
Князев А.	23
Кобец В.С.	21
Кобякова С.Е.	89
Ковадло П.Г.	98
Коваленко В.А.	87
Козлов В.И.	89
Колмаков А.А.	83
Колтовской И.И.	78, 88
Кондратьев А.Б.	48
Копылов Е.А.	93
Корнилов В.	23
Корсаков А.А.	89
Костарев Д.В.	48
Костров А.В.	65
Котова Д.С.	49
Котце М.	23
Кочанов А.А.	18, 27, 38
Кривошапкин П.А.	13
Кронштадтов П.В.	16
Крымский Г.Ф.	13
Кувшинов Д.	23
Кудрявцева А.В.	22
Кудряшова О.Б.	72
Кузнецов А.	23
Кузнецова Г.М.	99
Курганский М.В.	81
Кушнарев Д.С.	56
Кушнаренок Г.П.	51, 99
Кушталь Г.И.	25

Л

Лавыгин И.А.	67
Лаврентьева Н.Н.	89
Латышов Р.Р.	76
Латышев С.В.	22

Лебедев В.П.	56, 67
Левато Х.	23
Леденцов Л.С.	23
Лесовой С.В.	21, 38
Липунов В.М.	23, 30
Лодью Н.	23
Лопес К.	23
Лоптева Л.С.	25
Лукашевская А.А.	89
Лукин В.П.	98
Лунюшкин С.Б.	45, 48
Ляхов А.Н.	79, 92

М

Магер О.В.	58
Магер П.Н.	48, 56, 58
Макеев А.П.	90
Максименков Л.О.	81
Малова Х.В.	50
Малыхина Т.В.	74
Малышев М.С.	25
Мареев Е.А.	4
Маршалкина Т.Н.	26
Масленникова Ю.С.	42
Медведев А.В.	56, 73
Мельник М.Н.	50
Мецлер Э.А.	68
Мингалёв И.В.	50
Мингалёв О.В.	50
Михайлов А.Г.	26
Михалёв А.В.	95, 96
Мишин В.М.	45
Молодых С.И.	87
Монхоев Р.Д.	27
Мордвинов В.И.	85
Морозова А.Д.	27
Морозова Т.И.	51
Мохначевская В.П.	52
Мохов И.И.	77
Муратов А.А.	28
Муратова Н.О.	28
Мыльникова А.А.	49, 53
Мысовский А.С.	64

Н

Наговицын Ю.А.	35
Науменко А.А.	91
Невзоров А.В.	90
Непомнящих А.А.	19
Непомнящих И.И.	54
Нестеров И.А.	40
Никифорова М.П.	91
Николашкин С.В.	96
Носиков И.А.	54
Нургалиев Д.К.	76

О

Оводенко В.Б.	49
Овчинников В.В.	66, 67

П

Павельев А.А.	55
Павленко А.А.	68
Падохин А.М.	86
Панкратьев Е.Ю.	69
Пантелеева Ю.Ю.	69
Парников С.Г.	44
Пархоменко А.В.	23
Пархомов В.А.	60
Пахоруков А.Л.	29
Пенских Ю.В.	48, 70
Перевалов В.И.	89
Перевалова И.А.	69
Петров И.С.	20
Петров З.Е.	52
Петухов И.С.	29, 30
Петухов С.И.	29, 30
Петухова А.С.	29, 30
Погорельцев А.И.	84
Подеста Р.	23
Подеста Ф.	23
Подлесный А.В.	71, 91
Подлесный С.В.	95, 96
Поклад Ю.В.	92
Полещук В.А.	23
Поляков М.В.	69
Попель С.И.	51
Поттер С.	23

Похотелов О.А.	5
Просовецкий Д.В.	22
Прошин В.А.	25
Пулинец С.А.	6
Пуляев В.А.	34

Р

Рабинович Ю.В.	30
Расулова А.М.	31
Ратовский К.Г.	49
Реболо Р.	23
Риехокайнен А.	16, 35
Родионов Д.С.	31
Романов Д.В.	32
Романов К.В.	32
Рубцов А.В.	56
Рудель А.Е.	33
Русских И.В.	34, 36
Рябов А.О.	92
Рябова М.И.	44, 67
Рябова Н.В.	44, 67
Ряховский И.А.	92

С

Савкин Д.Е.	93
Сажин В.И.	73
Самолига В.С.	34, 73
Саффе К.	23
Сеник В.	23
Сергиенко Ю.	23
Серра М.	23
Сетов А.Г.	56, 96
Сецко П.В.	50
Сивцева В.И.	88
Синеговская Т.С.	27
Синеговский С.И.	27, 34
Скоморовский В.И.	25
Степкина М.Ю.	71, 72
Стрекалова П.В.	35
Слепцов И.Е.	52
Смирнова В.В.	35
Смирнова Е.О.	59
Соин Е.Л.	93
Соловьев А.А.	16, 35
Соловьёв В.С.	97

Солодчук А.А.	71
Сомов Б.В.	23
Сорокин А.Г.	85
Сороковиков М.Н.	34
Стрекалова П.В.	35
Суарес-Андрес Л.	23
Сунграпова И.П.	94
Сыренова Т.Е.	95
Сыроватский С.В.	57

Т

Ташлыков В.П.	73
Тащилин М.А.	95
Терновой М.Ю.	57
Тимофеев А.С.	73
Тимофеев Л.В.	17
Тимченко Р.М.	74
Титов С.В.	96
Титов С.С.	68
Тихомирова О.В.	6
Ткачѳв Г.Н.	7
Ткачѳв И.Д.	96
Тлатов А.	23
Толмачѳв Г.Н.	93
Томин В.Е.	36
Томозов В.М.	18
Томшин О.А.	97
Торопова М.С.	36
Трифонов Д.А.	80
Трушкова О.А.	58
Тюрина Н.	23

У

Угольников О.С.	9
Уралов А.М.	18
Учайкин Е.О.	83

Ф

Файнштейн В.Г.	15
Фѳedorov О.Л.	37
Федоров Р.Р.	75

Федотова А.Ю. 38

Х

Хабарова О.В. 50

Хатымов Р.В. 69

Холмогоров А.А. 75

Ц

Цыдыпов В.В. 94

Ч

Чазов В.В. 23

Челпанов М.А. 58

Черногор Л.Ф. 46, 59, 60

Черных О.Д. 39

Чиликин В.Э. 60

Чувалаев О. 23

Чуйко Д.А. 56, 61

Чупин М.М. 76

Чупраков С.А. 34

Чхетиани О.Г. 81

Ш

Шевелев Н.Б. 60

Шипилов Д.А. 39

Шиховцев А.Ю. 34, 98

Шпагина В.О. 65, 74

Ю

Юрков В. 23

Я

Язев С.А. 18, 23

Яковлева О.Е. 99

Яковлева С.А. 31

Янин Д.В. 65

Ясюкевич А.С. 62

Ясюкевич Ю.В. 43, 49, 53, 57, 62

**МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ
ШКОЛА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ**
«ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОСМОСЕ И ОКОЛОЗЕМНОЙ СРЕДЕ»

**XV Конференция молодых ученых
«Взаимодействие полей и излучения с веществом»**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Ответственный редактор *И.П. Яковлева*
Редакторы *Н.О. Волкова, М.В. Никонова*
Технические редакторы *И.Г. Амбаева, Н.В. Купрякова*

Тексты тезисов на английском языке представлены в версии авторов

Формат 60×90 1/8. Гарнитура *Times New Roman*
Усл. печ. л. 13.1 Уч.-изд. л. 15.7. Тираж 200. Заказ № 176

*Отпечатано в издательском отделе ИСЗФ СО РАН,
664033, Иркутск, а/я 291,
и БМБШ ГОУ ВПЦ «ИГУ»,
664001, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1*