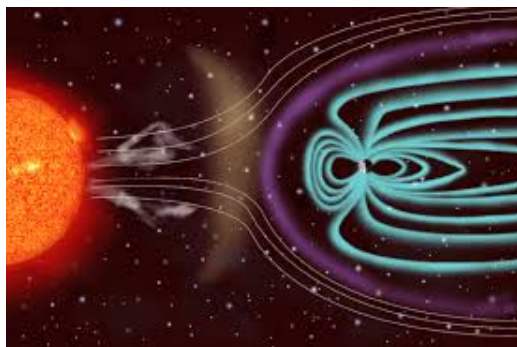


Российская академия наук  
Дальневосточное отделение  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН



## СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сборник тезисов докладов  
VII международной конференции



Петропавловск-Камчатский  
2016



Russian Academy of Sciences  
Far Eastern Branch  
Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation



SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS AND PHYSICS  
OF EARTHQUAKES PRECURSORS

VII INTERNATIONAL CONFERENCE

v. Paratunka Kamchatsky kray

29 August — 2 September 2016  
COLLECTION OF THE REPORTS

Petropavlovsk-Kamchatsky  
2016

УДК 551.509.336 + 550.344.37

**Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений:** VII международная конференция, с.Паратунка, Камчатский край, 29 августа — 2 сентября 2016 г. : сб. тез. докл. — Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2016. — 206 с.

Представлены доклады, посвященные результатам оригинальных исследований физических процессов в различных слоях атмосферы, околоземном космическом пространстве и твердой оболочке Земли. Рассмотрены вопросы влияния солнечной активности на магнитосферу и ионосферу Земли. Представлены современные методы сбора, обработки, передачи и обмена геофизическими данными.

Тезисы печатаются в авторской редакции.

Ключевые слова: физика атмосферы, магнитосфера, геофизические поля, предвестники землетрясений.

Конференция проведена при финансовой поддержке РФФИ (грант №16-05-20521 Г)

© ИКИР ДВО РАН, 2016

# 1 Физика атмосферы

## 1.1 Вариации интенсивности ОНЧ-шумов на 8,7 кГц в циклах солнечной активности за период 2001-2015 годов

*Каримов Р.Р.<sup>1</sup>, Козлов В.И.<sup>1,2</sup>, Торопов А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и  
аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

<sup>2</sup> *Северо-Восточный Федеральный университет им.  
М.К. Аммосова, Физико-технический институт*

Проведено исследование вариации интенсивности ОНЧ-шумов на частоте 8.7 кГц, принимаемых на ст. Якутск (62.00 N, 129.72 E) за период 2001-2015 гг. Прием ОНЧ-радишумов осуществляется на рамочную антенну в плоскости восток-запад. В интенсивность ОНЧ-шумов,

регистрируемых в Якутске, основной вклад вносит электромагнитное излучение грозных разрядов, как ближних, так и мировых очагов гроз. Магнитосферно-ионосферные источники влияют на интенсивность ОНЧ-излучения на 8,7 кГц во время сильных геомагнитных возмущений, которые в основном проявляются на более низких частотах. В ранних работах авторов была найдена связь интенсивности ОНЧ-шумов грозового происхождения с солнечной активностью, вариациями параметров солнечного ветра и интенсивностью космических лучей за период 1979-2006 гг. Исследования в данной работе показали наличие положительной связи интенсивности ОНЧ-шумов грозового происхождения с вариациями параметров солнечного ветра, а также выявлены эффекты во время значительных изменений в потоке космических лучей. Результаты подтверждают, что воздействие космических лучей с атмосферой Земли влияет на изменение глобальной грозовой активности. Работа поддержана: РФФИ, проекты 15-45-05005 р-восток-а и 15-45-05135 р-восток-а, грант Главы РС(Я) для молодых ученых за 2016.

## 1.2 Вариации числа атмосфериков по наблюдения в Якутске в летние месяцы 2001-2015 гг.

*Козлов В.И.<sup>1,2</sup>, Корсаков А.А.<sup>2</sup>, Тарабукина Л.Д.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup> *Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН г. Якутск, Россия*

Приводятся статистические характеристики магнитной составляющей импульсных (атмосфериков) естественных радиопомех очень низкочастотного диапазона, порожденных грозовыми разрядами и зарегистрированных в г. Якутске в летние месяцы 2001 - 2015 гг. Рассматриваются данные мировой сети регистрации гроз WWLLN 2009-2015 гг., показывающие наличие двух максимумов плотности грозовых разрядов, вносящих большой вклад в местную послеполуденную грозовую активность в летний период. Один максимум находится западнее Новосибирска, а второй южнее Хабаровска. Приводятся экспериментальные характеристики вариаций функций распространения с этих очагов. С учетом вклада распространения, отношение между количеством атмосфериков, принятых в минимуме (2009 г.) и максимуме (2013 г.) солнечной активности, составляет около 159 процентов. Изменение количества принимаемых атмосфериков в разных фазах солнечного цикла объясняется изменением интенсивности двух рассмотренных очагов гроз. Работа выполнена при поддержке РФФИ 15-45-05005-р-восток-а, 15-45-05135-р-восток-а и частично РНФ (проект 14-19-01079).

### 1.3 Влияния циклонов над Камчаткой на распределение электронов в ионосфере

*Богданов В.В.<sup>1</sup>, Кайсин А.В.<sup>1</sup>, Романов А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ИКИР ДВО РАН*

<sup>2</sup> *ОАО «Российские космические системы»*

В работе представлены результаты исследования влияния циклонов на параметры ионосферы. Наблюдение за состоянием ионосферы велось средствами автоматического зондирования с использованием низкоорбитальных навигационных космических аппаратов в условиях пониженной сейсмичности. Приемные станции расположены в меридиональном направлении полуострова Камчатка в селах Паратунка, Мильково и Эссо. Исследовались циклоны, прошедшие над Камчаткой за период с января 2012 по февраль 2014 годов в условиях спокойной и умеренно спокойной магнитной обстановки (индекс геомагнитной активности  $K \leq 17$ ) и в отсутствии сильных землетрясений. Показано, что при прохождении пяти из восьми циклонов над Камчаткой в области над его эпицентром происходило синхронное повышение электронной концентрации по сравнению с ближайшими без циклонов днями. С ростом широты, т.е. по мере удаления от центра циклона, концентрация электронов в сравнении со спокойными днями уменьшалась. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №11-05-00915, по Программе президента РАН №12-1-П22-01 и целевой программе ДВО РАН «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований ДВО РАН».



## 1.4 Влияние рентгеновского излучения на суточные периоды ОНЧ излучений

*Дружин Г.И., Стасий И.Е.*

*ИКИР ДВО РАН*

Проведена в ОНЧ диапазоне регистрация электромагнитных излучений: шумовых на фиксированных частотах и импульсных широкополосных. Спектральный анализ показал, что в вариациях ОНЧ излучений присутствуют суточные составляющие, связанные с периодами вращения Земли относительно Солнца и относительно звезд. Показано, что в суточных вариациях ОНЧ излучений проявляется как рентгеновское излучение Солнца, так и рентгеновское излучение галактики.

## 1.5 Выделение и анализ ионосферных возмущений в периоды солнечных событий и геомагнитных бурь

*Мандрикова О.В.<sup>1</sup>, Полозов Ю.А.<sup>1,2</sup>, Соловьев И.С.<sup>1,2</sup>,  
Фетисова Н.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космofизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный технический  
университет*

Исследование основано на новых методах анализа ионосферных и магнитных данных с использованием разработанных авторами многокомпонентных модельных построений (моделей МКМ). По данным сети наземных станций выполнен анализ ионосферных и геомагнитных данных в периоды повышенной солнечной активности и изучены пространственно-временные особенности распределения возмущений в магнитосферно-ионосферной системе. За несколько часов до моментов начала геомагнитных бурь в анализируемых районах выделены крупномасштабные аномальные повышения в ионосфере, в периоды наиболее сильных геомагнитных возмущений положительные фазы менялись на отрицательные. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 14-11-00194.

## **1.6 Динамика вариаций параметров сигналов радионавигационных станций в ОНЧ диапазоне**

*Вильяев А.В., Акбергенов Е.М.*

*Институт ионосферы, Алматы, Казахстан*

Аннотация: Выполнен анализ записей амплитуды сигналов четырех радионавигационных станций в диапазоне частот 18,2-23,4 кГц, полученных в г. Алматы. Выделено сезонное изменение хода суточных амплитуд от летних месяцев к зимним, связываемое с вариациями эффективности ионизации области D ионосферы. Рассмотрен спектр амплитуд сигналов и корреляция с вариациями геомагнитного поля по данным геомагнитной обсерватории "Алма-Ата".

## **1.7 Естественное импульсное электромагнитное поле Земли по наблюдениям в Бурятии.**

*Дружин Г.И.<sup>1</sup>, Башкуев Ю. Б.<sup>2</sup>, Нагуслева И.Б.<sup>2</sup>,  
Чернева Н.В.<sup>1</sup>, Шевцов Б.М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ИКИР ДВО РАН

<sup>2</sup> ИФМ СО РАН

По данным регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) и по данным мировой сети по определению местоположения гроз WWLLN показана возможная связь принимаемых на территории Бурятии излучений с местными и мировыми очагами гроз.

## 1.8 Зимняя аномалия в NmF2 и в полном электронном содержании.

### 1. Морфология явления по данным наблюдений и результатам модельных расчетов

*Ясюкевич Ю.В.<sup>1</sup>, Ратовский К.Г.<sup>1</sup>, Чирик Н.В.<sup>2</sup>,  
Клименко М.В.<sup>3,2</sup>, Клименко В.В.<sup>3</sup>, Полякова А.С.<sup>1</sup>,  
Лукьянова Р.Ю.<sup>4,5</sup>*

<sup>1</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН*

<sup>2</sup> *БФУ им. Иммануила Канта*

<sup>3</sup> *КФ ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкина*

<sup>4</sup> *Геофизический Центр РАН*

<sup>5</sup> *Институт космических исследований РАН*

Выполнен анализ особенностей проявления зимней аномалии в электронной концентрации в максимуме F2-слоя (NmF2) и в полном электронном содержании (ПЭС) на основе данных наблюдений и результатов модельных расчетов. В качестве экспериментальных данных использовались глобальные ионосферные карты ПЭС (GIM) за 1998-2015 гг., данные наблюдений NmF2 на наземных станциях вертикального зондирования, представленные в работе [Павлов, Павлова, 2012] и данные радиозатменных измерений NmF2 на спутниках COSMIC, CHAMP и GRACE за 2001-2015 гг. Моделирование было выполнено с использованием Глобальной Самосогласованной Модели Термосферы, Ионосферы и Протоносферы (ГСМ ТИП), а также международной справочной модели ионосферы IRI-2012. На основе данных наблюдений и результатов модельных расчетов построены карты интенсивности зимней аномалии в

ПЭС и в NmF2 для различных уровней солнечной и геомагнитной активности. Показано, что интенсивность зимней аномалии в NmF2 больше, чем в ПЭС как по данным наблюдений, так и по результатам модельных расчетов. В минимуме солнечной активности зимняя аномалия в ПЭС отсутствует в обоих полушариях. Показано сходство и различие в проявлениях зимней аномалии по результатам модельных расчетов и данным наблюдений.

## **1.9 Зимняя аномалия в NmF2 и в полном электронном содержании.**

### **2. Механизмы формирования долготной вариации зимней аномалии**

*Клименко М.В.<sup>1</sup>, Клименко В.В.<sup>1</sup>, Ясюкевич Ю.В.<sup>2</sup>,  
Ратовский К.Г.<sup>2</sup>, Полякова А.С.<sup>2</sup>, Чирик Н.В.<sup>3</sup>,  
Лукьянова Р.Ю.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *КФ ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкина, Калининград,  
Россия*

<sup>2</sup> *ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Россия*

<sup>3</sup> *БФУ им. Иммануила Канта, Калининград, Россия*

<sup>4</sup> *4Геофизический Центр РАН, Москва, Россия*

Особенности проявления зимней аномалии в электронной концентрации в максимуме F2 слоя (NmF2) и в полном электронном содержании (ПЭС) на основе данных наблюдений и результатов модельных расчетов с использованием Глобальной Самосогласованной Модели Термосферы, Ионосферы и Протоносферы (ГСМ ТИП)

выявили хорошее согласие. Это позволило провести детальное исследование механизмов формирования долготной вариации и межполушарных различий зимней аномалии. Показано, что наряду с основным механизмом формирования зимней аномалии на средних широтах (распределением нейтрального состава термосферы) важную роль в формировании ее долготных вариаций и межполушарных особенностей играет распределение вертикального переноса заряженной плазмы на высотах F области ионосферы вдоль силовых линий геомагнитного поля под действием термосферного ветра.

### **1.10 Идентификация полярных стратосферных облаков над Томском по данным лидарных наблюдений**

*Черемисин А.А.<sup>1,2</sup>, Маричев В.Н.<sup>3</sup>, Новиков П.В.<sup>2</sup>,  
Барашков Т.О.<sup>2</sup>, Бочковский Д.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Сибирский федеральный университет*

<sup>2</sup> *Красноярский институт железнодорожного транспорта*

<sup>3</sup> *Институт оптики атмосферы им. В.Е.Зуева СО РАН*

Полярные стратосферные облака, регулярно наблюдаемые в Северной Европе, на территории России наблюдаются достаточно редко. Кроме того, количество лидарных станций на территории России не слишком велико. Одна из таких станций, малая лидарная станция

высотного зондирования атмосферы действует в настоящее время в Томске в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН.

В январе 2010 и 26-28 января 2016 года над Томском в стратосфере были зарегистрированы пики аэрозольного рассеяния. Расчеты переноса воздушных масс показали, что обратные траектории, прошедшие над Томском на высотах наблюдения пиков рассеяния, имели участки с переохлаждением стратосферы до температур образования полярных стратосферных облаков. В различных случаях переохлаждение происходило как над самим Томском, так и над Скандинавией, над Северным Уралом и Новой Землей.

Расчеты движения воздушных масс были проведены с помощью разработанной нами методики и математического обеспечения, а также спутниковых данных UK Meteorological Office по скоростям ветра на разных высотах в атмосфере Северного полушария. Применение этой методики для анализа переноса вулканического аэрозоля и аэрозоля метеорного происхождения дало хорошие результаты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-05-00901а), гранта Президента РФ НШ4714.2014.5 и гранта РНФ 14-27-00022. Авторы благодарны Метеорологической службе Великобритании (UK Meteorological Office) за предоставленные данные.

## 1.11 Измерение вращательной температуры гидроксила на разных широтах

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

*Институт космofизических исследований и  
аэрoнoмии им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

В докладе представляется предварительный анализ вращательных температур полосы OH(3,1) на высоте 87 км измеренный спектрографами ANDOR, установленными на оптических станциях ПГО Тикси ( $\varphi = 71.5^{\circ}$  N,  $\lambda = 128.5^{\circ}$  E) и Маймага ( $\varphi = 63^{\circ}$  N,  $\lambda = 129.5^{\circ}$  E). Прибор представляет собой спектрограф SR303i производства ANDOR Technology со светодиодной линейкой iDus InGaAs DU490A-1.7. Рабочая область с квантовой эффективностью регистрирующей камеры  $> 85\%$  составляет 1000 – 1600 нм. Спектрограф SR303i регистрирует OH(3,1). Рабочее охлаждение  $-60^{\circ}\text{C}$ . Угол зрения  $\sim 3$  градуса. Разрешение спектрографа при ширине входной щели 0.2 мм равна 1 нм. Прибор регистрирует свечение ночного неба под зенитным углом 47 градусов. Экспозиция 1 минута. Метод оценки вращательной температуры молекулярных эмиссий основан на подгонке модельных спектров, построенных с учетом аппаратной функции прибора для различных заранее заданных температур, к реально измеренному спектру методом наименьших квадратов. Для анализа будут использованы данные наблюдений за сентябрь-декабрь 2015 г. Будут выбраны безлунные ясные ночи. Планируется сделать сравнение со спутниковыми данными. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Научно-образовательный фонд



поддержки молодых ученых Республики Саха (Якутия)»  
201604010210.

## **1.12 Инверсии и экскурсы геомагнитного поля, как причины изменения климата.**

*Кузнецов В.В., Кузнецова Н.Д.*

*ИКИР ДВО РАН*

Обсуждается возможная причина резких изменений климата, вызванных инверсиями и экскурсами геомагнитного поля (ГМП). Как известно, экскурсы сопровождаются значительными понижениями интенсивности ГМП, в результате чего усиливается проникающий поток космических лучей (КЛ). Сопоставление экскурсов Gothenburg, Laschamp и Blake с трендом уровня мирового океана показывает, что прохождение этих экскурсов сопровождалось потеплением, в это время уровень океана возрастал, а экскурсы Mono Lake и Norwegian-Greenland Sea сопровождалась похолоданиями и падением уровня мирового океана. Можно предположить, что характер изменения климата во время экскурса определяется оптическими свойствами атмосферы, а именно, ее прозрачностью в период, предшествующий экскурсу. Космические лучи (КЛ) действуют как ионизирующий агент на атомы атмосферы. Увеличение плотности потока КЛ, по нашим оценкам, может достигать нескольких порядков, что в случае запыленной атмосферы вызывает очищение атмосферы за счет коагуляции аэрозольных частиц

и их осаднения. Атмосфера становится прозрачной, пропускает солнечную радиацию, что приводит к потеплению климата. В качестве причины запыленности атмосферы здесь рассматриваются интенсивные взрывные извержения вулканов, выбрасывающих в атмосферу большие массы мелкодисперсного пепла. Если экскурс начинается в условиях прозрачной атмосферы, которая наблюдается в настоящее время, то возросший поток КЛ генерирует ядра конденсации с образованием аэрозолей, которые отражают солнечное излучение, и развивается похолодание. Наши оценки получили подтверждение результатами экспериментов в области Бразильской Мировой Аномалии, где общая интенсивность поля в два раза ниже, чем в соседствующих регионах.

### **1.13 Исследование вариаций параметров ионосферы при локальных метеорологических явлениях в Калининградской области**

*Борчевкина О.П.<sup>1</sup>, Карпов И.В.<sup>1,2</sup>, Дадашев Р.З.<sup>1</sup>,  
Ильминская А.В.<sup>1</sup>, Карпов А.И.<sup>1</sup>, Коренькова Н.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Балтийский федеральный университет имени  
Иммануила Канта*

<sup>2</sup> *КФ ИЗМИРАН*

Метеорологические процессы в тропосфере являются источником возбуждения акустико-гравитационных (АГВ) и внутренних гравитационных волн (ВГВ) в широком

спектральном диапазоне. Калининградском регионе метеорологические возмущения достаточно регулярны. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что АГВ, возбуждаемые в нижней атмосфере, могут распространяться до высот верхней атмосферы и вызывать ионосферные возмущения. В работе ставится задача выявить морфологические признаки ионосферных возмущений, инициированных метеорологическими процессами в нижней атмосфере. Для анализа атмосферных и ионосферных возмущений отбирались наблюдения в периоды наиболее сильных метеорологических штормов на территории Калининградской области. Исследование вариаций параметров атмосферы проводилось с методом двуканального дистанционного лидарного зондирования. В качестве ионосферных параметров использовались данные по вертикальному зондированию и вариациям полного электронного содержания ТЕС (Total Electron Content). Для достоверного выявления морфологического признака, отбирались метеорологические штормы, которые не сопровождались геомагнитными возмущениями. Результаты анализа ионосферных наблюдений показали, что в периоды метеорологических возмущений на фоне низкого атмосферного давления проявляется снижение амплитуды суточных вариаций ТЕС по отношению к метеоспокойным дням. В вариациях критической частоты максимума F-области ионосферы также отмечается снижение амплитуды суточных вариаций, а также появление периодов с проявлениями F - рассеяния. Анализ вариаций параметров атмосферы и ионосферы показал, что в периоды метеорологических возмущений отмечается повышение амплитуд вариаций с периодами акустических и внутренних гравитационных волн.

## 1.14 Исследование вариаций электрического поля в приземной атмосфере с учётом её температурной стратификации

*Петрова Г.Г.<sup>1</sup>, Панчишжина И.Н.<sup>1</sup>, Петров А.И.<sup>1</sup>,  
Чхетиани О.Г.<sup>2</sup>, Моисеев П.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Южный федеральный университет

<sup>2</sup> Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН

В работе анализируются результаты атмосферно-электрических измерений лаборатории геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета (ЮФУ) в августе 2014 года в период совместной экспедиции с Институтом физики атмосферы им. А.М.Обухова Российской академии наук (ИФА РАН) на Цимлянской научной станции ИФА. Исследования показывают, что вблизи земной поверхности образуются слои объёмного заряда разных знаков, что обнаруживается по профилям градиента потенциала. Значения градиента потенциала на уровне земли регистрируются флюксометром. Средние для слоёв значения градиента потенциала рассчитываются по потенциалам, измеренным с помощью радиоактивных коллекторов. Обсуждаются возможные механизмы формирования наблюдаемой в различных условиях электрической структуры приземного слоя с учётом данных о температурной стратификации атмосферы, полученных с помощью температурного профилемера МТП-5, а также результатов измерений метеорологических характеристик, концентрации

аэрозолей, объёмной активности радона-222 в почвенном газе и атмосферном воздухе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 16-05-00930 А.

### **1.15 Исследование изменчивости содержания фонового аэрозоля в стратосфере над Томском по данным лидарных наблюдений**

*Маричев В.Н., Бочковский Д.А.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО  
РАН, Томск*

В статье анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за 2015г. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 84 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи. Интервал зондируемых высот простирался 15 до 50-60км, пространственное разрешение составляло 192м., время накопления суммарного сигнала - 2час. По результатам наблюдений в ноябре и особенно в декабре зарегистрировано высокое содержание аэрозоля в нижней стратосфере по сравнению с другими предшествующими годами.

## 1.16 Крупномасштабные и мелкомасштабные неоднородности, генерируемые во время главной фазы магнитной бури 22 июня 2015 г.

*Ясюкевич Ю.В., Васильев Р.В., Веснин А.М.,  
Глоба М.В., Ратовский К.Г.*

*Институт солнечно-земной физики СО РАН*

Проведено исследование крупномасштабных и мелкомасштабных ионосферных неоднородностей во время магнитной бури 22 июня 2015 г. Исследование крупномасштабной структуры основано на использовании данных мировой сети станций GPS/ГЛОНАСС. Исследование мелкомасштабных неоднородностей основано на основе данных экспериментального комплекса ИСЗФ СО РАН. Экспериментальные данные включали данные по F-рассеянию (ионозонд DPS-4), мерцания радиосточника "Лебедь-А" (радар некогерентного рассеяния, РНР), мерцания амплитуды и флуктуации фазы навигационного сигнала в диапазоне  $\sim 1200$  МГц/1600 МГц (приемник GPS/ГЛОНАСС). В анализируемый период регистрировалось появление сильного F-рассеяния, а также мерцания сигнала "Лебедь-А" проходящего через диаграмму направленности РНР. Мерцания амплитуды навигационного сигнала в диапазонах частот GPS/ГЛОНАСС 1200-1600 МГц в это время не превышало фоновое значения. При этом наблюдалось кратковременное увеличение мерцаний фазы сигнала над фоновым уровнем. Выявлена хорошая корреляция появления мелкомасштабных неоднородностей на

средних широтах и приходом крупномасштабного возмущения, генерирующегося в высоких широтах.

### **1.17 Лидарные исследования рассеяния верхней атмосферы на возбужденных ионах атомарного кислорода**

*Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н.,  
Шевцов Б.М.*

*Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

Представлены результаты лидарного исследования рассеяния верхней атмосферы. Наблюдения проводились на длине волны 561.1 нм, что соответствует переходу между возбужденными состояниями  $2s^22p^2(^3P)4p \rightarrow 2s^22p^2(^1S)3s$  иона атомарного кислорода. Обсуждается возможность использования лидарного метода в исследованиях ионосферы. Физической основой этого метода может быть резонансное рассеяние на ионах верхней атмосферы.

## 1.18 Методы выделения электромагнитных сигналов литосферного происхождения

*Уваров В.Н.*

*ИКИР ДВО РАН*

Проведен сравнительный анализ условий распространения сигналов атмосферно-грозового и литосферного происхождения. Показано, что использование дифференциального приема (использование квадрупольной антенны) позволяет проводить уверенный прием сигналов литосферного происхождения несмотря на мощные грозовые сигналы. Рассмотрен алгоритм выделения сигналов литосферного происхождения на основе метода наименьших квадратов, модифицированного для вычисления весовых коэффициентов спектральных компонент фурье. Приведены примеры результатов обработки. Сделаны выводы о целесообразности использования этих методов при анализе акусто-электромагнитной геоэмиссии.



## 1.19 Моделирование потенциальных возможностей измерений температуры в средней атмосфере лидаром из космоса

*Маричев В.Н., Бочковский Д.А.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО  
РАН, Томск*

Проведена оценка возможностей измерений температуры методом упругого молекулярного рассеяния света лидаром космического базирования. Выполнен расчет погрешностей лидарных измерений температуры в средней атмосфере в УФ-диапазоне длин волн. В качестве передатчика лидара был взят твердотельный Nd: YAG — лазер с излучением на 3 и 4 гармониках с длинами волн 353 и 266нм. Показана перспективность зондирования лазером на длине волны 353нм., при котором охватывается измерениями интервал высот 10-70км над затемненной поверхностью земного шара. Измерения лазером с длиной волны 266нм в средней атмосфере практически не возможны из-за поглощения излучения озоном.

## 1.20 Моделирование характеристик светорассеяния капельных полидисперсных облаков

*Криворотов К.А., Ни Е.В., Брюханова В.В.*

*Национальный исследовательский Томский  
государственный университет*

Облачные поля оказывают существенное влияние на радиационный баланс Земли. Поэтому для прогнозирования климата и погоды требуется знание характеристик облаков, в том числе их микроструктуры (фазового состава, формы и размеров частиц). В развитых странах мира большое внимание уделяется развитию методов лазерного зондирования окружающей среды. Преимущество методов лазерного зондирования заключается в возможности неразрушающего контроля практически в режиме реального времени с высоким пространственным разрешением.

Интерпретация лидарных данных чаще всего осуществляется на основе уравнения лазерного зондирования, связывающего регистрируемую мощность отражённого излучения с параметрами приёмо-передающей системы лидара и характеристиками среды. Однако это уравнение ограничено зондированием образований малой оптической плотности (например, таких как слабые дымки). При зондировании облаков, туманов и плотных дымок в лидарный сигнал вносят вклад фотоны, претерпевшие не только однократное, но и многократное рассеяние. Один из способов описания такого лидарного сигнала основан на использовании приближения двукратного рассеяния. Уровень двукратного рассеяния в лидарном сигнале (по сравнению с однократным) от однородных капельных

облаков нижнего яруса в большей степени определяется оптическими характеристиками. Численное моделирование лидарного сигнала на основе уравнения лазерного зондирования в приближении двукратного рассеяния сопряжено с интегрированием функции, характеризующейся быстрым убыванием в области малых углов и наличием локальных экстремумов. Сложная угловая зависимость характеристик светорассеяния полидисперсных аэрозольных образований объясняет отсутствие ее аналитического описания. Поэтому при численном моделировании лидарного сигнала от оптически плотных сред, как правило, нужные значения вычисляются путем решения системы уравнений, либо путём интерполяции заранее рассчитанной угловой зависимости интенсивности рассеянного излучения.

В докладе обсуждается анализ применимости алгоритмов интерполяции характеристик светорассеяния капельных полидисперсных облаков, характерных для Камчатского региона.

## **1.21 Наблюдение эффектов солнечного терминатора в ПЭС в период действия тайфунов.**

*Едемский И.К., Полякова А.С., Ясюкевич Ю.В.*

*ИСЗФ СО РАН*

Известно, что прохождение солнечного терминатора вызывает генерацию ионосферных возмущений различного масштаба, в том числе волновых пакетов в полном

электронном содержании (ПЭС) с периодом порядка 20 мин. В работе проводится анализ динамики ПЭС над Японией и показывается, что интенсивность генерируемых терминатором вариаций ПЭС с периодами 2-20 мин увеличивается в периоды прохождения тайфунов.

## **1.22 Напряженность атмосферного электрического поля в зависимости от географической широты местности.**

*Каримов Р.Р., Козлов В.И.*

*ИКФИА СО РАН*

В данной работе представлены результаты измерения напряженности атмосферного электрического поля во время экспедиционных наблюдений на теплоходе "Механик Кулибин" по маршруту Якутск-Тикси-Якутск. Экспедиция проходила в сентябре 2010 года. Измерения напряженности электрического поля проводились непрерывно на широтах с 62N по 72N. Для измерения электрического поля использовался электростатический флюксметр с диапазоном измерения  $\pm 50$ кВ/м. Так же осуществлялась синхронная запись координат и высоты над уровнем моря с помощью GPS-приемника Trimble. Аналоговый сигнал с флюксметра оцифровывался АЦП E-154 L-Card и записывался на ноутбук. В работе используются данные электрического поля с разрешением 1 секунда и данные GPS-приемника с разрешением 5 минут. Антенна GPS-приемника и флюксметр были установлены на верхней палубе по правому борту. По

результатам измерений установлено, что напряженность поля убывает с увеличением широты. Это можно объяснить тем, что величина напряженности поля в условиях хорошей погоды определяется состоянием ионосферы, которое претерпевает некоторые изменения в зависимости от широты (т.н. широтный ход).

### **1.23 Определение параметра рассеяния на ионосферном экране при распространении радиосигнала в канале Земля–Ионосфера в коротковолновом диапазоне радиоволн.**

*Белов С.Ю.<sup>1</sup>, Белова И.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.*

<sup>2</sup> *Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия.*

В работе предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум  $Betta\_k$  ионосферного сигнала. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения параметра  $Betta\_k$  новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный и одного порядка с известной когерентной методикой.

Параметр  $Betta\_k$  возвращённого, частично рассеянного ионосферного сигнала представляет интерес как важная характеристика "возмущённости", "мутности" статистически неоднородной ионосферной плазмы, показатель

надёжности работы ионосферных каналов связи, а также диагностических каналов. Оперативная и надёжная оценка параметра  $Betta\_k$  имеет общезначимый интерес (радиофизика, геофизика, оптика и т. д.); конкретизация осуществлена для ионосферного случая. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли на предмет предвестников землетрясений, поскольку параметр рассеяния формируется также и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур.

Исследован вопрос об оптимизации методик измерения параметра  $Betta\_k$  с точки зрения допускаемых аналитических (относительных) погрешностей. Индекс  $K=E, R2, R4$  - означает регистрируемый первичный параметр: квадратуру  $E$  или огибающую  $R$  и соответствующий метод ( $E$  - когерентный;  $R2, R4$  - некогерентные).

В работе представлены графики поведения аналитических (относительных) погрешностей для указанных методик (без учёта статистических ошибок) в диапазоне экспериментально наблюдаемых значений  $Betta\_k$ . Показано, что  $Eps * E$  и  $Eps * R4$  одного порядка ( $Eps * R4 = 3/2 Eps * E$ ) и существенно превосходят по точности измерения  $Betta\_k$  по стандартной  $R2$ -методике  $Eps * R2$ .

В итоге, установлено, что достаточная аналитическая точность измерения  $Betta\_k$  может быть достигнута и при использовании некогерентной аппаратуры с помощью новой методики  $R4$ .

## 1.24 Особенности влияния солнечной активности на температуру высокоширотной мезопаузы над Якутией в 23 цикле.

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

*Институт Космофизических Исследований и  
Аэронамики им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

Представлен анализ изменения температуры области мезопаузы на основе измерения вращательной температуры  $\text{OH}(6,2)$  в зависимости от солнечной активности. Наблюдения проводились на станции Маймага ( $63.04^{\circ}$  N,  $129.51^{\circ}$  E) на период с августа 1999 года по март 2013 года. Измерения ведутся инфракрасным цифровым спектрографом. Температура определялась по распределению интенсивности излучения в разных ветвях молекулярной полосы гидроксила. Среднемесячные остатки температуры после вычитания сезонной климатической составляющей были использованы для поиска солнечной составляющей в температурном отклике. Зависимость температуры от солнечной активности была исследована с помощью потока Оттавы на длине волны 10.7 см. Линейная регрессия остаточных температур дает отклик на солнечную активность равный  $4.2 \pm 2.5$  K/100 солнечных потоков единиц (SFU). Кросскорреляционный анализ показал, что изменения остаточной температуры отстают за изменениями солнечной активности с задержкой в 25 месяцев. Отклик температуры на влияние 11-летнего солнечного цикла при задержке в 25 месяцев достигает 7K/100 SFU. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Научно-образовательный фонд

поддержки молодых ученых Республики Саха (Якутия)»  
201604010210.

## **1.25 Особенности связи опасных метеорологических явлений (ОМЯ) и циклов солнечной активности на Северном Кавказе**

*Хоргуани Ф.А., Агзагова М.Б.*

*Высокогорный геофизический институт*

В данной работе рассматривается взаимосвязь между опасными геофизическими процессами и солнечной активностью. Проведен анализ циклической динамики и корреляционной связи среднегодового, сезонного, временного распределения опасных метеорологических явлений с вариациями солнечной активности за аналогичные периоды времени. Результаты исследования показали следующее: временной ход солнечной активности  $W$  в среднемесячном распределении достаточно синхронен с распределением ОМЯ и коэффициент корреляции между  $N$  и  $W$  в среднем равен 0,77; коэффициент корреляции среднегодового распределения ОМЯ и солнечной активности достаточно высок и равен 0,82; годы с максимумом ОМЯ характеризуются максимальным проявлением солнечной активности, а годам спада солнечной активности соответствует спад интенсивности ОМЯ.



## 1.26 Оценка изменения эффективной высоты волновода Земля-ионосфера по вариациям фазы ОНЧ-НЧ радиосигналов в период солнечного затмения

*Корсаков А.А.<sup>1</sup>, Козлов В.И.<sup>1,2</sup>, Каримов Р.Р.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космofизических исследований и  
аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

<sup>2</sup> *Северо-Восточный Федеральный университет им.  
М.К. Аммосова*

При регистрации в Якутске получены устойчивые суточные вариации фазы ОНЧ-НЧ сигналов удалённых радиостанций. В период солнечного затмения 20 - 21 мая 2012 года в периоды затенения Луной трасс распространения зафиксированы вариации фазы сигналов. В сигнале станции JJY40 (40 кГц, 37.4N, 140.84 E) изменение фазы составило 0,77 рад. В сигнале станции NPM (21,4 кГц, 21.4N, 158.1E) изменение фазы составило 0,54 рад. На основе значений бесселевых элементов затмения 20 - 21 мая 2012 получены распределения отношения площадей открытой части Солнца к полной вдоль радиотрасс JJY40-Якутск (2850 км) и NPM-Якутск (6995 км), по элементам трассы 200 км и временным разрешением 3 минуты. Методом наименьших квадратов, по данным о вариациях фазы во время затмения определен нормировочный коэффициент, связывающий изменение эффективной высоты волновода Земля-ионосфера (уровень постоянной концентрации электронов ионосферы вдоль трассы распространения) и логарифм отношения потока солнечного излучения во время затмения к полному потоку излучения в дневное время. Нормировочные

коэффициенты равны 3,27 и 2,27 км для радиотрасс JJY40-Якутск и NPM-Якутск соответственно. Максимальное изменение высоты волновода Земля-ионосфера в период максимального затенения трассы JJY40-Якутск (22:47 UT) составило 4,63 км (39N 140E,  $\Phi=0,88$ ). На трассе NPM-Якутск (23:52 UT) максимальное изменение составило 4,25 км (49N 177E,  $\Phi=0,96$ ). Работа поддержана РФФИ, проекты 15-45-05005 р-восток-а, 15-45-05135 р-восток-а и частично РНФ (проект 14-19-01079).

## 1.27 Применение метода подталкивания упругой нити в задачах радиосвязи и сейсмологии

*Носиков И.А.<sup>1</sup>, Бессараб П.Ф.<sup>2</sup>, Клименко М.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, г. Калининград, Россия*

<sup>2</sup> *Королевский технологический институт, г. Стокгольм, Швеция*

<sup>3</sup> *Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Калининград, Россия*

Представлено применение нового подхода к решению задач о распространении радиоволн и волн сейсмического происхождения с фиксированными точками излучения и приема. Решение задач рассматривается в приближении геометрической оптики. В основе предлагаемого метода лежит принцип Ферма для функционала оптической длины пути луча. Искомое решение находится путем прямой минимизации функционала. Данная методика

протестирована на различных двумерных модельных изотропных средах, в том числе с учетом неоднородностей. Проведенное сравнение полученных результатов с известными аналитическими решениями и численными решениями по методу пристрелки показали хорошее согласие. Продемонстрирована возможность получения нескольких решений. Проведены анализ и оценка возможности поиска верхних, нижних ионосферных лучей с точки зрения теории вариационного исчисления. Обозначены основные трудности их определения и пути возможного решения.

## **1.28 Проблема интерпретации данных лазерного поляризационного зондирования облаков верхнего яруса на основе теоретически рассчитанных матриц обратного рассеяния света монодисперсными кристаллами льда**

*Самохвалов И.В., Брюханов И.Д.*

*Национальный исследовательский Томский  
государственный университет*

Корректный учёт влияния облаков верхнего яруса на результаты расчёта радиационного баланса Земли остаётся важной нерешённой проблемой. Дело в том, что пропускание проходящего Солнечного излучения и уходящего теплового излучения Земли такими облаками определяется свойствами их микроструктуры, в том числе, про-

пространственной ориентацией несферических ледяных частиц. Измерить ориентацию частиц традиционными контактными приборами в облаках невозможно, поскольку при заборе проб эта информация о микроструктуре ансамбля кристаллических частиц льда попросту теряется. Полная информация о микроструктуре облака содержится в его матрице обратного рассеяния света (МОРС), связывающей вектор-параметр Стокса зондирующего излучения и рассеянного облачными частицами назад. Методика экспериментальных измерений МОРС реализована на высотном поляризационном лидаре Национального исследовательского Томского государственного университета. В отличие от существующих аналогов, этот лидар позволяет определить все 16 элементов МОРС. За последние два десятилетия нами накоплен массив МОРС облаков верхнего яруса (ОВЯ), содержащий более 500 матриц. Однако, проблема интерпретации экспериментальных данных, связанная с оценкой параметров ориентации кристаллических частиц, до сих пор не решена. Главная причина - отсутствие строгой теории рассеяния электромагнитных волн на совокупности пространственно ориентированных частиц льда. Наш подход к решению обратной задачи - определению параметров микроструктуры облаков - заключается в сопоставлении экспериментально полученных МОРС с рассчитанными теоретически. В настоящем докладе обсуждаются результаты оценки микроструктуры ОВЯ на основе сопоставления экспериментальных МОРС, с теоретически рассчитанными МОРС для полидисперсных ансамблей ледяных частиц. При этом, полидисперсная МОРС рассчитывалась, как аддитивная сумма (с весовыми коэффициентами) МОРС для монодисперсных ансамблей ледяных кристаллов с учётом реальных параметров функций распределения ча-

стиц в облаках по форме, размерам и параметрам пространственной ориентации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант 16-05-00710) и Минобрнауки РФ в рамках Программы "Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета" (проект 8.1.12.2015).

## **1.29 Программно-вычислительная система для обработки лидарных данных на МСВЗА ИОА СО РАН**

*Маричев В.Н., Бочковский Д.А.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО  
РАН, Томск*

Программный комплекс предназначен для обработки лидарных сигналов на малой станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН(МСВЗА), позволяющий восстанавливать вертикальные профильные характеристики аэрозоля, температуры, плотности в средней атмосфере. Результатом работы комплекса являются таблицы, в которых представлены результаты расчетов профилей по высоте в численном виде и графическое представление расчетов в виде графиков. Обработанные данные хранятся в формате HDF5.

## 1.30 Распознавание свистящих атмосфериков в ОНЧ-спектрограммах

*Малыш Е.А.<sup>1</sup>, Водинчар Г.М.<sup>2,1</sup>, Чернева Н.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

<sup>2</sup> *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

В докладе описывается система распознавания графических образов свистящих атмосфериков (вистлеров) в спектрограммах ОНЧ-радиосигналов. Система работает с спектрограммами 15-минутных отрезков ОНЧ-сигнала. Процесс распознавания состоит из трех этапов:

1. медианная фильтрация спектрограммы с целью подавления атмосфериков и узкополосных шумов;
2. нелинейное преобразование плоскости "время-частота" с целью выпрямления образов вистлеров;
3. распознавание вистлеров в преобразованной спектрограмме нейронной сетью.

Рассматриваются примеры работы системы, обсуждается ее быстродействие и надежность.

## 1.31 Результаты измерений характеристик ионизации приземного слоя и содержания радоны-222 в почве и атмосфере на берегу озера Байкал

*Панчишкина И.Н.<sup>1</sup>, Петрова Г.Г.<sup>1</sup>, Бураева Е.А.<sup>1</sup>,  
Петров А.И.<sup>1</sup>, Егоров Е.В.<sup>2</sup>, Петров Н.А.<sup>3</sup>,  
Маслов С.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Южный федеральный университет

<sup>2</sup> ООО КБ «Метроспецтехника»

<sup>3</sup> Информационный центр, ГУ МВД России по  
Ростовской области

Полученные ранее по результатам экспедиционных измерений 1987 - 1991 гг. в Прибайкалье (пос. Большие Коты) средние за период наблюдений в летние месяцы профили полярных удельных электропроводностей воздуха в слое 0 - 5 метров не обнаруживают заметного увеличения значений электропроводности по мере приближения к земной поверхности. Это обстоятельство свидетельствует о слабом эманировании почвы, обусловленном либо низким содержанием эманаций в почве, либо плохими условиями выхода их в атмосферу. Экспедиционный измерительный комплекс того времени не включал в себя приборов для получения данных о характеристиках радиоактивности почв и атмосферы, поэтому дать оценку источников ионизации в пункте наблюдений не было возможности. В июне 2015 года в пос. Большие Коты на измерительной площадке предыдущих экспедиций проведена серия параллельных измерений полярных концентраций легких ионов (счетчик ионов "Сапфир-3К") и содержания

радона-222 в атмосфере (радон-монитор "AlphaGUARD PQ2000 PRO"). Взяты пробы почв на содержание радионуклидов.

С помощью радон-монитора измерена объемная активность радона-222 в почвенном газе. Оказалось, что содержание радона-222 в почве на глубине 10 см составляет десятки тысяч Беккерелей на кубический метр, в то время как в воздухе его концентрация невелика. Измерительная площадка располагается на расстоянии 150 метров от береговой линии Байкала. По-видимому, близость грунтовых вод и состояние верхнего слоя почвы определяют слабое поступление радона-222 в атмосферу при высоком содержании его в грунте. В работе выполнен совместный анализ экспедиционных данных разных периодов. Новые данные позволяют более качественно интерпретировать опубликованный ранее экспериментальный материал.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант 16-05-00930 А.

## **1.32 Результаты лидарных исследований термического режима стратосферы над Томском**

*Маричев В.Н., Бочковский Д.А.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО  
РАН, Томск*

Одним из важных применений лидарных технологий является исследование термического режима атмосферы. Такие исследования в мониторинговом режиме в



институте оптики атмосферы СО РАН были начаты с 1994 года и продолжаются в настоящее время. Особое внимание уделяется изучению проявления внезапных возмущений в средней стратосфере, вызываемых зимними стратосферными потеплениями (СП). С полученными по данной тематике результатами можно ознакомиться в работах [1-6]. В настоящей статье представлены исследования вертикального распределения температуры над Томском в возмущенный и спокойный периоды 2015г

### **1.33 Роль стратосферных гравитационных волн в формировании неоднородностей верхней атмосферы**

*Васильев П.А.<sup>1</sup>, Карпов И.В.<sup>1,2</sup>, Кшевевцкий С.П.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Балтийский федеральный университет имени  
Иммануила Канта*

<sup>2</sup> *КФ ИЗМИРАН*

В работе представлены результаты моделирования влияния стратосферных внутренних гравитационных волн (ВГВ) на состояние верхней атмосферы. В качестве динамического процесса, способного генерировать ВГВ, рассматривался период внезапного стратосферного потепления (ВСП). Численный эксперимент был выполнен с применением двумерной модели генерации и распространения атмосферных волн, учитывающей диссипативные и нелинейные процессы, сопровождающие распространение волн. Источник возмущений температуры и плотности, порождающий волновую активность,

был построен в соответствии с наблюдательными данными в периоды ВСП и теорией ВГВ. Проведённые расчёты показали, что ВГВ, возбуждаемые в стратосфере в течение ВСП, могут распространяться в верхнюю атмосферу и породить возмущения температуры в области высот от 100 до 200 км, которые, в свою очередь, могут оказывать влияние на динамику заряженной компоненты в ионосфере и вносить дополнительный вклад в наблюдаемые ионосферные эффекты ВСП.

### **1.34 Сезонные изменения спектра фонового гамма-излучения в приземном слое воздуха**

*Балабин Ю.В., Германенко А.В.*

*Полярный Геофизический институт, Апатиты,  
Россия*

Более двух лет ведется мониторинг дифференциального спектра фонового гамма-излучения, приходящего из атмосферы. Это излучение производится в атмосфере вторичными космическими лучами, спектр его близок к спектру тормозного излучения, зависимость от энергии описывается степенным законом. Измерения ведутся с помощью сцинтилляционного детектора (NaI(Tl),  $\varnothing 150 \times 110$ ) в диапазоне 0.1 – 5 МэВ. Измерения показали, что наблюдаемые сезонные вариации гамма-фона (до 25% в течение года) сопровождаются изменениями формы спектра. Однако, эти изменения происходят в диапазоне энергий не выше 500 – 600 кэВ, при этом дополнительный поток также имеет спектр степенной

формы. Проведенные дополнительные эксперименты показали, что основная причина этих изменений – наличие воды в окружающем пространстве. Отметим, что наблюдающиеся в течение года возрастания гамма-фона при осадках сопровождаются изменениями спектра с верхней границей  $\sim 2.5$  МэВ и при этом экспоненциальной зависимостью от энергии. Таким образом, хотя два явления (сезонная вариация и возрастания при осадках) примерно связаны с одной причиной (вода, осадки), механизм генерации излучения у них различный. Предложена гипотеза, объясняющая данный эффект.

### 1.35 Сравнение результатов методики TauAbsTEC с данными Глобальных Ионосферных Карт

*Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В.*

*Институт Солнечно-Земной Физики Сибирского  
Отделения Российской Академии Наук*

Разработан алгоритм TauAbsTEC для оценки абсолютного вертикального полного электронного содержания (ПЭС), градиентов ПЭС и дифференциальных кодовых задержек, основанный на модели ПЭС, которая является разложением вертикального ПЭС в ряд Тейлора по пространству и времени. Нами проведена оценка разности между данными вертикального ПЭС полученными с помощью алгоритма TauAbsTEC и данными вертикального ПЭС Глобальных Ионосферных Карт (GIM) публикуемыми лабораториями CODE и JPL. Получено, что разность между результатами TauAbsTEC

и данными JPL в среднем больше чем разность между TauAbsTEC и CODE. Показано, что в год во время максимума солнечной активности (2014 год) разность с JPL увеличилась в два раза по сравнению с разностью в год минимума солнечной активности (2009 год). Разность с данными CODE в год максимума солнечной активности в среднем почти не изменилась по сравнению с годом минимума солнечной активности.

### 1.36 Сравнительный анализ измерения электронной концентрации во внешней ионосфере

*Ратовский К.Г.<sup>1</sup>, Щербаков А.А.<sup>1</sup>, Алсаткин С.С.<sup>1</sup>,  
Дмитриев А.В.<sup>2,3</sup>, Суворова А.В.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН*

<sup>2</sup> *МГУ имени М.В. Ломоносова,*

*Научно-исследовательский институт ядерной физики  
имени Д.В. Скобельцына*

<sup>3</sup> *National Central University, Taiwan*

Сравнительный анализ измерения электронной концентрации во внешней ионосфере необходим для калибровок различных ионосферных моделей. Недавние сравнения Международной справочной модели ионосферы IRI с данными спутников CHAMP и GRACE во время солнечного минимума 2008-2009 гг. выявили существенные расхождения в электронной концентрации на высотах 300-500 км. В работе мы проводим сравнение электронной концентрации, полученной на Иркутском радаре некогерентного рассеяния ( $52.9^0$  с.ш.,  $103.3^0$  в.д.) и спутниках COSMIC/FORMOSAT-3 во время пролетов вблизи

места расположения радара. Для сравнения с моделью IRI были использованы продолжительные непрерывные измерения на Иркутском радаре некогерентного рассеяния. Эти измерения позволили получить среднемесячные картины высотно-суточных вариаций электронной концентрации, которые сопоставлялись с моделью IRI. Проведенный сравнительный анализ позволил выявить систематические различия между двумя инструментами (радар и спутник COSMIC/FORMOSAT-3), а также между двумя инструментами и моделью IRI для четырех сезонов и двух уровней солнечной активности (низкая и умеренная).

### **1.37 Сравнительный анализ лидарных, радиозондовых и спутниковых измерений температуры в нижней стратосфере региона Западной Сибири**

*Маричев В.Н., Бочковский Д.А.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО  
РАН, Томск*

Проведено сравнение вертикального распределения температуры в нижней стратосфере по данным лидарных, радиозондовых и спутниковых измерений. В лидарных измерениях использовались рамановский и релеевский каналы приема рассеянного света на длинах волн 607нм и 532нм. Получено хорошее качественное и количественное совпадение вертикальных профилей температуры. Показана перспективность использования

комбинированного метода для измерения температуры в стратосфере.

### **1.38 Ударная волна в ионосфере в момент землетрясения**

*Кузнецов В.В.*

*ИКИР ДВО РАН*

Предлагается принципиально новая модель возникновения ударной волны (УВ) в атмосфере и ионосфере. Модель базируется на идее кооперативной ударной кристаллизации воды в облаке. Фазовый переход кристаллизации реализуется при образовании в комплексах переохлажденной воды водородных связей (ВС), протоны которых оказываются многочастично квантово сцепленными (МКС) как между собой, так и с протонами ВС среды очага землетрясения. При этом фронт кристаллизации направлен вниз и является фронтом волны разрежения, а в обратном направлении - формируется ударная акустическая волна (УАВ). УАВ достигает ионосферы и вызывает в ней изменения полного электронного содержания (ПЭС). Сигналы изменения ПЭС фиксируются на Земле с помощью датчиков GPS. Связь между очагом землетрясения предшествующего возникновению УАВ и атмосферой носит квантовый характер, и основана на МКС между протонами ВС горной породы очага землетрясения и протонами ВС водных комплексов атмосферного облака. Такой подход позволяет рассматривать УАВ как афтершок основного

землетрясения. Эта идея находит объяснение несовпадению эпицентра УАВ с эпицентром землетрясения.

### **1.39 Частотный и временной анализ эффекта восхода Солнца в электрическом поле приземного слоя атмосферы**

*Смирнов С.Э.*

*Институт космofизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

В условиях хорошей погоды наблюдается характерный суточный ход напряженности атмосферного электрического поля с максимумом в утреннее время. Получены статистические оценки параметров эффекта: времени начала, времени максимума и его интенсивности и длительности. Экспериментально показано, что максимум суточного хода напряженности атмосферного электрического поля связан с высотным распределением температуры воздуха.

Исследованы спектры мощности временных вариаций напряженности электрического поля в приземной атмосфере и горизонтальной компоненты геомагнитного поля. Показано, что в течение суток в спектрах мощности этих параметров присутствуют колебания с периодами  $T \sim 2,0 - 2,5$  ч. На восходе Солнца в спектрах мощности напряженности электрического поля интенсивность этих колебаний заметно возрастает, и одновременно усиливаются колебания в полосе периодов  $T < 1$  ч. Вариации аргумента взаимных спектров этих параметров показали,

что колебания в полосе периодов 2,0–2,5 ч вызваны удаленными источниками выше динамо-области ионосферы, а колебания в полосе периодов 0,5–1 ч – источниками в нижней атмосфере. Предложен возможный механизм генерации этих колебаний, связанный с вихревым движением конвективных ячеек, зарождающихся на восходе Солнца в обменном слое атмосферы.

## 1.40 Электромагнитное поле, сопровожающее генерацию морского аэрозоля

*Богатов Н.А.*

*Институт прикладной физики РАН*

Известно, что капли, образующиеся на взволнованной морской поверхности, могут нести электрический заряд. Одним из наиболее эффективных механизмов генерации заряженных капель является так называемый "пузырьковый" механизм, когда на дне схлопывающейся каверны, оставленной в воде лопнувшим на поверхности моря пузырьком, формируется струя воды, направленная вертикально вверх, которая распадается затем на несколько (может быть, одну) капель. Наибольший электрический заряд несет верхняя струйная капля. Статическое электрическое поле, создаваемое струйными каплями пены, неоднократно регистрировалось в натуральных экспериментах. Интенсивность потока морского аэрозоля и создаваемое им электрическое поле растут с ростом интенсивности пено-образования в обрушающихся волнах. Величи-



на статического электрического поля, создаваемого заряженными каплями пены, может в несколько раз превышать атмосферное поле хорошей погоды. Процесс генерации струйных капель носит импульсный характер и в спектре создаваемого капель электрического поля должны присутствовать не только постоянная, но и переменные составляющие. Переменное электрическое поле, особенно волновое, может быть более доступным для дистанционной регистрации, чем постоянное поле. Целью настоящей работы является расчет спектра и интенсивности переменного электрического поля - квазистационарного, индукционного и волнового, - сопровождающего генерацию заряженных капель на пенистой поверхности моря

### **1.41 Эффекты солнечных вспышек в вариациях грозовой активности на территории Северной Азии (летние сезоны 2009-2014 гг.)**

*Тарабукина Л.Д.<sup>1,2</sup>, Козлов В.И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

<sup>2</sup> *Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова*

Проведено сравнение временных рядов суммарного количества грозовых разрядов, зарегистрированных радиотехническим методом в пределах территории 60-180 в.д. и 40-80 с.ш., в течение 6 дней до и после солнечных рентгеновских вспышек X и M класса. Данные грозовой активности получены с помощью всемирной сети локаций

молний World wide lightning location network (WWLLN), которая регистрирует молнии с токами более 30 кА с эффективностью более 15% и одна станция которой установлена в г. Якутске. Данные по дневному количеству солнечных вспышек взяты из ресурсов открытого доступа службы "Space weather prediction center", NOAA (<http://www.swpc.noaa.gov>). За летние периоды (1 июня - 31 августа) 2009-2014 гг., когда грозовая деятельность активна по всей рассматриваемой территории, из произошедших 5 солнечных вспышек X класса и 66 вспышек M класса были выбраны 4 и 17 солнечных вспышек соответственно, которые бы не происходили последовательно в течение 3 дней. Методом наложения эпох, где точкой отсчета была принята дата вспышки, получен усредненный отклик в виде повышения суммарного по территории и нормированного на стандартное отклонение за сезон количества грозовых разрядов (в 1,7 раза по сравнению с днем отсчета) на 3-4 день после вспышки X класса. Для вспышек M класса в пределах статистической значимости выделить отклик не удалось.

## 1.42 Модуляция параметров ионосферы глобальными Pc5 пульсациями, наблюдаемыми одновременно с помощью GPS-приемников и радара EISCAT

*Пилипенко В.А.<sup>1</sup>, Белазовский В.Б.<sup>2</sup>, Мурр Д.<sup>3</sup>, Федоров Е.Н.<sup>1</sup>, Козловский А.Е.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физики Земли РАН*

<sup>2</sup> *Полярный геофизический институт*

<sup>3</sup> *Колледж Аугсбург, Миннеаполис*

<sup>4</sup> *Геофизическая обсерватория Соданкюля, г. Соданкюля*

Наши более ранние исследования показали, что полное электронное содержание ионосферы (ПЭС), определяемое по данным GPS приемников, достаточно чувствительно к наличию МГД возмущений. По данным GPS приемников в Скандинавии было показано, что во время появления мощных геомагнитных Pc5 пульсации наблюдаются пульсации в ПЭС с той же частотой. В данной работе мы проанализировали одновременный отклик ПЭС и ионосферных параметров, определяемых с помощью радара EISCAT, на глобальные Pc5 пульсации на восстановительной фазе сильной геомагнитной бури 31 Октября 2003 года. Сравнение Pc5 пульсаций в электронной концентрации для разных высот по данным радара EISCAT показало, что основной вклад в Pc5 пульсации в ПЭС обеспечивается нижней ионосферой, до высоты около 150 км, то есть E-слоем и нижней частью F-слоя. Этот

факт говорит в пользу механизма появления Рс5 пульсаций в ПЭС за счет переноса плазмы вдоль геомагнитного поля альвеновской волной. Аналитические оценки и численное моделирование подтверждают эту точку зрения.

## 2 Геофизические поля и их взаимодействие

### 2.1 Анализ геомагнитных данных и космических лучей в периоды повышенной солнечной активности

*Мандрикова О.В.<sup>1</sup>, Заляев Т.Л.<sup>1</sup>, Соловьев И.С.<sup>1,2</sup>,  
Хомутов С.Ю.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный технический университет*

В периоды повышенной солнечной активности выполнен анализ космических лучей и изучены особенности

вариаций геомагнитного поля. В работе использовались разработанные авторами новые методы моделирования и анализа данных, основанные на вейвлет-преобразовании и нейронных сетях. В процессе анализа в периоды роста скорости солнечного ветра и амплитуд межпланетного магнитного поля выделены признаки и элементы подготовки и протекания событий, на фоне спокойного и слабовозмущенного геомагнитного поля выделены аномальные изменения в космических лучах, возникающие за несколько часов до геомагнитных бурь, во время бурь происходили длительные и глубокие Форбуш-понижения. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №14-11-00194.

## **2.2 Аномальные изменения вертикального геомагнитного поля на Камчатке**

*Мороз Ю. Ф.<sup>1</sup>, Смирнов С.Э.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

Рассмотрены вековые вариации вертикального геомагнитного поля в обсерваториях Паратунка (Камчатка), Какиока (о. Хонсю), Мамамбецу (о. Хоккайдо) и Патроны (Иркутск) с 1968 по 2014гг. Сравнительный анализ вековых ходов показал, что с 1968 по 2001 гг. во всех четырёх обсерваториях выражены подобные вариации напряжённостью в первые сотни нТл. В последующее время с 2001 по 2014 гг. ситуация изменилась. В обсерватории Паратунка вековой ход отличается от других

обсерваторий. В ней не проявилась вариация подобная вариациям в трёх других обсерваториях. Это отклонение векового геомагнитного хода в обсерватории Паратунка во времени приурочено к усилению сейсмичности на глубинах 400-700 км в районе Южной Камчатки. Здесь произошло сильнейшее Охотоморское землетрясение с  $M_w = 8,3$ . Предполагается, что в связи с усилением сейсмичности в области перехода от верхней к нижней мантии активизировались физико-химические процессы, которые привели к возникновению крупной геоэлектрической неоднородности, оказавшей влияние на поведение вертикальной составляющей геомагнитного поля.

### **2.3 Влияние постоянного электрического поля земли на работу измерительного комплекса ОНЧ**

*Санников Д.В., Малкин Е.И., Пухов В.М.*

*ИКИР ДВО РАН*

Обнаружена взаимосвязь между напряжённостью постоянного электрического поля Земли в пункте наблюдения ГФО "Паратунка" ИКИР ДВО РАН и точностью определения азимута грозовых разрядов грозопеленгатором. Сделано предположение о влиянии электрического поля Земли на линии электропередач в ближайшем регионе, что вносит помеху в качество регистрации вертикальной электрической составляющей в диапазоне ОНЧ. Проведен анализ помех.

## 2.4 Возможности использования старых аналоговых магнитограмм обсерваторий для получения новых данных о вариациях магнитного поля Земли

*Хомутов С.Ю., Хомутова И.Н.*

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Камчатка, Россия*

Аналоговые магнитограммы являются практически единственным источником информации об изменении магнитного поля Земли в эпоху до-цифровых измерений. Эти магнитограммы, в соответствии со стандартами IAGA, использовались на обсерваториях для получения среднечасовых значений полного вектора магнитной индукции, доступных через систему Мировых центров данных. Однако, магнитограммы содержат больше информации, чем имеется в МЦД, например о быстрых вариациях. Кроме того, во многих случаях по ряду причин (проблемы с обработкой, передачей, организационные и т.п.) в МЦД не представлены стандартные часовые данные, и архивы магнитограмм, имеющиеся на обсерваториях, остаются единственной возможностью восполнить эти пробелы в многолетних рядах.

Международными и отечественными научными организациями и фондами были реализованы проекты по сохранению старых аналоговых магнитограмм - получение цифровых графических образов с требуемым разрешением и масштабированием, сопровождающихся необходимой дополнительной информацией



(коэффициенты чувствительности, базисные значения и т.п.). Подобный проект по сохранению архива магнитограмм обсерватории "Паратунка"(РЕТ) за 1967-2006 гг. был выполнен в 2014 г. в ИКИР ДВО РАН при поддержке международной программы VarSITI (VarSITI Newsletter. - 2014. - Vol.3. - P.7-8; [newserver.stil.bas.bg/varsiti/newsL/VarSITI\\_Newsletter.html](http://newserver.stil.bas.bg/varsiti/newsL/VarSITI_Newsletter.html)). Полученные графические файлы доступны в МЦД [www.wdcb.ru/stp/magnetogr\\_list.en.html](http://www.wdcb.ru/stp/magnetogr_list.en.html).

Дальнейшая обработка цифровых графических образов заключается в оценке ординат треков на магнитограмме относительно базисных линий с различным временным разрешением и вычисление полных составляющих магнитного поля (с привлечением информации о чувствительности каналов и базисных значениях). Для получения минутных значений ординат  $H, D, Z$ -составляющих используется программа оцифровки WFD (Waveform digitizer, v.2.1 b4, авторы А.Бурцев и М.Жижин, 2003). Четыре магнитолога выполнили независимую оцифровку магнитограмм за несколько месяцев 1995 и 2001 гг. Полученные минутные данные анализировались: (1) сравнением по каждому отдельному обработчику на пересекающихся участках фрагментов образов суточных магнитограмм (оценка внутренней погрешности обработчика), (2) сравнением результатов обработчиков между собой (оценка личной систематической погрешности), (3) сравнением с часовыми данными, полученными в 1995 г. стандартным способом с помощью палетки (оценка сопоставимости ручной и цифровой обработки), (4) сравнением с имеющимися в 2001 г. отдельными данными цифрового магнитометра (оценка качества минутных данных, полученных по аналоговым магнитограммам).

В настоящем докладе представлены итоговые результаты и даются оценки возможности цифровой обработки старых аналоговых магнитограмм для решения задач магнитных обсерваторий. *Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-11-00194.*

## **2.5 Изменение характеристик радиотрасс при наклонном зондировании высокоширотной ионосферы во время геомагнитных бурь**

*Котова Д.С.<sup>1,2</sup>, Клименко М.В.<sup>1,2</sup>, Клименко В.В.<sup>1</sup>,  
Захаров В.Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова*

<sup>2</sup> *Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта*

Для описания распространения коротких волн в ионосфере в приближении слабо неоднородной среды широко применяется приближение геометрической оптики. При моделировании лучевых траекторий и поглощения коротких волн в трехмерно неоднородной анизотропной ионосферной плазме используется численная модель распространения радиоволн РРВ-2006 (БФУ им. И. Канта). Среда распространения задается согласно справочной модели ионосферы IRI-2012 и модели нейтральной атмосферы MSIS-86 или Глобальной Самосогласованной Модели Термосферы, Ионосферы и Протоносферы (ГСМ

ТИП, КФ ИЗМИРАН). Использование модели ГСМ ТИП позволило учесть изменение среды при переходе от спокойных условий к возмущенным во время геомагнитной бури. Разработанный комплекс прикладных программ, включающий численный алгоритм проведения вычислительных экспериментов с различными моделями среды (эмпирическими, ассимиляционными и теоретическими) и распространения радиоволн, дополнен блоком, предназначенным для нахождения трасс между фиксированными на поверхности Земли точками передачи и приема. Это позволило провести исследование влияния геомагнитных бурь на характеристики реально существующих высокоширотных радиотрасс (высоту отражения, максимально применимую частоту, длину оптического пути) и сравнить их с полученными для спокойных условий.

## **2.6 Инверсии в шестиструйных моделях геодинамо**

*Водинчар Г.М.<sup>1,2</sup>, Фещенко Л.К.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

Инверсии магнитного поля являются одной из характерных черт реальных динамо-систем, в том числе и геодинамо. В докладе обсуждаются свойства последовательности инверсий, возникающих в моделях 6-струйного динамо. В этих моделях крупномасштабная структура

конвекции задается 6 конвективными ячейками. В пользу такой структуры имеются как данные о неоднородности жидкого ядра по расщеплению свободных колебаний Земли, так и результаты прямого численного моделирования конвекции в ядре. Исследуется влияние на инверсии флуктуаций теплового потока из внутреннего ядра.

## 2.7 Инверсии магнитного поля в модели $\alpha\Omega$ -динамо

*Годомская А.Н.<sup>1</sup>, Водинчар Г.М.<sup>2,1</sup>,  
Шереметьева О.В.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космofизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени  
Витуса Беринга*

В работе исследуется вопрос о возможности возникновения инверсий в рамках маломодовой модели  $\alpha\Omega$ -динамо в предположении аксиальной симметричности поля скорости  $\mathbf{v}$  и магнитного поля  $\mathbf{B}$  в сферической оболочке вязкой несжимаемой жидкости (жидкое ядро), вращающейся вокруг оси  $Oz$  с постоянной угловой скоростью  $\Omega$ . Физические параметры жидкости считаются неизменными, турбулентность в ядре изотропной и используется скалярная параметризация  $\alpha$ -эффекта в виде функции  $\alpha(r, \theta)$ , где  $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$ . На границах сферической оболочки поле скорости вязкой жидкости  $\mathbf{v}$  принимается равным нулю (граничные условия прилипания). В таком случае пространственная структура среднего поля  $\bar{\mathbf{v}}$

простая и носит характер дифференциального вращения в поле внешних сил с массовой плотностью  $\mathbf{f}_{out}$ , поэтому можно ограничиться одномодовыми приближениями для компонент этих полей.

Магнитогидродинамические (МГД) уравнения, включающие уравнения Навье-Стокса и индукции, условие неразрывности, условие соленоидальности, граничные условия и учитывающие  $\alpha$ -эффект, рассматриваются в приближении Буссинеска. В результате применения метода Галёркина и обезразмеривания МГД-уравнения преобразуются к системе дифференциальных уравнений относительно амплитуд моды Пуанкаре, тороидальной и полоидальной мод магнитного поля. Для полученной системы определены параметры, при которых возможны инверсии магнитного поля при относительном постоянстве поля скорости вязкой проводящей замагниченной жидкости. Обсуждаются результаты численного решения системы в предположении различного вида зависимостей амплитуды  $\alpha$ -эффекта от радиуса.

## **2.8 Исследование возможностей нейросетевого прогнозирования состояния внешнего РПЗ по данным космических экспериментов**

*Мягкова И.Н., Доленко С.А., Широкий В.Р.*

*НИИЯФ МГУ, Москва, Россия*

В работе исследуются результаты прогнозирования с помощью искусственных нейронных сетей ( ИНС) с разными горизонтами прогноза для геомагнитных

индексов Dst и Kp, а также для потока релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли с энергией  $>2$  МэВ, которые характеризуют состояние земной магнитосферы. Прогнозы выполнены на основе многомерных временных рядов, включающих в себя значения прогнозируемых индексов и потоков электронов, а также данные о параметрах солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, за последние сутки с разрешением в один час

## **2.9 Нейросетевая система по оценке возмущенности геомагнитного поля**

*Мандрикова О.В., Жижикина Е.А.*

*Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

В докладе представлена разработанная авторами программная система по оценке степени возмущенности геомагнитного поля. Система в автоматическом режиме выполняет классификацию регистрируемых геомагнитных данных (используются Н-компоненты геомагнитного поля) и определяет состояние геомагнитного поля за текущие сутки. Основу системы составляет коллектив нейронных сетей, входными образами которых являются компоненты вариаций поля. Результаты апробации системы (использовались данные станции «Паратунка», с. Паратунка, Камчатский край, регистрацию данных выполняет ИКИР ДВО РАН) показали перспективность её применения в задачах оценки и прогноза космической погоды. Система позволяет выделять слабые возмущения геомагнитного поля, которые могут возникать

накануне сильных магнитных бурь.

## **2.10 О возможности определения водности капельных облаков по поляризационным характеристикам лидарного сигнала двукратного рассеяния**

*Ни Е.В., Брюханова В.В., Дорошкевич А.А.*

*Национальный исследовательский Томский  
государственный университет*

Большой вклад в радиационный баланс Земли вносят облака. Оптические же свойства облаков определяются их микроструктурой (фазовым составом, формой и размерами частиц). Поэтому задача получения оперативных данных о параметрах микроструктуры облачных образований является важной для прогнозирования изменения погоды и климата на Земле. На данный момент для определения микроструктуры дисперсных сред широко используются оптические методы. Преимущества этих методов заключаются в малой длительности проведения эксперимента, высоком пространственном разрешении и проведении экспериментов без внесения изменений в исследуемый объект. Чаще всего интерпретация лидарных данных осуществляется в приближении однократного рассеяния, а вкладом многократного рассеяния пренебрегают в силу сложности его описания. Такой подход оправдан при зондировании образований малой оптической плотности. Зондирование же облаков, плотных дымок и т.п.

требует учета вклада многократного рассеяния в лидарный сигнал, что представляет собой весьма непростую задачу. Во многих практически значимых случаях лидарный сигнал с достаточной точностью можно описать в приближении двукратного рассеяния.

В докладе обсуждаются результаты исследования влияния угла поля зрения приемной системы лидара и водности облаков на поляризационные характеристики лидарного сигнала двукратного рассеяния. Для расчета использовались модели капельных облаков, характерных для Камчатского региона.

## **2.11 О динамике электропроводности геологической среды в зоне субдукции на Камчатке**

*Мороз Ю.Ф.<sup>1</sup>, Смирнов С.Э.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

Рассмотрены временные ряды электропроводности литосферы по данным мониторинга электромагнитного поля Земли с 2001 по 2014 гг. в пунктах Верхняя Паратунка, Тундровый и Шипунский, расположенных на побережье Авачинского залива Камчатки, где по долгосрочному прогнозу ожидается катастрофическое землетрясение. В поведении временных рядов среднегодовых значений электропроводности литосферы выражены изменения в направлениях по простиранию и вкрест простирания



сейсмофокальной зоны. В большей мере они проявились в п. Шипунский. Не исключено, что эти изменения могут быть обусловлены подготовкой сильного Жупановского землетрясения с  $M_w = 7,1$  (30.01.2016). Выявленные изменения электропроводности литосферы связываются с влиянием проводимости глубинных разломов на п-ове Шипунский, которая, по-видимому, меняется из-за наличия минерализованных растворов в разломах при сжатии и растяжении земной коры при геодинамических процессах в зоне субдукции. Изменения электропроводности литосферы из-за влияния проводимости глубинных разломов подтверждены данными численного трёхмерного моделирования магнитотеллурического поля.

## 2.12 Оверхаузеровский компонентный магнитометр POS-4: результаты непрерывных измерений в 2015-2016 гг. на Геофизической обсерватории "Паратунка" ИКИР ДВО РАН, Камчатка

*Хомутов С.Ю.<sup>1</sup>, Сапунов В.А.<sup>2</sup>, Денисов А.Ю.<sup>2</sup>,  
Савельев Д.В.<sup>2</sup>, Бабаханов И.Ю.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Камчатка, Россия*

*<sup>2</sup> Уральский федеральный университет, Лаборатория квантовой магнитометрии, г.Екатеринбург, Россия*

Компонентный магнитометр POS-4, обеспечивающий измерения составляющих полного вектора магнитной индукции в квази-абсолютном приближении, является новой разработкой Лаборатории квантовой магнитометрии QMLab Уральского федерального университета (г.Екатеринбург, [www.magnetometer.ru](http://www.magnetometer.ru)). Магнитометр включает оверхаузеровский первичный преобразователь POS-1 и титановые магнитные системы, создающие дополнительные однородные коммутируемые магнитные поля в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Магнитометр POS-4 установлен на Геофизической обсерватории "Паратунка"(РЕТ) ИКИР ДВО РАН, Камчатка, Россия, в начале 2015 г. Для установки был построен отдельный небольшой немагнитный павильон с пассивной термостабилизацией и постаментом из стеклоблоков. Температура в павильоне контролируется с помощью

цифровых термодатчиков на трех высотных уровнях. Регулярные непрерывные измерения были начаты в апреле 2015 г., после завершения основных настроек и выбора оптимальных режимов работы прибора. В дальнейшем магнитометр работал практически автономно, с минимальным вмешательством только при необходимости проведения технологических процедур. Колечная система, создающая горизонтальное дополнительное магнитное поле, была ориентирована для измерения восточной (Y) составляющей вектора магнитной индукции. Периодичность измерений всех компонент - 5 с. Обработка данных POS-4 выполнялась по стандартной методике, принятой для остальных магнитометров обсерватории, в т.ч. выполнялся контроль долговременной (междусуточной) стабильности сравнением с результатами абсолютных наблюдений, корректность более быстрых вариаций оценивалась по данным других вариационных компонентных магнитометров (феррозондового FGE-DTU и оверхаузеровского dId GSM-19FD).

В докладе представлены сводные результаты анализа измерений, выполненных с помощью POS-4 за полтора года, сделаны оценки долговременной стабильности, в т.ч. рассмотрены возможные зависимости прибора от таких факторов как неустойчивость постаменты, изменения температуры, сбой электропитания, электромагнитные помехи, нестабильность внутреннего таймера и др. По результатам реальных измерений в условиях обсерватории внесены некоторые изменения в конструкцию и схемотехнику прибора. *Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-11-00194.*

## 2.13 Особенности геодеформационных измерений приповерхностных осадочных пород

*Ларионов И.А., Непомнящий Ю.А.*

*Институт космofизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук*

Излагаются результаты исследований деформационного процесса в приповерхностных осадочных породах, которые, начиная с 2007 г. проводятся в сейсмоактивном регионе на полуострове Камчатка. Особенностью экспериментов является использование для регистрации геодеформаций лазерного деформографа-интерферометра, собранного по схеме интерферометра Майкельсона. Показано, что в геодеформационном процессе в пункте наблюдений выделяются периоды преимущественного сжатия или растяжения пород продолжительностью несколько месяцев.

## 2.14 Первые результаты наблюдения атмосферного электрического поля с помощью электрометра CS110 на обсерватории "Паратунка", Камчатка

*Бабаханов И.Ю., Бутин С.В., Смирнов С.Э.,  
Хомутов С.Ю.*

*Институт космofизических исследований и  
распространения радиоволн, с.Паратунка, Камчатка,  
Россия*

Атмосферное электрическое поле является объектом интенсивных научных исследований. Экспериментальную основу для таких исследований обеспечивают мониторинговые измерения АЭП на обсерваториях, а также специальные измерения на временных станциях.

На Геофизической обсерватории "Паратунка" ИКИР ДВО РАН регулярные наблюдения за АЭП ведутся с 1996 года. В качестве измерителя используется широко распространенный датчик напряженности электрического поля (электрометр) "Поле-2", обеспечивающий получение достоверных и качественных результатов. Однако, этот прибор является устаревшим, как конструктивно (по элементной базе и схемотехнике), так и физически, из-за износа механических узлов. В связи с этим, в 2015 г. ИКИР приобрел современный цифровой электрометр CS110 (Campbell Scientific, Inc., США), измерения которого выполняются на том же методическом принципе, что и в датчике "Поле-2": модуляция электростатического поля движущейся пластиной. Однако в отличие от "Поля-2" с вращающейся

с большой скоростью пластины, в CS110 используется модулирующая пластина с возвратно-поступательным движением. Кроме того, измерительный элемент CS110 ориентирован вниз, что предохраняет его от накопления снега, создающего проблемы для "Поля-2" во время сильных снегопадов. Чувствительность CS110 в диапазоне от -2200 до +2200 В/м составляет 0.32 В/м, среднеквадратическое значение шума 0.42 В/м. Передача данных в компьютер происходит по каналу WiFi, синхронизация внутреннего таймера по PPS-сигналу встроенного приемника GPS, выполняется контроль (и регистрация) тока утечки, температуры и влажности датчика CS110, буферная память и питание от батареи обеспечивают автономные измерения в течение 7 сут. Кроме того, электрометр CS110 оснащен внешними метеорологическими датчиками: температуры, влажности и осадков.

Электрометр CS110 был установлен на ГФО "Паратунка" в ноябре 2015 г., место установки - плоская крыша технического павильона, размер примерно 6х6 м, покрытие битумное. Датчик электрометра, бокс для электроники, GPS-антенна и внешние метеодатчики были закреплены на металлической опоре на высоте около 1.5 м. Для сбора данных используется штатное программное обеспечение LoggerNet, частота измерений 1 Гц.

В докладе представлены результаты многомесячных измерений вертикального градиента потенциала  $E_z$  с помощью электрометра CS110. Сделано сравнение с данными электрометра "Поле-2", выполнены оценки надежности и эффективности нового прибора в различных условиях эксплуатации: при обильных осадках, в т.ч. во время снегопадов, при высоком уровне снежного покрова, при отключениях электроэнергии и т.п. *Работа*

*выполнена при поддержке гранта РФФ 14-11-00194.*

## **2.15 Сверхзвуковые магнитные полюсы**

*Семаков Н.Н.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *магнитная обсерватория "Новосибирск"*

<sup>2</sup> *Новосибирский государственный университет*

Здесь должны быть тезисы

Скорость перемещения магнитных полюсов в 2015 году, вычисленная по среднесуточным значениям склонения и наклонения в обсерватории Новосибирск (500 км/год) на 2 порядка выше скорости, посчитанной по среднегодовым значениям (около 5 км/год), но и те, и другие не идут ни в какое сравнение со скоростями, вычисленным по минутным и секундным значениям склонения и наклонения (сопоставимыми в спокойное время со скоростью пешехода, а в возмущенное - автомобиля и самолета). Но именно с такими огромными скоростями изменения магнитных характеристик (преобразованными для наглядности в координаты ВМП) магнитологи имеют дело в своей ежедневной работе, в том числе при установлении координат северного и южного истинных магнитных полюсов.

## 2.16 Сейсмическая и вулканическая активность как проявления единого волнового геодинамического процесса

*Долгая А.А.<sup>1,2</sup>, Викулин А.В.<sup>1</sup>, Герус А.И.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный технический  
университет*

<sup>3</sup> *Камчатский государственный университет им. В.  
Беринга*

В работе представлены результаты исследований, проводимых авторами на основании данных о сильных землетрясениях и извержениях вулканов, произошедших в пределах наиболее геодинамически активных регионов планеты. С помощью разработанных авторами методов было установлено, что сейсмичность и вулканизм обладают свойствами цикличности (квазипериодичности) с общим периодом  $T_0 \approx 250$  лет и миграции. При этом скорости миграции определенным образом зависят от энергетической характеристики процесса (магнитуды для землетрясений и индекса эксплозивности для извержений вулканов). Коэффициенты наклона зависимостей характеризуются параметром  $p$ , значения которого положительны для областей сжатия и отрицательны для областей растяжения. Анализ полученных данных показал, что  $p$  является векторной сохраняющейся величиной, которую можно рассматривать как аналог момента импульса геодинамического процесса.

В рамках ротационной модели для описания движения цепочки блоков и геодинамических свойств геосреды ис-



пользуется уравнение синус-Гордона и одно из его решений в виде уединенной волны - солитона. Такое решение физически понятным способом зависит от модуля импульса. Направление (знак) импульса соответствует геодинамическим состояниям в поясах: сжатию (положительный) и растяжению (отрицательный). Это позволяет в рамках физических представлений моделировать миграцию сейсмической и вулканической активности как корпускулярно-волновой процесс со свойствами близко- и дальнего действия и в рамках такой модели рассматривать сейсмичность и вулканизм как проявления единого волнового геодинамического процесса.

## **2.17 Сейсмо-деформационный и акустический мониторинг геодинамических процессов высокочувствительными пространственно разнесенными приборами в сейсмоэнергоактивной и асейсмической зонах**

*Александров Д.В.<sup>1</sup>, Дубров М.Н.<sup>1</sup>, Кравцов В.В.<sup>1</sup>,  
Ларионов И.А.<sup>2</sup>, Маранулец Ю. В.<sup>2</sup>, Шевцов Б.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ФирЭ им.В.А. Котельникова РАН*

<sup>2</sup> *ИКИР ДВО РАН*

Приводятся результаты наблюдений широкополосных геофизических процессов (акустических, сейсмических, деформационно-барических), полученные с помощью

лазерных интерферометров деформографов, разработанных в ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН и комплексом геоакустической аппаратуры, разработанной в ИКИР ДВО РАН. Сейсмические и деформационно-барические измерения в сейсмоэнергоактивной зоне (Камчатская обл., с. Паратунка) выполнялись лазерным интерферометром-деформографом наземного типа, построенным по трехзеркальной схеме с измерительным плечом длиной 32 м. Для наблюдений в асейсмической зоне (Подмосковье) использовались лазерные интерферометры с длиной плеча от 10 м до 400 м на подземной лучевой линии во Фрязино и длиной от 5 м до 90 м в геофизической штольне в Обнинске. Измерения проводились с помощью инструментов, построенных как по схеме неравноплечего, так и по схеме равноплечего (симметричного) интерферометров Майкельсона. Приводится описание и параметры геоакустической аппаратуры ИКИР для изучения геоакустической эмиссии на различных стадиях подготовки землетрясений. Демонстрируются примеры синхронной регистрации сейсмоакустических и деформационно-барических процессов на Камчатке и в Подмосковье, а также результаты параллельного анализа полученных данных. Проведенные исследования показывают возможность применения разработанных методов для выделения глобальных геофизических эффектов, связанных с подготовкой сильных землетрясений  $M > 7$ , прохождением мощных тропических ураганов, тайфунов, цунами, и крупномасштабных явлений в околоземном пространстве.

## 2.18 Тест Пенлеве одной системы гидродинамического типа

*Водинчар Г.М., Нощенко Д.С., Пережогин А.С.*

*Институт космофизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

В работе получены условия прохождения теста Пенлеве для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которая получена из системы гидродинамического типа.

## 2.19 Численная оценка параметров сейсмического процесса в ротационной модели блоковой геосреды

*Герус А.И.<sup>1,2</sup>, Викулин А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *ИВиС ДВО РАН*

<sup>2</sup> *КамГУ им. Витуса Беринга*

Для блоковой геосреды на примере сейсмического процесса в пределах окраины Тихого океана построена ротационная модель. В рамках этой модели движение цепочки блоков математически представлено уравнением синус-Гордона. Это уравнение допускает решения в виде солитонов – уединенных волн, подобно частицам сохраняющих свою структуру после столкновения с другими

такими возмущениями. Для более точного описания реального сейсмического процесса уравнение СГ было дополнено эффектами отклонения моментов сил блоков от равновесных положений  $\mu$  и трения на границах  $\alpha$ :

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} = \sin \theta + \alpha \frac{\partial \theta}{\partial \eta} + \mu \delta(\xi) \sin \theta \quad (1)$$

Такое уравнение не имеет аналитических решений, но можно численно исследовать динамику изменения параметров (координаты  $X$ , скорости волны  $U$  и скорости поворотной деформации  $\theta$ ) его односолитонного решения. Проведенные нами расчеты позволили сформулировать следующие выводы:

1. При увеличении коэффициента трения  $\alpha$  уменьшаются значения  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{max1}$ ,  $\dot{\theta}_{max2}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$ , а их времена увеличиваются. Таким образом, процесс распространения солитона замедляется и сглаживается.
2. При увеличении значения коэффициента неоднородности  $\mu$ , наоборот, увеличиваются значения  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{max1}$ ,  $\dot{\theta}_{max2}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$ , а их времена уменьшаются. Таким образом, моделируемый процесс идет быстрее и резче.
3. При одновременном увеличении или уменьшении значений  $\alpha$  и  $\mu$  меняется и временной масштаб процесса.
4. Асимптотическое значение  $X$ , т.е.  $X_{max}$ , при любых  $\alpha$  и  $\mu$  всегда соответствует равенству  $X_{max} \approx R_0$ , где  $R_0$  – радиус блока.
5. Для любых  $\alpha$  и  $\mu$  волна достигает значений  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$  и выхода  $X$  на асимптотику одновременно.

Кроме того, существуют еще и другие инвариантные величины, не зависящие от  $\alpha$  и  $\mu$ , но характерные для процесса в целом:

1. Отношение максимумов скорости деформации:  
 $\dot{\theta}_{max2}/\dot{\theta}_{max1} \approx 2$ ;
2. Отношение продолжительностей максимумов скорости деформации:  $\Delta T_{max2}/\Delta T_{max1} \approx 6$ .

Показано, что уравнение (2) в рамках ротационной модели позволяет количественно описать такие важные свойства сейсмического процесса, как его форшоковую и афтершоковую стадии и заключенное между ними сильнейшее землетрясение. При этом результаты численного моделирования сейсмического процесса согласуются с экспериментальными данными.

### 3 Физика предвестников землетрясений

#### 3.1 Анализ радиоимпедансных и георадарных зондирований на Торской и Кыренской палеосейсмодислокациях

*Башкуев Ю.Б.<sup>1</sup>, Хаптанов В.Б.<sup>1</sup>, Дембелов М.Г.<sup>1</sup>,  
Саньков В.А.<sup>2</sup>, Добрынина А.А.<sup>2</sup>, Дружин Г.И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физического материаловедения СО РАН*

<sup>2</sup> *Институт земной коры СО РАН*

<sup>3</sup> *ИКИР ДВО РАН*

В докладе проведен анализ радиоимпедансных и георадарных зондирований на Торской и Кыренской

палеосейсмодислокациях, расположенных в Тункинской долине Республики Бурятия. Рассмотрена методика и аппаратура радиоимпедансных (частоты 22,2; 50; 279 кГц) и георадарных (50 и 400 МГц) зондирований. Представлено сравнение с геологическими данными ранее выполненных работ.

### **3.2 Вариации амплитуды сигналов грозовых разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений**

*Аргунов В.В., Каримов Р.Р.*

*Институт космofизических исследований и  
аэрoнoмии и.м. Ю.Г. Шафера СО РАН*

Рассматриваются аспекты применения низкочастотных импульсных грозовых радиосигналов для дистанционного мониторинга проявлений сейсмической активности в возмущениях нижней ионосферы. Установлено, что возмущения в нижней ионосфере, обусловленные литосферными процессами, могут наблюдаться в вариациях амплитуды грозовых сигналов, распространяющихся над эпицентрами землетрясений. Усиление амплитуды сигналов происходит в день и после землетрясений, а также за несколько дней до событий (предвестник). Эффекты землетрясений и их предвестников проявляются в виде возрастания средней амплитуды атмосфериков.

### **3.3 Гидрогеологические предвестники сильных землетрясений (к 40-летию гидрогеосейсмологических исследований на Камчатке)**

*Копылова Г.Н.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Приводятся оригинальные и опубликованные данные о проявлениях гидрогеодинамических и гидрогеохимических предвестников сильных ( $M = 6.6-7.8$ ) землетрясений Камчатки, зарегистрированных при проведении специализированных наблюдений на скважинах в течение 1977-2016 гг. Рассматриваются модели формирования предвестников и их использование в системе сейсмического прогнозирования. Зарегистрированные аномалии в изменениях уровня и химического состава подземных вод находят свое объяснение в рамках модели дилатационного изменения трещинно-порового пространства водовмещающих пород на относительно краткосрочных стадиях подготовки землетрясений, составляющих месяцы-недели.



### **3.4 Изменение направленности геоакустического излучения на станции «Микижа» в связи с землетрясениями на Камчатке**

*Марапулец Ю.В., Солодчук А.А., Щербина А.О.*

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

На Камчатке у дна озера «Микижа» установлена приемная акустическая система на базе комбинированного векторного приемника, которая позволяет производить оценку направленности геоакустического излучения. На основе полученных с ее помощью данных за период с августа 2008 г. по январь 2016 г. проведен анализ изменения азимутального распределения геоакустической эмиссии во время землетрясений, в результате которого обнаружены пред- и постсейсмические эффекты в направленности излучения.

### 3.5 Многопараметрический мониторинг краткосрочных предвестников землетрясений и его физическое обоснование в приложении к Камчатскому региону

*Пулинец С.А.<sup>1</sup>, Узун Д.П.<sup>2</sup>, Давиденко Д.В.<sup>1</sup>,  
Петрухин А.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва,  
Россия*

<sup>2</sup> *Университет Чэпмена, Оранж, Калифорния, США*

<sup>3</sup> *Московский физико-технический институт,  
Долгопрудный МО, Россия*

В последнее время возрождается интерес к использованию физических предвестников землетрясений в целях краткосрочного прогноза, которые активно использовались сейсмологами в 70-х годах XX столетия. Это связано, в первую очередь, с появлением физического обоснования механизмов генерации краткосрочных предвестников в виде комплексной модели Литосферно-Атмосферно-Ионосферных взаимодействий (LAIC). Ключевым элементом модели является процесс нуклеации кластерных ионов, появляющихся в результате ионизации приземного слоя воздуха радоном, выделяемым из земной коры в области подготовки землетрясения. Этот процесс аналогичен образованию зародышевых капель облаков при воздействии на них галактических космических лучей. Следствием этого процесса является генерация целого ряда предвестников, которые условно можно разделить на две группы: а) тепловые и метеорологические и б) электромагнитные и ионо-

сферные. Синергетика наблюдаемых процессов показывает, что для успешного осуществления краткосрочного прогноза требуется осуществление многопараметрического мониторинга предвестников, описываемых моделью. Эти предвестники появляются с различной заблаговременностью, а размеры наблюдаемых аномалий, их интенсивность и положение в пространстве в совокупности позволяют определить все три ключевых параметра, необходимых для прогноза: место, время и магнитуду ожидаемого землетрясения. Точность прогноза повышается по мере усовершенствования методов наземного и спутникового мониторинга.

В докладе будут продемонстрированы: методика осуществления краткосрочного прогноза в регионе Камчатки, примеры удачных прогнозов, статистические данные по различным видам предвестников, в том числе некоторые зависимости от положения эпицентра и фокуса землетрясения (вода-суша, глубина, регион (север-юг Камчатки, Курильские острова), сезон и пр.).

В качестве эксперимента будут продемонстрированы также данные мониторинга камчатских вулканов, поскольку эти исследования только начались. К сожалению, описательный характер активности камчатских вулканов на сайте KVERT не позволяет однозначно сопоставить наблюдаемые вариации прогнозных параметров оперативного мониторинга камчатских вулканов с описанием их активности на сайте.

В целом полученные результаты позволяют утверждать, что разработанные методы оперативного прогноза могут быть внедрены для использования в службе Камчатского филиала ГС РАН.

### **3.6 Мониторинг удельного сопротивления геосреды с использованием подземных электрических антенн: физическая основа метода и результаты**

*Гаврилов В.А.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Излагается физическая основа разработанного автором метода непрерывного мониторинга удельного сопротивления горных пород, где в качестве зондирующего сигнала используется непрерывное электромагнитное излучение звукового диапазона частот техногенного или природного происхождения, а в качестве датчиков - подземные вертикальные электрические антенны. Результаты многолетних измерений на Петропавловск - Камчатском геодинамическом полигоне позволяют говорить о высокой эффективности метода и его перспективности в качестве одной из основных частей системы комплексных геофизических измерений, ориентированных на мониторинг напряженно-деформированного состояния геосреды и прогноз землетрясений.

### **3.7 О свойствах среднесрочных предвестников землетрясений и их практическом использовании**

*Копылова Г.Н.*

*Камчатский филиал геофизической службы РАН*

Рассматриваются общие закономерности проявления гидрогеологических и других видов среднесрочных предвестников землетрясений Камчатки по данным наблюдений с 70-ых гг XX в. по настоящее время. Характерным свойством рассмотренных предвестников является их комплексное проявление перед наиболее сильными землетрясениями с величинами магнитуд  $M$  порядка 7 и более на временных интервалах от месяцев до недель. Вместе с тем, ретроспективные статистические оценки связи отдельных видов предвестников и землетрясений показывают их недостаточную надежность для практического прогнозирования времени возникновения таких землетрясений.

Обсуждаются новые подходы к обработке и анализу больших объемов информации о вариациях полей Земли и других данных с использованием обобщенных статистических параметров. Приводятся первые результаты изучения пространственно-временных вариаций параметров сейсмического шума на сети станций на территории Камчатки в периоды подготовки сильных землетрясений 2013-2016 гг.

### 3.8 О связи сильных землетрясений и природных ритмов

*Серафимова Ю.К.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский, yulka@emsd.ru*

Проводится исследование связи между возникновением сильных землетрясений и определенными фазами различных природных ритмов, в частности, 18.6-летних лунных циклов, 11-летних циклов солнечной активности, а также их долей и кратных. Выявление и оценка статистической значимости такой связи основывается, как правило, на проверке гипотезы о равномерности распределения событий в пределах наложенных друг на друга циклов. Полученные закономерности могут быть использованы в решении задач прогноза времени сильных землетрясений.

### 3.9 ОНЧ электромагнитный фон в сейсмоактивной Байкальской рифтовой зоне

*Нагуслева И.Б.<sup>1</sup>, Башкуев Ю. Б.<sup>1</sup>, Дружин Г.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ИФМ СО РАН*

<sup>2</sup> *ИКИР ДВО РАН*

Анализ многолетних непрерывных наблюдений показал, что суточные вариации ОНЧ электромагнитного фона в сейсмоактивной Байкальской рифтовой зоне имеют

устойчивые суточный и сезонный хода. Установлено, что за несколько суток до близкого сильного землетрясения происходит резкое либо увеличение, либо уменьшение интенсивности ОНЧ электромагнитного потока в зависимости от места расположения очага землетрясения (на суше или в водоеме). После землетрясения интенсивность ОНЧ электромагнитного потока выходит на обычный «фоновый» уровень.

### **3.10 Об одной эредитарной колебательной ситемы с учетом эффекта stick-slip**

*Паровик Р.И.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени  
Витуса Беринга*

В работе предложена математическая модель нелокальной колебательной системы с учетом эффекта stick-slip (прилипания-скольжения). Эта модель является обобщением известной модели, которую в литературе иногда называют механической моделью землетрясения или stick-slip моделью. Суть модели заключается в движении (скольжении) одной среды вдоль другой, а также прилипанию при этом происходят колебания после разрядки напряжения и их отрыва. Обобщение stick-slip модели осуществлялось с помощью введение в модельное уравнения интегральных операторов, отвечающих за такое свойство колебательной системы как эредитарность или

память. Далее полученное модельное решение записывалось в терминах производных дробных порядков Герасимова-Капуто и решалось с помощью численных методов. Согласно полученному решению, в зависимости от значений дробных порядков производных, строилось семейство осциллограмм для смещения и скорости колебательного процесса, а также фазовые траектории.

### **3.11 Особенности акустических и электромагнитных предвестников землетрясений**

*Шевцов Б.М.*

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

На основе анализа данных многолетних наблюдений на Камчатке рассматриваются возможные механизмы генерации акустической и электромагнитной эмиссии приповерхностных пород в условиях активизации геодинамических возмущений. С учетом индуцированных поляризационных эффектов на дислокационных изменениях показана возможность возникновения аномалий в вариациях электромагнитных шумов, обусловленных повышением скорости деформаций. Обсуждаются различные проявления активизации сейсмичности и надежность наблюдений акустических и электромагнитных предвестников землетрясений.



### 3.12 Отклики параметров электромагнитного поля на землетрясения на КГО Карымшина, Камчатка

*Касимова В.А., Потанин М.Е., Берсенёва Н.Ю.*

*Камчатский филиал геофизической службы РАН*

В работе рассматриваются косейсмические вариации параметров электромагнитного поля, зарегистрированные магнитометром-вариометром и системой измерений электротеллурических потенциалов на КГО Карымшина в связи с местными землетрясениями 2014-2016 гг. Обнаружена зависимость проявления таких вариаций от параметров землетрясений – величин их энергетических классов ( $Ks \geq 12.0$ ) и эпицентральных расстояний ( $R \leq 150$  км). В записях магнитометра-вариометра и в изменениях разностей электротеллурических потенциалов сигналы, вызванные землетрясениями, проявлялись синхронно и соответствовали по времени вступлениям сейсмических волн.

### **3.13 Поле земной волны над разломной зоной**

*Башкуев Ю.Б.<sup>1</sup>, Буянова Д.Г.<sup>1</sup>, Дембелов М.Г.<sup>1</sup>,  
Нагуслева И.Б.<sup>1</sup>, Халтанов В.Б.<sup>1</sup>, Дружин Г.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физического материаловедения СО РАН*  
<sup>2</sup> *ИКИР ДВО РАН*

В докладе рассмотрено электромагнитное поле земной волны над разломной зоной в СДВ-ДВ-СВ-КВ диапазонах радиоволн. Представлена геоэлектрическая модель разлома. Также представлены результаты численного моделирования распространения радиоволн над многокучной импедансной радиотрассой, проходящей над зоной разлома. Проведено сравнение с данными натуральных экспериментов.

### **3.14 Расчет параметров сейсмического режима на основе вероятностной модели каталога землетрясений Камчатского региона**

*Богданов В.В., Павлов А.В.*

*Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН*

На основе вероятностной модели каталога землетрясений для тектоно-географических зон (структур) Камчатки вычислены функции распределения вероятностей сейсмических событий по интервалам энергетического

класса (закон повторяемости в вероятностной форме). На основе вероятностного представления закона повторяемости землетрясений были получены формулы, позволяющие вычислить количество сейсмических событий, попадающих в непредставительный интервал энергетического класса (магнитуды) по известному числу землетрясений в представительном интервале. Также, для области вдоль восточного побережья Камчатки, произведена оценка времени ожидания землетрясения с магнитудой превышающей за период инструментальных наблюдений максимально зарегистрированное значение.

### **3.15 Результаты испытаний трехзеркального лазерного интерферометра на Камчатском геополигоне.**

*Александров Д.В.<sup>1</sup>, Дубров М.Н.<sup>1</sup>, Кравцов В. В.<sup>1</sup>,  
Ларионов И.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ФирЭ им. В.А. Котельникова РАН*

<sup>2</sup> *ИКИР ДВО РАН*

Актуальность изучения деформаций осадочных пород обусловлена их важной ролью во многих геофизических процессах, которые рассматриваются в сейсмологии, океанологии, горном деле и т.д. Уникально широкая полоса частот лазерных интерферометрических измерителей деформации позволяет использовать эти инструменты при наблюдениях большого класса геофизических процессов происходящих в энергоактивных зонах. Среди таких процессов акустические явления представля-

ют особый интерес для исследования и разработки технологии обнаружения опасных геофизических явлений. В данной работе рассматривается применение лазерных интерферометров-деформографов для регистрации колебаний земной поверхности в сейсмическом и акустическом диапазонах частот. Выполняется сопоставление результатов получаемых данных с деформографа и других датчиков, установленных в энергоактивной зоне. Измерительное плечо деформографа 32м. В ходе экспериментальных испытаний лазерного деформографа получены записи ряда региональных сейсмических событий. Выполнена проверка воздействия техногенных факторов на результаты регистрации деформографа. Наблюдения проводились в ИКИР ДВО РАН п. Паратунка Камчатского края. Создаваемые варианты лазерных деформографов могут быть эффективными при решении различных задач: геологические, геофизические и экологические службы, строительство, инженерная инфраструктура, и др. С их помощью также могут проводиться оценки фоновых процессов в природных условиях, включая промышленные и строительные объекты, подземные и горные выработки, изыскательные экспедиции и полевые пункты наблюдения.

### 3.16 Совместное возмущение геоакустического, эманационного и атмосферного электрического полей у границы земная кора-атмосфера перед землетрясением

*Руленко О.П.<sup>1,2</sup>, Марапулец Ю.В.<sup>2</sup>, Кузьмин Ю.Д.<sup>3</sup>,  
Солодчук А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Россия*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

<sup>3</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН,  
Россия*

У границы земная кора-атмосфера в твердой и газообразной средах перед землетрясениями регистрируются совместные возмущения разнородных полей. Они свидетельствуют о взаимодействии приповерхностных полей, что является составной частью взаимодействия литосферы и атмосферы у границы их соприкосновения. В августе-октябре 2012 г. в пункте "Карымшина" ИКИР ДВО РАН, который находится в зоне пересечения разноранговых тектонических разломов, впервые одновременно регистрировались высокочастотная геоакустическая эмиссия в приповерхностных породах, объемная активность радона и торона в поверхностном слое грунта, атмосферное электрическое поле у поверхности земли и метеорологические величины. За 13 суток перед землетрясением с магнитудой  $M_w = 5.6$ , произошедшим 15 октября в 01 ч 18 мин UTC в 134 км от пункта "Карымшина" зарегистрированы

совместные возмущения геоакустической эмиссии, объемной активности эманаций и электрического поля. Они наблюдались в отсутствие дождя и сильного ветра, при слабо меняющемся атмосферном давлении. Предложена схема образования аномальных возмущений этих разных по природе и в разных средах полей. Обнаруженные возмущения можно рассматривать как комплексный краткосрочный предвестник данного землетрясения и свидетельство воздействия земной коры на приземную атмосферу во время его подготовки.

### **3.17 Статистика появления предсейсмических аномалий в геоакустической эмиссии и атмосферном электрическом поле**

*Мищенко, М.А.*

*Институт космических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

Представлена статистика появления аномальных возмущений высокочастотной геоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород и атмосферного электрического поля у поверхности земли перед землетрясениями. Для анализа использованы длительный непрерывный ряд измерений геоакустической эмиссии в период 2003-2012 гг. с пункта наблюдений "Микижа" и данные измерений атмосферного электрического поля, полученные в летне-осенние периоды 2006-2008 гг. в пункте "Микижа" и 2009-2012 гг. в пункте "Карымшина". Проведено сопоставление аномальных возмущений

эмиссии и поля с каталогом землетрясений Камчатского филиала Геофизической службы РАН.

### **3.18 Суточные вариации СДВ радиоволн на среднеширотной трассе Новосибирск-Улан-Удэ**

*Башкуев Ю.Б.<sup>1</sup>, Буянова Д.Г.<sup>1</sup>, Адвокатов В.Р.<sup>1</sup>,  
Нагуслева И.Б.<sup>1</sup>, Бояров А.Л.<sup>1</sup>, Дружин Г.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт физического материаловедения СО РАН*

<sup>2</sup> *ИКИР ДВО РАН*

Проведен анализ условий распространения СДВ радиоволн от вертикального электрического излучателя в волноводе Земля-ионосфера на радиотрассе Новосибирск-Улан-Удэ. Установлены устойчивые суточные вариации амплитуды и фазы радиосигнала и другие особенности распространения радиосигнала в СДВ диапазоне радиоволн. есь должны быть тезисы

### 3.19 Электромагнитная и акустическая эмиссия перед землетрясением на Камчатке

*Дружин Г.И., Марапулец Ю.В., Чернева Н.В.,  
Исаев А.Ю., Солодчук А.А.*

*ИКИР ДВО РАН*

Проведены наблюдения электромагнитного поля и акустической эмиссии, которые показали, что примерно за сутки до землетрясений с магнитудой  $M > 5$  в этих полях возникают одновременные излучения, причиной которых являются деформационные процессы при подготовке сейсмического события.



## Авторский указатель

- Агзагова М.Б., 33  
Адвокатов В.Р., 96  
Акбергенов Е.М., 12  
Александров Д.В., 74, 92  
Алсаткин С.С., 45  
Аммосов П.П., 17, 32  
Аммосова А.М., 17, 32  
Аргунов В.В., 80  
Бабаханов И.Ю., 67, 70  
Балабин Ю.В., 43  
Барашков Т.О., 15  
Башкуев Ю. Б., 12, 87  
Башкуев Ю.Б., 79, 91, 96  
Белаховский В.Б., 52  
Белов С.Ю., 30  
Белова И.Н., 30  
Берсенёва Н.Ю., 90  
Бессараб П.Ф., 35  
Богатов Н.А., 49  
Богданов В.В., 9, 91  
Борчевкина О.П., 19  
Бочковский Д.А., 15, 22, 26,  
38, 41, 46  
Бояров А.Л., 96  
Брюханов И.Д., 36  
Брюханова В.В., 27, 64  
Бураева Е.А., 40  
Бутин С.В., 70  
Буянова Д.Г., 91, 96  
Бычков В.В., 24  
Васильев П.А., 42  
Васильев Р.В., 23  
Веснин А.М., 23  
Викулин А.В., 73, 76  
Виляев А.В., 12  
Водинчар Г.М., 39, 60, 61,  
76  
Гаврилов В.А., 85  
Гаврильева Г.А., 17, 32  
Германенко А.В., 43  
Герус А.И., 73, 76  
Глоба М.В., 23  
Годомская А.Н., 61  
Давиденко Д.В., 83  
Дадашев Р.З., 19  
Дембелов М.Г., 79, 91  
Денисов А.Ю., 67  
Дмитриев А.В., 45  
Добрынина А.А., 79  
Долгая А.А., 73  
Доленко С.А., 62  
Дорошкевич А.А., 64  
Дружин Г.И., 10, 12, 79, 87,  
91, 96, 97  
Дубров М.Н., 74, 92  
Егоров Е.В., 40  
Едемский И.К., 28  
Жижикина Е.А., 63  
Заляев Т.Л., 54  
Захаров В.Е., 59

Ильминская А.В., 19	Маслов С.А., 40
Исаев А.Ю., 97	Мищенко, М.А., 95
Кайсин А.В., 9	Моисеев П.В., 21
Каримов Р.Р., 6, 29, 34, 80	Мороз Ю. Ф., 55
Карпов А.И., 19	Мороз Ю.Ф., 65
Карпов И.В., 19, 42	Мурр Д., 52
Касимова В.А., 90	Мыльникова А.А., 44
Клименко В.В., 13, 14, 59	Мягкова И.Н., 62
Клименко М.В., 13, 14, 35, 59	Нагуслаева И.Б., 12, 87, 91, 96
Козлов В.И., 6, 8, 29, 34, 50	Непомнящий Ю.А., 69
Козловский А.Е., 52	Ни Е.В., 27, 64
Колтовской И.И., 17, 32	Новиков П.В., 15
Копылова Г.Н., 81, 86	Носиков И.А., 35
Коренькова Н.А., 19	Нощенко Д.С., 76
Корсаков А.А., 8, 34	Павлов А.В., 91
Котова Д.С., 59	Панчишкина И.Н., 21, 40
Кравцов В. В., 92	Паровик Р.И., 88
Кравцов В.В., 74	Пережогин А.С., 24, 76
Криворотов К.А., 27	Петров А.И., 21, 40
Кузнецов В.В., 18, 47	Петров Н.А., 40
Кузнецова Н.Д., 18	Петрова Г.Г., 21, 40
Кузьмин Ю.Д., 94	Петрухин А.В., 83
Кшевецкий С.П., 42	Пилипенко В.А., 52
Ларионов И.А., 69, 74, 92	Полозов Ю.А., 11
Лукьянова Р.Ю., 13, 14	Полякова А.С., 13, 14, 28
Малкин Е.И., 56	Потанин М.Е., 90
Мальш Е.А., 39	Пулинец С.А., 83
Мандрикова О.В., 11, 54, 63	Пухов В.М., 56
Марапулец Ю. В., 74	Ратовский К.Г., 13, 14, 23, 45
Марапулец Ю.В., 82, 94, 97	Романов А.А., 9
Маричев В.Н., 15, 22, 26, 38, 41, 46	Руленко О.П., 94

Савельев Д.В., 67  
Самохвалов И.В., 36  
Санников Д.В., 56  
Саньков В.А., 79  
Сапунов В.А., 67  
Семаков Н.Н., 72  
Серафимова Ю.К., 87  
Середкин И.Н., 24  
Смирнов С.Э., 48, 55, 65, 70  
Соловьев И.С., 11, 54  
Солодчук А.А., 82, 94, 97  
Стасий И.Е., 10  
Суворова А.В., 45  
Тарабукина Л.Д., 8, 50  
Торопов А.А., 6  
Уваров В.Н., 25  
Узунов Д.П., 83  
Федоров Е.Н., 52  
Фетисова Н.В., 11  
Фещенко Л.К., 60  
Хаптанов В.Б., 79, 91  
Хомутов С.Ю., 54, 57, 67, 70  
Хомутова И.Н., 57  
Хоргуани Ф.А., 33  
Черемисин А.А., 15  
Чернева Н.В., 12, 39, 97  
Чирик Н.В., 13, 14  
Чхетиани О.Г., 21  
Шевцов Б.М., 12, 24, 74, 89  
Шереметьева О.В., 61  
Широкий В.Р., 62  
Щербаков А.А., 45  
Щербина А.О., 82

Ясюкевич Ю.В., 13, 14, 23,  
28, 44

# Содержание

<b>1</b>	<b>Физика атмосферы</b>	<b>6</b>
1.1	Каримов Р.Р., Козлов В.И., Торопов А.А. Вариации интенсивности ОНЧ-шумов на 8,7 кГц в циклах солнечной активности за период 2001-2015 годов . . . . .	6
1.2	Козлов В.И., Корсаков А.А., Тарабукина Л.Д. Вариации числа атмосфериков по наблюдения в Якутске в летние месяцы 2001-2015 гг. . . . .	8
1.3	Богданов В.В., Кайсин А.В., Романов А.А. Влияния циклонов над Камчаткой на распределение электронов в ионосфере . . . . .	9
1.4	Дружин Г.И., Стасий И.Е. Влияние рентгеновского излучения на суточные периоды ОНЧ излучений . . . . .	10
1.5	Мандрикова О.В., Полозов Ю.А., Соловьев И.С., Фетисова Н.В. Выделение и анализ ионосферных возмущений в периоды солнечных событий и геомагнитных бурь . . . . .	11
1.6	Виляев А.В., Акбергенов Е.М. Динамика вариаций параметров сигналов радионавигационных станций в ОНЧ диапазоне . . . . .	12
1.7	Дружин Г.И., Башкуев Ю. Б., Нагуслаева И.Б., Чернева Н.В., Шевцов Б.М. Естественное импульсное электромагнитное поле Земли по наблюдениям в Бурятии. . . . .	12

1.8	Ясюкевич Ю.В., Ратовский К.Г., Чирик Н.В., Клименко М.В., Клименко В.В., Полякова А.С., Лукьянова Р.Ю. Зимняя аномалия в NmF2 и в полном электронном содержании. 1. Морфология явления по данным наблюдений и результатам модельных расчетов . . . . .	13
1.9	Клименко М.В., Клименко В.В., Ясюкевич Ю.В., Ратовский К.Г., Полякова А.С., Чирик Н.В., Лукьянова Р.Ю. Зимняя аномалия в NmF2 и в полном электронном содержании. 2. Механизмы формирования долгой вариации зимней аномалии . . . . .	14
1.10	Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В., Барашков Т.О., Бочковский Д.А. Идентификация полярных стратосферных облаков над Томском по данным лидарных наблюдений . . . . .	15
1.11	Колтовской И.И., Аммосов П.П., Гаврильева Г.А., Аммосова А.М. Измерение вращательной температуры гидроксила на разных широтах . . . . .	17
1.12	Кузнецов В.В., Кузнецова Н.Д. Инверсии и экскурсы геомагнитного поля, как причины изменения климата. . . . .	18
1.13	Борчевкина О.П., Карпов И.В., Дадашев Р.З., Ильминская А.В., Карпов А.И., Коренькова Н.А. Исследование вариаций параметров ионосферы при локальных метеорологических явлениях в Калининградской области . . . . .	19

1.14	Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Петров А.И., Чхетиани О.Г., Моисеев П.В. Исследование вариаций электрического поля в приземной атмосфере с учётом её температурной стратификации . . . . .	21
1.15	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Исследование изменчивости содержания фонового аэрозоля в стратосфере над томском по данным лидарных наблюдений . . . . .	22
1.16	Ясюкевич Ю.В, Васильев Р.В., Веснин А.М., Глоба М.В., Ратовский К.Г. Крупномасштабные и мелкомасштабные неоднородности, генерируемые во время главной фазы магнитной бури 22 июня 2015 г. . . . .	23
1.17	Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н., Шевцов Б.М. Лидарные исследования рассеяния верхней атмосферы на возбужденных ионах атомарного кислорода . . . . .	24
1.18	Уваров В.Н. Методы выделения электромагнитных сигналов литосферного происхождения . . . . .	25
1.19	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Моделирование потенциальных возможностей измерений температуры в средней атмосфере лидаром из космоса . . . . .	26
1.20	Криворотов К.А., Ни Е.В., Брюханова В.В. Моделирование характеристик светорассеяния капельных полидисперсных облаков . . . . .	27
1.21	Едемский И.К., Полякова А.С., Ясюкевич Ю.В. Наблюдение эффектов солнечного терминатора в ПЭС в период действия тайфунов. . . . .	28

1.22	Каримов Р.Р., Козлов В.И. Напряженность атмосферного электрического поля в зависимости от географической широты местности. . . . .	29
1.23	Белов С.Ю., Белова И.Н. Определение параметра рассеяния на ионосферном экране при распространении радиосигнала в канале Земля–Ионосфера в коротковолновом диапазоне радиоволн. . . . .	30
1.24	Аммосова А.М., Аммосов П.П., Гаврильева Г.А., Колтовской И.И. Особенности влияния солнечной активности на температуру высокоширотной мезопаузы над Якутией в 23 цикле. . . . .	32
1.25	Хоргуани Ф.А., Агзагова М.Б. Особенности связи опасных метеорологических явлений (ОМЯ) и циклов солнечной активности на Северном Кавказе . . . . .	33
1.26	Корсаков А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р. Оценка изменения эффективной высоты волновода Земля-ионосфера по вариациям фазы ОНЧ-НЧ радиосигналов в период солнечного затмения . . . . .	34
1.27	Носиков И.А., Бессараб П.Ф., Клименко М.В. Применение метода подталкивания упругой нити в задачах радиосвязи и сейсмологии . . . . .	35
1.28	Самохвалов И.В., Брюханов И.Д. Проблема интерпретации данных лазерного поляризационного зондирования облаков верхнего яруса на основе теоретически рассчитанных матриц обратного рассеяния света монодисперсными кристаллами льда . . . .	36

1.29	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Программно-вычислительная система для обработки лидарных данных на МСВЗА ИОА СО РАН . . . . .	38
1.30	Малыш Е.А., Водинчар Г.М., Чернева Н.В. Распознавание свистящих атмосфериков в ОНЧ-спектрограммах . . . . .	39
1.31	Панчишкина И.Н., Петрова Г.Г., Бураева Е.А., Петров А.И., Егоров Е.В., Петров Н.А., Маслов С.А. Результаты измерений характеристик ионизации приземного слоя и содержания радона-222 в почве и атмосфере на берегу озера Байкал . . . . .	40
1.32	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Результаты лидарных исследований термического режима стратосферы над Томском . . . . .	41
1.33	Васильев П.А., Карпов И.В., Кшевецкий С.П. Роль стратосферных гравитационных волн в формировании неоднородностей верхней атмосферы . . . . .	42
1.34	Балабин Ю.В., Германенко А.В. Сезонные изменения спектра фонового гамма-излучения в приземном слое воздуха . . . . .	43
1.35	Мыльникова А.А., Ясюкевич Ю.В. Сравнение результатов методики TauAbsTEC с данными Глобальных Ионосферных Карт . . . . .	44
1.36	Ратовский К.Г., Щербаков А.А., Алсаткин С.С., Дмитриев А.В., Суворова А.В. Сравнительный анализ измерения электронной концентрации во внешней ионосфере . . . . .	45



1.37	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Сравнительный анализ лидарных, радиозондовых и спутниковых измерений температуры в нижней стратосфере региона Западной Сибири . . . . .	46
1.38	Кузнецов В.В. Ударная волна в ионосфере в момент землетрясения . . . . .	47
1.39	Смирнов С.Э. Частотный и временной анализ эффекта восхода Солнца в электрическом поле приземного слоя атмосферы . . .	48
1.40	Богатов Н.А. Электромагнитное поле, сопровождающее генерацию морского аэрозоля	49
1.41	Тарабукина Л.Д., Козлов В.И. Эффекты солнечных вспышек в вариациях грозовой активности на территории Северной Азии (летние сезоны 2009-2014 гг.) . . . . .	50
1.42	Пилипенко В.А., Белаховский В.Б., Мурр Д., Федоров Е.Н., Козловский А.Е. Модуляция параметров ионосферы глобальными Рс5 пульсациями, наблюдаемыми одновременно с помощью GPS-приемников и радара EISCAT . . . . .	52
<b>2</b>	<b>Геофизические поля и их взаимодействие</b>	<b>54</b>
2.1	Мандрикова О.В., Заляев Т.Л., Соловьев И.С., Хомутов С.Ю. Анализ геомагнитных данных и космических лучей в периоды повышенной солнечной активности . . . . .	54
2.2	Мороз Ю. Ф., Смирнов С.Э. Аномальные изменения вертикального геомагнитного поля на Камчатке . . . . .	55

2.3	Санников Д.В., Малкин Е.И., Пухов В.М. Влияние постоянного электрического поля земли на работу измерительного комплекса ОНЧ . . . . .	56
2.4	Хомутов С.Ю., Хомутова И.Н. Возможности использования старых аналоговых магнитограмм обсерваторий для получения новых данных о вариациях магнитного поля Земли . . . . .	57
2.5	Котова Д.С., Клименко М.В., Клименко В.В., Захаров В.Е. Изменение характеристик радиотрасс при наклонном зондировании высокоширотной ионосферы во время геомагнитных бурь . . . . .	59
2.6	Водинчар Г.М., Фещенко Л.К. Инверсии в шестиструйных моделях геодинамо . . . . .	60
2.7	Годомская А.Н., Водинчар Г.М., Шереметьева О.В. Инверсии магнитного поля в модели $\alpha\Omega$ -динамо . . . . .	61
2.8	Мягкова И.Н., Доленко С.А., Широкий В.Р. Исследование возможностей нейросетевого прогнозирования состояния внешнего РПЗ по данным космических экспериментов . . . . .	62
2.9	Мандрикова О.В., Жижикина Е.А. Нейросетевая система по оценке возмущенности геомагнитного поля . . . . .	63
2.10	Ни Е.В., Брюханова В.В., Дорошкевич А.А. О возможности определения водности капельных облаков по поляризационным характеристикам лидарного сигнала двукратного рассеяния . . . . .	64

2.11	Мороз Ю.Ф., Смирнов С.Э. О динамике электропроводности геологической среды в зоне субдукции на Камчатке . . . . .	65
2.12	Хомутов С.Ю., Сапунов В.А., Денисов А.Ю., Савельев Д.В., Бабаханов И.Ю. Оверхаузеровский компонентный магнитометр POS-4: результаты непрерывных измерений в 2015-2016 гг. на Геофизической обсерватории "Паратунка" ИКИР ДВО РАН, Камчатка . . . . .	67
2.13	Ларионов И.А., Непомнящий Ю.А. Особенности геодеформационных измерений приповерхностных осадочных пород . . . . .	69
2.14	Бабаханов И.Ю., Бутин С.В., Смирнов С.Э., Хомутов С.Ю. Первые результаты наблюдения атмосферного электрического поля с помощью электрометра CS110 на обсерватории "Паратунка", Камчатка . . . . .	70
2.15	Семаков Н.Н. Сверхзвуковые магнитные полюсы . . . . .	72
2.16	Долгая А.А., Викулин А.В., Герус А.И. Сейсмическая и вулканическая активность как проявления единого волнового геодинамического процесса . . . . .	73
2.17	Александров Д.В., Дубров М.Н., Кравцов В.В., Ларионов И.А., Марапулец Ю. В., Шевцов Б.М. Сейсмо-деформационный и акустический мониторинг геодинамических процессов высокочувствительными пространственно разнесенными приборами в сейсмоэнергоактивной и асейсмической зонах . . . . .	74

2.18	Водинчар Г.М., Нощенко Д.С., Пережогин А.С. Тест Пенлеве одной системы гидродинамического типа . . . . .	76
2.19	Герус А.И., Викулин А.В. Численная оценка параметров сейсмического процесса в ротационной модели блоковой геосреды . .	76
<b>3</b>	<b>Физика предвестников землетрясений</b>	<b>79</b>
3.1	Башкуев Ю.Б. , Хаптанов В.Б., Дембелов М.Г., Саньков В.А., Добрынина А.А., Дружин Г.И. Анализ радиоимпедансных и георадарных зондирований на Торской и Кыренской палеосейсмодислокациях . . . . .	79
3.2	Аргунов В.В. Каримов Р.Р. Вариации амплитуды сигналов грозовых разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений .	80
3.3	Копылова Г.Н. Гидрогеологические предвестники сильных землетрясений (к 40-летию гидрогеосейсмологических исследований на Камчатке) . . . . .	81
3.4	Марапулец Ю.В., Солодчук А.А., Щербина А.О. Изменение направленности геоакустического излучения на станции «Микижа» в связи с землетрясениями на Камчатке . . .	82
3.5	Пулинец С.А., Узунов Д.П., Давиденко Д.В., Петрухин А.В. Многопараметрический мониторинг краткосрочных предвестников землетрясений и его физическое обоснование в приложении к Камчатскому региону . . . . .	83

3.6	Гаврилов В.А. Мониторинг удельного сопротивления геосреды с использованием подземных электрических антенн: физическая основа метода и результаты . . . . .	85
3.7	Копылова Г.Н. О свойствах среднесрочных предвестников землетрясений и их практическом использовании . . . . .	86
3.8	Серафимова Ю.К. О связи сильных землетрясений и природных ритмов . . . . .	87
3.9	Нагуслаева И.Б., Башкуев Ю. Б., Дружин Г.И. ОНЧ электромагнитный фон в сейсмоактивной Байкальской рифтовой зоне . . . . .	87
3.10	Паровик Р.И. Об одной эредитарной колебательной ситемы с учетом эффекта stick-slip	88
3.11	Шевцов Б.М. Особенности акустических и электромагнитных предвестников землетрясений . . . . .	89
3.12	Касимова В.А., Потанин М.Е., Берсенёва Н.Ю. Отклики параметров электромагнитного поля на землетрясения на КГО Карымшина, Камчатка . . . . .	90
3.13	Башкуев Ю.Б., Буянова Д.Г., Дембелов М.Г., Нагуслаева И.Б., Хаптанов В.Б., Дружин Г.И. Поле земной волны над разломной зоной . . . . .	91
3.14	Богданов В.В., Павлов А.В. Расчет параметров сейсмического режима на основе вероятностной модели каталога землетрясений Камчатского региона . . . . .	91
3.15	Александров Д.В., Дубров М.Н., Кравцов В. В., Ларионов И.А. Результаты испытаний трехзеркального лазерного интерферометра на Камчатском геополигоне. . . . .	92

3.16	Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Кузьмин Ю.Д., Солодчук А.А. Совместное возмущение геоакустического, эманационного и атмосферного электрического полей у границы земная кора-атмосфера перед землетрясением . . . . .	94
3.17	Мищенко М.А. Статистика появления предсейсмических аномалий в геоакустической эмиссии и атмосферном электрическом поле . . . . .	95
3.18	Башкуев Ю.Б., Буянова Д.Г., Адвокатов В.Р., Нагуслаева И.Б., Бояров А.Л., Дружин Г.И. Суточные вариации СДВ радиоволн на среднеширотной трассе Новосибирск-Улан-Удэ . . . . .	96
3.19	Дружин Г.И., Марапулец Ю.В., Чернева Н.В., Исаев А.Ю., Солодчук А.А. Электромагнитная и акустическая эмиссия перед землетрясением на Камчатке . . . . .	97

# 1 Atmosphere physics

## 1.1 Methods of extraction of electromagnetic signals of lithospheric origin

*Uvarov V.N.*

*IKIR FEB RAS*

There was a comparative analysis of the conditions of signal propagation atmospheric lightning and lithospheric origin. It is shown that the use of a differential reception (using a quadrupole antenna) allows reliable receiving of signals of lithospheric origin in spite of the presence of powerful storm signals. Allocation algorithm lithospheric origin signals based on the method of least squares to calculate the weight of the modified spectral components of the Fourier coefficients, considered. Examples of processing results.

Conclusions about the feasibility of using these methods in the analysis of acoustic and electromagnetic emission of the lithosphere.

## 1.2 Allocation and analysis of the ionospheric disturbances during periods of solar events and geomagnetic storms

*Mandrikova O.V.<sup>1</sup>, Polozov Yu.A.<sup>1,2</sup>, Solovev I.S.<sup>1,2</sup>,  
Fetisova N.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation*

<sup>2</sup> *Kamchatka State Technical University*

The study is based on new methods of analysis of ionospheric and magnetic data applying multi-component model constructions (MCM) developed by the authors. According to the data from of ground stations, we made an analysis of ionospheric and geomagnetic data and studied the space-temporal features of the distribution of the disturbances in magnetospheric-ionospheric system. Large-scale anomalous increases in the ionosphere were detected several hours before the beginning of geomagnetic storms. During periods of strong geomagnetic disturbances positive phases changed to negative. This research is supported by a grant of Russian Science Foundation No. 14-11-00194.



### 1.3 Application of the nudged elastic band method for radio and seismic wave propagation problem

*Nosikov I.A.<sup>1</sup>, Bessarab P.F.<sup>2</sup>, Klimenko M.V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

<sup>2</sup> *Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*

<sup>3</sup> *West Department of Pushkov IZMIRAN, RAS, Kaliningrad, Russia*

The nudged elastic band method (NEB) for calculating paths of the radio and seismic wave propagation is proposed and applied. The method is based on the direct variational principle for the optical path (Fermat's principle). The idea is to minimize the functional of the radio path directly, while the endpoints of the trajectory are kept fixed according to the boundary conditions. The method has been applied to various test problems. The method has also been applied to study point-to-point ionospheric and seismic ray path calculations for inhomogeneous medium. The comparison between results given by NEB method and numerical solution of eikonal equation with shooting approach has a good agreement. The possibility of finding multiple ray paths is shown. The analysis and assessment of the search possibility of the high, low ionospheric rays from the perspective of the theory of the calculus of variations are performed. The main problems of their determination and possible ways of solution are outlined.

## 1.4 Comparative analysis of lidar, radiosonde and satellite measurements of the temperature in the lower stratosphere in the region of Western Siberia

*Marichev V.N., Bochkovsky D.A.*

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

A comparison of the vertical distribution of temperature in the lower stratosphere according to the lidar, radiosonde and satellite measurements was performed. In lidar measurements Raman and Rayleigh channels were used for receiving of scattering light at wavelengths of 532nm and 607nm. A good qualitative and quantitative agreement was obtained between the vertical profiles of temperature. The prospect of using the combined method for measuring the temperature in the stratosphere was shown.

## 1.5 Comparative analysis of the electron density measurements in the outer topside

*Ratovsky K.G.<sup>1</sup>, Shcherbakov A.A.<sup>1</sup>, Alsatkin S.S.<sup>1</sup>,  
Dmitriev A.V.<sup>2,3</sup>, Suvorova A.V.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS*

<sup>2</sup> *Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov  
Moscow State University*

<sup>3</sup> *National Central University, Taiwan*

Comparative analysis of the electron density measurements in the outer topside is required for calibration of various ionospheric models. Recent comparisons of the International Reference Ionosphere model (IRI) with the data of CHAMP and GRACE satellites during the 2008-2009 solar minimum revealed significant differences in the electron density at 300-500 km. In this paper we compare the electron density obtained with the Irkutsk incoherent scatter radar (52.9<sup>0</sup> N, 103.3<sup>0</sup> E) and the COSMIC/FORMOSAT-3 satellites during their flybys near the radar location. For comparison with the IRI model, there were used the long-duration continuous Irkutsk incoherent scatter radar measurements. These measurements allowed us to obtain monthly averaged patterns of height-diurnal electron density variations that were compared with the IRI model. Comparative analysis revealed systematic differences between the two instruments (radar and COSMIC/FORMOSAT-3), as well as between the two instruments and the IRI model for four seasons and two solar activity levels (low and moderate).

## 1.6 Comparison of TayAbsTEC technique results with Global Ionospheric Maps data

*Mylnikova A.A., Yasyukevich Y.V.*

*Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences*

We presented a technique TayAbsTEC for estimation of absolute vertical total electron content (VTEC), its gradients and differential code biases based on the TEC model which is a classical Taylor series expansion of vertical TEC in space and time. We evaluated the difference between VTEC data estimated by TayAbsTEC and VTEC data from Global Ionospheric Maps provided by CODE and JPL laboratories. We found that, in average, the difference between results of TayAbsTEC and JPL data is larger than the difference between results of TayAbsTEC and CODE. It is shown that during the year of solar activity maximum (2014) the difference between VTEC data by TayAbsTEC and by JPL is twice higher than during the year of solar activity minimum (2009). The difference between VTEC data by TayAbsTEC and by CODE does not change in comparison with the difference during the year of solar activity minimum.

## 1.7 Detection of the Whistlers in VLF-spectrograms

*Malysh E.A.<sup>1</sup>, Vodinchar G.M.<sup>2,1</sup>, Cherneva N.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysics Research and Radio Wave Propagation FEB RAS*

The report describes the system of pattern recognition of whistlers in the spectrograms of VLF radio signals. The system works with spectrograms of 15-minute intervals VLF signal. The recognition process consists of three stages:

1. spectrogram median filtering in order to suppress narrowband noise and atmospheric;
2. the non-linear transformation of the plane " time-frequency " for the purpose of straightening whistler images;
3. recognition of whistlers in the transformed spectrogram by neural network.

The examples of the system, discusses its performance and reliability.

## 1.8 Determination of parameter of scattering on the ionospheric screen in the propagation of a radio signal in Earth-Ionosphere channel in the short-wave range of radio waves.

*Belov S.Yu.<sup>1</sup>, Belova I.N.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.*

<sup>2</sup> *A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation.*

Parameter of returned partially scattered ionospheric signal  $Beta\_k$  is of interest to an important characteristic of the "perturbation" and "turbidity" of statistically inhomogeneous ionospheric plasma and to the work index of reliability of ionospheric communication channels including diagnostic one. Prompt and reliable estimate of the parameter  $Beta\_k$  is of interest to radio physics, geophysics, and optics. Specification for ionospheric case is implemented. This range allows us to diagnose sub-surface layer of the earth for earthquake precursors, because scattering parameter is formed by inhomogeneities dielectric permittivity of the subsurface structures.

The ionospheric echo (IE) signal/noise ratio  $Beta\_k$  is of interest as the ionospheric plasma concentration measure of disturbance, as well as the communication (or diagnostic) channel characteristic. The paper presents the results of comparison of the measurement method from the point of view of their admissible relative analytical errors. The new method is suggested. The subscript  $k = E, R2, R4$  indicates the primary parameter recorded (E - quadrature,

R - envelope of the IE), and the method used (E - coherent; R2, R4 - noncoherent). Usually in use: 1) the standard R2-method, where  $Betta\_R2 = f\_R2 (Alfa\_R2)$ ; 2) the coherent

E-method,  $Betta\_E = f\_E (Alfa\_E)$ . The paper presents the new R4-method, where  $Betta\_R4 = f\_R4 (Alfa\_R4)$ . Above  $Alfa\_k$  are the values measured and  $f\_k$  are the known functions.

The comparative analysis of the normalized relative analytical errors

$Eps^*k = (1/Betta\_k) df\_k/dAlfa\_k$  of the known methods and the new one was performed. It was shown that errors  $Eps^*E$  and  $Eps^*R4$  have the same order ( $Eps^*R4 = 3/2 Eps^*E$ ) and both errors significantly exceed the error  $Eps^*R2$  in comparison with standard R2-method by measurement accuracy of  $Betta\_k$ . As a result, it was found that sufficient  $Betta\_k$  analytical measurement accuracy can be achieved when using an noncoherent apparatus using a new R4-method.

## **1.9 Dynamic variations navigation station signal parameters in the VLF range**

*Vilyayev A.V., Akbergenov E.M.*

*Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan*

Abstract: The analysis of records signal amplitude four radio navigation stations in the frequency range 18.2 - 23.4 kHz received in Almaty is made. Seasonal change of the course of daily amplitudes of the summer to the winter months, connected with variations of efficiency of ionization

of D ionosphere is allocated. The spectrum of the signal amplitude and the correlation with the variations of the geomagnetic field according to the geomagnetic observatory "Alma-Ata" is considered.

## 1.10 Impact of cyclones over Kamchatka on electron distribution in the ionosphere

*Bogdanov V.V.<sup>1</sup>, Kaisin A.V.<sup>1</sup>, Romanov A.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *IKIR FEB RAS*

<sup>2</sup> *OAO «Russian Space Systems»*

The paper presents the results of investigation of cyclone impact on ionosphere parameters. Ionosphere state was observed by the automatic sounding equipment applying low-orbital navigational spacecrafts in the conditions of low seismicity. Receiving stations are located in the meridian direction of Kamchatka peninsular, in Paratunka, Mil'kovo and Esso. Under the investigation were the cyclones which passed over Kamchatka from January 2012 to February 2014 in calm and moderately calm magnetic conditions (geomagnetic activity index is  $K \leq 17$ ) and low seismicity. It was shown that during the passage of five out of eight cyclones over Kamchatka, a synchronous increase of electron concentration over its center occurred if compared with the closest days without cyclones. As the latitude increased, i.e. with distance from the center of a cyclone, the electron concentration decreased in comparison to calm days. The paper was supported by RFBR Grant №11-05-00915, according to the Program of RAS Presidium №12-1-P22-01 and the FEB RAS Program «Satellite monitoring



of the Far East for Fundamental Scientific Investigations of FEB RAS».

### **1.11 Effect of X-ray radiation on diurnal periods of VLF emissions**

*Druzhin G.I., Stasiy I.E.,*

*IKIR FEB RAS*

Registration of electromagnetic noise radiations at fixed frequencies and pulsed broadband radiation was carried out. Spectral analysis showed that variations of VLF emissions present diurnal components associated with periods of rotation of the Earth relative to the Sun and relative to the stars. It is shown that the diurnal variations of VLF emissions manifested emissions of the Solar X-rays and X-ray Galactic.

## 1.12 Effect of solar activity to a temperature on the high-latitude mesopause over Yakutia in the 23rd cycle.

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

*Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy,  
Russian Federation*

OH(6-2) rotational temperature trends and solar cycle effects are studied. Observations were carried out at the Maimaga station (63.04° N, 129.51° E) for the period August 1999 to March 2013. Measurements were conducted with an infrared spectrograph. Temperatures were determined from intensity ratios in the P branch of the OH band. The monthly average residuals of temperature after the subtraction of the mean seasonal variation were used for a search for the solar component of temperature response. The dependence of temperatures on solar activity has been investigated using the Ottawa 10.7 cm flux as a proxy. A linear regression fitting on residual temperatures yields a solar cycle coefficient of  $4.24 \pm 1.39$  K/100 solar flux units (SFU). The cross-correlation analyses showed that changes of the residual temperature follow changes of solar activity with a quasi-two year delay (25 months). The temperature response at the delay of 25 months reaches 7 K/100 SFU. The research was supported by "Scientific and Educational Foundation for Young Scientists of Republic of Sakha (Yakutia)" 201604010210.

### 1.13 Effects of solar flares on variations of lightning activity over North Asia (summer season 2009-2014)

*Tarabukina L.D.<sup>1,2</sup>, Kozlov V.I.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of SB RAS*

<sup>2</sup> *M.K. Ammosov North-Eastern Federal University*

The comparison of lightning strike daily number time series, radiopulses of which were recorded over territory 60-180 E, 40-80 N, was made during 6 days before and after solar flares of X and M classes. The data of lightning strike number were obtained by the World wide lightning location network (WWLLN) with better detection efficiency (more than 15%) for lightning strike with current more than 30 kA. One station of WWLLN is installed at Yakutsk. The data of solar flares were obtained from open access source of "Space weather prediction center", NOAA (<http://www.swpc.noaa.gov>). During summer seasons 2009-2014 (1 June - 31 August) when lightning activity was intense for whole considered territory, there were selected 4 of X class and 17 of M class solar flares from 5 and 66 total occurred flares correspondingly. The condition of selection was that flares should not occur consequently during 3 days. The averaged by superposed epoch method lightning strike daily number showed the increase (by 1.7 times compared to starting point level) 3-4 days later X class solar flare appearance. The response of lightning strike number to M class flares appearance was not found within statistical significance.

## 1.14 Electromagnetic field accompanying the generation of sea spray

*Bogatov N.A.*

*Institute of applied physics RAS*

It is known that the drops formed in white caps on the sea surface, can carry an electric charge. One of the most effective mechanisms of generation of charged drops in the sea spray is the so-called "bubble" mechanism. Bubbles, previously entrained in the water column by breaking waves, rise to the surface and burst. The cavity remaining after the bubble cap has shattered collapses violently, and a vertical jet forms. The jet then fragments into several droplets (may be one) that are ejected into the air. The largest electric charge carries the upper jet drop. Static electric field produced by the sea spray repeatedly recorded in field experiments. The intensity of the sea spray and its electric field increase with increasing intensity of the foam-formation in the breaking waves. The magnitude of the static electric field created by the charged droplets of the sea spray, can be several times higher than the fair weather atmospheric field. The generation of jet droplets is pulsed, and the frequency spectrum of the electric field produced by drops should include not only constant but also alternating components. The alternating electric field, especially the wave field can be more accessible for remote registration, than the static field. The aim of this work is the calculation of the spectrum and intensity of the alternating electric field - a quasi-stationary, induction and wave - accompanying the generation of charged droplets in the foam on the sea surface.

## 1.15 Estimation of changes of effective height of the Earth-ionosphere waveguide by VLF-LF radio signals phase variations during solar eclipse

*Korsakov A.A.<sup>1</sup>, Kozlov V.I.<sup>1,2</sup>, Karimov R.R.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy*

<sup>2</sup> *North-Eastern Federal University*

Upon check in Yakutsk obtained stable diurnal variations in the phase of VLF-LF signals of remote radio stations. During the solar eclipse of May 20 - 21, 2012 at the periods of the moon shadowing propagation paths recorded signal phase variations. The signal JJY40 station (40 kHz, 37.4N, 140.84E) phase changes is 0.77 radian. The NPM signal station (21.4 kHz, 21.4N, 158.1E) phase changes is 0.54 radian. By the values of the Bessel elements eclipse 20-21 May, 2012 the distribution area ratio of the open part of the Sun to complete along the paths JJY40-Yakutsk (2850 km) and NPM-Yakutsk (6995 km) on the route elements of 200 km and time resolution of 3 minutes obtained. The normalization factor linking the changes in the effective height of the Earth-ionosphere waveguide and the logarithm of the ratio of the flux of solar radiation during the eclipse to a full radiation flux in the daytime is determined by the least squares method, according to solar eclipse phase variations (Ph). The effective height of the Earth-ionosphere waveguide is the level of the electron density of the ionosphere along the propagation path. The normalization coefficients are equal to 3.27 and 2.27 km for radio JJY40 - Yakutsk and NPM - Yakutsk respectively. The maximum changes in the

height of the Earth-ionosphere waveguide for the maximum shading route JJY40 - Yakutsk (22:47 UT) is 4.63 km (39N 140E, Ph = 0.88). For the path NPM - Yakutsk (23:52 UT) maximum changes is 4.25 km (49N 177E, Ph = 0.96).

## **1.16 Features of interrelation dangerous meteorological phenomena (DMF) and cycles of solar activity in the North Caucasus**

*Khorguani F.A., Agzagova M.B.*

*High-Mountain Geophysical Institute*

In present paper the interconnection of dangerous meteorological phenomena and solar activity is considered. Cyclic dynamics and correlated relationship of average annual, seasonal and temporal distribution of dangerous meteorological phenomena with variation of solar activity during corresponding periods is parsed. As a result of this research we concluded that temporary move of solar activity W average monthly distribution is quite synchronous to DMF distribution and the correlation coefficient equals to 0,77. As for average annual distribution coefficient, it equals to 0, 82. The years full with dangerous meteorological phenomena are characterized with maximal solar activity and, vice versa, during the years of low solar activity intensity of these phenomena are reduced.

## 1.17 Frequency and time analysis of sunrise effect in the electric field of the surface layer of the atmosphere

*Smirnov S.E.*

*Institute of Cosmophysics Research and Radiowave  
Prorogation, Far East Branch, Russian Academy of  
Sciences*

A typical diurnal variation of atmospheric electric field with a maximum is observed in the morning during fair weather conditions. Statistical estimates of the effect parameters, such as time of the beginning, time of a maximum, its intensity and duration, were obtained. It was shown experimentally that the diurnal variation maximum of atmospheric electric field intensity is associated with air temperature height distribution.

Power spectra of time variations of electric field intensity in the near ground atmosphere and of the horizontal component of geomagnetic field were under study. It was shown that there are oscillations with the periods of  $T \sim 2,0 - 2,5$  hours in the power spectra of these parameters during a day. During the sunrise, the intensity of these oscillations in the power spectra of electric field intensity significantly increases simultaneously with the increase of oscillations in the period band of  $T < 1$  h. Cross-spectrum argument variations of these parameters showed that the oscillations in the period band of 2,0–2,5 h are caused by remote sources above the dynamo-region of the ionosphere, and the oscillations in the period band of 0,5–1 h are caused by the sources in the lower atmosphere. A possible mechanism of generation of these oscillations was proposed. It is associated with vortex

motion of convective cells arising during the sunrise in the atmosphere exchange layer.

## 1.18 Identification of polar stratospheric clouds observed by lidar above Tomsk

*Cheremisin A. A.<sup>1,2</sup>, Marichev V. N.<sup>3</sup>, Novikov P. V.<sup>2</sup>,  
Barashkov T. O.<sup>2</sup>, Bochkovskii D. A.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Siberian Federal University*

<sup>2</sup> *Krasnoyarsk Institute of railway transport*

<sup>3</sup> *Institute of atmospheric optics them. V. E. Zuev SB RAS*

Polar stratospheric clouds (PSC) are regularly observed in the Northern Europe. But PSC is a rare phenomenon in Russia. In addition, there are only a few high-altitude atmosphere lidar stations in this huge territory. One of them is the station operating in the Tomsk, V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS.

The peaks of aerosol scattering were registered in the stratosphere above Tomsk in January 2010 and 26-28 January 2016. The results of air mass transport calculations showed that the back trajectories passed over Tomsk at the aerosol scattering peak altitudes, had the segments with the low temperature corresponding to the PSC formation temperature. In the different cases the stratosphere cooling occurred over Tomsk, Scandinavia, the North Urals and Novaya Zemlya.

The calculations of air mass transport were performed by software developed by our group, using original methods and UK Met Office stratospheric Assimilated data on wind



velocities at various altitudes in the atmosphere of the Northern hemisphere. This technique has yielded some good results for understanding of the volcanic aerosol transfer and the meteoric aerosol spread.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 16-05-00901), the grant of the Russian Federation President NSH 4714.2014.5 and the grant RSF 14-27-00022. The authors are grateful to the UK Meteorological Office for providing data.

## **1.19 Large-scale and Small-scale Ionospheric Irregularities Durning the Main Phase of the 2015 June 22 Magnetic Storm**

*Yasyukevich Yu.V., Vasilyev R.V., Vesnin A.V.,  
Globa M.V., Ratovsky K.G.*

*Institute of solar-terrestrial physics SB RAS*

We investigated large-scale and small-scale ionospheric irregularities during the 2015 June 22 magnetic storm. Large-scale structure was investigated based on worldwide GPS/GLONASS network data. Small-scale irregularities were studied based on ISTP SB RAS experimental equipment. We used data on F-spread (ionosonde DPS-4), "Cygnus-A" radio source scintillations (incoherent radar), ~1200/1600 MHz navigation signal amplitude scintillations (GPS/GLONASS receiver). During main phase of magnetic storm we recorded F-spread in DPS-4 data along with increasing of "Cygnus-A" signal scintillation passing through incoherent radar directional diagram. Navigation signal

amplitude scintillations were not higher than background level, but we recorded short-term phase fluctuation increasing. We find out a correlation between small-scale irregularities appearance and propagating large-scale ionospheric disturbances of auroral origin to mid-latitude.

## 1.20 Lidar investigations of the upper atmosphere scattering at excited atomic oxygen atoms

*Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Seredkin I.N.,  
Shevtsov B.M.*

*Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation*

The results of studies of the upper atmosphere lidar scattering are presented. The observations were carried out at the wavelength of 561.1 nm, which corresponds to the transition between the excited states  $2s^22p^2(^3P)4p \rightarrow 2s^22p^2(^1S)3s$  of atomic oxygen ion. We discuss the possibility of application of the lidar technique in ionospheric research. The physical basis of this method can be the resonant scattering on the ions of the upper atmosphere.

## 1.21 Measurement of hydroxyl rotational temperatures at different latitudes

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

*IKFIA SB RAS, Yakutsk, Russia*

The report provides a preliminary analysis of the band rotational temperatures OH (3,1) at an altitude of 87 km measured ANDOR spectrographs, mounted on optical stations Tiksi ( $71.5^{\circ}$  N,  $128.5^{\circ}$  E) and Maimaga ( $63^{\circ}$  N,  $129.5^{\circ}$  E). Infrared spectrograph consists of a monochromator Shamrock SR-303i, equipped with highly sensitive infrared iDus InGaAs photodiode array detector DU490A-1.7 ANDOR. Operating wavelength range 1490 – 1544nm. Cooling  $-60^{\circ}$  C. The angle of  $\sim 3^{\circ}$ . Spectrograph resolution 0.2 mm width of the entrance slit is 0.8 nm. Hydroxyl molecule spectra of OH (3,1), radiates at an altitude of about 87 km, registered in the automatic mode when the angle of the sun dipping  $> 9^{\circ}$  every minute of every day and transmitted via the Internet to the server of the Institute. The device registers the night sky glow under zenith angle of 47 degrees. Exposure 1 minute. The method for estimating the rotational temperature of molecular emissions is based on the least squares fit of model spectra constructed with regard to the instrument function for different previously specified temperatures to an actually measured spectrum. For the analysis of observational data for September-December 2015 will be used, the moonless clear nights will be selected. It is planned to make a comparison with the satellite data. The research was supported by "Scientific and Educational Foundation for Young Scientists of Republic of Sakha

(Yakutia)"201604010210.

## **1.22 Modelling of potential temperature measurement capabilities in the middle atmosphere from space lidar**

*Marichev V.N., Bochkovsky D.A.*

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

The evaluation of the capacity of the temperature measurement by elastic molecular scattering of light using space-based lidar was done. The calculation error of lidar measurements of the temperature in the middle atmosphere in the UV wavelength range was performed. As a lidar transmitter was taken solid state Nd: YAG - laser radiation with the 3rd and 4th harmonics with wavelengths of 353 and 266nm. It was shown the prospects of laser sounding at a wavelength of 353nm. Using this laser, the height measurement range is covered 10-70km over the darkened surface of the globe. Laser measurements with a wavelength of 266nm in the middle atmosphere is practically not possible due to the absorption of radiation by ozone.

## 1.23 Natural pulsed electromagnetic field of the Earth observations in Buryatia.

*Druzhin G.I.<sup>1</sup>, Bashkuev Ju.B.<sup>2</sup>, Naguslaeva I.B.<sup>2</sup>,  
Cherneva N.V.<sup>1</sup>, Shevtsov B.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *IKIR FEB RAS*

<sup>2</sup> *IPMS SB RAS*

According to the registration of Natural Pulsed Electromagnetic Field of the Earth (NPEMFE) and data from the World Wide Lightning Network (WWLLN) shows a possible link received from the Buryatia territory radiation with local and world thunderstorms centers

## 1.24 Problem of data interpretation of polarization laser sensing of high-level clouds on the basis of theoretically calculated phase matrices of backscattering by monodisperse ice crystals

*Samokhavalov I.V., Bryukhanov I.D.*

*National Research Tomsk State University*

Correct account of the effect of high-level clouds on the results of calculation of the Earth's radiation budget remains an important unsolved problem. This situation is caused by the fact that transmission of incoming solar radiation and outgoing Earth's thermal radiation by such clouds is determined by their microstructure properties

including spatial orientation of non-spherical ice particles. Measurements of orientation of the particles in clouds by common contact devices are impossible since this information on the microstructure of ensemble of crystalline ice particles is lost during sampling.

Full information on the cloud microstructure is contained in its backscattering phase matrix which connects the Stokes vector of sensing radiation with one of radiation backscattered by cloud particles. The method of experimental measurements of phase matrices is implemented in the high-altitude polarization lidar developed at National Research Tomsk State University. In contrast to the existing analogs, this lidar allows all 16 elements of a phase matrix to be determined. We have accumulated the data array of the phase matrices of high-level clouds containing more than 500 matrices over two past decades. However, the problem of interpretation of the experimental data related to the estimation of orientation parameters of crystalline particles is still not solved. The main reason is the lack of a rigorous theory of electromagnetic wave scattering on an ensemble of spatially oriented ice particles. Our approach to the inverse problem - determination of microstructure parameters of clouds - solving consists on the comparison of backscattering phase matrices obtained experimentally with ones calculated theoretically. In the present report, we discuss the results of microstructure estimation of high-level clouds on the basis of comparison of the backscattering matrices obtained experimentally with ones calculated theoretically for polydisperse ensembles of ice particles. Wherein, the matrices of polydisperse ensembles were calculated as an additive sum (with weights) of phase matrices for monodisperse ensembles of ice crystals according the real

parameters of functions of distribution of the cloud particles in shape, size, and parameters of spatial orientation.

This work was supported in part by Russian Foundation for Basic Research (grant No. 16-05-00710) and by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation in the framework of the Tomsk State University Academic D.I. Mendeleev Fund Program (project No. 8.1.12.2015).

## 1.25 Research of Electric Field Variations in the Surface Atmosphere with Consideration of Its Temperature Stratification

*Petrova G.G.<sup>1</sup>, Panchishkina I.N.<sup>1</sup>, Petrov A.I.<sup>1</sup>,  
Chkhetiani O.G.<sup>2</sup>, Moiseev P.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Southern Federal University*

<sup>2</sup> *A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of RAS*

The paper analyses the results of atmospheric electrical measurements made by the geophysical research laboratory of the Physical Faculty of Southern Federal University (SFEDU) in August of 2014 during the joint expedition with A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian Academy of Sciences (IAP RAS) at Tsimlyanskaya research station of IAP.

The research demonstrates that layers of space charge of different polarity are formed near the ground, which can be detected by the potential gradient profiles. The potential gradient values at ground level are registered by fluxmeter. The potential gradient values averaged for the layers are calculated by potentials, measured with the use

of radioactive collectors. Possible formation mechanisms of surface layer electric structure studied under different conditions are discussed, considering data about temperature stratification of atmosphere, obtained by the use of MTP-5 temperature profile meter, and the results of meteorological parameters measurements, aerosols concentration, Rn-222 volumetric activity in soil gas and atmospheric air.

The research was performed with support of Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant 16-05-00930 A.

## **1.26 Research of variations of ionospheric parameters during the local meteorological phenomena in the Kaliningrad region**

*Borchevkina O.P.<sup>1</sup>, Karpov I.V.<sup>1,2</sup>, Dadashev R.Z.<sup>1</sup>,  
Il'minskaya A.V.<sup>1</sup>, Karpov A.I.<sup>1</sup>, Korenkova N.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Immanuel Kant Baltic Federal University*

<sup>2</sup> *KF IZMIRAN*

Meteorological processes in the troposphere are a source of excitation of acoustic-gravity (AGWs) and internal gravity waves (GWs) in a wide spectral range. In the Kaliningrad region meteorological perturbation is sufficiently regular. Theoretical and experimental studies suggest that AGWs excited in the lower atmosphere can be distributed to the heights of the upper atmosphere and cause ionospheric perturbations. In this paper the aim is to identify the morphological features of ionospheric perturbations initiated



by meteorological processes in the lower atmosphere. To analyze atmospheric and ionospheric perturbations observations have been selected during the periods of the strongest meteorological storms in the Kaliningrad region. Research of variations of atmospheric parameters was carried out by two-channel remote lidar sensing. Vertical sensing data and variations of the total electron content TEC (Total Electron Content) used as the ionospheric parameters. For reliable detection of morphological feature have been selected meteorological storms, which were not accompanied by geomagnetic disturbances. Results of the analysis of ionospheric observations have shown that during periods of meteorological perturbations reduction of diurnal variations in the amplitude of the TEC appears on the background of low atmospheric pressure in relation to meteorological calm days. The variations in the critical frequency of the F-region of the ionosphere observed decrease in the amplitude of the diurnal variations and the emergence periods manifestations F - scattering. Analysis of the variations of the atmospheric and ionospheric parameters showed that during periods of meteorological perturbations increase of the amplitude variations has been marked with periods of AGWs and GWs.

## **1.27 Results lidar studies of the thermal regime of the stratosphere over Tomsk**

*Marichev V.N., Bochkovsky D.A.*

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

One of the important application of lidar technology is the study of the thermal regime of the atmosphere. Such studies in the monitoring mode at the Institute of Atmospheric Optics SB RAS were launched in 1994 and continues today. Particular attention is paid to the study of manifestations of sudden perturbations in the middle stratosphere caused by winter stratospheric warming (SW). The results of investigations on this subject can be found in papers [1-6]. This article presents the study of the vertical distribution of temperature over Tomsk in the perturbed and calm periods 2015.

## **1.28 Reversals and excursions of the geomagnetic fields as reason of climate change.**

*Kuznetsov V.V., Kuznetsova N.D.*

*IKIR FEB RAS*

Reason why sharp climate changes caused by reversals and excursions of the geomagnetic field (GMF) differ in their character is discussed. Excursions are accompanied by significant drops of the GMF intensity causing the

increase of cosmic rays (CR) flux penetration into the Earth atmosphere. Comparison of Gothenburg, Laschamp and Blake excursions with trend of the ocean level demonstrates that these excursions were accompanied by climate warming and increase of the ocean level contrary to climate cooling and ocean level decrease during Mono Lake and Norwegian-Greenland Sea excursions. Character of the climate change during excursions is suggested here to be determined by optic properties of atmosphere namely its transparency in period preceding an excursion. CR are ionizing atmosphere atoms and the rise of CR density on about some orders as follows from our estimations is cleaning the dusted atmosphere due to aerosol particles coagulating, enlarging and falling down. Transparent atmosphere permits solar radiation to reach the Earth surface and climate warming arises. Dust load of atmosphere is suggested here to be governed by massive explosive volcano eruptions which produce huge masses of fine ash. If the excursion starts in clear atmosphere conditions as modern ones the enlarged CR flux generates condensation nuclei and origin of aerosols which are backscattering solar radiation and climate cooling arises. Our estimations were supported by data on experiments in region of Brazil Magnetic Anomaly where the total intensity of GMF is twice lower than in neighboring regions.

## 1.29 Seasonal variation of gamma-radiation spectrum in the low atmosphere

*Balabin Yu.V., Germanenko A.V.*

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

Along two years there has been a continuous monitoring of the differential spectrum of background gamma-rays coming from the atmosphere. Gamma radiation on the surface layer of the atmosphere has bremsstrahlung origin of energetic electrons appearing from the decay of muons. Gamma radiation spectrum has power law form. The measurements are based on the (NaI(Tl),  $\varnothing 150 \times 110$ ) crystal in the energy range 0.1 – 5 MeV. Seasonal variation (which is up to 25% in Apatity and  $\sim 50\%$  on Spitsbergen archipelago) is accompanied by spectrum variation too. The upper energy limit of it is 500 – 600 keV and additional flux keeps the power law form. Auxiliary experiments have carried out the water cause. In the same time increase event (increase of gamma-ray background caused by precipitation) has the upper energy limit  $\sim 2.5$  MeV and exponential form. One can conclude that two phenomena (seasonal variation and increase event) are caused in some way by water, but its generation modes are different. A plausible hypothesis is suggested to explain the phenomena.

### 1.30 Shock wave in ionosphere during earthquake

*Kuznetsov V.V.*

*IKIR FEB RAS*

Fundamentally new model of the shock wave (SW) generation in atmosphere and ionosphere during earthquake is proposed. The model proceeds from the idea of cooperative shock water crystallization in a cloud. The phase change of crystallization is realized in complexes of supercooled water while emerging of hydrogen bonds (HB) which protons as well as these of matter in earthquake epicenter are many particles quantum entangled (MQE). Here the downward crystallization front is this of the decompression wave and in reverse direction the shock acoustic wave (SAW) is generated. Achieving ionosphere SAW produces total electron content (TEC) changes which are detected by the ground receivers of GPS. Quantum in its nature the interrelation between the earthquake epicenter preceding SAW generation and atmosphere proceeds from MQE between HB protons of the earthquake epicenter material and these of water complexes in atmosphere cloud. By our conception SAW is the aftershock of the main shock and their epicenters may differ by location.

### 1.31 Simulation of light scattering characteristics of polydisperse droplet clouds

*Krivorotov K.A., Nee E.V., Bryukhanova V.V.*

*National Research Tomsk State University*

Cloud fields have a significant impact on the radiation balance of the Earth. Therefore, it is necessary to know characteristics of clouds, including their microstructure (phase composition, shape and particle size distribution) for prediction of weather and climate. The great attention is devoted to the evolution of remote sensing methods of the environment in the developed countries. The advantages of remote sensing method are the possibility of non-destructive control in near real time with high spatial resolution.

Interpretation of lidar data most often based on the lidar equation, which binding a detectable power of the scattered light with parameters of receiving and transmitting of the lidar system and the characteristics of the environment. However, possibility of lidar equation using is limited by sensing formations with low optical density (such as optically thin haze). But lidar return from clouds, fog and dense smoke is caused not only single, but also multiple scattering. One method of this lidar return describing is based on the approach of double scattering.

The increasing of optical characteristics of the homogeneous droplet low-level clouds has a greater impact on the double scattering lidar return than on backscattering lidar return. Numerical simulation of the lidar return using the lidar equation account to double scattering associated with the integration of functions, characterized by a rapid decrease in

the small angles range and the presence of local extremes. The complicated form of angular dependence of the light scattering characteristics of polydisperse aerosol formations explains the absence of analytical description. Therefore, the numerical simulation of lidar return from an optically dense medium, as a rule, the desired values are calculated by solving a system of equations or by interpolation pre-calculated angular dependence of the scattered intensity. The analysis of the applicability of the interpolation algorithms to the calculation of scattering characteristics of polydisperse droplet clouds, typical of the Kamchatka region, are discussed in this report.

### **1.32 Software and computer system for processing lidar data at the IAO SB RAS small lidar station**

*Marichev V.N., Bochkovsky D.A.*

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

The software package is designed to handle lidar signals at low altitude atmospheric sounding at the IAO SB RAS small lidara station, which allows to restore the vertical profile of aerosol characteristics, temperature, density in the middle atmosphere. The result of the complex are the tables in which the results of calculations of the height profiles in the form of a numerical and graphical representation of the calculation in the form of graphs. The processed data is stored in HDF5 format.

### **1.33 Solar terminator effects in TEC during major typhoons.**

*Edemskiy I.K., Polyakova A.S., Yasyukevich Yu.V.*

*ISTP SB RAS*

Big variety of ionospheric disturbances, including 20 min oscillations of total electron content (TEC), are caused by solar terminator. We analyzed TEC dynamics over Japan and showed that intensity of ST-generated 2-20 minutes period disturbances increases during major typhoon activity in this region.

### **1.34 Study the background variability of aerosols in the stratosphere over the Tomsk according lidar observations**

*Marichev V.N., Bochkovsky D.A.*

*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

The experimental data on the variability of the vertical-temporal structure of aerosol which obtained from lidar complex of the lidar station of Institute of atmospheric optics SB RAS during 2015 are analyzed . As the primary information to analyze the data from array 84 total signals accumulated in some nights were used . The spacing of the sensed heights extended from 15 to 50-60 km, the spatial resolution was 192m., the accumulation time of the total signal - 2 hours. According to the results of observations a high content of aerosol in the lower



stratosphere was registered in November and especially in December comparing with other previous years.

### **1.35 The Results of the Ground Layer Ionization Characteristics and Rn-222 Content Measurements in Soil and Atmosphere at the Baikal Lake Shore**

*Panchishkina I.N.<sup>1</sup>, Petrova G.G.<sup>1</sup>, Buraeva E.A.<sup>1</sup>,  
Petrov A.I.<sup>1</sup>, Egorov E.V.<sup>2</sup>, Petrov N.A.<sup>3</sup>, Maslov S.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Southern Federal University*

<sup>2</sup> *Ltd. Design Bureau "Metrospektstehnika"*

<sup>3</sup> *Information Center, MD of the Russian MIA in the  
Rostov Region*

The profiles of polar specific electrical conductivities of the air in the layer of 0 - 5 meters, which have been obtained earlier using the results of 1987 - 1991 expeditions' measurements in the Baikal Lakeside (Bolshiye Koti Settlement) - average for the period of observation in summer months do not reveal a dramatic growth of electric conductivity values as approaching to the ground surface. The phenomenon indicates weak soil emanation, determined by either low emanations content in the soil, or poor conditions of their venting into atmosphere. The expedition measurement complex of the day did not include the instruments to obtain the data about radioactivity values of soil and atmosphere, hence it was not possible to estimate the ionization sources in the survey point.

A series of parallel measurements of small ions polar concentrations ("Sapphire-3K" ion counter) and atmospheric Rn-222 content (radon-monitor "AlphaGUARD PQ2000 PRO") was conducted in Bolshiye Koti Settlement in June 2015. Soil samples were taken for radioactive nuclides content. Volumetric activity of Rn-222 in soil gas was measured using radon-monitor. It was detected that Rn-222 content at the depth of 10 cm demonstrates the value of tens of thousands of Bq/m<sup>3</sup>, while its concentration in the air is not too big. The test site is 150 m away from the Baikal water-front. Presumably, proximity of ground waters and the condition of the upper soil layer determine the weak Rn-222 venting into the atmosphere along with its high content in the soil. The joint analysis of the expedition data of different periods is made in the paper. The new data allow to interpret the experimental materials published earlier at a higher quality level.

The research was performed with support of Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant 16-05-00930 A.

### **1.36 The role of stratospheric gravity waves in the formation of the upper atmosphere inhomogeneities**

*Vasiliev P.A.<sup>1</sup>, Karpov I.V.<sup>1,2</sup>, Kshevetskii S.P.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Immanuel Kant Baltic Federal University*

<sup>2</sup> *KF IZMIRAN*

The results of modeling the impact of stratospheric internal gravity waves (GWs) on the state of the upper atmosphere.

As a dynamic process capable of generating GWs considered during sudden stratospheric warming (SSW). The numerical experiment was carried out using a two-dimensional model generation and propagation of atmospheric waves, taking into account dissipative and nonlinear processes that accompany the propagation of waves. Temperature and density of the perturbation source generating wave activity, was built according to the observational data during periods of SSW and the theory of GWs. Conducted measurements have shown that GWs excited in the stratosphere over the SSW, can propagate into the upper atmosphere and produce a temperature perturbation in the altitude of 100 to 200 km, which, in turn, can affect the dynamics of the charged components in the ionosphere and provide further contribution to the observed ionospheric effects of the SSW.

### **1.37 Variations in the number of atmospherics on observations in Yakutsk in summer 2001-2015**

*Kozlov V.I.<sup>1,2</sup>, Korsakov A.A.<sup>2</sup>, Tarabukina L.D.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup> *North-Eastern Federal University, MK Ammosova,  
Yakutsk, Russia*

<sup>2</sup> *Institute of of Cosmophysical Research and Aeronomy YG  
Shafer SB RAS Yakutsk, Russia*

Presents statistical characteristics of pulsed magnetic component (atmospherics) of natural radio noise, very low frequency range, generated by lightning and registered in Yakutsk in summer 2001 - 2015. The data are considered

global network registration thunderstorms WWLLN 2009-2015, showing the presence of two maxima of the density of lightning discharges, large contributors to the afternoon of a local thunderstorm activity during the summer period. One maximum is west of Novosibirsk, and the second - to the south of Khabarovsk. The experimental characteristics of variations of the spread functions of these centers. Given the spread of the contribution, the ratio between the number of atmospherics, taken at the minimum (2009) and the maximum (2013) solar activity, is about 159 percent. Changing the number of atmospherics taken in different phases of the solar cycle is due to change in the intensity of the two considered centers of thunderstorms.

### **1.38 Variations of VLF noise intensity at 8.7 kHz in the solar activity cycles for the period 2001-2015 years**

*Karimov R.R.<sup>1</sup>, Kozlov V.I.<sup>1,2</sup>, Toropov A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of of Cosmophysical Research and Aeronomy  
YG Shafer SB RAS Yakutsk, Russia*

<sup>2</sup> *North-Eastern Federal University, MK Ammosova,  
Yakutsk, Russia*

The study of the VLF noise intensity at a frequency of 8.7 kHz, registered at the station Yakutsk (62.00 N, 129.72 E) for the period 2001-2015 years have been carried out. The VLF radionoise is received by the loop antenna orientated in the east-west direction. The main contribution in the intensity of the VLF noise at Yakutsk makes the electromagnetic radiation of lightning as regional thunderstorms and world

centers of thunderstorms. Magnetosphere-ionosphere sources affect the VLF noise intensity at 8.7 kHz during strong geomagnetic disturbances, which usually appear at lower frequencies. In our early researches, we found the relations between the VLF noise intensity of lightning origin and solar activity, the solar wind parameters variations and the intensity of cosmic rays for the period 1979-2006 years. In this work, have been found a positive relationship between the VLF noise intensity of thunderstorm origin and variations of the solar wind parameters, as well as the effects during a significant change of the cosmic rays flow. The results suggest that the influence of cosmic rays on the Earth's atmosphere causes to the change in the global lightning activity.

### **1.39 Variations of the atmospheric electric field depending on the geographical latitude.**

*Karimov R.R., Kozlov V.I.*

*ShICRA*

In this paper we presents the results of measurements of the atmospheric electric field strength in the expeditionary observations on the ship "Mechanic Kulibin" along the path from Yakutsk to Tiksi and from Tiksi to Yakutsk. The expedition was carried in September 2010. Measurements of the electric field is continuously carried out at latitudes from 62N to 72N. To measure the electric field used electrostatic fluxmeter with a measuring range of +/- 50 kV/m. In addition coordinates and altitude using Trimble

GPS-receiver are recorded. The analog signal from fluxmeter is digitized with the ADC E-154 L-Card and recorded on a laptop. We use the electric field data with a resolution of 1 second and GPS-receiver data with a resolution of 5 minutes. Fluxmeter and Antenna of GPS-receiver were installed on the upper deck on the starboard side. The data showed that the atmospheric electric field strength decreases with increasing latitude. This can be explained by the fact that the value of the field strength in good weather condition is determined by the ionosphere, which is undergoing some changes as a function of latitude.

#### **1.40 Winter anomaly in NmF2 and Total Electron Content. 1. The morphology according to observation data and model calculation results**

*Yasyukevich Yu.V.<sup>1</sup>, Ratovsky K.G.<sup>1</sup>, Chirik N.V.<sup>2</sup>,  
Klimenko M.V.<sup>3,2</sup>, Klimenko V.V.<sup>3</sup>, Polyakova A.S.<sup>1</sup>,  
Lukyanova R.Y.<sup>4,5</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of solar-terrestrial physics SB RAS*

<sup>2</sup> *I. Kant BFU*

<sup>3</sup> *WD Pushkov IZMIRAN*

<sup>4</sup> *Geophysical Center RAS*

<sup>5</sup> *Space Research Institute RAS*

We analyzed the winter anomaly manifestation in the F2 peak electron density (NmF2) and Total Electron Content (TEC) based on the observation data and model calculation results. For the analysis we used 1998-2015

TEC Global Ionospheric Maps (GIM) and NmF2 ground-based ionosonde observation data from [Pavlov and Pavlova, 2012] and 1998-2015 COSMIC, CHAMP and GRACE radio occultation data. We used Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere, and Protonosphere (GSM TIP) and International Reference Ionosphere model (IRI-2012). Based on the observation data and model calculation results we constructed the maps of the winter anomaly intensity in TEC and NmF2 for the different solar and geomagnetic activity levels. The winter anomaly intensity was found to be higher in NmF2 than in TEC according to both observation and modeling. In this report we show the similarity and difference in winter anomaly as revealed in experimental data and model results.

#### **1.41 Winter anomaly in NmF2 and Total Electron Content. 2. Formation mechanisms of longitudinal variations in winter anomaly**

*Klimenko M.V.<sup>1</sup>, Klimenko V.V.<sup>1</sup>, Yasyukevich Y.V.<sup>2</sup>,  
Ratovsky K.G.<sup>2</sup>, Polyakova A.S.<sup>2</sup>, Chirik N.V.<sup>3</sup>,  
Lukyanova R.Y.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *WD IZMIRAN, Kaliningrad, Russia*

<sup>2</sup> *ISTP SB RAS, Irkutsk, Russia*

<sup>3</sup> *I. Kant BFU, Kaliningrad, Russia*

<sup>4</sup> *Geophysical center RAS, Moscow, Russia*

Winter anomaly manifestation in the F2 peak electron density (NmF2) and Total Electron Content (TEC) obtained

on the basis of the comparison observation data and model calculation results obtained using Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP) revealed a good agreement. This fact allowed to investigate in detail the formation mechanisms of longitudinal variability and interhemispheric differences in winter anomaly. It is shown that in addition to the main formation mechanism of the winter anomaly (distribution of thermospheric neutral composition) the vertical plasma transport along geomagnetic field lines due to the thermospheric wind at heights of ionosphere F region plays an important role in the formation of longitudinal variability and interhemispheric differences in winter anomaly at mid-latitude. Here must be theses

## **1.42 Modulation of the ionosphere parameters by the global Pc5 pulsations observed simultaneously by GPS receivers and EISCAT radar**

*Pilipenko V. A.<sup>1</sup>, Belakhovsky V.B.<sup>2</sup>, Murr D.<sup>3</sup>,  
Fedorov E.N.<sup>1</sup>, Kozlovsky A.E.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Physics of the Earth*

<sup>2</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>3</sup> *Augsburg College, Minneapolis*

<sup>4</sup> *Sodankyla Geophysical Observatory of the University of Oulu*

Our earlier studies demonstrated that the ionospheric total electron content (TEC) determined by GPS



receivers is sensitive enough to the presence of the magnetohydrodynamic (MHD) disturbances. During periods with intense Pc5 waves distinct pulsations with the same periodicity were found in the TEC data from high-latitude GPS receivers in Scandinavia. In this study we analyze jointly responses in TEC variations and EISCAT ionospheric parameters to global Pc5 pulsations during the recovery phase of the strong magnetic storms on Oct. 31, 2003. Comparison of periodic fluctuations of the electron density at different altitudes from EISCAT data shows that main contribution into TEC pulsations is provided by the lower ionosphere, up to 150 km, that is the E-layer and lower F-layer. This observational fact favors the TEC modulation mechanism by field-aligned plasma transport induced by Alfvén wave. Analytical estimations and numerical modeling confirm this notion.

## 2 Geophysical fields and their interaction

### 2.1 A Neural network system for estimation of the geomagnetic field disturbance

*Mandrikova O.V., Zhizhikina E.A.*

*Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

The report presents our software system for estimation the degree of disturbance of the geomagnetic field. The system automatically classifies registered geomagnetic data (H-components of the geomagnetic field are used) and determines the state of the geomagnetic field for the current

day. The system is based on a collective of neural networks, which input images are components of the field variations. The results of approbation of the system (using data from the «Paratunka» station, Paratunka, Kamchatka region, data registration is carried out by IKIR FEB RAS) showed the prospect of its application in problems of estimation and prediction of space weather. The system allows us to allocate weak disturbances of the geomagnetic field, which may occur before strong magnetic storms.

## 2.2 Analysis of geomagnetic field data and cosmic rays variations during periods of increased solar activity

*Mandrikova O.V.<sup>1</sup>, Zalyaev T.L.<sup>1</sup>, Solovev I.S.<sup>1,2</sup>,  
Khomutov S.Y.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

<sup>2</sup> *Kamchatka State Technical University*

We performed analysis of the cosmic rays variations and studied features of geomagnetic field variations during periods of increased solar activity. The paper applies a new methods of modeling and analysis of the data developed by the authors based on wavelet transform and neuron networks. During the analysis, we highlighted characteristics and elements of preparation and occurrence of events during the growth of solar wind velocity and interplanetary magnetic field amplitudes, and allocated anomalous changes in cosmic rays that occurred some hours before geomagnetic storms at the background of calm and weakly disturbed

geomagnetic field. Long and deep Forbush decreases took place during the storms.

This research is supported by a grant of Russian Science Foundation No. 14-11-00194.

### **2.3 Anomalous changes of the geomagnetic field vertical component in Kamchatka**

*Moroz Y.E.<sup>1</sup>, Smirnov S.E.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Institute of Volcanology and seismology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

*<sup>2</sup> Institute of Cosmophysics Research and Radiowave Prorogation, Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

Secular changes of the geomagnetic field vertical component data for the time period from 1966 to 2014 obtained from the observatories of Paratunka (Kamchatka), Kakioka (Honsu island), Mamambetsu (Hokkaido island), and Patrony (Irkutsk) were gathered and analyzed. Comparative analysis of secular movements showed that the same changes of approximately several hundred nT in strength were pronounced at all the four observatories for the period from 1968 to 2001. Then, concerning to the time period from 2001 to 2014, the situation had changed. In the observatory of Paratunka the secular movements were different from the other observatories' data. The three observatories' revealed variations were failed to confirm by this one. This deviation of secular movements of geomagnetic field is timed to the intensification of seismicity at a depth of 400–700 km in

the South Kamchatka area where the strong Okhotomorsk earthquake of  $M_w = 8,3$  occurred. Now it is supposed that the physical-chemical processes activated as a result of the intensification of seismicity in the boundary between the upper and lower mantle. These processes to be the cause of large-scale geoelectrical inhomogeneity the vertical component of geomagnetic field behavior is affected by.

## 2.4 Change of the radio wave paths at oblique sounding of high latitude ionosphere in the periods of geomagnetic storms

*Kotova D.S.<sup>1,2</sup>, Klimenko M.V.<sup>1,2</sup>, Klimenko V.V.<sup>1</sup>,  
Zakharov V.E.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS*

<sup>2</sup> *Immanuel Kant Baltic Federal University*

To describe the propagation of the HF radio waves in the ionosphere, the approach of geometric optics is widely used. As supposed, the propagation medium is weakly non-uniform with a small absorption. The aim of our study is to investigate numerically the formation of the ray paths in the non-uniform and anisotropic ionosphere. The reference model of the ionosphere IRI-2012, the model of neutral atmosphere MSIS-86, and the Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP) are used to describe the propagation medium. The GSM TIP model is used to extend the validity of the results of numerical simulation from quiet to disturbed

geomagnetic conditions. For investigations of the radio wave paths characteristics the RWP-2006 model is used. The numerical algorithm of the RWP-2006 model is added with the calculation algorithm of the ray paths between the given locations of the transmitter and receiver. The analysis is done to estimate how much the geomagnetic storms influence the characteristics of the ray paths (such as the reflection altitude, the maximum value of frequency that may be used to provide radio communication, and the optical length of the ray path) in the high latitude ionosphere in comparison with quiet geomagnetic conditions.

## **2.5 Effect of static electric field of the earth for work measuring complex VLF**

*Sannikov D.V., Malkin E.I., Puhov V.M.*

*IKIR FEB RAS*

An interconnection between an intensity of static electric field of Earth observation in paragraph PFA "Paratunka" IKIR FEB RAS and precision azimuth lightning grozopelengatorom. It is suggested that the influence of the electric field of the Earth on the power lines in the near region, which interfere with the quality of the registration of vertical electrical component in the VLF range. Spend interference analysis.

## 2.6 Features of geodeformation changes of near surface sedimentary rocks

*Larionov I.A., Nepomnyashchiy Y.A.*

*Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation of the Far Eastern Branch of Russian  
Academy of Science*

The results of investigations of the deformation process in the near surface sedimentary rocks, which has been carried out in a seismically active region of Kamchatka peninsular since 2007, are presented. The peculiarity of the experiments on the registration of geodeformations is the application of a laser deformograph-interferometer constructed according to the Michelson interferometer scheme. It is shown that in the geodeformation process at the observation site, periods of primary rock compression and tension with the duration up to several months are distinguished.

## 2.7 First results of atmospheric electricity measurements at the observatory "Paratunka", Kamchatka, using the CS110 Electric Field Meter

*Babakhanov I.Y., Butin S.V., Smirnov S.E.,  
Khomutov S.Y.*

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

Atmospheric electric field (AEF) is object of active scientific researches. The experimental basis of these researches are supported by continuous measurements at the observatories and by special measurements at temporary stations.

Regular observations of AEF are performed at Geophysical observatory "Paratunka" (IKIR FEB RAS, Kamchatka, Russia) since 1996. Widespread sensor "Pole-2" of potential gradient  $E_z$  of electric field were used and high-quality data were obtained for long time. But this electrometer is out-of-day device because old design (by electronic elements and circuit technique), and it has large wear of mechanical units. Therefore, new modern digital electrometer CS110 (Campbell Scientific, Inc., USA) was acquired by IKIR in 2015. CS110 measure  $E_z$  similar to "Pole-2", but it use a reciprocating shutter instead a continuously rotating vane (rotor). Also, measured element of CS110 is down oriented and is protected it from snow accumulation, that is large problem of "Pole-2" during strong snowfalls. The resolution of CS110 is about 0.32 V/m in measurement range from -2200 to +2200 V/m, RMS noise is about 0.42 V/m. WiFi is used for transferring of data to computer. The inner timer is synchronized to UT using PPS signal from GPS receiver.



CS110 records the auxiliary information such as leakage current, temperature and humidity of sensor. Inner memory and backup battery are provided the autonomous work up to week. Also additional meteorological sensors (rain gage, temperature and humidity) are used.

Electric Field Meter CS110 was installed at Geophysical observatory "Paratunka" at November, 2015. The place is flat bitumen roof of house with area of 6x6 meters. Sensor of CS110, box with electronics, GPS antenna and outdoor meteorological sensors are fixed at 1.5-meter steel mast. The control and recording of data are made by LoggerNet software, the measurement rate is 1 Hz.

The results of continuous measuring of vertical gradient of AEF potential by CS110 during a few months are presented. The comparison of CS110 and "Pole-2" are performed. We give the estimations of reliability and efficiency of new device for various conditions: during strong snowfalls, downpours and winds, with large level of snow, during the power breakdown etc. *The work is supported by Russian Scientific Foundation, grant N14-11-00194.*

## 2.8 Numerical evaluation of the seismic process parameters within a rotational model of the block geomedium

*Gerus A.I.<sup>1,2</sup>, Vikulin A.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *IVS FEB RAS*

<sup>2</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

A rotational model of the block geomedium was proposed for the seismic process within the Pacific Ocean margin. In this model, the motion of the block chain is mathematically represented by sine-Gordon equation. This equation has solutions in the form of solitons – solitary waves that keep their structure after colliding with other similar waves, just like particles do. A sine-Gordon equation was modified with the effects of force moments deviation from equilibrium positions  $\mu$  and friction along boundaries  $\alpha$  to better match the real seismic process:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} = \sin \theta + \alpha \frac{\partial \theta}{\partial \eta} + \mu \delta(\xi) \sin \theta \quad (2)$$

Such equation has no analytical solutions but we can numerically analyze the dynamics of its soliton solution parameters (coordinate  $X$ , wave propagation velocity  $U$  and rotational deformation rate  $\dot{\theta}$ ). Our calculations suggest the following conclusions:

1. Increasing the friction rate  $\alpha$  leads to a decrease of  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{max1}$ ,  $\dot{\theta}_{max2}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$ , and they occur later. Thus, the soliton propagation process slows down and smoothes.

2. Increasing the inhomogeneity rate  $\mu$ , on the contrary, leads to an increase of  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{max1}$ ,  $\dot{\theta}_{max2}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$ , and they occur earlier. Thus, the modeled process goes faster and sharper.
3. A simultaneous increase or decrease of  $\alpha$  and  $\mu$  changes the time scale of the process.
4. An asymptotic value of  $X$ , i.e.  $X_{max}$ , for any  $\alpha$  and  $\mu$  corresponds to  $X_{max} \approx R_0$ , where  $R_0$  is a block radius.
5. For any  $\alpha$  and  $\mu$  the wave reaches its  $U_{max}$ ,  $\dot{\theta}_{min}$  and asymptotic behavior of  $X$  simultaneously.

Moreover, there are other invariant values that are independent of  $\alpha$  and  $\mu$  but are characteristic of the whole process:

1. The ratio of the deformation rate maximums:  

$$\dot{\theta}_{max2}/\dot{\theta}_{max1} \approx 2;$$
2. The ratio of the deformation rate maximums durations:  

$$\Delta T_{max2}/\Delta T_{max1} \approx 6.$$

It is shown that within the framework of the rotational model the equation (2) allows to quantitatively describe such important seismic process characteristics as its foreshock and aftershock phases and the strongest earthquake between them. At the same time, the results of the seismic process numerical modeling are consistent with the experimental data.

## 2.9 On dynamics of electric conductivity of the geological environment in the subduction zone in Kamchatka

*Moroz Y.E.<sup>1</sup>, Smirnov S.E.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Volcanology and seismology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysics Research and Radiowave Prorogation, Far East Branch, Russian Academy of Sciences*

Secular changes of the lithospheric electric conductivity were analyzed based on the monitoring data of the Earth's electric field over the period from 2001 to 2014. Those measures were carried out in Verchniya Paratunka, Tundroviy, and Shipunskiy that are located alongside the coastline of the Avacha Bay of Kamchatka and where the catastrophic earthquake is to be expected according the long-term forecast. It is noticed that the changes in behavior of the secular movements of the lithospheric electric conductivity annual average values represented with changes at along and transverse directions of the seismic focal zone extension. A great many of such changes were detected on the Shipunskiy peninsula. It is not impossible that such changes can be regarded to as the preliminary events of the intensive Jupanovskiy earthquake ( $M_w = 7,1$  30.01.2016). Identified changes of the lithospheric electric conductivity are connected with the influence of the conductivity of the deep faults on the Shipunskiy peninsula that is also likely changing in the presence of saline fluids in the faults due to the contraction and tension processes in the Earth crust at geodynamic processes in subduction zone. The data of the numerical 3-dimentional magnetotelluric field modeling

confirmed the lithospheric electric conductivity changes being due to the deep faults conductivity influence.

## **2.10 On the possibility of determining the water content of droplet clouds on the polarization characteristics of the double scattering lidar return**

*Nee E.V., Bryukhanova V.V., Doroshkevich A.A.*

*National Research Tomsk State University*

Clouds have a significant impact on the radiation balance of the Earth. Optical properties of clouds determined their microstructure (phase composition, shape and particle size distribution). Therefore, the task of obtaining real-time data about the parameters of the microstructure of cloud formations is important to predict changes in the weather and climate on Earth. Currently, optical methods are widely used to determine the microstructure of dispersed media. The advantages of these methods are as short duration of the experiment, a high spatial resolution and to conduct experiments without change in the object under study. The most common interpretation of the lidar data is carried out in the approximation of single scattering, and contribution of multiple scattering in lidar return neglected because of the complexity of its description. This approach is justified in sensing of transparent formation, i.e. the formation of small optical depth. Sensing of the clouds and dense haze and etc. requires taking into account the contribution of multiple scattering in lidar return. However, this is a very difficult task. In many practically significant cases the lidar return

can be described based on double scattering approximation with sufficient accuracy.

The results of research of effect of the angle of field-of-view of lidar receiving system and the water content of clouds on the polarization characteristics of the double scattering lidar return are discussed in this report. We used the model of droplet clouds typical for Kamchatka region.

## **2.11 Overhauser vector magnetometer POS-4: the results of continuous measurements during 2015-2016 at Geophysical Observatory "Paratunka" of IKIR FEB RAS, Kamchatka, Russia**

*Khomutov S.Y.<sup>1</sup>, Sapunov V.A.<sup>2</sup>, Denisov A.Y.<sup>2</sup>,  
Savelyev D.V.<sup>2</sup>, Babakhanov I.Y.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS, Kamchatka, Russia*

<sup>2</sup> *Ural Federal University, Quantum magnetometry  
laboratory, Ekaterinburg, Russia*

Vector magnetometer POS-4 is the result of new project of Quantum Magnetometry Laboratory of Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia; [www.magnetometer.ru](http://www.magnetometer.ru)). Magnetometer enable to measure the components of vector of Earth's magnetic field in quasi-absolute sense and consist of primary Overhauser sensor POS-1 and titanium magnetic systems, which generate the additional homogeneous dialed magnetic fields in vertical and horizontal directions.

POS-4 was installed at the Geophysical Observatory "Paratunka"(PET) of IKIR FEB RAS, Kamchatka, Russia, at early 2015. The special separate wooden pavilion with pillar from glass bricks and passive thermal stabilization was built. The temperature in hut is controlled by digital thermal sensors at three levels of height.

The regular measurements were started at April, 2015, after completion of main tunings and selection of optimal work modes of device. Later on the magnetomer work fully independently, only with minimal impact during rare technological procedures. The coil system, which make horizontal additional field, is oriented to measure the east magnetic component Y. The duration of total cycle of measurement is 5 seconds. The processing of POS-4 records is performed in according to ordinary methods, which use at observatory for other magnetometers, including the control of long-term (day-to-day) stability by comparison with absolute observation results. The accuracy of measurements of more fast variations is estimated using the records of other magnetometers, such as, fluxgate variometer FGE-DTU or Overhauser dIdD-magnetometer GSM-19FD.

Report present the summary results of the analysis of the measurements performed by POS-4 during about 1.5 years. It is made the estimations of the long-term stability, including the possible effects of instability of pillar, temperature variations, failure of power supply, electromagnetic interference, instabilty of inner timer etc. Some modifications of the constraction and circuit technique were made on the basis of results of work of POS-4 in real conditions. *The work is supported by Russian Scientific Foundation, grant 14-11-00194.*

## **2.12 Painleve test of a hydrodynamic type system**

*Vodinchar G.M., Noshchenko D.S., Perezhogin A.S.*

*Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

We obtain conditions of the Painleve test for a system of ordinary differential equations. These equations is derived from the system of hydrodynamic type.

## **2.13 Predicting the state of the Earth's magnetosphere by space experiments data with artificial neural networks: study of capabilities**

*Myagkova I.N., Dolenko S.A., Shiroky V.R.*

*SINP MSU, Moscow, Russia*

The paper investigates the results of prediction by artificial neural networks (ANN) with different prediction horizons for Dst and Kp geomagnetic indexes and for relativistic electron ux of the Earth's radiation belt with the energy of  $>2$  MeV, which characterize the state of the Earth's magnetosphere. Prediction was carried out on the basis of multi-scale time series including the values of the forecast indexes and electron fluxes as well as the data on the solar wind and interplanetary magnetic field parameters within the latest day with one hour resolution.



## 2.14 Reversal in the 6-jet geodynamo models

*Vodinchar G.M.<sup>1,2</sup>, Feshchenko L.K.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysics Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

<sup>2</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

Reversals of the magnetic field is one of the characteristics of real dynamo systems, including geodynamo. The report discusses the properties of the reversal sequence in the models of 6-jet dynamo. In these models, large-scale convection structure is given by six convective cells. In favor of this structure are the data about the heterogeneity of the liquid core at the splitting of the free oscillations of the Earth, and the results of direct numerical simulations of convection in the outer core. We discuss effect of fluctuations in heat flow from the inner core to the distribution of polarity interval.

## 2.15 Reversal of magnetic field in the $\alpha\Omega$ -dynamo

*Godomszkaya A.N.<sup>1</sup>, Vodinchar G.M.<sup>2,1</sup>,  
Sheremetyeva O.V.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

<sup>2</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

In this paper we investigate the question of the possibility of inversions within the low-mode model  $\alpha\Omega$ -dynamo the

assumption of axial symmetry of the velocity field  $\mathbf{v}$  and the magnetic field  $\mathbf{B}$  in a spherical shell of a viscous incompressible fluid (liquid core), rotating around its axis  $Oz$  with a constant angular velocity  $\Omega$ . The physical parameters of the liquid held constant, isotropic turbulence in the core and parameterization using scalar  $\alpha$ -effect as a function of  $\alpha(r, \theta)$ , where  $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$ . At the boundaries of the field of a spherical shell of a viscous fluid velocity  $\mathbf{v}$  assumed to be zero (the boundary of adhesion conditions). In this case, the spatial structure of the field  $\bar{\mathbf{v}}$  simple and has the character of differential rotation in the field of external forces to the mass density  $\mathbf{f}_{out}$ , so we can limit ourselves to single-mode approximation for component of these fields.

Magnetohydrodynamic (MHD) equations, including the Navier-Stokes equations and the induction continuity condition, the condition solenoidality, boundary conditions and taking into account the  $\alpha$ -effect are discussed in the Boussinesq approximation. As a result of applying the method of Galerkin and dimensionless MHD equations are converted to a system of the nonlinear differential equations with respect to the Poincare mode amplitudes, toroidal and poloidal magnetic field modes. To obtain the parameters of the system, in which the possible inversion of the magnetic field in the relative constancy of the velocity field of a viscous conducting magnetized fluid. The results of the numerical solution of the system on the assumption of various kinds of the  $\alpha$ -effect amplitude dependences on radius are discusses.

## 2.16 Seismicity and volcanism as a display of uniform wave geodynamic process

*Dolgaya A.A.<sup>1,2</sup>, Vikulin A.V.<sup>1</sup>, Gerus A.I.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

<sup>2</sup> *Kamchatka State Technical University*

<sup>3</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

The paper presents the results of research conducted by the authors on the basis of data on strong earthquakes and volcanic eruptions that occurred within the most geodynamically active regions of the planet. With the help of methods developed by the authors, it was found that seismicity and volcanism have the properties of cyclicity (quasi-periodicity) with a common period  $T_0 \approx 250$  years and migration. Migration velocities in a certain way depend on the energy characteristics of the process (magnitude for earthquakes and explosivity index for volcanic eruptions). Parameter  $p$  characterizes coefficients of these dependencies. The values of parameter are positive for the areas of compression and negative for areas of stretching. Analysis of the data showed that parameter  $p$  is a persistent vector, which can be regarded as an analogue of the angular momentum of geodynamic process.

According to the rotational model the motion of block chain and geodynamic properties of geomedium can be described with sine-Gordon equation and one of its solutions in the form of a solitary wave - soliton. This solution in physically understandable way depends on the modulus of momentum. Direction (sign) of the momentum corresponds to the geodynamic conditions in the zones: compression (positive) and stretching (negative). This makes it possible within the framework of physical concepts to model the

migration of seismic and volcanic activity as the wave-particle process with the properties of short- and long-range actions and according to this model to consider seismicity and volcanism as a display of uniform wave geodynamic process.

## **2.17 Strain-seismic and acoustic monitoring of geodynamic processes by means of high-sensitive spatially distanced instruments in seismic energy active and aseismic zones**

*Aleksandrov D.V.<sup>1</sup>, Dubrov M.N.<sup>1</sup>, Kravtsov V.V.<sup>1</sup>,  
Larionov I.A.<sup>2</sup>, Marapulets Yu.V.<sup>2</sup>, Shevtsov B.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Kotelnikov FIRE RAS*

<sup>2</sup> *IKIR FEB RAS*

Observational results of wideband geophysical processes (acoustic, seismic, strain-baric) obtained by means of the Kotelnikov IRE laser strainmeters and the IKIR geo-acoustic measuring complex have been presented. Seismic and strain-baric measurements in seismic energy active zone (Kamchatka, w. Paratunka) have been performed by the on-ground strainmeter built on the three-mirror laser interferometer scheme with the 32 m long measuring arm. For observations in aseismic zones (Moscow Region), laser strainmeters of lengths from 10 m up to 400 m on the underground beam waveguide in Fryazino, and lengths from 5 m up to 90 m in geophysical gallery in Obninsk have been used. Measurement have been carried out by instruments

based both non-equal arms and equal arms (symmetric) Michelson interferometers. The description and features of the IKIR geo-acoustic measuring complex for investigations of geo-acoustic emission at different stages of seismic event preparations have been discussed. The examples of synchronous recordings of seismic-acoustic and strain-baric processes in Kamchatka and Moscow Region are shown and obtained results of parallel data analysis are presented. The carried out investigations show the ability of the developed methods for extracting global geophysical phenomena connected with strong earthquake  $M > 7$  preparing, powerful tropical cyclones (hurricanes, typhoons), tsunami, and wide range extraterrestrial environment events.

## 2.18 Supersonic magnetic poles

*Semakov N.N.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Magnetic observatory "Novosibirsk"*

<sup>2</sup> *Novosibirsk State University*

Here must be

The question of what happens to the magnetic poles of the Earth is of interest not only to those who study them professionally, but also to the general public, particularly those people who live and work in the Polar Regions. Information on the drift of the north magnetic pole from the Canadian Arctic to Siberia at a speed exceeding 10 kilometers per year appears occasionally in the scientific press and the media. However, it is far less known that the magnetic poles can develop impressive speeds in this process in short periods of time far less than one year. The discovery

that in this continuous movement the magnetic poles can reach speeds that are several times higher than the speed of sound caught by surprise even the authors of the present publication. The temporal changes in the magnetic field of our planet are usually analyzed through the behavior of its angular and force components. But the same temporal characteristics may be analyzed using the more integrated and comparable characteristics of the magnetic field linked to the orientation and magnetic momentum of the central dipole. Such characteristics can be obtained by converting the angular elements of geomagnetism, measured at a given point, into geographic coordinates of the magnetic pole. The most fascinating result obtained using this method is, in our view, the remarkable movement speeds that the magnetic poles may develop.

## **2.19 The possibility of using of the old analog magnetograms of observatories to obtain new data about variations of the Earth's magnetic field**

*Khomutov S.Y., Khomutova I.N.*

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

Analog magnetograms are only source of information about the changes of the Earth's magnetic field in the era of pre-digital measurements. These magnetograms used at observatories to obtain the hourly values of total field vector, available through the World Data Center system. However, magnetograms can be produced more information

than is available to the WDC, such as the fast variations. In addition, in many cases the standard hourly data can not be represented in the WDC. Then archives of the magnetograms available on the observatories are the only chance to fill the gaps in long-term data sets.

International and national scientific organizations and foundations have been implemented projects for the rescue of old analog magnetograms, i.e. the creation of digital graphic images with the necessary resolution and scaling, accompanied by the additional information (sensitivity coefficients, baseline values, etc.).

Similar project of the saving of the magnetogram archive of the Observatory "Paratunka"(PET) for the 1967-2006 was performed in 2014 in IKIR FEB RAS, with the support of the international program VarSITI (VarSITI Newsletter - 2014. - Vol.3 - P.7-8; [newserver.stil.bas.bg/varsiti/newsL/VarSITI\\_Newsletter.html](http://newserver.stil.bas.bg/varsiti/newsL/VarSITI_Newsletter.html)). These images are available in the MCD [www.wdcb.ru/stp/magnetogr\\_list.en.html](http://www.wdcb.ru/stp/magnetogr_list.en.html).

Further processing of digital graphic images is to estimate of the track ordinates on magnetograms relative to baselines and to calculate the total magnetic field components (using information about scaling and baseline values).

The software WFD for digitization (Waveform digitizer, v.2.1 b4, authors and A.Burtsev M.Zhizhin, 2003) is used to produce minute ordinate values H,D,Z-components. Four magnetologists independently made the digitization of magnetograms (a few months of 1995 and 2001). These minute data were analyzed: (1) comparison of the digitization results over cover sections of images of daily magnetogram for each magnetologist (the estimation of personal errors), (2) comparison the results of different magnetologists (estimation of the personal bias), (3)

comparison the digitization results with old hourly data for 1995 from WDC, obtained by standard method using the transparency (estimation of closeness of manual and digital processing), (4) comparison with measurements of digital magnetometer, partly existing in 2001, (estimation of quality of minute values obtained from analog magnetograms).

This report presents the final results and estimation of the possibility of digital processing of old analogue magnetograms for magnetic observatories practice. *The work is supported by Russian Scientific Foundation, grant 14-11-00194.*



## 3 Physics of earthquake precursors

### 3.1 About relation between strong earthquakes and natural rhythms

*Serafimova Ju. K.*

*Kamchatka Branch of the Geophysical Service of RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, yulka@emsd.ru*

We study the relation between the occurrence of strong earthquakes and certain phases of different natural rhythms, in particular, the 18.6-year lunar cycle, the 11-year solar activity cycles, as well as their shares and multiples. Identification and evaluation of the statistical significance of this communication is based, as a rule, by hypothesis checking of uniformity of distribution of events within the superposed cycles. These regularities can be used for the problem solving of forecast of time of strong earthquakes.

### **3.2 Calculation the seismic regime parameters on the basis of a probabilistic model of Kamchatka region earthquakes catalog**

*Bogdanov V.V., Pavlov A.V.*

*Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS*

The probability distribution functions of seismic events in intervals of energy class (the probabilistic interpretation of earthquake recurrence law) were calculated on the basis of a probabilistic model of the earthquakes catalog for Kamchatka tectonic-geographical areas (structures). On the basis of a probabilistic interpretation of the earthquake recurrence law, simple formulas were obtained which allow us from the known number of earthquake events in a representative interval of energy class (magnitude) to estimate the number of seismic events falling within an unrepresentative interval and to estimate the expected time of an earthquake with a magnitude exceeding the maximum registered values for the period of instrumental observations.

### **3.3 Diurnal variations of VLF radio waves in the middle-road radiopath "Novosibirsk - Ulan-Ude"**

*Bashkuev Yu.B.<sup>1</sup>, Buyanova D.G.<sup>1</sup>, Advokatov V.R.<sup>1</sup>,  
Naguslaeva I.B.<sup>1</sup>, Boyarov A.L.<sup>1</sup>, Druzhin G.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *IPMS SD RAN*

<sup>2</sup> *IKIR FED RAN*

The analysis of radio wave propagation conditions on the vertical electric radiator in the waveguide "Earth-ionosphere" was carried out on radio path "Novosibirsk - Ulan-Ude". Stable diurnal variations in the amplitude and phase of the signal strength and other characteristics of radio signal propagation of radio waves in the VLF range were determined.

### **3.4 Electromagnetic and acoustic emission before the earthquake in Kamchatka**

*Druzhin G.I., Marapulets Yu.V., Cherneva N.V.,  
Isaev A.Yu., Solodchuk A.A.*

*IKIR FEB RAS*

Electromagnetic and acoustic emissions were carried out. It has been shown that approximately one day before the earthquake with a magnitude  $M > 5$  in these fields there are simultaneous radiation. The cause of these emissions are deformation processes in the preparation of seismic events

### **3.5 Features Acoustic and Electromagnetic Earthquake Precursors**

*Shevtsov B.M.*

*Institute of Cosmophysics Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

On the basis of the analysis of long-term observations in Kamchatka, possible mechanisms of generation of acoustic and electromagnetic emissions of near surface rocks are considered in the conditions of intensification of geodeformation disturbances. Taking into account the induced polarization effects on dislocational changes, the possibility of occurrence of anomalies in electromagnetic noise variations determined by the increase of deformation rate is shown. Different effects of seismic activity increase and the reliability of observations of acoustic and electromagnetic precursors of earthquakes are discussed.

### **3.6 Geoacoustic emission directivity change at “Mikizha” site associated with earthquakes in Kamchatka**

*Marapulets Yu.V., Solodchuk A.A., Shcherbina A.O.*

*Institute of Cosmophysics Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

A receiving acoustic system based on a combined vector receiver was installed by the bottom of Mikizha Lake in Kamchatka. It is capable to estimate the directivity of

geoacoustic emission. According to the data from this system for the period from August 2008 to January 2016, an analysis of geoacoustic emission azimuthal distribution change during earthquakes was carried out. In the result of it, pre- and postseismic effects of the emission directivity were detected.

### **3.7 Hydrogeological precursors of strong earthquakes (to the 40 anniversary of hydrogeoseismological researches on Kamchatka)**

*Kopylova G.N.*

*Kamchatkan Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences*

The original and published data on hydrogeodynamic and hydrogeochemical precursors of the strong earthquakes ( $M = 6.6-7.8$ ) of Kamchatka registered when carrying out specialized observations on wells during 1977-2016 are provided. Models of formation of precursors and their use in system of seismic forecasting are considered. The registered anomalies of water level changes and a chemical composition of underground waters are explained by dilatancy in the water-containing rocks on short-term stages of preparation of earthquakes within months - weeks.

### 3.8 Joint perturbation of geoaoustic, emanation and atmospheric electric fields at the boundary of the earth's crust and the atmosphere before the earthquake

*Rulenko O.P.*<sup>1,2</sup>, *Marapulets Yu.V.*<sup>2</sup>, *Kuzmin Yu.D.*<sup>3</sup>,  
*Solodchuk A.A.*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS,  
Russia*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave  
Propagation FEB RAS, Russia*

<sup>3</sup> *Kamchatka Branch of Geophysical Survey RAS, Russia*

Joint perturbations of diverse fields are recorded before earthquakes at the boundary of the earth's crust and the atmosphere in the solid and gaseous media. They show the interaction of surface fields that is part of the interaction between the lithosphere and the atmosphere at the boundary of their contact. In August-October 2012, at Karymshina observation point operated by IKIR FEB RAS, which is located in the zone of intersection of different ranks of tectonic faults, for the first time we recorded conjoined high frequency geoaoustic emission in the near-surface rocks, volume activity of radon and thoron in the surface layer of soil, atmospheric electric field at the surface land and meteorological quantities. In thirteen days before  $M_w = 5.6$  earthquake that occurred on October 15 in 01 hr 18 min UTC 134 km from Karymshina point, joint perturbations of geoaoustic emission, emanation volume activity and the electric field were recorded. They were observed in the absence of rain and strong winds with a slightly varying

atmospheric pressure. We propose a scheme of formation of abnormal disturbances of different nature and in various media these fields. The observed perturbations can be regarded as a comprehensive short-term precursor of the earthquake and the evidence of the Earth's crust influence on the surface atmosphere during its preparation.

### **3.9 Method for continuous monitoring of electrical rock resistivity with underground electrical antennas: the physical basis and results**

*Gavrilov V.A.*

*Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern  
Branch, Russian Academy of Sciences*

This paper presents the main results of developing a method for continuous monitoring of rock resistivity. The method uses continuous electromagnetic radiation of man\_made or natural origin as a sounding signal. Underground electrical antennas are used as sensors. The results of developing the method for continuous monitoring of rock resistivity allow us to speak about its prospects as one of the main parts of an integrated geophysical measurement system focused on monitoring of the stress-strain-state of geological media.

### 3.10 Multiparameter monitoring of short-term earthquake precursors and its physical basis in the annex to the Kamchatka region

*Pulinets S.A.*<sup>1</sup>, *Ouzounov D.P.*<sup>2</sup>, *Davidenko D.V.*<sup>1</sup>,  
*Petrukhin A.V.*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Space Research Institute RAS, Moscow, Russia*

<sup>2</sup> *Chapman University, Orange, CA, USA*

<sup>3</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology,  
Dolgoprudny, MR, Russia*

It is marked recently the revived interest in the use of physical earthquake precursors for the purpose of short-term forecast, which were actively used by seismologists in the 70 years of the twentieth century. This is due, primarily, with the advent of the physical mechanisms of generation of short-term study of precursors in the form of an integrated model of Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling (LAIC). A key element of the model is the process of Ion induced Nucleation and formation of cluster ions occurring as a result of the ionization of near surface air layer by radon emanating from the Earth's crust within the area of earthquake preparation. This process is similar to the formation of droplet's embryos for cloud formation under action of galactic cosmic rays. The consequence of this process is the generation of a number of precursors that can be divided into two groups: a) thermal and meteorological, and b) electromagnetic and ionospheric. Synergy of the observed processes shows that to provide the success in short-term earthquake forecast it is necessary the implementation of multi-parameter monitoring of precursors, described by



the model. These precursors appear with various leading times, while the size of the observed anomalies, their intensity and position in space all together allow us to determine all three key parameters necessary for the forecast: location, time and magnitude of the impending earthquake. The forecast accuracy increases with the improvement of terrestrial and satellite-based monitoring techniques.

We demonstrate in the present report: the method of the short-term forecast in the Kamchatka region, examples of successful forecasts, statistical data on the various types of precursors, taking onto account the position of the epicenter and the earthquake focus (water-land, depth, region (north-south of Kamchatka, the Kuril Islands), season, and so on.). As some experimental attempt the data of Kamchatka volcanoes monitoring will be demonstrated because of the fact that these studies just have begun. Unfortunately, descriptive character of online Kamchatka volcanoes activity at the KVERT WEB-site does not allow us to compare the observed variation of Kamchatka volcanoes data of operational monitoring with a description of their activity on the site.

Overall, the results suggest that the developed methods of operational forecasting can be implemented for use in the service of the Kamchatka Branch of GS of RAS.

### 3.11 On a hereditary oscillatory system, taking into account the effect of stick-slip

*Parovik R.I.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

<sup>2</sup> *Vitus Bering Kamchatka State University*

The paper presents a mathematical model of the local oscillation system, taking into account the effect of stick-slip (stick-slip). This model is a generalization of the model, which in the literature is sometimes called a mechanical model of the earthquake or stick-slip model. The essence of the model is in motion (sliding) along the other one of the medium, as well as sticking with fluctuations occurring after the discharge voltage and tear. Generalization of the stick-slip model is delivered in the introduction to the model equations of integral operators in charge of this property as an oscillatory system hereditary or memory. Next, the resulting model solution is written in terms of derivatives of fractional order Gerasimova-Caputo and solved by numerical methods. According to the obtained solution, according to the fractional order derivative values, to build a family of waveforms for the displacement and velocity of the oscillatory process, as well as the phase trajectories.

### 3.12 Results of tests of three mirrored laser interferometer on the Kamchatka geodesic ground.

*Aleksandrov D.V.<sup>1</sup>, Dubrov M.N.<sup>1</sup>, Kravtsov V.V.<sup>1</sup>,  
Larionov I.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *The Institute of Radioengineering and Electronics (IRE)  
of RAS*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave  
Propagation FEB RAS*

The relevance of the study of sediment deformation due their important role in many geophysical processes, which are discussed in seismology, oceanography, mining, etc. Unique broad frequency band laser interferometric strainmeters allows the use of these tools in observations of a large class of geophysical processes occurring in the energy active zones. Among these processes acoustic phenomena are of particular interest for the research and development of technology for detecting geophysical hazards. In this paper, we consider the use of laser interferometer deformograph to register fluctuations in the earth's surface seismic and acoustic frequency ranges. Deformograph length is 32 m. Deformograph data are compared with other sensors installed in the area of energy active. The series records have been produced of regional seismic events during experimental tests of laser deformograph. We performed testing the effects of anthropogenic factors on the results of the deformograph registration. The observations were made in IKIR FEB RAS Paratunka Kamchatka Territory. Created versions of laser deformograph can be effective in solving various problems: geological, geophysical and environmental services, construction, engineering infrastructure, and others.

With their help the evaluation of the background processes in natural conditions, including the industrial and construction sites, and underground mining, survey expeditions and field observation sites can also be carried out.

### **3.13 Statistics of occurrence of pre-seismic anomalies in geoacoustic emission and in atmospheric electric field**

*Mishchenko M.A.*

*Institute of cosmophysical research and radio wave propagation FEB RAS, Russia*

Statistics of occurrence of anomalous disturbances in high-frequency geoacoustic emission of the near surface sedimentary rocks and in atmospheric electric field by the ground surface before earthquakes is presented. Long-term continuous series of measurements of geoacoustic emission for the period of 2003-2012 at "Mikizha" site and the data of measurements of atmospheric electric field obtained for the summer-autumn periods of 2006-2008 at "Mikizha" site and for 2009-2012 at "Karymshina" site were used in the analysis. Anomalous disturbances of the emission and of the field were compared with the earthquake catalogue of Kamchatka Branch of the Geophysical Survey RAS.

### 3.14 The analysis of radioimpedance and GPR soundings on the Tory and Kyrenskoy paleo seismic dislocations

*Bashkuev Yu.B.<sup>1</sup>, Khaptanov V.B.<sup>1</sup>, Dembelov M.G.<sup>1</sup>,  
Sankov V.A.<sup>2</sup>, Dobrinina A.A.<sup>2</sup>, Druzhin G.I.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *IPMS SD RAN*

<sup>2</sup> *IEC SD RAN*

<sup>3</sup> *IKIR FED RAN*

The report analyzes the radioimpedance and GPR soundings on Torya and Kyrenskoy paleoseismodislocations located in Tunka valley of the Republic of Buryatia. The technique and equipment of radioimpedance (frequency of 22.2, 50, 279 kHz) and GPR (50 and 400 MHz) soundings was discussed. A comparison with the geological data of earlier works was made.

### 3.15 The ground wave over the fault zone

*Bashkuev Yu.B.<sup>1</sup>, Buyanova D.G.<sup>1</sup>, Dembelov M.G.<sup>1</sup>,  
Naguslaeva I.B.<sup>1</sup>, Khaptanov V.B.<sup>1</sup>, Druzhin G.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *IPMS SD RAN*

<sup>2</sup> *IKIR FED RAN*

The report examined the electromagnetic field of the ground wave fault zone in the VLF-LF-MF-HF radio wave bands. Presented geoelectric model of the fault. Numerical results are also presented when propagation over the impedance

path near the fault zone. A comparison with the data of field experiments is made.

### **3.16 The properties and practical use of the medium-term earthquakes precursors in Kamchatka**

*Kopylova G.N.*

*Kamchatkan Branch of the Geophysical Survey of the  
Russian Academy of Sciences*

The general regularities of hydrogeological and other medium-term precursors of earthquakes on observational data obtained in Kamchatka since 70-s of the XX century are considered in this report. A characteristic feature of the precursors is a joint manifestation before the powerful earthquakes with magnitudes  $M \geq 7$  at time intervals from months to weeks. However, retrospective statistical estimation of correlations between different types of precursors and earthquakes show the lack of reliability of precursors for practical prediction of the earthquakes.

New approaches to processing and the analysis of large volumes of data on variations of parameters of Earth's fields and other data with use of the generalized statistical parameters are discussed. The first results of the study of spatial-temporal variations of seismic noise parameters on network stations in Kamchatka during preparation of strong earthquakes 2013-2016 are presented.

### **3.17 The response parameters of the electromagnetic field in the earthquake on the IGO Karymshina, Kamchatka**

*Kasimova V.A., Potanin M.E., Berseneva N.Y.*

*Kamchatkan Branch of the Geophysical Survey of the RAS*

The paper considers the coseismic variations of the electromagnetic field parameters registered by the magnetometer-variometer and the system measuring electrotelluric potentials on the IGO Karymshina due to local earthquakes 2014-2016. The dependence of the existence of such variations on the parameters of earthquakes - the quantities of energy classes ( $Ks \geq 12.0$ ) and epicentral distances ( $R \leq 150$  km). The signals caused by earthquakes in the records of the magnetometer-variometer and in the electrotelluric potential differences, manifested synchronously and conform by arrival time of seismic waves.

### **3.18 VLF electromagnetic background in seismic BAIKAL RIFT ZONE**

*Nasurlaeva H.B.<sup>1</sup>, Bashkuev Ju.B.<sup>1</sup>, Druzhin G.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *IPMS SB RAS*

<sup>2</sup> *IKIR FEB RAS*

Analysis of long-term continuous observations showed that the diurnal variations of VLF electromagnetic background

in a seismically active zone of the Baikal Rift have strong diurnal and seasonal pace. It has been established that a few days prior to a strong earthquake there is either a sharp increase or a sharp decrease the intensity of the VLF electromagnetic stream depending on the location of the earthquake focus (on land or in the water). After the earthquake, the intensity of the VLF electromagnetic stream enters the normal "background" levels.

### **3.19 Variations of the amplitude of lightning discharge signals passing over earthquake epicenters**

*Argunov V.V., Karimov R.R.*

*Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS*

Aspects of application of low-frequency impulse thunderstorm radio signals for the remote monitoring of manifestations of seismic activity in disturbances of the lower ionosphere are considered. It is established that disturbances in the lower ionosphere caused by lithospheric processes, can be observed in variations of the amplitude of thunderstorm signals extending over earthquake epicenters. The strengthening of signal amplitude occurs on the day and after the earthquakes, and also a few days before the events (precursor). The effects of earthquakes and their precursors are manifested in the form of the increase of average amplitude of atmospheric.



## Author Index

- Advokatov V.R., 180  
Agzagova M.B., 127  
Akbergenov E.M., 120  
Aleksandrov D.V., 173, 188  
Alsatkin S.S., 116  
Ammosov P.P., 123, 132  
Ammosova A.M., 123, 132  
Argunov V.V., 193
- Babakhanov I.Y., 161, 167  
Balabin Yu.V., 141  
Barashkov T. O., 129  
Bashkuev Ju.B., 134, 192  
Bashkuev Yu.B., 180, 190  
Belakhovsky V.B., 153  
Belov S.Yu., 119  
Belova I.N., 119  
Berseneva N.Y., 192  
Bessarab P.F., 114  
Bochkovskii D. A., 129  
Bochkovsky D.A., 115, 133,  
139, 144, 145  
Bogatov N.A., 125  
Bogdanov V.V., 121, 179  
Borchevkina O.P., 137  
Boyarov A.L., 180  
Bryukhanov I.D., 134  
Bryukhanova V.V., 143, 166  
Buraeva E.A., 146  
Butin S.V., 161  
Buyanova D.G., 180, 190
- Bychkov V.V., 131
- Cheremisin A. A., 129  
Cherneva N.V., 118, 134, 180  
Chirik N.V., 151, 152  
Chkhetiani O.G., 136
- Dadashev R.Z., 137  
Davidenko D.V., 185  
Dembelov M.G., 190  
Denisov A.Y., 167  
Dmitriev A.V., 116  
Dobrinina A.A., 190  
Dolenko S.A., 169  
Dolgaya A.A., 172  
Doroshkevich A.A., 166  
Druzhin G.I., 122, 134, 180,  
190, 192  
Dubrov M.N., 173, 188
- Edemskiy I.K., 145  
Egorov E.V., 146
- Fedorov E.N., 153  
Feshchenko L.K., 170  
Fetisova N.V., 113
- Gavrilov V.A., 184  
Gavrilyeva G.A., 123, 132  
Germanenko A.V., 141  
Gerus A.I., 163, 172  
Globa M.V., 130

Godomskaya A.N., 170  
 Ilminskaya A.V., 137  
 Isaev A. Yu., 180  
 Kaisin A.V., 121  
 Karimov R.R., 126, 149, 150, 193  
 Karpov A.I., 137  
 Karpov I.V., 137, 147  
 Kasimova V.A., 192  
 Khaptanov V.B., 190  
 Khomutov S.Y., 156, 161, 167, 175  
 Khomutova I.N., 175  
 Khorguani F.A., 127  
 Klimenko M.V., 114, 151, 152, 158  
 Klimenko V.V., 151, 152, 158  
 Koltovskoi I.I., 123, 132  
 Kopylova G.N., 182, 191  
 Korenkova N.A., 137  
 Korsakov A.A., 126, 148  
 Kotova D.S., 158  
 Kozlov V.I., 124, 126, 148–150  
 Kozlovsky A.E., 153  
 Kravtsov V.V., 173, 188  
 Krivorotov K.A., 143  
 Kshevetskii S.P., 147  
 Kuzmin Yu.D., 183  
 Kuznetsov V.V., 139, 142  
 Kuznetsova N.D., 139  
 Larionov I.A., 160, 173, 188  
 Lukyanova R.Y., 151, 152  
 Malkin E.I., 159  
 Malysh E.A., 118  
 Mandrikova O.V., 113, 155, 156  
 Marapulets Yu.V., 173, 180, 181, 183  
 Marichev V. N., 129  
 Marichev V.N., 115, 133, 139, 144, 145  
 Maslov S.A., 146  
 Mishchenko M.A., 189  
 Moiseev P.V., 136  
 Moroz Y.E., 157, 165  
 Murr D., 153  
 Myagkova I.N., 169  
 Mylnikova A.A., 117  
 Naguslaeva I.B., 134, 180, 190  
 Nasurlaeva I.B., 192  
 Nee E.V., 143, 166  
 Nepomnyashchii Y.A., 160  
 Noshchenko D.S., 169  
 Nosikov I.A., 114  
 Novikov P. V., 129  
 Ouzounov D.P., 185  
 Panchishkina I.N., 136, 146  
 Parovik R.I., 187  
 Pavlov A.V., 179  
 Perezhogin A.S., 131, 169  
 Petrov A.I., 136, 146

Petrov N.A., 146  
 Petrova G.G., 136, 146  
 Petrukhin A.V., 185  
 Pilipenko V. A., 153  
 Polozov Yu.A., 113  
 Polyakova A.S., 145, 151, 152  
 Potanin M.E., 192  
 Puhov V.M., 159  
 Pulinets S.A., 185  
  
 Ratovsky K.G., 116, 130, 151, 152  
 Romanov A.A., 121  
 Rulenko O.P., 183  
  
 Samokhavalov I.V., 134  
 Sankov V.A., 190  
 Sannikov D.V., 159  
 Sapunov V.A., 167  
 Savelyev D.V., 167  
 Semakov N.N., 174  
 Serafimova Ju. K., 178  
 Seredkin I.N., 131  
 Shcherbakov A.A., 116  
 Shcherbina A.O., 181  
 Sheremetyeva O.V., 170  
 Shevtsov B.M., 131, 134, 173, 181  
 Shiroky V.R., 169  
 Smirnov S.E., 128, 157, 161, 165  
 Solodchuk A.A., 180, 181, 183  
 Solovev I.S., 113, 156  
  
 Stasiy I.E., 122  
 Suvorova A.V., 116  
  
 Tarabukina L.D., 124, 148  
 Toropov A.A., 149  
  
 Uvarov V.N., 112  
  
 Vasiliev P.A., 147  
 Vasilyev R.V., 130  
 Vesnin A.V., 130  
 Vikulin A.V., 163, 172  
 Vilyayev A.V., 120  
 Vodinchar G.M., 118, 169, 170  
  
 Yasyukevich Y.V., 117, 152  
 Yasyukevich Yu.V., 130, 145, 151  
  
 Zakharov V.E., 158  
 Zalyaev T.L., 156  
 Zhizhikina E.A., 155

# Contents

<b>1</b>	<b>Atmosphere physics</b>	<b>112</b>
1.1	Uvarov V.N. Methods of extraction of electromagnetic signals of lithospheric origin .	112
1.2	Mandrikova O.V., Polozov Yu.A., Solovev I.S., Fetisova N.V. Allocation and analysis of the ionospheric disturbances during periods of solar events and geomagnetic storms . . . . .	113
1.3	Nosikov I.A., Bessarab P.F., Klimenko M.V. Application of the nudged elastic band method for radio and seismic wave propagation problem . . . . .	114
1.4	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Comparative analysis of lidar, radiosonde and satellite measurements of the temperature in the lower stratosphere in the region of Western Siberia . . . . .	115
1.5	Ratovsky K.G., Shcherbakov A.A., Alsatkin S.S., Dmitriev A.V., Suvorova A.V. Comparative analysis of the electron density measurements in the outer topside . . . . .	116
1.6	Mylnikova A.A., Yasyukevich Y.V. Comparison of TayAbsTEC technique results with Global Ionospheric Maps data . .	117
1.7	Malysh E.A., Vodinchar G.M., Cherneva N.V. Detection of the Whistlers in VLF-spectrograms	118
1.8	Belov S.Yu., Belova I.N. Determination of parameter of scattering on the ionospheric screen in the propagation of a radio signal in Earth-Ionosphere channel in the short-wave range of radio waves. . . . .	119

1.9	Vilyayev A.V., Akbergenov E.M. Dynamic variations navigation station signal parameters in the VLF range . . . . .	120
1.10	Bogdanov V.V., Kaisin A.V., Romanov A.A. Impact of cyclones over Kamchatka on electron distribution in the ionosphere . . . .	121
1.11	Druzhin G.I., Stasiy I.E., Effect of X-ray radiation on diurnal periods of VLF emissions	122
1.12	Ammosova A.M., Ammosov P.P., Gavrilyeva G.A., Koltovskoi I.I. Effect of solar activity to a temperature on the high-latitude mesopause over Yakutia in the 23rd cycle. . . . .	123
1.13	Tarabukina L.D., Kozlov V.I. Effects of solar flares on variations of lightning activity over North Asia (summer season 2009-2014) . . . .	124
1.14	Bogatov N.A. Electromagnetic field accompanying the generation of sea spray . . .	125
1.15	Korsakov A.A., Kozlov V.I., Karimov R.R. Estimation of changes of effective height of the Earth-ionosphere waveguide by VLF-LF radio signals phase variations during solar eclipse . .	126
1.16	Khorguani F.A., Agzagova M.B. Features of interrelation dangerous meteorological phenomena (DMF) and cycles of solar activity in the North Caucasus . . . . .	127
1.17	Smirnov S.E. Frequency and time analysis of sunrise effect in the electric field of the surface layer of the atmosphere . . . . .	128
1.18	Cheremisin A. A., Marichev V. N., Novikov P. V., Barashkov T. O., Bochkovskii D. A. Identification of polar stratospheric clouds observed by lidar above Tomsk . . . . .	129

1.19	Yasyukevich Yu.V., Vasilyev R.V., Vesnin A.V., Globa M.V., Ratovsky K.G. Large-scale and Small-scale Ionospheric Irregularities During the Main Phase of the 2015 June 22 Magnetic Storm . . . . .	130
1.20	Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Seregin I.N., Shevtsov B.M. Lidar investigations of the upper atmosphere scattering at excited atomic oxygen atoms . . . . .	131
1.21	Koltovskoi I.I., Ammosov P.P., Gavriilyeva G.A., Ammosova A.M. Measurement of hydroxyl rotational temperatures at different latitudes . . . . .	132
1.22	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Modelling of potential temperature measurement capabilities in the middle atmosphere from space lidar . . . . .	133
1.23	Druzhin G.I., Bashkuev Ju.B., Naguslaeva I.B., Cherneva N.V., Shevtsov B.M. Natural pulsed electromagnetic field of the Earth observations in Buryatia. . . . .	134
1.24	Samokhavalov I.V., Bryukhanov I.D. Problem of data interpretation of polarization laser sensing of high-level clouds on the basis of theoretically calculated phase matrices of backscattering by monodisperse ice crystals . . . . .	134
1.25	Petrova G.G., Panchishkina I.N., Petrov A.I., Chkhetiani O.G., Moiseev P.V. Research of Electric Field Variations in the Surface Atmosphere with Consideration of Its Temperature Stratification . . . . .	136

1.26	Borchevkina O.P., Karpov I.V., Dadashev R.Z., Ilminskaya A.V., Karpov A.I., Korenkova N.A. Research of variations of ionospheric parameters during the local meteorological phenomena in the Kaliningrad region . . . . .	137
1.27	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Results lidar studies of the thermal regime of the stratosphere over Tomsk . . . . .	139
1.28	Kuznetsov V.V., Kuznetsova N.D. Reversals and excursions of the geomagnetic fields as reason of climate change. . . . .	139
1.29	Balabin Yu.V., Germanenko A.V. Seasonal variation of gamma-radiation spectrum in the low atmosphere . . . . .	141
1.30	Kuznetsov V.V. Shock wave in ionosphere during earthquake . . . . .	142
1.31	Krivorotov K.A., Nee E.V., Bryukhanova V.V. Simulation of light scattering characteristics of polydisperse droplet clouds . . . . .	143
1.32	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Software and computer system for processing lidar data at the IAO SB RAS small lidar station . . . .	144
1.33	Edemskiy I.K., Polyakova A.S., Yasyukevich Yu.V. Solar terminator effects in TEC during major typhoons. . . . .	145
1.34	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Study the background variability of aerosols in the stratosphere over the Tomsk according lidar observations . . . . .	145

1.35	Panchishkina I.N., Petrova G.G., Buraeva E.A., Petrov A.I., Egorov E.V., Petrov N.A., Maslov S.A. The Results of the Ground Layer Ionization Characteristics and Rn-222 Content Measurements in Soil and Atmosphere at the Baikal Lake Shore . . . . .	146
1.36	Vasiliev P.A., Karpov I.V., Kshevetskii S.P. The role of stratospheric gravity waves in the formation of the upper atmosphere inhomogeneities . . . . .	147
1.37	Kozlov V.I., Korsakov A.A., Tarabukina L.D. Variations in the number of atmospheric observations in Yakutsk in summer 2001-2015	148
1.38	Karimov R.R., Kozlov V.I., Toropov A.A. Variations of VLF noise intensity at 8.7 kHz in the solar activity cycles for the period 2001-2015 years . . . . .	149
1.39	Karimov R.R., Kozlov V.I. Variations of the atmospheric electric field depending on the geographical latitude. . . . .	150
1.40	Yasyukevich Yu.V., Ratovsky K.G., Chirik N.V., Klimenko M.V., Klimenko V.V., Polyakova A.S., Lukyanova R.Y. Winter anomaly in NmF2 and Total Electron Content. 1. The morphology according to observation data and model calculation results	151
1.41	Klimenko M.V., Klimenko V.V., Yasyukevich Y.V., Ratovsky K.G., Polyakova A.S., Chirik N.V., Lukyanova R.Y. Winter anomaly in NmF2 and Total Electron Content. 2. Formation mechanisms of longitudinal variations in winter anomaly . . . . .	152



1.42	Pilipenko V. A., Belakhovsky V.B., Murr D., Fedorov E.N., Kozlovsky A.E. Modulation of the ionosphere parameters by the global Pc5 pulsations observed simultaneously by GPS receivers and EISCAT radar . . . . .	153
------	---	-----

**2 Geophysical fields and their interaction 155**

2.1	Mandrikova O.V., Zhizhikina E.A. A Neural network system for estimation of the geomagnetic field disturbance . . . . .	155
2.2	Mandrikova O.V., Zalyaev T.L., Solovev I.S., Khomutov S.Y. Analysis of geomagnetic field data and cosmic rays variations during periods of increased solar activity . . . . .	156
2.3	Moroz Y.E., Smirnov S.E. Anomalous changes of the geomagnetic field vertical component in Kamchatka . . . . .	157
2.4	Kotova D.S., Klimenko M.V., Klimenko V.V., Zakharov V.E. Change of the radio wave paths at oblique sounding of high latitude ionosphere in the periods of geomagnetic storms	158
2.5	Sannikov D.V., Malkin E.I., Puhov V.M. Effect of static electric field of the earth for work measuring complex VLF . . . . .	159
2.6	Larionov I.A., Nepomnyashchiy Y.A. Features of geodeformation changes of near surface sedimentary rocks . . . . .	160
2.7	Babakhanov I.Y., Butin S.V., Smirnov S.E., Khomutov S.Y. First results of atmospheric electricity measurements at the observatory "Paratunka", Kamchatka, using the CS110 Electric Field Meter . . . . .	161

2.8	Gerus A.I., Vikulin A.V. Numerical evaluation of the seismic process parameters within a rotational model of the block geomeidium . . . . .	163
2.9	Moroz Y.E., Smirnov S.E. On dynamics of electric conductivity of the geological environment in the subduction zone in Kamchatka . . . . .	165
2.10	Nee E.V., Bryukhanova V.V., Doroshkevich A.A. On the possibility of determining the water content of droplet clouds on the polarization characteristics of the double scattering lidar return . . . . .	166
2.11	Khomutov S.Y., Sapunov V.A., Denisov A.Y., Savelyev D.V., Babakhanov I.Y. Overhauser vector magnetometer POS-4: the results of continuous measurements during 2015-2016 at Geophysical Observatory "Paratunka" of IKIR FEB RAS, Kamchatka, Russia . . . . .	167
2.12	Vodinchar G.M., Noshchenko D.S., Perezhogin A.S. Painleve test of a hydrodynamic type system . . . . .	169
2.13	Myagkova I.N., Dolenko S.A., Shiroky V.R. Predicting the state of the Earth's magnetosphere by space experiments data with artificial neural networks: study of capabilities . . . . .	169
2.14	Vodinchar G.M., Feshchenko L.K. Reversal in the 6-jet geodynamo models . . . . .	170
2.15	Godomskaya A.N., Vodinchar G.M., Sheremetyeva O.V. Reversal of magnetic field in the $\alpha\Omega$ -dynamo . . . . .	170

2.16	Dolgaya A.A., Vikulin A.V., Gerus A.I. Seismicity and volcanism as a display of uniform wave geodynamic process . . . . .	172
2.17	Aleksandrov D.V., Dubrov M.N., Kravtsov V.V., Larionov I.A., Marapulets Yu.V., Shevtsov B.M. Strain-seismic and acoustic monitoring of geodynamic processes by means of high-sensitive spatially distanced instruments in seismic energy active and aseismic zones . . . . .	173
2.18	Semakov N.N. Supersonic magnetic poles . . .	174
2.19	Khomutov S.Y., Khomutova I.N. The possibility of using of the old analog magnetograms of observatories to obtain new data about variations of the Earth's magnetic field . . . . .	175

### **3 Physics of earthquake precursors 178**

3.1	Serafimova Ju. K. About relation between strong earthquakes and natural rhythms . . .	178
3.2	Bogdanov V.V., Pavlov A.V. Calculation the seismic regime parameters on the basis of a probabilistic model of Kamchatka region earthquakes catalog . . . . .	179
3.3	Bashkuev Yu.B., Buyanova D.G., Advokatov V.R., Naguslaeva I.B., Boyarov A.L., Druzhin G.I. Diurnal variations of VLF radio waves in the middle-road radiopath «Novosibirsk - Ulan-Ude» . . . . .	180
3.4	Druzhin G.I., Marapulets Yu.V., Cherneva N.V., Isaev A. Yu., Solodchuk A.A. Electromagnetic and acoustic emission before the earthquake in Kamchatka . . . . .	180

3.5	Shevtsov B.M. Features Acoustic and Electromagnetic Earthquake Precursors . . . .	181
3.6	Marapulets Yu.V., Solodchuk A.A., Shcherbina A.O. Geoacoustic emission directivity change at "Mikizha" site associated with earthquakes in Kamchatka . . . . .	181
3.7	Kopylova G.N. Hydrogeological precursors of strong earthquakes (to the 40 anniversary of hydrogeoseismological researches on Kamchatka) . . . . .	182
3.8	Rulenko O.P., Marapulets Yu.V., Kuzmin Yu.D., Solodchuk A.A. Joint perturbation of geoacoustic, emanation and atmospheric electric fields at the boundary of the earth's crust and the atmosphere before the earthquake	183
3.9	Gavrilov V.A. Method for continuous monitoring of electrical rock resistivity with underground electrical antennas: the physical basis and results . . . . .	184
3.10	Pulinets S.A., Ouzounov D.P., Davidenko D.V., Petrukhin A.V. Multiparameter monitoring of short-term earthquake precursors and its physical basis in the annex to the Kamchatka region . . . . .	185
3.11	Parovik R.I. On a hereditary oscillatory system, taking into account the effect of stick-slip . . . . .	187
3.12	Aleksandrov D.V., Dubrov M.N., Kravtsov V.V., Larionov I.A. Results of tests of three mirrored laser interferometer on the Kamchatka geodesic ground. . . . .	188

3.13	Mishchenko M.A. Statistics of occurrence of pre-seismic anomalies in geoacoustic emission and in atmospheric electric field . . . . .	189
3.14	Bashkuev Yu.B., Khaptanov V.B., Dembelov M.G., Sankov V.A., Dobrinina A.A., Druzhin G.I. The analysis of radioimpedance and GPR soundings on the Tory and Kyrenskoy paleo seismic dislocations . . . . .	190
3.15	Bashkuev Yu.B., Buyanova D.G., Dembelov M.G., Naguslaeva I.B., Khaptanov V.B., Druzhin G.I. The ground wave over the fault zone . . . . .	190
3.16	Kopylova G.N. The properties and practical use of the medium-term earthquakes precursors in Kamchatka . . . . .	191
3.17	Kasimova V.A., Potanin M.E., Berseneva N.Y. The response parameters of the electromagnetic field in the earthquake on the IGO Karymshina, Kamchatka . . . . .	192
3.18	Nasurlaeva И.Б., Bashkuev Ju.B., Druzhin G.I. VLF electromagnetic background in seismic BAIKAL RIFT ZONE . . . . .	192
3.19	Argunov V.V., Karimov R.R. Variations of the amplitude of lightning discharge signals passing over earthquake epicenters . . . . .	193