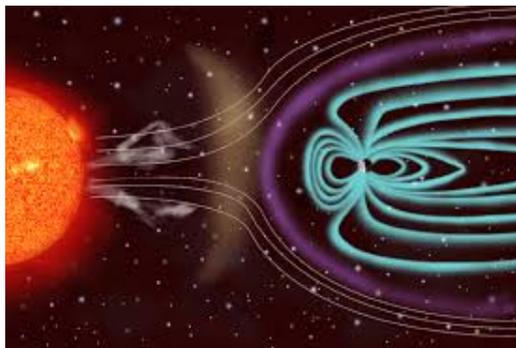


Российская академия наук
Дальневосточное отделение
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН



СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сборник тезисов докладов
IX международной конференции



Петропавловск-Камчатский
2018

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



SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS AND PHYSICS OF
EARTHQUAKES PRECURSORS

IX INTERNATIONAL CONFERENCE

v. Paratunka Kamchatsky kray

17 — 21 October 2018

COLLECTION OF THE REPORTS

Petropavlovsk-Kamchatsky

2018

УДК 551.509.336 + 550.344.37

Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: IX международная конференция, с.Паратунка, Камчатский край, 17 — 21 октября 2018 г. : сб. тез. докл. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2018. – 158 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 №18-05-20097\18Г)

© ИКИР ДВО РАН, 2018

1 Физика атмосферы

1.1 Анализ вариаций ОНЧ-шумов по данным регистрации на Якутской меридиональной цепочке во время солнечных и геофизических событий в сентябре 2017 года

Каримов Р.Р.¹, Баишев Д.Г.¹, Козлов В.И.¹, Шиокава К.²

¹ *Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

² *Институт космических и экологических исследований Земли Университета Нагоя*

С 4 по 10 сентября 2017 г. на Солнце было зарегистрировано 26 вспышек класса М и 4 вспышки класса X, что является максимальным проявлением вспышечной активности с апреля 2015 г. Вспышки сопровождались выбросами корональной массы. Как следствие этого, через некоторое время в околоземном космическом пространстве были зарегистрированы возрастания солнечных космических лучей. В этот же период времени на Земле наблюдались несколько интенсивных и умеренных возмущений магнитного поля Земли. Представляет интерес проследить следствия солнечной и геомагнитной активности по данным наблюдений вариаций естественного ОНЧ-излучения на наземных станциях Якутской меридиональной цепочки ИКФИА СО РАН. В анализе были использованы данные многоканального ОНЧ-регистратора, установленного на радиофизическом полигоне «Ойбенкель» (62N, 129.3E) и данные ОНЧ/КНЧ-приемника, установленного на оптическом полигоне «Маймага» (63N, 129.5E). Результаты анализа показали изменения амплитудных и спектральных характеристик интенсивности ОНЧ-излучения атмосферного и магнитосферного происхождения, связанные с воздействием солнечных рентгеновских вспышек на нижнюю ионосферу и с процессами в магнитосферной плазме во время возмущений магнитного поля Земли.

1.2 Анализ состояния атмосферной циркуляции во время интенсивных гроз в Якутии в 2009-2016 гг.

*Тарабукина Л.Д.¹, Кононова Н.К.², Иннокентьев Д.Е.¹,
Козлов В.И.¹*

¹ *Институт космофизических исследований и аэронауки им.
Ю.Г. Шафера СО РАН*

² *Институт географии РАН*

Проведено сопоставление дней с повышенным суммарным числом грозовых разрядов на всей территории Якутии и ее центральной части с соответствующим типом атмосферной циркуляции, классифицированной по методу Б.Л. Дзердзеевского. Вариации суточного количества грозовых разрядов оценивались с помощью систем грозолокации, регистрирующих радиоимпульсы очень низкочастотного диапазона, излучаемых грозowymi разрядами. Дни с интенсивными грозами выделялись по уровню 0,7 от максимального суточного количества молний за летний сезон, а дни с минимальной грозовой активностью выделялись по количеству менее 30

1.3 Анализ условий распространения СДВ радиоволн в волноводе «Земля-ионосфера» на трассах «Новосибирск – Улан-Удэ» и «Комсомольск-на-Амуре – Улан-Удэ» во время магнитных бурь 31 августа - 12 сентября 2017 года

Башкуев Ю.Б., Адвокатов В.Р., Буянова Д.Г., Пушкарев М.Г.

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ

Проведен анализ результатов измерений амплитуды и дополнительной фазы $\varphi_{\text{доп}}$ электромагнитного поля СДВ импульсно-фазовой РНС РСДН-20. Исследованы радиотрассы широтного простирания: трасса 1 «Новосибирск - Улан-Удэ», длина - 1580 км; трасса 2 «Комсомольск-на-Амуре - Улан-Удэ», длина - 2080 км. Рассмотрены суточные вариации амплитуды и фазы $\varphi_{\text{доп}}$ радиосигналов 11,9 и 14,88 кГц с 31 августа по 12 сентября 2017 г. на трассах 1 и 2. Восточная трасса 2 длиннее западной трассы 1 на 500 км, поэтому уровень сигнала на данной трассе почти всегда ниже. В обычных геомагнитных условиях четко разделяются дневные и ночные уровни амплитуды и фазы радиосигнала на частоте 11,9 кГц. Дополнительная фаза $\varphi_{\text{доп}}$ имеет также закономерные регулярные суточные вариации в пределах до 120° . Существенные различия на трассах 1 и 2 наблюдаются в уровне амплитуды сигнала во время магнитных бурь. 5, 8, 9 и 10 сентября на трассе 1 ночные уровни существенно ниже дневных, происходит уменьшение амплитуды до 6 раз. Это явление отмечено впервые за период наблюдений с 2013 года. Фаза ведет себя также аномально, часто наблюдается «дребезг» и даже срыв фазы. Рассмотрены суточные вариации амплитуды и дополнительной фазы на частоте 14,88 кГц на тех же трассах. Установлены существенные различия в пространственных амплитудно-фазовых явлениях в обычных и аномальных геомагнитных условиях на частотах 11,9 и 14,88 кГц при распространении СДВ радиоволн на пространственно-разнесенных трассах широтного простирания. Они заключаются в существенном уменьшении уровня сигнала на частоте 11,9 кГц во время очень сильной магнитной бури. Проведен анализ суточных вариаций медианной амплитуды радиосигналов 11,9 и 14,88 кГц

на трассах 1 и 2, полученных после децимации и пропускания массива измерений через цифровой сглаживающий полиномиальный фильтр Савицкого - Голея (программа MATLAB).

1.4 Возмущение ионосферы при запусках с космодрома «Восточный»

Сивоконь В.П., Хомутов С.Ю., Теслок Ю.А., Думбрава З.Ф.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Известно, что при запусках космических аппаратов происходит модификация свойств ионосферной плазмы, как результат воздействия на неё ударно-акустических волн, формирующихся при сверхзвуковом движении ракетных носителей. Исследование вариаций ионосферной плазмы, как правило, осуществляют с использованием сигналов глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС, что предполагает сеть наземных станций. В окрестностях космодрома «Восточный» таковой не существует, что делает необходимым поиск альтернативных решений. Одним из них может быть использование станций вертикального и наклонного зондирования ионосферы. На основе анализа данных этих станций показана возможность оценки модификации ионосферы при запусках с космодрома «Восточный».

1.5 Изучение влияния зимних циклонов на распределение электронов в ионосфере над Камчаткой в условиях пониженной сейсмичности средствами радиотомографии

Богданов В.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе представлены результаты исследования возможного 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. Показано, что при прохождении ночных циклонов (по местному времени) 18 января, 03 и 17 февраля 2013г. 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 No 11-05-00915, по Программе президиума РАН No 12-1-П22-01 и целевой программе ДВО РАН «Спутниковый мониторинг Дальнего Востока для проведения фундаментальных научных исследований ДВО РАН».

1.6 Исследование динамики содержания высокосимметричных молекул в атмосфере по регистрации солнечных спектров

Сердюков В.И., Синица Л.Н., Щербаков А.П.

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия

Важное значение для исследования влияния солнечной активности на геосферные процессы имеет информация о динамике

содержания газов при низкой температуре, соответствующей условиям верхней атмосферы. Особенно это относится к высоко симметричным молекулам, таким как CH_4 , NF_3 , CF_4 . В докладе представлена спектральная система измерений газовых атмосферных компонент на основе Фурье-спектрометра Bruker IFS125M с оптоволоконным и зеркальными трекерами, позволяющими проводить регистрацию солнечных спектров, как в видимой, так и ИК-области спектра. Приведены результаты исследования содержания атмосферных газов в атмосфере в районе г. Томска на основе анализа атмосферных спектров пропускания солнечного излучения, зарегистрированных на Фурье-спектрометре. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №17-17-01170

1.7 Исследования изменчивости содержания фоновое аэрозоля в стратосфере над Томском в 2011 - 2015 гг. По данным лидарного зондирования

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

Институт Оптики Атмосферы СО РАН

В статье представлены экспериментальные результаты по исследованию изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля в стратосфере над Томском, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за период 2011-2015 гг. Характерной особенностью указанного периода, за исключением второй половины 2011г. (появление над Томском эруптивных слоев от извержения вулкана Гримсвотн) было практическое отсутствие вулканической активности, приводящую к образованию стратосферного аэрозоля и его переносу в сторону Томска, в связи с чем возникла возможность для изучения поведения вертикальной структуры фоновое аэрозоля в стратосфере в течении пяти лет. По анализу полученных лидарных данных выявлена устойчивая тенденция аэрозольного наполнения нижней стратосферы в холодные периоды года с его максимальным содержанием в декабре - январе и практическим отсутствием во всем слое стратосферы в теплые периоды года.

1.8 Исследования роли аэрозолей в формировании вариаций электрического поля в приземной атмосфере

*Петрова Г.Г.¹, Панчишкина И.Н.¹, Петров А.И.¹,
Чхетиани О.Г.², Егоров Е.В.¹, Болдырева В.А.¹*

¹ Южный федеральный университет

² Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН

В работе обсуждаются результаты атмосферно-электрических измерений лаборатории геофизических исследований Физического факультета Южного федерального университета за период с 2012 до 2017 года. Многолетние исследования позволяют типизировать наблюдаемые атмосферно-электрические профили. Вид вертикальных профилей электрического поля по результатам измерений градиента потенциала в приземном слое свидетельствует о присутствии слоёв отрицательного объёмного заряда в нижней атмосфере. Возможная интерпретация их появления основана на том, что объёмные заряды лёгких ионов вблизи земли адсорбируются аэрозолями. Аккумуляция заряда на аэрозолях способствует длительному присутствию в приземной атмосфере заряженных слоёв, влияющих на пространственное распределение электрического поля и его величину. Измерение концентрации аэрозолей субмикронного и микронного диапазонов в экспедициях дополнило измерительный комплекс после 2012 года. Представлены результаты регрессионного и дисперсионного анализа связи градиента потенциала с содержанием аэрозолей в приземной атмосфере. Рассматривается роль влажности в формировании аэрозоля и возможное косвенное влияние этого фактора на вариации атмосферного электрического поля. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты 16-05-00930 а и 17-05-41121 РГО а.

1.9 Исследования термического режима стратосферы над Томском за период 2012-2015гг. По данным лидарных наблюдений.

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

Институт Оптики Атмосферы СО РАН

В настоящей статье представлены исследования вертикального распределения температуры над Томском, выполненные в возмущенный и спокойный периоды года за 2012-2015 гг. На основании накопленного экспериментального материала установлен ряд особенностей внутrigодовой динамики термического режима стратосферы. Так, зимнее стратосферное потепление происходит ежегодно. За указанный период было зарегистрировано два сильных (мажорных) потеплений зим 2009/10 и 2012/13 гг., при которых в верхней атмосфере сменился перенос воздушных масс с западного на восточный, и четыре слабых (минорных) - это зимы 2011/10, 2012/11, 2014/13 и 2015/14 гг. На протяжении многолетних наблюдений показано, что для региона Западной Сибири для длительного периода года апрель - ноябрь в подавляющем большинстве случаев вертикальное распределение температуры хорошо согласуется с модельным распределением CIRA-86.

1.10 Лидарная диагностика ионосферных высыпаний

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

Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Лидар рассматривается как детектор энергии электронов в ионосферных высыпаниях, а очистка радиационных поясов - как энергетическая накачка ионосферного слоя. Обсуждаются эффективность возбуждения компонентов ионосферной плазмы

высыпаниями и особенности резонансного обратного рассеяния лазерного излучения в активной ионосфере. Показано, что в квантовой системе, в которой лидар играет роль задающего генератора, а ионосферный слой - усилителя, в зависимости от интенсивности высыпаний возможны различные режимы нелинейных колебаний. Проводятся аналогии с другими природными нелинейными системами.

1.11 Лидарные исследования динамики вертикального распределения температуры в стратосфере над Томском в 2017 г.

Бочковский Д.А., Маричев В.Н.

Институт Оптики Атмосферы СО РАН

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 [1-8]. В настоящей статье представлены исследования вертикального распределения температуры над Томском в возмущенный и спокойный периоды 2017г.

1.12 Об одном аналитическом решении уравнений непрерывности и импульса ионов

Колн А.Д.

*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия*

В настоящее время существует много работ, посвященных получению аналитических решений диффузии ионов в ряд упрощающих предположений. Эти решения имеют самодостаточную ценность для качественного теоретического анализа процессов в плазме, а также часто используются для тестирования численных алгоритмов. В то же время существует меньше исследований системы уравнений непрерывности и импульса гиперболического типа, чем диффузионного приближения.

В связи с этим была поставлена следующая задача. Чтобы попытаться получить аналитическое решение уравнений непрерывности и импульса ионов с учетом столкновений, гравитации и сил давления в заявлении на основе примера азотрического потока однокомпонентного газа.

Проблема не имеет аналитического решения в сформулированном утверждении.

В результате стало возможным свести задачу к уравнению Дарбу для потенциальной функции на первом полушага по времени для однородной системы уравнений непрерывности и движения гиперболического типа с использованием преобразований годографа.

Получено также решение задачи Коши для уравнения Дарбу методом Римана.

1.13 Автоматизация работы с математическими моделями верхней атмосферы Земли

Медведев В.В., Суроткин В.А., Колин А.Д.

*Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия*

В настоящее время особый интерес представляют программные комплексы, предназначенные для проведения вычислительных экспериментов в отдельных областях науки, в частности в области математического моделирования и физики верхней атмосферы.

Физико-математические модели, включённые в пакет, построены на основе уравнений квазигидродинамики и позволяют рассчитать основные характеристики ионосферно-магнитосферной плазмы: пространственно-временные распределения концентраций и температур заряженных и нейтральных частиц скоростей их движения для различных областей ионосферы в интервале высот от 50 км до нескольких радиусов Земли.

Текущая конфигурация функционального наполнения решает следующие практические задачи:

- расчет ионосферных параметров среднеширотной ионосферы без учета геометрии геомагнитного поля
- расчет ионосферных параметров вдоль фиксированных замкнутых линий геомагнитного поля
- численное моделирование процессов истечения ионосферной плазмы вдоль разомкнутых геомагнитных силовых трубок (полярный ветер)
- расчет параметров мезосферы и нижней термосферы в области высот 50-500 км
- расчет параметров распространения КВ - радиосигналов в ионосферной плазме

Программный комплекс имеет консольный интерфейс и предоставляет следующие возможности:

- формировать запросы на моделирование на входном языке пакета;
- при формулировке запроса на моделирование задавать необходимые пользователю подпрограммы в рамках выбранной модели

-выводить результаты моделирования на экран монитора с возможностью распечатки на принтере

-запрашивать справочную информацию о пакете и входном языке;

-расширять функциональное наполнение новыми элементами

Минимальная конфигурация программного комплекса рассчитана на возможность эксплуатации пакета на распространенных ПЭВМ.

Для удобства работы с имеющимися математическими моделями пользователей различного уровня, в том числе и неспециалистами в области математического моделирования и физики ионосферной плазмы, предполагается заменить консольный интерфейс дружелюбным пользователю графическим интерфейсом

1.14 Математическое моделирование верхних атмосферных процессов

Медведев В.В.¹, Телегин В.А.², Колин А.Д.¹

¹ *Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия*

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук, Москва, Россия*

Построена математическая модель верхней атмосферы и ионосферно-магнитосферных процессов для высот 50-1000км. Модель включает в себя набор магнито-гидродинамических уравнений (непрерывность, импульса и энергии) для электронов и ионов и нейтральных компонентов. Модели численно решаются уравнения для температуры нейтрального газа (T_n), ионов (T_i) и электронов (T_e), макроскопические средние ветры скоростей V_{nx}, V_{ny}, V_{nz} нейтралов. В этой статье мы описываем наши расчеты для следующих компонентов: N_2 , O, O_2 , $O_3, O(^1D), O(^1S), O_2(^1\Delta_g), O_2(\sum_g^+), N_2^{(v)}, O_2^{(v)}$, H, H_2 , OH, $H_2, H_2O_2, N(^4S), N(^2D), NO, NO_2, CO, CO_2, H^+, O^+, O_2^+, NO^+$.

В уравнении теплового баланса учитываются следующие источники и стоки тепла: Нагрев фотоионизацией, поглощения солнечной радиации в Шуман-Рунге континуум $135 \leq \lambda \leq 175$ нм; химические реакции, охлаждение колебательно-вращательных полос $CO_2, NO,$

O_3 , OH , CO в 1.27 мк O_2 и 63 мк (1D); молекулярной теплопроводности; нагрев и охлаждение за счет суточного сжатия и расширения атмосферы. Для функции $K_h(z)$, которая является вихревой теплопроводностью (предполагается равным вихревого коэффициента диффузии), используется аналитическая аппроксимация. Высота Z_m из K_h максимума (K_h^{max}) варьировался в диапазоне $90-110$ км, со значением (K_h^{max}) от 10^5 до $2 \cdot 10^7 \text{ см}^2/S$.

Верхние граничные условия для температуры заданы в виде нулевых градиентов на высоте 500 км, а нижние граничные условия в виде нулевого потока на высоте 50 км. Основным входным параметром модели являются: коэффициенты химических реакций, коэффициент турбулентной диффузии, сечения, поглощения и ионизации, поток солнечной EUX. Мы провели ряд вычислений с использованием различных высотных профилей коэффициента турбулентной диффузии с целью изучения одновременного действия на теплопроводность и диффузию. Аналитическая модель высотного распределения $[NO]$ и $[N]$, получена на численных результатах и зависит от основных атмосферных параметров плотности N_2 и O_2 и нейтральной температуры газа. Распределение по высоте плотности $[N_e]$ было получено из выражения для $[NO]$. Полученные аналитические выражения для $[NO]$ и $[N_e]$ легко объясняют зимние превышения $[NO]$ и $[N_e]$ над летними значениями и зимнюю аномалию в ионосфере D-области.

В вычислительном эксперименте были рассчитаны высотные распределения колебательно-возбужденного молекулярного азота. Основное внимание было уделено исследованию процессов с колебательно-возбужденными состояниями молекул $N_2^{(v)}$, $O_2^{(v)}$. Расчет плотности данных компонент был проведен для 10 колебательных уровней ($V = 1...10$), используя нестационарное уравнение диффузии. Распределение Больцмана не учитывалось во внимание. Обсуждается роль диффузионных и фотохимических процессов $N_2^{(v)}$.

1.15 Моделирование параметров верхней атмосферы при антропогенных воздействиях

Медведев В.В.¹, Телегин В.А.², Колин А.Д.¹

¹ Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук, Москва,
Россия

Физико-математическая модель путем вычислительного эксперимента позволяет рассчитать различные ионосферные параметры, такие как концентрация ионов O^+ , H^+ , NO^+ , N^+ , H_2O^+ , H_3O^+ , OH^+ температура электронов T_e , ионов T_{O^+} , T_{H^+} и горизонтальные составляющие нейтрального газа. Рассматривался вопрос образования и затягивания ионосферной «дыры» при инжектировании $[H_2O]$. В этих работах приводились результаты расчетов высотновременных распределений N_mF2 , h_mF2 и потоков ионосферной плазмы. Показано, что инжектируемая $[H_2O]$ существенно влияет на рекомбинацию ионосферной плазмы в области F2 ионосферы. В данной работе рассматривается вопрос влияния инжектируемой $[H_2O]$ на электронную и ионные температуры ионосферной плазмы.

Расчеты ионосферных параметров проводились в силовой трубке ($L=2$) для высокой солнечной активности ($F_{(10.7)} = 234$) в зимних условиях. Силовая линия имеет неравномерную пространственную сетку. Шаг интегрирования по времени $\tau = 20$ с.

При выбросах $[H_2O] = 10^7$ см⁻³ в максимуме F2 - слоя уменьшение $[N_mF2]$ составляет примерно половину для выбранных условий. Такое уменьшение электронной концентрации приводит к увеличению электронной температуры (при неизменных источниках нагрева ионосферной плазмы)

1.16 Модернизация лидарного комплекса станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

Институт Оптики Атмосферы СО РАН

Лидарный комплекс малой станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН позволяет оперативно и регулярно получать профили отношения рассеяния до высоты 70км, температуры и плотности атмосферы в интервале высот 10-70км с пространственным разрешением 192м. Измерения проводятся в условиях безоблачного неба или, в крайнем случае, разрывной облачности. Для планирования проведения измерений используется прогноз погоды и последние проводятся при совпадении прогноза и реальной погоды в ясное ночное время суток. Удаленное или автоматическое управление лидарным комплексом позволит повысить эффективность, качество (за счет измерений при переменной облачности) рядов накопленных данных и увеличить количество сеансов проведения лидарного зондирования атмосферы.

1.17 Нелинейные эффекты в приземной атмосфере по результатам атмосферно-электрических измерений

*Панчишкина И.Н., Петрова Г.Г., Петров А.И., Егоров Е.В.,
Купинская А.И., Шевченко А.В.*

Южный Федеральный Университет, Россия

Результаты наземных атмосферно-электрических наблюдений помогают понять закономерности вариаций электрических характеристик атмосферы, которые необходимо учитывать при построении моделей электродного слоя, являющегося частью Глобальной электрической цепи. Учитывая многофакторность электрических процессов в атмосфере, современные модели используют эмпирические значения параметров и соотношения между ними. По результатам измерений вблизи земной поверхности обнаружены нелинейные эффекты, связанные с зависимостью электропроводности

от напряженности электрического поля. Это проявляется в утрате пропорциональности плотности тока проводимости от напряженности, причем нелинейность проявляется заметнее при низких значениях электропроводности. На основе полученных данных построены эмпирические ряды регрессии и получены уравнения зависимости полярных электропроводностей от напряженности электрического поля. На интервале резкого снижения значений полярных электропроводностей при многократном усилении напряженности электрического поля их взаимосвязь аппроксимируются линейной функцией с высоким уровнем достоверности.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), гранты 16-05-00930 а и 17-05-41121 РГО а.

1.18 Особенности регистрации азимутов прихода импульсного излучения атмосферно-грозового происхождения

Малкин Е.И., Санников Д.В.

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

Обоснован и опробован метод многокомпонентной оценки азимута прихода импульсного излучения атмосферно-грозового происхождения. Выделены особенности регистрации азимутов данного излучения. Приведена интерпретация полученных результатов.

1.19 Результаты лидарных исследований изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском в 2017 г.

Бочковский Д.А., Маричев В.Н.

Институт Оптики Атмосферы СО РАН

В статье анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за 2017г. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 61 суммарных сигналов, накопленных в отдельные ночи. Интервал зондируемых высот простирался от 10 до 50-60км, пространственное разрешение составляло 192м., время накопления суммарного сигнала - 2час. По результатам наблюдений, как и в предыдущие годы, зарегистрировано высокое содержание аэрозоля в нижней стратосфере в зимние месяцы года и практическое отсутствие в теплый период. В верхней стратосфере (30 - 50 км) в течение всего года фоновый аэрозоль отсутствует.

1.20 Роль солнечной активности в многолетней изменчивости фотохимических компонент воздуха в приземном слое воздуха

*Антохин П.Н., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б.,
Давыдов Д.К., Савкин Д.Е., Складнева Т.К., Толмачев Г.Н.,
Фофанов А.В.*

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

Многолетний мониторинг состава воздуха, начатый авторами еще в начале 90х годов, позволил выявить вариации среднегодовых концентраций озона и аэрозоля с периодом, близким к 11-летнему. Эти изменения не синхронны. Концентрация озона и аэрозоля в своем ходе отстает от изменения солнечной активности на 2 и 3 года. Такой период характерен для вариаций солнечной активности. Однако, до настоящего момента неясен механизм передачи сигнала от

Солнца в нижнюю тропосферу. В процессе поиска причин последовательно были проанализированы озоновый механизм, последствие вариаций прихода УФ-радиации, которые вывели на промежуточный механизм. Предложена гипотеза, что механизм передачи сигнала является реакцией растительности на усиливающейся поток УФ-радиации. По данным специально проведенных в ряде зарубежных стран экспериментов было показано, что в начале процесса увеличения УФ-радиации происходит угнетение растений. После 2-3 годичного процесса адаптации, у них усиливается продуктивность, что приводит к выбросу в атмосферу дополнительного количества озono- и аэрозолеобразующих веществ. Эта гипотеза проверена с помощью нормализованного индекса вегетации и дала хорошие результаты. В пользу предложенного механизма говорят и работы других авторов о том, что при усилении УФ-Б радиации у растений имеется так называемый долговременный кумулятивный эффект, заключающийся в запаздывании их фотосинтеза на 2-3 года относительно ее прихода. На основании установленной эмпирической зависимости, опираясь на прогнозы солнечной активности, были сделаны предсказания значений концентрации аэрозоля и озона в 23 и 24 циклах. В докладе представлены результаты выполнимости указанных прогнозов. Работа выполнена по гранту РФФИ No 17-17-01095.

1.21 Сильные вариации гамма-излучения и атмосферного электрического поля при различных метеорологических условиях по наблюдениям в Якутске и Тикси

Торопов А.А., Стародубцев С.А., Козлов В.И.

*Институт космических исследований и аэронавтики им.
Ю.Г. Шафера*

В работе приводятся результаты исследования возрастания гамма-фона в приземном слое атмосферы во время осадков и ближних гроз в Якутске (на базе Спектрографа космических лучей ИКФИА СО РАН) и Тикси (Полярная геофизиологическая обсерватория

ИКФИА СО РАН). Для регистрации гамма-фона используются сцинтилляционные детекторы на основе кристаллов NaI(Tl) размером 63мм x 63мм. Диапазон измеряемых энергий 20-1900 кэВ. Детекторы закрыты с боков и снизу свинцом (5 см) и помещены в термобоксы имеющие стеклянное окно. Оба детектора размещены на крыше зданий в Якутске и Тикси. Также, осуществлялась синхронная регистрация вариаций атмосферного электрического поля электростатические флюксметры Volttek EFM-100) и основных метеопараметров атмосферы (ультразвуковая метеостанция АМК-04). Обнаружена явная связь между возрастанием гамма-фона и сильными ливневыми осадками. Получены энергетические спектры гамма-фона в условиях «хорошей» погоды и во время сильных осадков и ближних гроз. Проведенные исследования позволяют считать, что возрастание гамма-фона связано, прежде всего, с эмиссией радона и его дочерних продуктов распада из грунта и, в меньшей степени, с тормозным излучением заряженных частиц в сильных электрических полях грозовой атмосферы.

1.22 События GLE в 24-м цикле

Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Германенко А.В., Маурчев Е.А.

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Начавшийся в 2009 году 24-ый солнечный цикл завершается. В 2015 году активность Солнца пошла на спад. Этот цикл оказался по многим показателям аномальным. Например, в предыдущем 23-м цикле такой показатель активности как число солнечных пятен в отдельные месяцы достигал значения 175, а в 24-м он не превысил 100. По числу событий GLE текущий цикл также сильно отличается от предыдущих. В 23-м только крупных событий GLE (возрастания десятки процентов) произошло четыре, а малых и умеренных еще пять. В 24-м цикле зарегистрировано только два события: GLE 71 (17.05.2012) и GLE 72 (10.09.2017), причем, последнее событие имело малую амплитуду (5 %). События GLE обрабатываются по специальной методике, назначение которой состоит в решении обратной задачи: по данным мировой сети нейтронных мониторов получить параметры энергетических спектров солнечных космических

лучей. События GLE 71 и 72, как и прежние, были обработаны по этой методике. Проведено сравнение полученных энергетических спектров со спектрами в других событиях прежних циклов.

1.23 Общие особенности возрастных гамма-излучения на ряде станций от арктических до средних широт

*Балабин Ю.В., Михалко Е.А., Маурчев Е.А., Германенко А.В.,
Гвоздевский Б.Б.*

Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

Мониторинг фоновое гамма-излучения (20-400 кэВ) в приземном слое атмосферы ведется в ПГИ много лет. Это излучение возникает в атмосфере от космических лучей. При распространении в атмосфере поток мягкого излучения испытывает вариации, обусловленные различными процессами в толще атмосферы. Собрана уникальная и обширная база данных об уровне мягкого гамма-излучения за период 2009-2017 г. Измерения проводятся с помощью однотипных детекторов, изготовленных в ПГИ. На всех станциях наблюдается явление, впервые обнаруженное авторами: возрастание гамма-фона при осадках. Эти возрастания не связаны ни с наличием каких-либо радионуклидов в осадках. Возрастания наблюдаются только в электромагнитной компоненте, возникающей в атмосфере от космических лучей. Комплексный анализ накопленных данных показал, что характеристики событий (такие как амплитуда, длительность, скорость нарастания и спада, полная энергия) имеют четкие различия по сезону на каждой станции. Также на большинстве станций наблюдается сезонная вариация гамма-излучения, связанная с образованием постоянного снежного покрова в холодный сезон. Анализ событий показывает, что вариации фонового гамма-излучения могут использоваться для изучения некоторых атмосферных процессов в нижней атмосфере.

1.24 Сравнение двух квантовых моделей шаровой молнии

Кузнецов В.В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Сравниваются две модели шаровых молний. Обе модели квантовые. Одна предложена группой американских и финских физиков [Lee W. et al. Science Advances, 2018], они впервые получили трехмерные скирмионы (skyrmion) - объемные структуры - в конденсате Бозе - Эйнштейна (Bose-Einstein condensate) с упорядоченной вихревой структурой спинов, где спины в центре и на краю имеют противоположные направления. Устойчивый клубок электрического и магнитного полей в этом трехмерном скирмионе авторы рассматривают в качестве возможной квантовой модели шаровой молнии (ШМ). Вторая модель, предложенная автором, базируется на проявлении эффектов квантовой сцепленности протонов водородных связей в водных парах атмосферы [Кузнецов В., Квантовая Магия, 2011]. Обсуждается проблема возникновения в облаках потоков частиц высокой энергии. Рассмотрены несколько ситуаций, в которых обнаружены такие потоки: темные молнии, [Кузнецов В., Вестник КРАУНЦ, 2016], предшествующие обычным и создающие дополнительную ионизацию, потоки быстрых электронов Мэвной энергии предшествующих разрядам молний, инициирующих появление шаровых молний, свечений, спрайтов и т.п. Все перечисленные явления, по-видимому, имеют общую природу, основанную на проявлении эффектов квантовой сцепленности протонов водородных связей водных кластеров в облаках. Сравнение этих моделей проводится по единственному ключевому параметру, суть которого состоит в оценке принципиальной возможности проникновения ШМ через стекло. Это явление многократно наблюдалось и не нашло объяснения ни в одной из огромного количества моделей ШМ. Предлагаемая модель находит очевидное объяснение этого эффекта.

1.25 Эффекты геофизических событий 4-11 сентября 2017 года в вариациях амплитуды и фазы ОНЧ сигналов радиостанций при регистрации в Якутске и Тикси

Корсаков А.А., Козлов В.И.

*Институт космофизических исследований и аэронауки им.
Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия*

С 4 по 10 сентября 2017 г. в одной и той же активной области AR 12673 на Солнце были зафиксированы мощные вспышки класса M и X сопровождавшиеся выбросами корональной массы (СМЕ). 5, 7, 8 и 10 сентября зарегистрированы всплески потока солнечных космических лучей (протонов). На фоне этих событий рассмотрены вариации амплитуды и фазы ОНЧ сигналов радионавигационной системы Альфа, регистрируемые в Якутске (62 N, 129 E) и Тикси (72 N, 129 E). 5 - 9 сентября отмечается повышение затухания и уменьшение фазовой задержки радиосигналов, регистрируемых в Тикси. Понижение амплитуды сигнала Новосибирск 8 сентября достигло 5 дБ, а уменьшение фазовой задержки составило 45 градусов днем и 55 градусов ночью. Следует отметить также понижение фазовой задержки на 75 градусов ночью 10 сентября 2017 г. Такие изменения параметров ОНЧ радиосигнала характеризуют появление дополнительного источника ионизации - высыпаний в высокоширотную область ионосферы энергичных протонов. Эффект магнитной бури проявился 8 сентября в амплитудно-фазовых вариациях ОНЧ сигналов, регистрируемых в Якутске. Уменьшение фазовой задержки 8 сентября в ночных условиях составило 50 градусов ($Dst = -120$ нТл), а в дневных условиях 9 сентября - 30 градусов. 11 сентября отмечено уменьшение фазовой задержки зарегистрированного в Якутске сигнала Новосибирск на 30 градусов в дневных условиях. Данный случай также можно связать с резким повышением потоков протонов больших энергий 10-11 сентября.

1.26 Исследование влияния солнечно-земных взаимосвязей на динамику суточных и сезонных вариаций градиента потенциала приземной атмосферы

Аджиев А.Х., Кумукова О.А., Черкесов А.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Высокогорный геофизический институт» Россия*

Солнечно-земные взаимосвязи оказывают несомненное влияние на погоду и климат Земли. Механизмы этих связей изучены не полностью. Так, последствия действия солнечно-земных связей могут оказать вспомогательное, а иногда, и решающее влияние на формирование электрического поля приземной атмосферы Земли. Данный вывод в работе сделан на основе анализа значений показателей, которые отражают изменения активности Солнце и как следствие формируют свойства солнечного ветра, ударяющего по Земле – скорость солнечного ветра (v), концентрация протонов (n) и суточных вариаций градиента электрического поля приземной атмосферы (E).

В работе использованы суточные и сезонные данные регистраций вариаций напряженности электрического поля приземного слоя атмосферы на высокогорной станции «пик Черет», высота 3100 м и значения v и n с интернет ресурса ftp://sohoftp.nascom.nasa.gov/sdb/goes/ace/monthly/201608_ace_swepam_1h.txt. Суть данного подхода, отличного от всех существующих методов мониторинга атмосферного электричества, базируется на идее исключения влияния антропогенных факторов на регистрируемые значения размещением измерительной аппаратуры на высокогорной станции (3100 м н. у. м.). Выполнен сравнительный анализ годового хода значений v , n и E , а также определены их корреляционные взаимосвязи. Анализ данных по v и n позволяет отметить, что их увеличение приводит к росту среднесуточных значений градиента электрического поля приземной атмосферы по сравнению со среднемноголетними значениями поля «хорошей погоды».

1.27 Сеть для отслеживания инфразвуковых сигналов, сопутствующих грозovým явлениям: разработка датчика

Кудин Д.В.^{1,2}, Кудрявцев Н.Г.², Учайкин Е.О.^{2,3}

¹ *Геофизический центр РАН, Москва, Россия*

² *Горно-Алтайский государственный университет,
Горно-Алтайск, Россия*

³ *ООО «Солнечная энергия+», Горно-Алтайск, Россия*

Наряду с исследованиями масштабных планетарных явлений, таких как вариации магнитного поля Земли, изменение солнечной активности, ее влияние на атмосферную электрическую цепь, несомненный интерес для геофизиков представляют и, так называемые, одиночные крупно-энергетические события. К ним можно отнести падения метеоритов, техногенные взрывы, лесные пожары, землетрясения т.п. Как правило, такие события достаточно трудно поддаются локализации и, если даже достаточно слабые землетрясения и техногенные взрывы все-таки обнаруживаются и локализуются сетями сейсмостанций, то определить в реальном времени координаты других событий из вышперечисленного ряда, представляется задачей весьма проблематичной.

Для детального изучения таких инфразвуковых волн достаточно развернуть в интересующем наблюдателя регионе недорогую временную мобильную локальную мониторинговую сеть, которая обладала бы значительно меньшим, по сравнению со стандартными измерительными сетями, межпунктовым расстоянием и была бы оснащена сравнительно дешевым (достаточно чувствительным, но более узкополосным) измерительным оборудованием.

1.28 Резонансное рассеяние на возбужденных ионах как индикатор появления высыпаний заряженных частиц в атмосферу

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

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Приводятся результаты двухчастотного лидарного зондирования атмосферы в области высот 100-500 км. Данные получены в августе-ноябре 2017 г. на лидарной станции, расположенной на Камчатке (158.25°E; 52.9°N). Первый канал лидара предназначен для исследования аэрозольных образований в средней атмосфере и регистрации резонансного рассеяния на возбужденных ионах атомарного азота в верхней атмосфере. Используется Nd:YAG лазер, работающий на длине волны 532 нм. Во втором канале установлен лазер на красителях с перестраиваемой частотой. Выбранная длина волны 561 нм соответствует дипольному переходу между возбужденными состояниями атомарного кислорода.

Приводится описание метода измерения фонового сигнала, пригодного для лидарного исследования термосферы. Показана возможность восстановления Nh-профиля возбужденных ионов в области высот 100-500 км. Показана возможность восстановления спектра высыпавшихся электронов.

Рассмотрены возможные проявления резонансного рассеяния в области мезосферы и появления там мнимых аэрозольных образований.

2 Геофизические поля и их взаимодействие

2.1 Алгоритмы выделения ионосферных аномалий в системе оперативного анализа данных «Аугога»

Полозов Ю.А., Фетисова Н.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе представлены алгоритмы обработки ионосферных данных, реализованные в режиме оперативного анализа параметров ионосферы. Алгоритмы являются компонентой программной системы анализа геофизических данных «Аугога» и позволяют оценить состояние ионосферы в районе полуострова Камчатка и выделить ионосферные аномалии. Оценка эффективности алгоритмов показала возможность их использования для выделения ионосферных аномалий, которые могут возникать накануне магнитных бурь. Исследования выполнены за счет средств Российского Научного Фонда, Проект №14-11-00194.

2.2 Алгоритмы и результаты потокового распознавания вистлеров

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Предлагаются алгоритмы потокового распознавания вистлеров. Рассматриваются различные этапы работы алгоритмов (получение исходного сигнала; первичная обработка, фильтрация и преобразование данных; применение различных решающих правил; распознавание событий с помощью различных алгоритмов и модулей; комплексная экспертная оценка корректности распознавания; выделение формы вистлера и основных его характеристик; привязка событий к времени их появления). Разработанные алгоритмы используются на мини-компьютерных программно-аппаратных

комплексах мониторинга низкочастотных электромагнитных излучений на станции Карымшино на Камчатке, на радиополигоне Ойбенкель института космофизических исследований и аэронавтики (ИКФИА) им. Ю.Г.Шафера СО РАН в Республике Саха (Якутия), а также выполняется распознавание вистлеров на базе открытых данных сети ОНЧ-станций abelian.org в пунктах Тодморден Великобритания (53,703N, 2.072W), Билефельд Германия (52.146N,8.458E), Кумьяна Италия (44.96N,7.42E), Варшава Польша(52.16313N,21.03094E), Хиткот Австралия (36.804163S 144.67559E). Наши результаты распознавания вистлеров позволили установить: 1. наличие в дни сильной вистлерной активности средней положительной корреляции между количеством зарегистрированных на станции Карымшино по минутам суток вистлеров и количеством зарегистрированных мировой сетью WWLLN по минутам суток молний в координатном прямоугольнике LAT 25S-45S, LON 140E-160E (Австралия); 2. распределение интервалов времени между последовательно регистрируемыми вистлерами на наземном пункте наблюдения имеет вид похожий на распределение Пирсона I типа при установленном ограничении максимального интервала времени между событиями в 80 секунд.

2.3 Анализ данных регистрации вистлеров, полученных с помощью системы SSAN на субавторальной станции в Якутске

*Каримов Р.Р.¹, Мочалов В.А.², Мочалова А.В.², Аргунов В.В.¹,
Тарабужкина Л.Д.¹*

¹ *Институт космофизических исследований и аэронавтики им.
Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия*

² *Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН, Россия*

В ноябре 2017 года начата регистрация в рабочем режиме ОНЧ-излучения в диапазоне до 96 кГц в рамках системы SSAN (Sensor signal analysis network, Сеть анализа сигналов датчиков [Мочалов, Мочалова, 2017]) на радиофизическом полигоне «Ойбенкель» ИКФИА СО РАН (62°N,128°E), находящегося в 25 км от г. Якутска. ОНЧ-излучение принимается на вертикальную

электрическую антенну. Алгоритмы автоматического выделения вистлеров (свистящих атмосфериков, распространяющихся вдоль силовых линий магнитосферы) и сигналов от грозовых разрядов (атмосфериков, распространяющихся в приземном волноводе) разработаны в ИКИР ДВО РАН [Мочалов, Мочалова, 2018]. Выделенные основные параметры вистлеров и атмосфериков оперативно передаются в базу данных ИКИР ДВО РАН [Mochalov, Drugin, Karimov, Shevtsov, Cherneva, Mochalova, Permyakov, Droga, 2018. <http://www.ikir.ru/ru/Departments/Paratunka/lre/Events/varsiti-2017.html>]. Проведен анализ активности вистлеров на суб-авроральной широте с ноября 2017 по июнь 2018 года. Приводится классификация и выделяются характеристики зарегистрированных вистлеров. Начатые работы позволят в дальнейшем отслеживать динамику изменения различных геофизических процессов, а большое количество зарегистрированных носовых вистлеров позволяет уже сейчас выполнять статистический анализ процессов, происходящих в магнитосферной плазме.

2.4 Вариации естественных электрических потенциалов в Якутии

Козлов В.И., Башшев Д.Г.

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

Выполнен сравнительный анализ параметров составляющих магнитного поля и электрических потенциалов на полигоне ИКФИА СО РАН около г. Якутска вдали от промышленных помех с осени 2016 по весну 2018 г. Расположение двух пар измерительных линий длиной по 100 м в наших измерениях, ориентированно по компасу. В отсутствии магнитных возмущений вариации естественных потенциалов имеют характерный суточный ход, описываемый одним периодом волны, который меняется от лета к зиме. В сезонных колебаниях электрических потенциалов с переход от летних значений к зимним происходит в ноябре. Обратный переход значений естественных электрических потенциалов от зимних условий к летним по нашим наблюдениям происходит в течение мая. Эти весенний и

осенний переходы обусловлены промерзанием верхнего слоя грунта, оттаивающего в летних условиях и соответствующих изменений электрических свойств грунта. Сопоставлены вариации магнитного поля Земли и электрических потенциалов во время большой магнитной бури 07-09.09.2017 г. Наибольшие значения магнитных возмущений в этой буре Dst равное -142 нТл наблюдались в 02 UT (первое усиление КТ). В 14-18 UT, когда Dst варьировало около -120 нТл (второе усиление КТ) наблюдаются регулярные пульсации. Коэффициент корреляции между разностью естественных потенциалов и соответствующими магнитными составляющими X, Y во время пульсаций составляет 0,5-0,9. Поскольку имеются многолетние данные по величинам магнитных возмущений в нескольких пунктах наблюдения по Якутии, то можно делать оценки о величине разности естественных потенциалов по величине магнитных возмущений. Работа поддержана научной программой РС(Я) и РФФИ 18-45-140023. Ключевые слова: магнитное возмущение, геомагнитные индуцированные токи, вечная мерзлота, проводимость грунта.

2.5 Выделение и анализ короткопериодных геомагнитных возмущений накануне и в периоды магнитных бурь

Мандрикова О.В.^{1,3}, Соловьев И.С.¹, Зайцев А.Н.²

¹ *Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова*

³ *Камчатский государственный технический университет*

Изучена динамика вариаций геомагнитного поля накануне и в периоды магнитных бурь 2011 - 2018 гг. (использовались данные вектора напряженности магнитного поля Земли сети наземных станций). Применялся разработанный авторами метод, основанный на вейвлет-преобразовании и адаптивных пороговых функциях. Результаты исследования подтвердили возможность синхронного

возникновения на станциях слабых геомагнитных возмущений, предшествующих началу сильных магнитных бурь. Оценки показали корреляцию выделенных геомагнитных возмущений с АЕ-индексом, как по времени возникновения, так и по интенсивности. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ No 14-11-00194.

2.6 Инверсии в маломодовой модели динамо с $\alpha\Omega$ -генераторами

Годомская А.Н.¹, Шереметьева О.В.^{1,2}

¹ *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

При сильном дифференциальном вращении генерацию магнитного поля описывают с помощью $\alpha\Omega$ -динамо. Свойством динамо систем является наличие инверсии без существенной перестройки движения проводящей среды. В данной работе рассматривается модель $\alpha\Omega$ -динамо, исходя из следующих предположений: поле скорости \mathbf{v} и магнитное поле \mathbf{B} аксиально симметричны в сферической оболочке вязкой несжимаемой жидкости, вращающейся вокруг оси Oz с постоянной угловой скоростью Ω ; поле скорости вязкой жидкости \mathbf{v} нулевое на внутренней $r = r_1$ и внешней $r = r_2$ сферических границах оболочки; магнитная проницаемость внутреннего и внешнего ядра одинаковы, среда вне ядра ($r > r_2$) не проводящая. Полагаем, что среднее течение $\bar{\mathbf{v}}$ носит характер дифференциального вращения, которому соответствуют моды $\mathbf{v}_{k,1,0}^T$ из линейной оболочки $\{\mathbf{v}_{k_1,1,0}^T, \mathbf{v}_{k_2,2,0}^P, \mathbf{v}_{k_3,3,0}^T, \mathbf{v}_{k_4,4,0}^P, \dots\}$ инвариантной относительно кориолисова сноса. Любая такая мода порождает остальные по цепочке. Поле скорости вязкой жидкости аппроксимируется следующей комбинацией:

$$\mathbf{v} = u(t)\mathbf{v}_0 = u(t)(\alpha_1\mathbf{v}_{0,1,0}^T + \alpha_2\mathbf{v}_{0,2,0}^P + \alpha_3\mathbf{v}_{0,3,0}^T + \alpha_{11}\mathbf{v}_{1,1,0}^T + \alpha_{13}\mathbf{v}_{1,3,0}^T),$$

где \mathbf{v}_0 – мода Пуанкаре, $|\mathbf{v}_0| = 1$, $u(t)$ – амплитуда скорости, компоненты поля скорости считаются независимыми от времени. Магнит-

ное поле представляется минимальным количеством низших собственных мод $\mathbf{B}_{0,1,0}^P$, $\mathbf{B}_{0,2,0}^T$, $\mathbf{B}_{0,3,0}^P$, достаточных для получения осциллирующего динамо

$$\mathbf{B} = B_2^T(t)\mathbf{B}_{0,2,0}^T(\mathbf{r}) + B_1^P(t)\mathbf{B}_{0,1,0}^P(\mathbf{r}) + B_3^P(t)\mathbf{B}_{0,3,0}^P(\mathbf{r}),$$

где компоненты магнитного поля считаются независимыми от времени и составляющая $\mathbf{B}_{0,1,0}^P(\mathbf{r})$ является дипольной.

Физические параметры жидкости считаем неизменными, турбулентность в ядре изотропной и используем скалярную параметризацию α -эффекта в виде функции $\alpha(r, \theta) = \alpha(r) \cos \theta$, где $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$. Используются два вида радиальной части α -эффекта: $\alpha(r) = 1$, $\alpha(r) = -\sin(\pi(r - r_1))$.

В описанной динамической модели $\alpha\Omega$ -динамо моделируются инверсии магнитного поля с изменяющейся интенсивностью α -генератора. Такого рода изменения интенсивности считаем следствием синхронизации высших отброшенных мод поля скорости и магнитного поля. Исследуются режимы динамо в зависимости от изменения интенсивности генератора.

2.7 Исследование динамических режимов stick-slip эффекта

Паровик Р.И.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Эффект прилипания-скольжения (stick-slip) исследуется в задачах трибологии, например, при латеральном движении груза в атомном силовом микроскопе, а также используется при построении механической модели землетрясений в зоне субдукции литосферных плит. В последнее время stick-slip эффекты проявляются в электромагнитных сигналах литосферного происхождения. Поэтому целью работы является исследовать динамические режимы stick-slip эффекта с учетом другого, на наш взгляд, важного свойства геосреды эредитарности (эффекта памяти), связанной с ее фрактальностью. В работах автора была предложена математическая модель эредитарного stick-slip эффекта, получены численные решения модели,

на основе которых были построены ее фазовые траектории. Однако качественного анализа динамических режимов этого эффекта не было проведено. В настоящей работе были исследованы динамические режимы, определены условия существования того или иного режима, построены фазовые траектории и показатели Ляпунова.

2.8 Международная сеть INTERMAGNET и российские магнитные обсерватории: взаимодействие и достижения

Холутов С.Ю.

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

Рассмотрены различные аспекты международной сети магнитных обсерваторий INTERMAGNET - стандарты, требования к организации магнитных измерений, различные статусы получаемых данных и др. Сделана оценка современного состояния российского сегмента INTERMAGNET, его значимость и вклад в мировую сеть. Подробно рассмотрены особенности мониторинга магнитного поля Земли на обсерваториях ИКИР ДВО РАН «Паратунка» (PET), «Магадан» (MGD), «Хабаровск» (КНВ) и «Мыс Шмидта» (CPS) и перспективы развития.

2.9 Анализ динамики параметров ионосферы на основе обобщенной многокомпонентной модели

*Мандрикова О.В.¹, Фетисова Н.В.¹, Полозов Ю.А.¹,
Геппенер В.В.²*

¹ *Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Санкт-Петербургский государственный технический университет «ЛЭТИ», Россия*

Выполнен анализ временного хода критической частоты F2-слоя ионосферы в периоды сильных магнитных бурь 2015 - 2017 гг. Использовались ионосферные данные станций Паратунка (ИКИР ДВО РАН, Камчатка, 53.0 N, 158.7 E), Вакканай (Япония, 45.16 N, 141.75 E) и Москва (Россия, 55.49 N, 37.29 E). Анализ выполнялся на основе разработанной авторами обобщенной многокомпонентной модели (ОМКМ), которая позволяет детально изучить динамику ионосферных параметров и оценить их характеристики. В процессе моделирования в анализируемых районах выделены и изучены аномальные изменения в ионосфере, предшествующие и сопутствующие магнитным бурям. Результаты исследования сравнивались с традиционно используемым медианным методом, которые показали перспективность ОМКМ. Исследования выполнены за счет средств Российского Научного Фонда, Проект №14-11-00194.

2.10 Модель процессов релаксации в различных режимах пластических деформаций

Шереметьева О.В.^{1,2}

¹ *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

² *Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

Модель распределения времён ожидания событий рассмотрена на основе составного процесса Пуассона и его фрактальных обобщений для различных режимов пластических деформаций. На основе

исследованных статистических закономерностей сейсмических временных рядов основных событий (главных ударов), а также последовательностей афтершоков в работах Bak et al. (Phys. Rev. Lett., 88 (2002)), Carbone et al. (Europhys. Lett., 71 (6) (2005)) определяются параметры модели.

2.11 Модернизация метода адаптивного согласованного преследования для анализа геофизических сигналов импульсной природы

Луковенкова О.О., Маранулец Ю.В., Тристанов А.Б., Ким А.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В настоящее время в геофизике актуальной является задача комплексного анализа сигналов различной природы с целью изучения процессов, предшествующих землетрясениям. Существенная часть исследуемых сигналов имеет импульсную природу и нестационарный характер, ввиду этого анализ с помощью классических методов спектрального анализа не дает желаемого результата.

Авторами предложено использовать разреженную аппроксимацию для оценивания частотно-временной структуры сигналов, которая напрямую зависит от свойств порождающих сигналы процессов. Существует большое количество алгоритмов, позволяющих строить разреженные аппроксимации сигналов, однако при исследовании геофизических импульсов лучший результат продемонстрировал метод согласованного преследования. Главным недостатком согласованного преследования является его высокая вычислительная сложность, зависящая от мощности системы функций, на которые раскладывается сигнал. Авторами предложен алгоритм адаптивного согласованного преследования, позволяющий использовать системы функций меньшей мощности без потери точности построенных представлений.

Представленная работа посвящена разработке и сравнению различных численных методов, позволяющих повысить адаптивное свойство и улучшить точность алгоритма применительно к геофизическим импульсам. На каждом шаге адаптивного согласованного

преследования параметры выбранной функции уточняются для повышения корреляции с исследуемым сигналом. Уточнение может осуществляться различными сеточными методами и методами, основанными на поиске направления градиента.

В работе рассматриваются особенности применения методов разреженной аппроксимации к геофизическим сигналам импульсной природы. Предлагаются и сравниваются различные варианты модификации алгоритма адаптивного согласованного преследования. Лучшие модификации алгоритма применяются для анализа тестовых и реальных геофизических сигналов.

2.12 Некоторые особенности атмосферно-литосферного наблюдения акустического излучения в пункте «Карымшина» на Камчатке

Ларионов И.А., Маранулец Ю.В.

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

Излагаются результаты комплексных наблюдений акустического излучения в приповерхностных породах и в атмосфере у поверхности земли. Инструментами наблюдений служат лазерный деформограф-интерферометр и микробарометр, установленные в непосредственной близости друг от друга. В работе приводится описание способа установки оборудования, показано как влияние метеорологических помех на исследуемые величины, так и возмущения, обусловленные сейсмическими и тектоническими процессами.

2.13 О необходимости создания базы данных по абсолютным геомагнитным измерениям на территории Арктики, Сибири и Дальнего Востока

Семаков Н.Н.^{1,2}, Ковалев А.А.², Павлов А.Ф.^{1,2}, Федотова О.И.²

¹ *Новосибирский государственный университет*

² *Магнитная обсерватория «Новосибирск» ИНГГ СО РАН*

Абсолютные измерения склонения, наклонения и напряженности магнитного поля в Арктике, Сибири и на Дальнем Востоке проводятся с 16 века. Они осуществлялись в практических и научных целях во время морских, речных и наземных экспедиций, результаты которых сохранялись в виде отчетов, каталогов, статей и дневниковых записей. Большую работу по сбору и систематизации данных по территории СССР и сопредельных стран за период с 1556 по 1925 год провел сибирский магнитолог Б.П. Вейнберг. За последующее столетие абсолютные магнитные измерения проводились и проводятся в магнитных обсерваториях и эти данные доступны. Но кроме того, в 1922 год была заложена сеть пунктов векового хода, проводились наземные абсолютные измерения в маршрутах и на полигонах. Все эти данные необходимо собирать и переносить на современные носители информации для их сохранения, обработки и возможности широкого использования при решении научных и прикладных задач.

2.14 Применение систем символьных вычислений в спектральных задачах геодинамо

Водичар Г.М.^{1,2}

¹ *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

При исследовании моделей геодинамо часто используют спектральные методы, основанные на разложении полей по полным системам функций, удовлетворяющим необходимым граничным условиям. В качестве таких систем наиболее естественно брать множество собственных мод имеющих ясный физический смысл спектральных задач. Например, это могут быть моды свободных колебаний полей.

Общая схема решения таких спектральных задач, как и общий вид собственных мод, хорошо известны. Однако, уравнения для собственных значений при различных граничных условиях и уравнения для коэффициентов мод очень сложны. Даже правильная запись соответствующих алгебраических выражений представляет собой проблему. Один из возможных способов решения этой проблемы – использование систем символьных вычислений.

В докладе описывается схемы расчета собственных мод и собственных значений некоторых спектральных задач с помощью систем компьютерной алгебры, соответствующее программное обеспечение и результаты расчетов.

2.15 Прогнозирование состояния внешнего радиационного пояса Земли при помощи нейронечетких систем

Ефиторов А.О., Мягкова И.Н., Доленко С.А.

*НИИ ядерной физики имени Д.В.Скобелева МГУ имени
М.В.Ломоносова, Москва*

Прогнозирование потока релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли (РЭ ВРПЗ) является чрезвычайно актуальной задачей физики солнечно-земных связей, поскольку поток РЭ ВРПЗ может измениться на несколько порядков за время менее суток, как во время геомагнитных возмущений, так и при резких возрастаниях скорости солнечного ветра на орбите Земли. В связи с постоянным ростом числа космических аппаратов на околоземной орбите и миниатюризацией спутниковой электроники, в будущем число сбоев, связанных с воздействием возрастных потоков РЭ ВРПЗ, будет и дальше увеличиваться. В то же время, на сегодняшний день мнения разных исследовательских групп относительно причин вариаций потоков РЭ ВРПЗ и механизмов формирования ВРПЗ расходятся, и общепринятые теоретические модели, позволяющие с достаточной точностью прогнозировать поведение потоков РЭ ВРПЗ, отсутствуют. С другой стороны, сегодня имеются достаточно обширные массивы данных, накопленные за годы наблюдений. По этой причине становится возможным использовать статистические многопараметрические модели, подбор коэффициентов которых производится в процессе обучения на имеющемся массиве данных. При работе с большинством современных обучаемых моделей, таких как классический перцептрон, нейронная сеть Кохонена, машина опорных векторов и пр., затруднено добавление априорных знаний, которое может быть интересно как с точки зрения повышения точности разработанной прогностической системы, так и с точки зрения проверки гипотез относительно влияния тех или иных физических переменных на результирующие события. В данной работе представляется система прогнозирования значений среднечасовых потоков РЭ ВРПЗ на основе системы нечеткой логики, позволяющая также выявление горизонтов появления предикторов среди наблюдаемых физических величин и определение их влияния на прогнозируемое значение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России, соглашение No 14.604.21.0163, идентификатор проекта RFMEFI60417X0163.

2.16 Регистрация потенциала электрического поля атмосферы в центральной части полуострова Камчатка

Акбашев Р.Р.¹, Фирстов П.П.¹, Чернева Н.В.²

¹ *Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН»*

² *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

В районе Центральной Камчатской депрессии в двух пунктах работают флюксометры для регистрации градиента потенциала электрического поля атмосферы (V' ЭПА). Приведен суточный ход V' ЭПА для этих пунктов в сравнении с обсерваторией «Паратунка» (ПРТ), расположенной на Восточном побережье полуострова Камчатка. Дано описание случаев отклика в динамике V' ЭПА на прохождение эруптивных облаков, возникающих во время эксплозивных извержений вулкана Шивелуч. В ближней зоне (< 50 км) при выпадении пепла зарегистрированы сигналы отрицательной полярности с максимальными значениями до 5 кВ/м. В дальней зоне (>100 км) зарегистрированы сигналы положительной полярности. Регистрация сигналов в V' ЭПА, возникающих при прохождении эруптивных облаков, может быть одной из составляющих комплексных наблюдений за вулканическими извержениями.

2.17 Регулярные и хаотические инверсии в шестиструйной модели геодинамо

Фещенко Л.К.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Разработана маломодовая модель геодинамо, управляемая 6-струйной конвекцией в ядре Земли. Модель содержит всего три моды, представляющие поля температуры, скорости и магнитной индукции. Мода индукции выбиралась при помощи комбинирования восьми магнитных мод с наибольшими собственными значениями. В модели были получены устойчивые режимы генерации магнитного поля с инверсиями, имеющими регулярный и хаотический характер. Эти инверсии не вызывают изменений в структуре конвекции.

2.18 Сейсмотеллурический эффект в поведении передаточных функций электрического поля Земли

Мороз Ю.Ф.^{1,2}, Рылов Е.С.²

¹ *Геологический институт СО РАН*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Выполнен анализ данных многолетнего синхронного мониторинга электротеллурического поля на побережье Авачинского залива, в пунктах Тундровый и Верхняя Паратунка. Полученные данные использованы для изучения временных изменений электропроводности геоэлектрической среды с помощью теллурического тензора. Для определения компонент тензора в диапазоне периодов от первых сотен до 3000 с приняты численные массивы данных по 20 суток на многолетнем интервале наблюдений. В результате синхронной обработки электротеллурических данных в пп. Тундровый и Верхняя Паратунка получены временные ряды модулей и фаз компонент теллурического тензора: t_{yy} , t_{xx} , t_{yx} , t_{xy} , φ_{yy} , φ_{xx} ,

φ_{yx} , φ_{xy} . Устойчивыми значениями характеризуется компонента tu_{yy} . Она является более информативной на периодах 450 и 1000 с. В поведении данной компоненты выражена бухтообразная аномалия, амплитуда которой превышает ошибку единичного определения значения tu_{yy} . Интерпретация данных электротеллурического мониторинга выполнена на основе магнитотеллурических зондирований в пп. Тундровый и Верхняя Паратунка, которые характеризуют распределение электропроводности в земной коре и верхней мантии. Зондирования свидетельствуют о наличии геоэлектрических неоднородностей в районах пунктов наблюдения, к котором можно отнести различные тела, включая глубинные разломы. По геолого-геофизическим данным разлом в районе п. Верхняя Паратунка. Пересекает южную Камчатку. Предполагается, что он имеет продолжение в акваторию Охотского моря. На кривых МТЗ вариации 450 и 1000с, на которых выражен аномальный эффект в поведении теллурического тензора, приурочены к минимуму кажущегося электрического сопротивления, связанного с литосферным проводящим слоем. Можно было полагать, что аномалия теллурического тензора отражает относительные изменения электропроводности литосферного слоя пониженного сопротивления. Однозначно об это судить нельзя. Не исключено, что эффект обусловлен изменением приповерхностных геоэлектрических неоднородностей в пп Тундровый и Верхняя Паратунка. Выявленная аномалия в поведении теллурического тензора во времени приурочена к повышенной сейсмической активности, связанной с сильнейшим Охотоморским землетрясением, эпицентр которого расположен в акватории Охотского моря в районе Южной Камчатки. Предполагается, что эффект вызван динамическими процессами, предваряющими и сопровождающими землетрясение. При этом важная роль отводится глубинным разломам, влияние которых привело к появлению или изменению геоэлектрических неоднородностей, проявившихся в электротеллурическом поле.

2.19 Система Лоренца и ее обобщения как модели динамо с памятью

Водинчар Г.М.^{1,2}, Казаков Е.А.^{1,3}

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

³ *Камчатский государственный технический университет*

Известно, что осесимметричная двухмодовая модель $\alpha\omega$ -динамо с динамическим подавлением α -эффекта спиральностью поля при некоторых допущениях сводится к классической системе Лоренца. В рамках такой модели удается описать хаотические режимы инверсий поля.

В докладе показано, что эта модель является частным случаем более общей интегро-дифференциальной модели, в которой подавление α -эффекта реализуется интегральным оператором сверточного типа от квадратичной формы компонент поля с экспоненциальным ядром.

В докладе обсуждаются обобщения этой модели, связанные с использованием других типов ядер, которые позволяют моделировать задержку подавления и память в динамо-системе, а также моделирование α^2 - и $\alpha^2\omega$ -динамо. Описываются наблюдаемые динамические режимы и их статистические характеристики.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-11-00194.

2.20 Совместные возмущения высокочастотной геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля при тектоносейсмическом процессе (результаты исследований на Камчатке)

Маратулец Ю.В.¹, Руленко О.П.²

¹ *Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия*

Летом-осенью 2005-2009 и 2012 гг. на Камчатке проводились одновременные измерения высокочастотной геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля у земной поверхности. Во время исследований были обнаружены их совместные аномальные возмущения, возникающие в сейсмически спокойные периоды и перед землетрясениями. Характерной особенностью аномалий является уменьшение электрического поля часто с изменением знака и последующее восстановление примерно до прежнего уровня, происходящее при значительных увеличениях геоакустической эмиссии. Наиболее вероятной причиной возникновения этих возмущений является усиление деформирования приповерхностных пород в районе пункта измерений при тектоносейсмическом процессе. Это было подтверждено одновременными геоакустическими, атмосферно-электрическими и деформационными измерениями в 2009 г. Во время их проведения обнаружено, что совместные возмущения геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля возникают как близкий во времени отклик приповерхностных осадочных пород на усиление их растяжения. Появление совместных геоакустических и атмосферно-электрических возмущений связано, вероятно, с радоном и тороном, которые повсеместно генерируются в горных породах. Поступая в атмосферу, эти эманации увеличивают ионизацию и проводимость приземного воздуха, что сопровождается уменьшением атмосферного электрического поля у земной поверхности. Известно, что содержание радона и торона в почвенном газе зависит, в частности, от деформации пород и увеличивается в нем и в приземном воздухе перед землетрясениями. В связи с этим, в 2012 г. измерения геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля были дополнены

регистрацией радона и торона в газе поверхностного слоя грунта. Обнаружено близкое во времени аномальное увеличение радона, торона, геоакустической эмиссии и уменьшение атмосферного электрического поля, которое наблюдалось за 13 суток перед землетрясением магнитудой 5.6 mww на расстоянии 140 км от эпицентра. Предложена схема образования совместных аномальных возмущений высокочастотной геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля при наличии в пункте измерений приповерхностных осадочных пород и их растяжении.

2.21 Совместный анализ низкочастотных геоакустических и деформационных сигналов

*Мищенко М.А.¹, Маратулец Ю.В.¹, Ларионов И.А.¹,
Богомолов Л.М.², Сычёв В.Н.³*

¹ *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Россия*

³ *Научная станция РАН, Кыргызстан*

С осени 2016 года на Камчатке проводится совместный мониторинг сигналов, регистрируемых при помощи трёхкомпонентного пьезоэлектрического сейсмоприёмника и лазерного деформографинтерферометра. Выявлены случаи одновременной регистрации низкочастотных геоакустических и деформационных сигналов. Большинство геоакустических сигналов регистрируются в частотном диапазоне 20-100 Гц. Приводятся результаты анализа временных и частотных характеристик сигналов.

Работа выполнена в рамках проекта 18-5-002 «Информационно-вычислительная система моделирования распространения геоакустических и нелинейных деформационных возмущений в земной коре (раздел 1)» Комплексной программы фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг.

2.22 Ударно-волновая модель землетрясения и квантовая теорема Пуанкаре объясняют физику афтершоков

Кузнецов В.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Предложена принципиально новая модель афтершоков, базирующаяся на ударно-волновой модели землетрясения и использовании теоремы повторения (возвращения) Пуанкаре [H. Poincare, Acta Mathematica 13, 1 (1890)]. Действие теоремы повторения подтверждено публикацией в Science статьей австрийских физиков из Технологического университета в Вене, под названием «Recurrences in an isolated quantum many-body system» 22.02.2018. Из этой статьи следует, что теорема Пуанкаре может быть сформулирована таким образом: «Сложные системы в какой-то момент возвращаются почти точно в исходное состояние. Впервые эта рекуррентная теорема была продемонстрирована с помощью сложных квантовых многочастичных систем». Ударно-волновая модель землетрясения основана на использовании идеи квантовой сцепленности протонов водородных связей материала литосферы. Очевидно, что и афтершоки - это квантовые явления, поведение которых регулируется этой теоремой.

2.23 Уширение линий газов вулканической активности SO_2 и CO_2 в атмосфере земли

Дударёнок А.С., Лаврентьева Н.Н., Лаврентьев Н.А.

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия

Исследования динамики SO_2 и CO_2 в случае вулканической активности является актуальной задачей. Такие исследования проводятся при регистрации солнечных спектров атмосферы с помощью наземных станций, на основе ФТС спектрометров. Для регистрации солнечных спектров необходимы данные по

коэффициентов уширения линий SO_2 уширенных основными газами атмосферы, такими как азот и кислород, и 2 , который выделяется при вулканической деятельности. Представлены расчеты коэффициентов уширения линий оксида серы давлением углекислого газа полуэмпирическим методом и методом средних частот. В работе рассмотрена 41 линия, вращательное квантовое число J варьируется от 14 до 51. Вычисления полуширин линий проведены для комнатной температуры (296 К), а также для интервала температур, характерных для атмосферы Земли. Проведены расчеты коэффициенты уширения линий углекислого газа давлением азота, оксида азота и окисью углерода при комнатной температуре ($T=296$ К). Расчеты были выполнены для широкого диапазона вращательного квантового числа J (до 100). Для каждой полуширины линии вычислены коэффициенты температурной зависимости. Проведены сравнения полученных нами параметров контура линий с литературными данными, получено хорошее согласие. Вычисления выполнены полуэмпирическим методом, основанным на полуклассической ударной теории уширения линий и дополненным введением корректирующего фактора, параметры которого определяются с использованием экспериментальных данных. Авторы благодарят за финансовую поддержку РФФ (грант №17-12-01204) и РФФИ (гранты №17-52-16022_а, 18-52-00006_бел_а).

2.24 Флуктуации и нелинейные колебания в сложных природных системах

Шевцов Б.М.¹, Шевцова О.В.²

¹ *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, Россия*

Резонансное распространение излучения в ионосфере, солнечная активность, магнитное динамо, грозовые разряды, процессы разрушения, пластические деформации, сейсмичность, турбулентность и гидрохимическая изменчивость рассматриваются как примеры сложных динамических систем, в которых возникают во многом

схожие по своей природе режимы флуктуаций и нелинейных колебаний. Обсуждаются коллективные эффекты в поведении систем и хаотические колебания в отдельных подсистемах, соотношение случайного и детерминированного, анализ факторов изменчивости и смена динамических режимов, масштабное соотношение между элементами системы и взаимодействие масштабов. Показано, что консолидация и ветвление в разрушениях или грозовой активности это передача возмущений вверх и вниз по каскадам как в турбулентности, а альфа-омега эффекты магнитного динамо это те же каскадные процессы, но при наличии внешнего магнитного поля или вращения, снимающих вырождение в системе по направлениям. Особое внимание уделяется природным генераторам и усилителям колебаний, в которых триплет Лоренца играет роль универсальной модели нелинейного осциллятора.

2.25 Электрический и акустический отклик приповерхностных осадочных пород на прохождение сейсмических волн от землетрясений

*Муратов П.В.¹, Руленко О.П.², Марапулец Ю.В.¹,
Солодчук А.А.¹*

¹ *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия*

В пункте «Карымшина», расположенном в районе Верхне-Паратунской гидротермальной системы Камчатки, одновременно измерялись две ортогональные горизонтальные компоненты электрического поля и акустическая эмиссия в поверхностном слое осадочных пород. Идея этих измерений основана на том, что осадочные породы имеют сложно построенную полидисперсную влаго- и газонасыщенную пористую структуру малой прочности, и при прохождении сейсмических волн испытывают значительные деформации. Поэтому должны проявляться сейсмoeлектрический эффект второго рода и генерация акустических сигналов в результате относительных микросмещений фрагментов и их взаимодействий. Элек-

трический отклик будет возникать в диапазоне частот сейсмических волн, а акустический — в диапазоне от десятых долей до нескольких тысяч герц. Оба этих отклика наблюдались вместе при прохождении сейсмических волн от камчатских землетрясений магнитудой 4.9 – 7.2 на эпицентральной дистанции 110 – 190 км. Обнаруженные отклики имеют общую деформационную природу, но разные механизмы образования и диапазоны частот. Их исследование представляет интерес для изучения косейсмической реакции приповерхностных осадочных пород на умеренные и сильные локальные землетрясения.

2.26 Геофизический комплекс БМТО «Узур» ИСЗФ СО РАН и результаты синхронных наблюдений вариаций атмосферного электричества, геомагнитных пульсаций и полного электронного содержания

*Рахматулин Р.А., Алешков В.М., Пашинин А.Ю.,
Едемский И.К.*

Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

В 2009 году на Байкальской магнито-теллурической обсерватории «Узур» ИСЗФ СО РАН, расположенной на севере о. Ольхон, оз. Байкал (53° 19' N; 107° 44' E), была установлена геофизическая лаборатория LEM1 - 418, в состав которой входят:

- трехкомпонентная феррозондовая станция для регистрации вариаций магнитного поля Земли с частотой опроса 1 Гц;
- трехкомпонентный индукционный магнитометр для регистрации геомагнитных пульсаций (частота опроса каналов — 40 Гц, 200 Гц);
- установка земных токов (частота опроса каналов — 40 Гц, 200 Гц);

В 2014 году была задействована вертикальная линия земных токов. Нижний электрод размещен на глубине 48 метров, а верхний — на глубине 4 метров. В настоящее время БМТО «Узур» является единственной станцией в России, где проводятся трехкомпонентные измерения земных токов.

В 2012-2016 году были установлены новые приборы для мониторинга ряда параметров ближнего космоса в экспериментальном режиме. Это GPS — приемник сигналов с геостационарных спутников, при помощи данных которых можно оценивать полное электронное содержание (ПЭС), приемник сейсмосигналов для исследования землетрясений в зоне БРЗ (байкальской рифтовой зоны), (установлен Бурятским научным центром), и электростатический флюксометр для измерения вертикального градиента потенциала электрического поля атмосферы.

В настоящее время получены первые результаты синхронных наблюдений на этих приборах в периоды появления значительных геомагнитных возмущений. Анализ динамических спектров геомагнитных пульсаций, потенциала электрического поля и ПЭС показывает появление сигналов в вариациях магнитного поля Земли в различных диапазонах частот. Одновременно появляются колебания в электрическом поле и проводимости воздуха, но в несколько иной спектральной полосе. Все эти возмущения также наблюдаются и в ПЭС, измеренным по данным GPS-приемников. На основании анализа этих явлений можно сделать предположение, что процессы в магнитосфере Земли, приводящие к возмущениям в магнитном поле, могут так же стимулировать как возмущения в ПЭС, так и в электрическом поле и проводимости воздуха.

Работа выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16. Результаты получены с использованием магнитометрического оборудования Центра коллективного пользования «Ангара» <http://ckp-rf.ru/ckp/3056/>.

2.27 Обнаружение, распознавание и корреляционный анализ грозových разрядов и свистящих атмосфериков, модуляция свистящих атмосфериков под влиянием нагревного стенда

*Санников Д.В., Сивоконь В.П., Чернева Н.В., Водинчар Г.М.,
Дружин Г.И.*

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

Рассматриваются задачи мониторинга и анализа грозовой активности, описывается аппаратура для регистрации сигналов электромагнитного излучения естественного происхождения в частотном диапазоне 20 Гц - 20 кГц, предлагаются алгоритмы для детектирования атмосфериков и свистящих атмосфериков (вистлеров) в этих сигналах. Исследована статистическая связь между вистлерами, регистрируемыми в южной части Камчатского края, и грозовой активностью в магнитно-сопряженной точке - центральной Австралии. Проанализирована возможность влияния на поток вистлеров нагревного стенда HAARP. Анализ экспериментальных данных, полученных на obs. Паратунка (53.02° N, 158.65° E; $L = 2.3$), выявил необычную форму вистлеров, в которой присутствуют симметричные, относительно вистлера, спектральные линии. Показано, что такая форма, вероятнее всего, обусловлена амплитудной модуляцией вистлеров электромагнитными импульсами длительностью около 1 с и частотой заполнения ≈ 1.1 кГц. Высказано предположение, что излучателем таких импульсов может быть авроральный электроджет, модифицированный нагревным излучением стенда HAARP (62.30° N, 145.30° W; $L = 4.2$).

3 Физика предвестников землетрясений

3.1 Анализ эффективности прогноза землетрясений на основе аномального поведения ионосферных параметров накануне землетрясений в Камчатском регионе

Богданов В.В., Павлов А.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Представлена методика краткосрочного прогноза сильных землетрясений, в которой в качестве предвестников рассматриваются превышение текущих значений критической частоты f_0F_2 ионосферного слоя F_2 над медианными значениями в периоды возмущённого состояния магнитосферы, а также появление ионосферных возмущений: K -слой, E_s -spread, F -spread, расслоение слоя F_2 . В качестве прогнозируемых землетрясений рассматривались землетрясения с магнитудами $M \geq 5.0$. Период ожидания землетрясения задавался равным трём суткам. Оценка эффективности прогноза проводилась в весенние и осенние периоды за 2015-2017 гг. по методикам А.А. Гусева и Г.М. Молчана. Показано, что наилучшую прогностическую эффективность рассматриваемый метод имеет для сейсмических событий с магнитудой $M \geq 6.5$.

3.2 Вариации параметров фонового сейсмического шума в периоды сильных камчатских землетрясений 2013-2017 гг.

Касимова В.А.¹, Копылова Г.Н.¹, Любушин А.А.²

¹ Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН»

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

В докладе представлены результаты длительных (2011-2017 гг.) исследований фонового сейсмического шума (ФСШ) на Камчатке с

использованием данных сети широкополосных сейсмических станций Геофизической службы РАН. Для характеристики вариаций ФСШ использовались четыре временных ряда статистических параметров мультифрактальных спектров сингулярности и вейвлет-разложений, рассчитанные для каждой станции. Рассматриваются особенности пространственно-временного распределения параметров ФСШ на стадиях подготовки сильных землетрясений Камчатки 2013, 2016 и 2017 гг. с $M_w=6.8-8.3$. Обнаружено, что таким сейсмическим явлениям предшествовали закономерные вариации параметров ФСШ в течение нескольких месяцев. По возрастанию спектральной меры когерентности поведения временных рядов четырех рассматриваемых статистик выявлен эффект увеличения синхронизации в их совместном (коллективном) поведении, предшествующий мантийному Охотоморскому землетрясению 24 мая 2013 г., $M_w=8.3$.

3.3 Деформационно-электромагнитные связи в проявлениях литосферной активности

Ларионов И.А., Малкин Е.И., Уваров В.Н.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Исследована корреляционная связь между ускорением деформации, измеренной лазерным деформографом геофизической станции Карымшина, и вертикальной электрической компонентой естественного электромагнитного поля СНЧ-ОНЧ диапазона. Получена спектральная зависимость коэффициента линейной корреляции Пирсона для ускорения деформации и средней амплитуды электромагнитной компоненты естественного поля Земли. Показано, что амплитуда электромагнитного поля литосферного происхождения может служить индикатором тектонической активности литосферы.

3.4 Дистанционный мониторинг сейсмо-ионосферных возмущений с использованием электромагнитных сигналов

Аргунов В.В.

*Институт Космофизических Исследований и Аэронавтики им.
Шафера СО РАН*

Поиск предвестников землетрясений ведется по многим направлениям. На сегодняшний день представлено немало работ, описывающих литосферно-ионосферную связь. Многие в своих исследованиях используют спутниковые данные. Также для дистанционного мониторинга за возмущениями нижней ионосферы, обусловленных воздействием сейсмических процессов, используют сигналы низкочастотных (СДВ) радиостанций. Изменение профиля электронной концентрации и высоты нижней ионосферы должно проявляться в вариациях амплитуды и фазы сигналов, распространяющихся через области над эпицентрами землетрясений. В достаточно большом количестве работ показано, что вариации фазы сигналов низкочастотных радиопередатчиков, наблюдаемых за несколько дней до землетрясений, могут быть использованы в качестве предвестников литосферных возмущений. Преимущество использования данных сигналов заключается в том, что сигналы СДВ радиостанций контролируются, это позволяет рассчитывать амплитудно-фазовые вариации и по ним восстанавливать параметры возмущений в нижней ионосфере. Однако не всегда удается подобрать нужную радиотрассу распространения сигналов. Нами в качестве модификации метода предлагается мониторинг сейсмических возмущений в нижней ионосфере по естественным радиоизлучениям - по электромагнитным сигналам грозových разрядов (атмосферикам). Метод позволяет вести азимутальное сканирование областей возмущений из одного приемного пункта. Прием сигналов атмосфериков осуществляется в г. Якутске (62.02 N, 129.71 E) с помощью однопунктового грозопеленгатора-дальномера, характеристики которого корректируются применительно к регистрации дальних атмосфериков. Прием осуществляется на три антенны: электрическую (штырь) и две ортогональные магнитные антенны (рамки с эффективной площадью 180 м²). Основным анализируемым параметром - это средняя за час амплитуда атмосфериков, принимаемых в Якутске с определенных направлений. Методика определения средней амплитуды

заклучалась в следующем. Как известно, изменений в амплитуде сигналов следует ожидать, если область возмущений на трассе их распространения будет располагаться в эллипсоидах первых зон Френеля. Поэтому для анализа отбираются те атмосферерики, трассы которых находятся в пределах указанных зон, центрированных по азимуту на эпицентр землетрясения. Рассчитывается средняя амплитуда для атмосфереригов, чьи источники сигналов - грозовые разряды, располагаются за эпицентром. При этом источники приводятся к одному расстоянию (расстояние до эпицентра), принимая в первом приближении обратно-пропорциональную зависимость амплитуды от расстояния.

3.5 Интерактивная программная среда, обеспечивающая полуавтоматический поиск фоновой и аномальной активности, обнаруженной в сигналах акустической и электромагнитной эмиссий

Сенкевич Ю.И., Гапеев М.И.

Институт космoфизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Представлена прикладная технология визуального проектирования, и создания настраиваемой программно-аппаратной среды исследования сигналов электромагнитной и акустической эмиссии. Технология обеспечивает доступный и интуитивно понятный режим компьютерного проектирования на базе законченных аппаратных и программных модулей, подключаемых к рабочей среде через универсальный интерфейс. Технология включает все этапы разработки и испытания инструментальных средств от схематичного представления идеи проведения эксперимента до физического воплощения действующего макета методом блочной виртуальной сборки посредством полуавтоматического согласования интерфейсов подключенных аппаратных и программных модулей. Внедрение данной среды позволит сотрудникам научных лабораторий избежать необходимости изучения и использования

трудоемких сред и языков программирования, используемых специфических устройств и приборов этих лабораторий, позволит обеспечить единообразное представление и понимание структуры эксперимента в команде, а также избежать фактического монтажа и реконструкции собранных экспериментальных макетов путем визуальной перерисовки их структурных схем. Разрабатываемая технология проходит апробацию и совершенствование в лаборатории акустических исследований Института космофизических исследований и распространения радиоволн (ИКИР ДВО РАН)

3.6 Использование метода эмпирической модовой декомпозиции для очистки сигналов акустической эмиссии от помех

Сенкевич Ю.И.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

На примере лингвистической обработки акустических сигналов сейсмического события показан информационный подход к обработке нестационарных сигналов. Изложен метод преобразования акустического сигнала в информационное сообщение путем выделения повторяющихся самоподобных паттернов. Даны определения показателей выделения событий в символической записи акустического сигнала. Показаны результаты обработки акустического сигнала компьютерной программой, реализующий лингвистическую обработку данных. Указаны достоинства и недостатки применения рабочих алгоритмов программы.

3.7 Исследование процесса подготовки сильных землетрясений ($M_w > 5$) на Сахалине методом LURR

Закупин А.С.¹, Семенова Е.П.²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН*

² *Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН*

Метод среднесрочного прогнозирования, получивший название LURR, стал известен в 90-х годах прошлого века с подачи Китайских ученых, которые успешно применили его в различных сейсмически активных регионах (Китай, США и др.). Кроме того, методика была проверена в лабораторном моделировании (эксперименты на трехосное сжатие) совместно с численным моделированием. Этот метод используется в Институте Морской Геологии и Геофизики Российской Академии наук с 2014 года. Мы создали программное обеспечение для выполнения основных расчетов и получили важные результаты по сейсмической опасности на Сахалине. Эта работа о последнем значительном землетрясении в районе мыса Крильон (23.04.2017 $M_w=5.2$). Мы использовали наше проверенное программное обеспечение для расчетов. Использованы данные СФ ФИЦ ЕГС РАН (сейсмические каталоги) за период с 2010 года по апрель 2017 года. Выделенная территория была разделена на несколько зон, которые правильно вписались в основную линейamentную (Западно-Сахалинский разлом) и Крильонскую (домен) зоны. Ретроспективный прогноз землетрясения 23 апреля 2017 г. был выполнен. Получена хорошая локализация эпицентра по отношению к расчетным зонам. Время ожидания от предвестника до появления события составляет около 18 месяцев (как и для других сильных землетрясений на Сахалине). Метод LURR предполагает регулярное обновление каталога землетрясений, потому что любая задержка пополнения в течение одного месяца сопоставима (одного порядка) с задержкой ожидаемого прогнозируемого землетрясения. Мы рассматриваем LURR как перспективный для дальнейших исследований метод. Например, Крильонское землетрясение мы прогнозировали за четыре недели (производя выборочный анализ по территории Сахалина) и доложили о результатах Сахалинскому филиалу российского экспертного совета по чрезвычайным ситуациям (протокол 2 от 16.03.2017). Сегодня Сахалинские сейсмологи (из Института Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН)

используют этот метод для мониторинга текущей сейсмической ситуации (обновление раз в месяц).

3.8 Методические вопросы долгосрочного прогноза сильных землетрясений на основе их связи с лунным 18.613 г. и солнечным 22-летним циклами для различных регионов Земли по методу фазовых траекторий

Серафимова Ю.К., Широков В.А.

*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»*

В 2006 г. авторами был предложен новый методический подход для решения задачи долгосрочного прогноза сильных землетрясений, основанный на изучении их совместной связи с лунным 18.6 г. и 22-летним солнечным Хейловским циклами. На основе предложенного метода фазовых траекторий (МФТ) проведен анализ совместного распределения по фазам указанных двух циклов землетрясений восьми регионов Тихоокеанского и четырех регионов Альпийско-Гималайского сейсмических поясов. Обнаруженные статистически значимые связи между группированием землетрясений и определенным соотношением их фаз позволили дать прогнозы ожидаемых сильных землетрясений и оценить их эффективность по ретроспективным данным. Для всех регионов, кроме Камчатки, выборка землетрясений проводилась из каталога Significant Worldwide Earthquakes (NOAA), который содержал события с 2150 г. до н.э. по 1994 г. Выборки дополнялись событиями из каталога USGS/NEIC (PDE), включающего данные с 1973 г. по 2011 г. (на момент публикации полученных результатов) (http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html). Это давало возможность иметь региональные каталоги разной максимально возможной продолжительности, но в различных шкалах магнитуд. В соответствии с методом МФТ подбирается нижний порог магнитуды для каждого региона соответствующий максимальной эффективности прогноза по определению А.А. Гусева (1974). В 2015 г. появился новый каталог мировых

землетрясений в шкале моментных магнитуд с 1900 г. (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>). Мы полагаем, что этот каталог имеет более точные оценки магнитуд и может считаться однородным для разных регионов мира. Преимущество нового каталога заключается также в том, что магнитудные оценки являются более точными, а сами значения магнитуд становятся известными менее чем за сутки после возникновения землетрясений. В связи с этим в данной работе без изменения самой методики прогнозирования заново рассчитаны опасные временные интервалы возникновения сильных землетрясений в различных регионах мира. Проведено сравнение эффективности прогнозов для двух вариантов используемых каталогов.

3.9 Методы анализа направленных свойств геоакустических сигналов в трехмерном пространстве

Щербина А.О., Солодчук А.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В рамках работы выполнен пространственный анализ геоакустической эмиссии, зарегистрированной комбинированным гидроакустическим приемником в мелком водоеме оз. Микижа Камчатского края. Рассмотрены особенности регистрации геоакустических импульсов, предложены методы определения направлений на их источники. Произведен анализ свойств геоакустических сигналов в фоновые периоды и периоды подготовки сейсмических событий.

3.10 Деформационно-электромагнитные механизмы и гибридные волны коры

Уваров В.Н.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Проанализированы основные деформационно-электромагнитные механизмы преобразования, присущие породе земной коры. Показано, что в основе всех этих механизмов лежит механизм дипольного излучения движущихся зарядов, описываемый соотношением Лармора. Использование такого подхода позволяет существенно упростить построение моделей деформационно-электромагнитного отклика и интерпретацию электромагнитного излучения литосферного происхождения как проявление литосферной динамики.

3.11 Моделирование напряжений с учетом критериев для фрактальной среды

Пережогин А.С.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе рассматриваются механические критерии описания областей повышенных напряжений в геологической среде с учетом фрактальных свойств. Получены количественные оценки областей повышенных напряжений в зависимости от фрактальных коэффициентов модели.

Работа выполнена в рамках проекта 18-5-002 «Информационно-вычислительная система моделирования распространения геоакустических и нелинейных деформационных возмущений в земной коре (раздел 1)» Комплексной программы фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг.

3.12 Основные паттерны электромагнитных проявлений релаксационных возмущений коры

Уваров В.Н.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Проведен анализ естественного электромагнитного поля Земли СНЧ-ОНЧ диапазона приуроченного к землетрясениям. Для выделения сигналов литосферного происхождения использован метод исключения ранее изученных сигналов атмосферно-грозового, магнитосферного и техногенного происхождения. Выделены неизвестные ранее простейшие повторяющиеся волновые формы электрической компоненты электромагнитного поля СНЧ-ОНЧ диапазона (паттерны), приуроченные к землетрясениям, которые с высокой вероятностью можно отнести к сигналам литосферного происхождения. Для физической интерпретации этих форм проведен анализ условий возникновения и распространения акустического и электромагнитного излучения и литосферных механизмов акустоэлектромагнитного преобразования. Сделаны выводы о конверсии акустического излучения в электромагнитное и о характере литосферных движений, сопутствующих простейшим волновым формам. Эти паттерны сопоставлены с простейшими видами деформационных движений деформируемого твердого тела.

3.13 Первый этап создания сети пунктов мониторинга подпочвенного радона на юге острова Сахалин

*Макаров Е.О.^{1,2}, Фирстов П.П.², Акбашев Р.Р.^{1,2},
Закупин А.С.³, Лихачева О.Н.⁴*

¹ *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

² *Камчатский филиал Федерального исследовательского центра
Единая геофизическая служба РАН*

³ *Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного
отделения Российской академии наук*

⁴ *Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра
Единая геофизическая служба РАН*

Перспективность сейсмозманизационного метода с целью, прогноза землетрясений показана в многочисленных публикациях, ссылки на которые можно найти в обзорных работах. В последнее десятилетие на Камчатке достаточно убедительно продемонстрирована перспективность радонового метода для прогноза субдукционных землетрясений. Начиная с 1997 года на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне, проводятся работы по измерению объемной активности подпочвенного радона (ПР). Для 67% землетрясений с $5.5 < M < 6.9$ с эпицентрами в зоне субдукции на удалении более 100 км от пунктов регистрации выделены предвестниковые аномалии в ПР с временем упреждения от нескольких суток до нескольких часов. Оптимистичные результаты, полученные на Камчатке, вселяют надежду на обнаружение предвестниковых аномалий в поле ПР и для более слабых, но не менее опасных, мелкофокусных землетрясений острова Сахалин. Южная часть острова Сахалин является регионом высокой сейсмической опасности, что обуславливает актуальность мониторинга сейсмичности и разработки методов повышения эффективности прогноза землетрясений в этом районе. Для организации сети пунктов непрерывного мониторинга ПР на острове Сахалин совместно с Институтом морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН и Сахалинским филиалом Единой геофизической службы РАН были проведены сейсморазведочные работы и эманационная съемка для изучения строения верхней части

геологического разреза и выявления потенциальных тензочувствительных зон в местах планируемой установки радиометров. В качестве приборов для непрерывного мониторинга концентрации ПР были выбраны радиометры RADEX MR107 производства Российской фирмы ООО «КВАРТА-РАД» с использованием метода принудительной конвекции. Особенности сети пунктов мониторинга ПР на острове Сахалин является размещение пунктов регистрации в непосредственной близости от сейсмоактивных областей, что невозможно реализовать для зоны субдукции (Камчатка). Большой интерес представляет вопрос: «Возникают ли «деформационные волны» перед землетрясениями южного Сахалина?», аналогично впервые в мировой практике радоновых исследований зарегистрированным на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне землетрясений. Исследование ПР как индикатора напряженно-деформированного состояния геосреды на острове Сахалин будет проводиться впервые. Основываясь на литературных данных, предполагается, что результативность радонового мониторинга вблизи очаговой зоны (мелкофокусные землетрясения) будет значительно выше по сравнению с условиями зоны субдукции на Камчатке. Получаемые данные с сети пунктов мониторинга ПР будут использованы в качестве дополнительного параметра для обоснования заключений о возможных сценариях развития сейсмического процесса на юге Сахалина. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-05-00162.

3.14 Пространственно-временное раскачивающее воздействие системы ураганов на тектонические плиты как предвестник крупного землетрясения

Головачев С.П.¹, Дубров М.Н.¹, Смирнов В.М.¹, Волков В.А.²

¹ *Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН*

² *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН*

Взаимосвязь тропического циклогенеза и сейсмичности Земли является предметом дискуссий на протяжении десятилетий. Анализировалась корреляция тайфунов в Тихом океане и сезонная

динамика сейсмичности в этом регионе, а также пространственно-временная связь землетрясений и ураганов в других бассейнах Мирового океана с привлечением средств дистанционного зондирования. Однако, природа наблюдаемого явления, его механизмы остаются невыясненными до сих пор. В настоящей работе исследуется как статистическая, так и физическая взаимосвязь этих, самых мощных и разрушительных геофизических явлений. Проведен анализ 10 крупнейших землетрясений $M=8-9$, происшедших в течение 1997-2007 гг., и мощных тропических циклонов 1-5 категории SSHWS в активных бассейнах Мирового океана за этот же период. Все землетрясения $M=8-9$ происходили в зонах границ Тихоокеанской тектонической плиты и сопредельных тектонических плит. Эти же районы были охвачены максимальной активностью тропических циклонов. В результате исследования обнаружена повторяющаяся закономерность, связывающая вероятное время возникновения крупного землетрясения и особенное пространственно-временное распределение серии мощных циклонов. Установлено, что крупное землетрясение с наибольшей вероятностью происходит спустя 4-7 недель после периода максимального усиления общей циклонической активности. В 70-80 процентов случаев крупное землетрясение происходит при снижении этой активности до фонового уровня. Последовательно возникающие тайфуны (ураганы) формируют пространственно-временное раскачивание - перенос активных зон над тектоническими плитами в направлениях В-З или С-Ю. Энергия, выделяемая мощным тропическим циклоном за сутки, сравнима с энергией крупного землетрясения $M=7-9$. При этом, перепады атмосферного давления могут вызывать на сейсмогенных глубинах объемные деформации и изгибы земной коры на уровне приливных и тектонических деформаций 10(-8). Такая пространственная «раскачка» тектонических плит является достаточно важным фактором запуска триггерного механизма крупного землетрясения. За счет быстрой интенсификации мощного тропического циклона, возмущающего глобальную циркуляцию атмосферы, возникает широкий спектр предвестниковых явлений в литосфере, гидросфере и ионосфере, регистрируемых на больших расстояниях, вплоть до 10(3)-10(4) км. Приводятся показательные примеры наблюдений предвестников, выполненные наземными инструментами и спутниковыми измерительными методами.

3.15 Эффекты сейсмического воздействия на флюидонасыщенную среду (по данным наблюдений на скважинах Камчатки)

Копылова Г.Н., Болдина С.В.

*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба РАН»*

В докладе рассматриваются различные типы вариаций уровня воды в скважинах Камчатки (ко- и постсейсмические эффекты, гидрогеодинамические предвестники), зарегистрированные при сильных землетрясениях. С использованием данных по упругим и фильтрационным свойствам водовмещающих пород и моделирования вариаций уровня воды в системе скважина-водовмещающая порода обсуждаются особенности вибрационного воздействия сейсмических волн на водовмещающие породы и их квазиупругого деформирования.

3.16 Исследование динамических режимов эрмитарного осциллятора ФитцХью-Нагумо

Липко О.Д.¹, Паровик Р.И.²

¹ *КамГУ им. Витуса Беринга*

² *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

Классическая модель осциллятора ФитцХью-Нагумо (ФН) была предложена Джин-Ичи Нагумо, Сугуру Аримото и Сюдзи Йошизава в 1962 году, а годом ранее – Ричардом ФитцХью для математического описания в биофизике распространения нервного импульса в мембране. Математическая модель осциллятора ФХН является разновидностью осциллятора Ван дер Поля-Дуффинга и поэтому эта система обладает устойчивыми колебаниями (предельными циклами) и хаотической динамикой. Так как осциллятор ФН описывает

предельные циклы, то он может быть использован при моделировании циклических процессов. Например, временной динамики сейсмической активности. В случае эффекта наследственности (эредитарности) классическая модель ФХН имеет обобщение, согласно которому текущее состояние системы зависит от конечного числа предыдущих состояний. Такой эффект распространен во фрактальных средах и изучается в рамках наследственной механики. Эта работа имеет целью установить условия существования хаотических и регулярных режимов ЭФН.

Авторский указатель

- Адвокатов В.Р., 8
Аджиев А.Х., 28
Акбашев Р.Р., 45, 68
Алешков В.М., 54
Антохин П.Н., 22
Аргунов В.В., 33, 60
Аршинов М.Ю., 22
Баишев Д.Г., 6, 34
Балабин Ю.В., 24, 25
Башкуев Ю.Б., 8
Белан Б.Д., 22
Белан С.Б., 22
Богданов В.В., 10, 58
Богомоллов Л.М., 50
Болдина С.В., 71
Болдырева В.А., 12
Бочковский Д.А., 11, 13, 14, 20, 22
Буянова Д.Г., 8
Бычков В.В., 13, 30
Водинчар Г.М., 43, 48, 56
Волков В.А., 69
Гапеев М.И., 61
Гвоздевский Б.Б., 24, 25
Гешпенер В.В., 39
Германенко А.В., 24, 25
Годомская А.Н., 36
Головачев С.П., 69
Давыдов Д.К., 22
Доленко С.А., 44
Дружин Г.И., 56
Дубров М.Н., 69
Дударёнок А.С., 51
Думбрава З.Ф., 9
Егоров Е.В., 12, 20
Едемский И.К., 54
Ефиторов А.О., 44
Зайцев А.Н., 35
Закупин А.С., 63, 68
Иннокентьев Д.Е., 7
Казаков Е.А., 48
Каримов Р.Р., 6, 33
Касимова В.А., 58
Ким А.А., 40
Ковалев А.А., 42
Козлов В.И., 6, 7, 23, 27, 34
Колин А.Д., 15–17, 19
Кононова Н.К., 7
Копылова Г.Н., 58, 71
Корсаков А.А., 27
Кудин Д.В., 29
Кудрявцев Н.Г., 29
Кузнецов В.В., 26, 51
Кумукова О.А., 28
Купинская А.И., 20
Лаврентьев Н.А., 51
Лаврентьева Н.Н., 51
Ларионов И.А., 41, 50, 59
Липко О.Д., 71
Лихачева О.Н., 68
Луковенкова О.О., 40
Любушин А.А., 58
Макаров Е.О., 68
Малкин Е.И., 21, 59
Мандрикова О.В., 35, 39
Марापупец Ю.В., 40, 41, 49, 50, 53
Маричев В.Н., 11, 13, 14, 20, 22
Маурчев Е.А., 24, 25
Медведев В.В., 16, 17, 19
Михалко Е.А., 25
Мищенко М.А., 50
Мороз Ю.Ф., 46
Мочалов В.А., 32, 33

Мочалова А.В., 32, 33
Муратов П.В., 53
Мягкова И.Н., 44
Павлов А.В., 58
Павлов А.Ф., 42
Панчишкина И.Н., 12, 20
Паровик Р.И., 37, 71
Пашинин А.Ю., 54
Пережогин А.С., 13, 30, 66
Петров А.И., 12, 20
Петрова Г.Г., 12, 20
Полозов Ю.А., 32, 39
Пушкарев М.Г., 8
Рахматулин Р.А., 54
Руленко О.П., 49, 53
Рылов Е.С., 46
Савкин Д.Е., 22
Санников Д.В., 21, 56
Семаков Н.Н., 42
Семенова Е.П., 63
Сенкевич Ю.И., 61, 62
Серафимова Ю.К., 64
Сердоков В.И., 10
Середкин И.Н., 13, 30
Сивоконь В.П., 9, 56
Синица Л.Н., 10
Скляднева Т.К., 22
Смирнов В.М., 69
Соловьев И.С., 35
Солодчук А.А., 53, 65
Стародубцев С.А., 23
Суроткин В.А., 16
Сычѳв В.Н., 50
Тарабукина Л.Д., 7, 33
Телегин В.А., 17, 19
Теслюк Ю.А., 9
Толмачев Г.Н., 22
Торопов А.А., 23
Тристанов А.Б., 40
Уваров В.Н., 59, 66, 67
Учайкин Е.О., 29
Федотова О.И., 42
Фетисова Н.В., 32, 39
Фещенко Л.К., 46
Фирстов П.П., 45, 68
Фофонов А.В., 22
Хомутов С.Ю., 9, 38
Черкесов А.А., 28
Чернева Н.В., 45, 56
Чхетиани О.Г., 12
Шевцов Б.М., 13, 30, 52
Шевцова О.В., 52
Шевченко А.В., 20
Шереметьева О.В., 36, 39
Шиокава К., 6
Широков В.А., 64
Щербаков А.П., 10
Щербина А.О., 65

Содержание

1	Физика атмосферы	5
1.1	Каримов Р.Р., Баишев Д.Г., Козлов В.И., Шиокава К. Анализ вариаций ОНЧ-шумов по данным регистрации на Якутской меридиональной цепочке во время солнечных и геофизических событий в сентябре 2017 года	6
1.2	Тарабукина Л.Д., Кононова Н.К., Иннокентьев Д.Е., Козлов В.И. Анализ состояния атмосферной циркуляции во время интенсивных гроз в Якутии в 2009-2016 гг.	7
1.3	Башкуев Ю.Б., Адвокатов В.Р., Буянова Д.Г., Пушкарев М.Г. Анализ условий распространения СДВ радиоволн в волноводе «Земля-ионосфера» на трассах «Новосибирск – Улан-Удэ» и «Комсомольск-на-Амуре – Улан-Удэ» во время магнитных бурь 31 августа - 12 сентября 2017 года	8
1.4	Сивоконь В.П., Хомутов С.Ю., Теслюк Ю.А., Думбрава З.Ф. Возмущение ионосферы при запусках с космодрома «Восточный»	9
1.5	Богданов В.В. Изучение влияния зимних циклонов на распределение электронов в ионосфере над Камчаткой в условиях пониженной сейсмичности средствами радиотомографии	10
1.6	Сердюков В.И., Синица Л.Н., Щербаков А.П. Исследование динамики содержания высокосимметричных молекул в атмосфере по регистрации солнечных спектров	10
1.7	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Исследования изменчивости содержания фонового аэрозоля в стратосфере над Томском в 2011 - 2015 гг. По данным лидарного зондирования	11
1.8	Петрова Г.Г., Панчишкина И.Н., Петров А.И., Чхетиани О.Г., Егоров Е.В., Болдырева В.А. Исследования роли аэрозолей в формировании вариаций электрического поля в приземной атмосфере	12

1.9	Бочковский Д.А., Маричев В.Н. Исследования термического режима стратосферы над Томском за период 2012-2015гг. По данным лидарных наблюдений.	13
1.10	Шевцов Б.М., Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н. Лидарная диагностика ионосферных высипаний	13
1.11	Бочковский Д.А., Маричев В.Н. Лидарные исследования динамики вертикального распределения температуры в стратосфере над Томском в 2017 г.	14
1.12	Колин А.Д. Об одном аналитическом решении уравнений непрерывности и импульса ионов	15
1.13	Медведев В.В., Суроткин В.А., Колин А.Д. Автоматизация работы с математическими моделями верхней атмосферы Земли	16
1.14	Медведев В.В., Телегин В.А., Колин А.Д. Математическое моделирование верхних атмосферных процессов	17
1.15	Медведев В.В., Телегин В.А., Колин А.Д. Моделирование параметров верхней атмосферы при антропогенных воздействиях	19
1.16	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Модернизация лидарного комплекса станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН	20
1.17	Панчишкина И.Н., Петрова Г.Г., Петров А.И., Егоров Е.В., Купинская А.И., Шевченко А.В. Нелинейные эффекты в приземной атмосфере по результатам атмосферно-электрических измерений	20
1.18	Малкин Е.И., Санников Д.В. Особенности регистрации азимутов прихода импульсного излучения атмосферно-грозового происхождения	21
1.19	Бочковский Д.А., Маричев В.Н. Результаты лидарных исследований изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском в 2017 г. . .	22
1.20	Антохин П.Н., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Давыдов Д.К., Савкин Д.Е, Складнева Т.К., Толмачев Г.Н., Фофанов А.В. Роль солнечной активности в многолетней изменчивости фотохимических компонент воздуха в приземном слое воздуха	22

1.21	Торопов А.А., Стародубцев С.А., Козлов В.И. Сильные вариации гамма-излучения и атмосферного электрического поля при различных метеорологических условиях по наблюдениям в Якутске и Тикси	23
1.22	Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Германенко А.В., Маурчев Е.А. События GLE в 24-м цикле	24
1.23	Балабин Ю.В., Михалко Е.А., Маурчев Е.А., Германенко А.В., Гвоздевский Б.Б. Общие особенности возрастаний гамма-излучения на ряде станций от арктических до средних широт	25
1.24	Кузнецов В.В. Сравнение двух квантовых моделей шаровой молнии	26
1.25	Корсаков А.А., Козлов В.И. Эффекты геофизических событий 4-11 сентября 2017 года в вариациях амплитуды и фазы ОНЧ сигналов радиостанций при регистрации в Якутске и Тикси	27
1.26	Аджиев А.Х., Кумукова О.А., Черкесов А.А. Исследование влияния солнечно-земных взаимосвязей на динамику суточных и сезонных вариаций градиента потенциала приземной атмосферы	28
1.27	Кудин Д.В., Кудрявцев Н.Г., Учайкин Е.О. Сеть для отслеживания инфразвуковых сигналов, сопутствующих грозовым явлениям: разработка датчика	29
1.28	Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н., Шевцов Б.М. Резонансное рассеяние на возбужденных ионах как индикатор появления высыпаний заряженных частиц в атмосфере	30
2	Геофизические поля и их взаимодействие	31
2.1	Полозов Ю.А., Фетисова Н.В. Алгоритмы выделения ионосферных аномалий в системе оперативного анализа данных «Аутога»	32
2.2	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Алгоритмы и результаты потокового распознавания вистлеров	32

2.3	Каримов Р.Р., Мочалов В.А., Мочалова А.В., Ар- гунов В.В., Тарабукина Л.Д. Анализ данных реги- страции вистлеров, полученных с помощью системы SSAN на субавроральной станции в Якутске	33
2.4	Козлов В.И., Баишев Д.Г. Вариации естественных электрических потенциалов в Якутии	34
2.5	Мандрикова О.В., Соловьев И.С., Зайцев А.Н. Выде- ление и анализ короткопериодных геомагнитных воз- мущений накануне и в периоды магнитных бурь	35
2.6	Годомская А.Н., Шереметьева О.В. Инверсии в ма- ломодовой модели динамо с $\alpha\Omega$ -генераторами	36
2.7	Паровик Р.И. Исследование динамических режимов stick-slip эффекта	37
2.8	Хомутов С.Ю. Международная сеть INTERMAGNET и российские магнитные obser- ватории: взаимодействие и достижения	38
2.9	Мандрикова О.В., Фетисова Н.В., Полозов Ю.А., Гешпенер В.В. Анализ динамики параметров ионо- сферы на основе обобщенной многокомпонентной мо- дели	39
2.10	Шереметьева О.В. Модель процессов релаксации в различных режимах пластических деформаций	39
2.11	Луковенкова О.О., Марапулец Ю.В., Тристанов А.Б., Ким А.А. Модернизация метода адаптивного согласованного преследования для анализа геофизи- ческих сигналов импульсной природы	40
2.12	Ларионов И.А., Марапулец Ю.В. Некоторые особен- ности атмосферно-литосферного наблюдения акусти- ческого излучения в пункте «Карымшина» на Кам- чатке	41
2.13	Семаков Н.Н., Ковалев А.А., Павлов А.Ф., Федотова О.И. О необходимости создания базы данных по аб- солютным геомагнитным измерениям на территории Арктики, Сибири и Дальнего Востока	42
2.14	Водинчар Г.М. Применение систем символьных вы- числений в спектральных задачах геодинамо	43

2.15	Ефиторов А.О., Мягкова И.Н., Доленко С.А. Прогнозирование состояния внешнего радиационного пояса Земли при помощи нейронечетких систем	44
2.16	Акбашев Р.Р., Фирстов П.П., Чернева Н.В. Регистрация потенциала электрического поля атмосферы в центральной части полуострова Камчатка	45
2.17	Фещенко Л.К. Регулярные и хаотические инверсии в шестиструйной модели геодинамо	46
2.18	Мороз Ю.Ф., Рылов Е.С. Сейсмотеллурический эффект в поведении передаточных функций электрического поля Земли	46
2.19	Водинчар Г.М., Казаков Е.А. Система Лоренца и ее обобщения как модели динамо с памятью	48
2.20	Марапулец Ю.В., Руленко О.П. Совместные возмущения высокочастотной геоакустической эмиссии и атмосферного электрического поля при тектоносейсмическом процессе (результаты исследований на Камчатке)	49
2.21	Мищенко М.А., Марапулец Ю.В., Ларионов И.А., Богомоллов Л.М., Сычѳв В.Н. Совместный анализ низкочастотных геоакустических и деформационных сигналов	50
2.22	Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель землетрясения и квантовая теорема Пуанкаре объясняют физику афтершоков	51
2.23	Дударѳнок А.С., Лаврентьева Н.Н., Лаврентьев Н.А. Уширение линий газов вулканической активности SO_2 и CO_2 в атмосфере земли	51
2.24	Шевцов Б.М., Шевцова О.В. Флуктуации и нелинейные колебания в сложных природных системах	52
2.25	Муратов П.В., Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Солдчук А.А. Электрический и акустический отклик приповерхностных осадочных пород на прохождение сейсмических волн от землетрясений	53

2.26	Рахматулин Р.А., Алешков В.М., Папинин А.Ю., Едемский И.К. Геофизический комплекс БМТО «Узур» ИСЗФ СО РАН и результаты синхронных наблюдений вариаций атмосферного электричества, геомагнитных пульсаций и полного электронного содержания	54
2.27	Санников Д.В., Сивоконь В.П., Чернева Н.В., Водинчар Г.М., Дружин Г.И. Обнаружение, распознавание и корреляционный анализ грозových разрядов и свистящих атмосфериков, модуляция свистящих атмосфериков под влиянием нагревного стенда	56
3	Физика предвестников землетрясений	57
3.1	Богданов В.В., Павлов А.В. Анализ эффективности прогноза землетрясений на основе аномального поведения ионосферных параметров накануне землетрясений в Камчатском регионе	58
3.2	Касимова В.А., Копылова Г.Н., Любушин А.А. Вариации параметров фонового сейсмического шума в периоды сильных камчатских землетрясений 2013-2017 гг.	58
3.3	Ларионов И.А., Малкин Е.И., Уваров В.Н. Деформационно-электромагнитные связи в проявлениях литосферной активности	59
3.4	Аргунов В.В. Дистанционный мониторинг сейсмоионосферных возмущений с использованием электромагнитных сигналов	60
3.5	Сенкевич Ю.И., Гапеев М.И. Интерактивная программная среда, обеспечивающая полуавтоматический поиск фоновой и аномальной активности, обнаруженной в сигналах акустической и электромагнитной эмиссий	61
3.6	Сенкевич Ю.И. Использование метода эмпирической модовой декомпозиции для очистки сигналов акустической эмиссии от помех	62
3.7	Закупин А.С., Семенова Е.П. Исследование процесса подготовки сильных землетрясений ($M_w > 5$) на Сахалине методом LURR	63

3.8	Серафимова Ю.К., Широков В.А. Методические вопросы долгосрочного прогноза сильных землетрясений на основе их связи с лунным 18.613 г. и солнечным 22-летним циклами для различных регионов Земли по методу фазовых траекторий	64
3.9	Щербина А.О., Солодчук А.А. Методы анализа направленных свойств геоакустических сигналов в трехмерном пространстве	65
3.10	Уваров В.Н. Деформационно-электромагнитные механизмы и гибридные волны коры	66
3.11	Пережогин А.С. Моделирование напряжений с учетом критериев для фрактальной среды	66
3.12	Уваров В.Н. Основные паттерны электромагнитных проявлений релаксационных возмущений коры	67
3.13	Макаров Е.О., Фирстов П.П., Акбашев Р.Р., Закупин А.С., Лихачева О.Н. Первый этап создания сети пунктов мониторинга подпочвенного радона на юге острова Сахалин	68
3.14	Головачев С.П., Дубров М.Н., Смирнов В.М., Волков В.А. Пространственно-временное раскачивающее воздействие системы ураганов на тектонические плиты как предвестник крупного землетрясения	69
3.15	Кошылова Г.Н., Болдина С.В. Эффекты сейсмического воздействия на флюидонасыщенную среду (по данным наблюдений на скважинах Камчатки)	71
3.16	Липко О.Д., Паровик Р.И. Исследование динамических режимов эредитарного осциллятора Фитцхью-Нагумо	71

1 Atmosphere physics

1.1 Analysis of atmospheric circulation condition during intense thunderstorms in Yakutia in 2009-2016

Tarabukina L.D.¹, Kononova N.K.², Innokentiev D.E.¹, Kozlov V.I.¹

¹ *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of the Siberian Branch of the RAS*

² *Institute of Geography of the RAS*

The days with large number of lightning discharges in whole Yakutia and its central part were associated with atmospheric circulation types classified by method of B.L. Dzerdzeevskii. The variation of daily lightning number were estimated by lightning location systems detecting radiopulses of very low frequency radiated by lightning discharges. The days with intense thunderstorms were selected by the 0.7 level of maximum lightning number within summer season, and the days of minimum lightning activity were selected by 0.3 level of maximum. The elementary circulation mechanisms (ECM) were revealed for severe thunderstorm in Yakutia: ECM 8a, 8dw, 9a, 12a of northern meridional circulation group, ECM 13s of southern meridional circulation, ECM 2b of zonal circulation and ECM 3 of the disturbance of zonal circulation. Generally, the intense thunderstorms were associated with cyclones of southern outlets of Far East summer monsoon and southwestern and western direction.

1.2 Analysis of the conditions for the radio waves propagation in the waveguide «Earth-ionosphere» on the paths «Novosibirsk-Ulan-Ude» and «Komsomolsk-on-Amur-Ulan-Ude» during magnetic storms August 31-September 12, 2017

Bashkuev Yu.B., Advokatov V.R., Buyanova D.G., Pushkarev M.G.

Institute of Physical Materials Science SB RAS, Ulan-Ude

In order to analyze the radio waves propagation conditions in non-uniform impedance channels, the amplitude and additional phase of the electromagnetic field of the VLF radio navigation system RSDN-20 were measured. The radio paths of latitudinal strike have been studied: path 1 «Novosibirsk - Ulan-Ude», the length is 1580 km; path 2 «Komsomolsk-on-Amur - Ulan-Ude», the length is 2080 km. The daily variations of the amplitude and the additional phase of the 11.9 and 14.88 kHz radio signals are considered. The eastern path 2 is longer than the western path 1 by 500 km, so the signal level on this path is almost always lower. The daytime and nighttime levels of the amplitude and phase of the radio signal at 11.9 kHz are clearly enough in ordinary geomagnetic conditions. The displacement of the terminator lines on the eastern and western paths is approximately 1-2 hours. The additional phase also has regular daily variations up to 120°. Significant differences on the paths 1 and 2 are observed in the signal amplitude level during magnetic storms. On September 5, 8, 9 and 10, at path 1 the night levels are significantly below daytime, when the amplitude of the signal decreases to 6 times. This phenomenon was noted for the first time in the observation period from 2013. The levels of the received signal in the daytime naturally and smoothly change with a maximum at noon time, at night the amplitude is generally higher than in the daytime, but it is subject to rapid and deep fluctuations. The diurnal variations of the amplitude and the additional phase of the signal 14.88 kHz on the same paths are considered. Significant differences in the spatial amplitude-phase phenomena in the ordinary and anomalous geomagnetic conditions at frequencies of 11.9 and 14.88 kHz are established. They consist in a

significant reduction in the signal level at 11.9 kHz during a very strong magnetic storm. At 14.88 kHz, similar phenomena are also noted, but they are less pronounced. The daily variations of the median amplitude of the signals 11.9 and 14.88 kHz on the paths 1 and 2, obtained after decimation and passing the array of measurements through the Savitsky-Golay digital smoothing polynomial filter (MATLAB program) are analyzed.

1.3 Analysis of variations of VLF-noise from registration data on the Yakutian meridional chain during the solar and geophysical events in September 2017

Karimov R.R.¹, Baishev D.G.¹, Kozlov V.I.¹, Shiokawa K.²

¹ *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy
SB RAS*

² *Institute for Space Earth Environmental Research, Nagoya
University*

From September 4 to 10, 2017, 26 M class flares and 4 class X flares were recorded on the Sun, which is the maximum manifestation of flare activity since April 2015. Flares were accompanied by the coronal mass ejections. As a consequence, after a while in the near-Earth space, the increase of solar cosmic rays was recorded. At the same time, several intense and moderate perturbations of the Earth's magnetic field were observed on the Earth. It is of interest to trace the consequences of solar and geomagnetic activity from observational data of variations of natural VLF-radiation at ground stations of the Yakutian meridional chain of ShICRA SB RAS. In the analysis, the data of a multichannel VLF-receiver installed on the station «Oybenkel» (62N, 129.3E) and data from the VLF/ELF-receiver installed at the optical station «Maimaga» (63N, 129.5E) were used. The results of the analysis showed changes in the amplitude and spectral characteristics of the VLF intensity of atmospheric and magnetospheric origin associated with the action of solar X-ray flares on the lower ionosphere and with processes in the magnetospheric plasma during perturbations of the Earth's magnetic field.

1.4 Automation working with mathematical models of the upper atmosphere of the Earth

Medvedev V.V., Surotkin V.A., Kolin A.D.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

At present, software complexes designed for carrying out computational experiments in selected fields of science, in particular in the field of mathematical modeling and physics of the upper atmosphere, are of particular interest.

The physico-mathematical models included in the package are constructed on the basis of the equations of quasihydrodynamics and allow to calculate the main characteristics of the ionospheric-magnetospheric plasma: the space-time distributions of the concentrations and temperatures of the charged and neutral particles of the velocities of their motion for different regions of the ionosphere in the altitude range from 50 km to several radii of the Earth.

The current configuration of the functional content solves the following practical tasks:

- calculation of ionospheric parameters of non-latitudinal ionosphere media without taking into account the geomagnetic field geometry
- calculation of ionospheric parameters along fixed closed geomagnetic fields
- numerical simulation of the processes of ionospheric plasma outflow along open geomagnetic power tubes (polar wind)
- calculation of mesosphere and lower thermosphere parameters in the altitude regio;
- calculation of propagation parameters for HF radio signals in the ionospheric 50-500 km

The software complex has a console interface and provides the following features:

- form requests for modeling in the input language of the package
- when the request for modeling is formulated, specify the subroutines necessary for the user within the framework of the selected model
- produce simulation results on a monitor crane with the ability to print on the printer query reference information about the package and the input language

-expand the functional content with new elements

The minimal configuration of the software package is designed to exploit the package on popular PCs.

For the convenience of working with existing mathematical models of users of various levels, including non-specialists in the field of mathematical modeling and physics of ionospheric plasma, it is supposed to replace the console interface with a user-friendly graphical interface

1.5 About one analytical solution of the ion continuity and momentum equations

Kolin A.D.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Now there are many works devoted to deriving of the analytical solutions of ions' diffusion at the series of simplifying assumptions. These solutions have a self-sufficient value for the qualitative theoretical analysis of processes in plasma, and also are frequently used for testing numerical algorithms. At the same time there are less studies of the system of a equations of a continuity and momentum hyperbolic type than of diffusion approximation.

In this connection the following problem was set up. To try to receive an analytical solution of the ions continuity and momentum equations with the account of collisions, gravitation and forces of pressure in statement on the basis of the example of azotropic flow of the one component gas.

The problem has no analytical solution in the formulated statement. Therefore the method of fractional steps or as it is frequently called, a method of decomposition under physical factors on half steps of discretisation by time has been used.

As a result it has become possible to reduce the problem to the equation for Darboux for potential function on the first half step by time for the homogeneous system of equations of a continuity and motion of hyperbolic type with the use of transformations of a hodograph.

The solution of Cauchy problem for the equation of Darboux by Riemann method also obtained.

1.6 Comparison between two different quantum models of ball lightning

Kuznetsov V.V.

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

Two models of ball lightning are compared here. Each model is quantum. One was proposed by American and Finnish physics [Lee W. et al. Science Advances, 2018], who were the first to create an elusive particle known as the Shankar skyrmion. The three-dimensional particle consists of knots made from the spin fields of a Bose-Einstein condensate - or, atoms cooled to a point just above absolute zero. According to the researchers, this bizarre tangle may share some of the characteristics of ball lightning (BL). The next model proposed here proceeds from quantum entanglement of protons in hydrogen bonds inside atmosphere water vapour [Kuznetsov V., Kvantovaya Magia, 2011]. Origin of high-energy particles flux in clouds is discussed. Conditions when dark lightning [Kuznetsov V. Vestnik KRAUNC, 2016] preceding ordinary one and creating additional ionization, fluxes of fast electrons with MeV energy prior to that lightning which is initiating BL, glow, sprites are considered. All phenomena listed above appear to be of general nature resulting from quantum entanglement of protons in hydrogen bonds of water clusters inside clouds. Comparing models introduced above we use the estimation of BL capacity to enter via glass as a key parameter. Unexplained in models of BL this frequent phenomenon becomes obviously explicable in the context of our model.

1.7 Effects of geophysical events on September 4-11, 2017 in amplitude and phase variations of VLF radio stations signals registered in Yakutsk and Tiksi

Korsakov A.A., Kozlov V.I.

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

Powerful M and X class solar flares accompanied by coronal mass ejections (CME) were recorded in the same active area AR 12673 on the Sun from 4 to 10 September 2017. On September 5, 7, 8 and 10, bursts of a solar proton flux were recorded. Against the background of these events, variations in the amplitude and phase of the VLF signals of the radio navigation system Alfa, registered in Yakutsk (62 N, 129 E) and Tiksi (72 N, 129 E) are considered. September 5 - 9 there is an increase in attenuation and a decrease in the phase delay of radio signals registered in Tiksi. The decrease in the amplitude of the signal Novosibirsk on September 8 reached 5 dB and the decrease in phase delay was 45 degrees in the daytime and 55 degrees at night. It should also be noted that the phase delay is reduced by 75 degrees at night on September 10, 2017. Such changes in the VLF radio signal characterize the appearance of an additional source of ionization - precipitation into the high-latitude region of the ionosphere of energetic protons. The effect of the magnetic storm appeared on September 8 in the amplitude-phase variations of VLF signals recorded in Yakutsk. The decrease of the phase delay on September 8 at night conditions was 50 degrees ($Dst = -120$ nT), and in the daytime September 9 - 30 degrees. September 11, there was a decrease in the phase delay of the Novosibirsk signal registered in Yakutsk at 30 degrees for daytime conditions. This case can also be associated with a sharp increase in proton fluxes at high energies on September 10-11

1.8 Features of recording the azimuths of the arrival of pulsed radiation of atmospheric-thunderstorm origin.

Malkin E.I., Sannikov D.V.

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

The method of multicomponent estimation of the azimuth of the arrival of pulsed radiation of atmospheric-thunderstorm origin is substantiated and tested. The features of registering the azimuths of this radiation are identified. The interpretation of the obtained results is given.

1.9 GLE events in 24 solar cycle

Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B., Germanenko A.V., Maurchev E.A.

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

The 24th solar cycle began in 2009. According to neutron monitor data, the activity of the Sun went down in 2015 and now the cycle is coming to the end. This cycle turned out to be abnormal in many respects. For example, such an indicator of solar activity as the sunspot number in this cycle was approximately two times lower than in the previous one. By the number of GLE events, the current cycle is also very different from the previous ones. In the 23rd cycle there were four major events (an increase of tens of percent) and five small and moderate events. In the 24th cycle only two events are registered: GLE 71 (17.05.2012) and GLE 72 (10.09.2017), with the latter event having a small amplitude (5%). Using our own method we process GLE event by solving the inverse problem: based on the data of the worldwide network of neutron monitors we obtain the parameters of the energy spectra of solar cosmic rays. Events GLE 71 and 72, like the previous ones, were processed by this method. The obtained energy spectra are compared with spectra in other events.

1.10 Common features of gamma-ray increases at stations from arctic to medium latitudes

*Balabin Yu.V., Mikhalko E.A., Maurchev E.A., Germanenko A.V.,
Gvozdevsky B.B.*

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

Monitoring of background gamma radiation (20-400 keV) in the surface layer of the atmosphere has been carried out in PGI for many years. This soft radiation is generated in the atmosphere by cosmic rays. The soft radiation flux has variations due to various atmosphere processes when it is propagating in the atmosphere. A unique and extended database of soft gamma radiation flux for the period 2009-2017 has been collected. The observation stations are located at the Arctic to middle latitude. The measurements are carried out using the same type of detectors made in PGI. The phenomenon of increasing gamma background during precipitation, first discovered by the authors, is observed at all stations. These increases are not related to radionuclide contamination in the precipitation. Increases are observed only in the electromagnetic component, which is generated in the atmosphere from cosmic rays. A comprehensive analysis of accumulated data has shown that the characteristics of events (such as amplitude, duration, rate of arise and descend, total energy flux) have clear seasonal differences at each station. Also at most stations there is a seasonal variation of gamma radiation associated with a stable snow cover during the cold season. The analysis of the events shows that variations in the background gamma radiation can be used to study some atmospheric processes in the lower atmosphere.

1.11 Geospace environment and its effect to spacecraft

Nagatsuma T.

*National Institute of Information and Communications Technology,
Japan*

Geospace, the space around the Earth, is one of the practical area for space development. Many kinds of satellites for telecommunications, broadcasting, meteorology, earth remote sensing, are in operation in this area. However, satellites in geospace sometimes face on risks of anomalies, because geospace environment is dynamically changing depending on the solar wind conditions. So we need to understand the risks of geospace environment for safety operation of spacecraft. For this point of view, monitoring and forecasting of space environment is very important. We will introduce the risks of spacecraft due to geospace disturbances, and our activities of space weather monitoring and forecasting.

1.12 Global response of Magnetic field and Ionosonde observations to intense solar flares on 6 and 10 September 2017

Fujimoto A.¹, Yoshikawa A.², Ikeda A.³

¹ *Kyushu Institute of Technology, Japan*

² *Kyushu University, Japan*

³ *National Institute of Technology, Kagoshima College, Japan*

Intense X-ray fluxes during solar flares are known to cause enhanced ionization in the Earth's ionospheric D, E and F region. This sudden change of ionospheric electron density profile is serious problem to radio wave communication and navigation system. The ground magnetograms often record the sudden change in the sunlit hemisphere during the enhanced X-ray flux, due to the sudden increase in the global ionospheric current system caused by the flare-induced enhanced ionospheric conductivity. This geomagnetic field

disturbances are known as «solar flare effects» (SFEs) or geomagnetic crochets [Campbell, 2003]. The typical SFE is increase variation on the equatorial magnetic data. On Ionosonde observation during solar flare event, the High-Frequency (HF) radio wave blackout is often detected in ionogram due to the sudden disturbance in ionosphere. Two intense X-class solar flares occurred on 6 and 10 September 2017. We investigated the magnetic field and Ionosonde responses to the intense solar flare events. Dayside magnetic field variations sudden increased due to the ionospheric disturbance resulting from solar flare. There are no response in night side magnetometer data. The magnitude of SFE (magnetic field) is independent of solar flare x-ray magnitude. We found HF radio wave blackout in ionogram at dayside Ionosonde stations. The duration of blackout is dependent of latitude and local time of Ionosonde stations. There is the different feature of ionogram at night side.

1.13 Investigation of the dynamics of high-symmetric molecules in the atmosphere using solar spectra registration

Serdyukov V.I., Sinitsa L.N., Scherbakov A.P.

Institute of atmospheric optics SB RAS, Russia

Information on the dynamics of the gas content at a low temperature corresponding to the conditions of the upper atmosphere is important for studying the influence of solar activity on the geosphere processes. This is especially true for highly symmetric molecules, such as CH_4 , NF_3 , CF_4 . The report presents a spectral system for measuring gas atmospheric components based on the Bruker IFS125M Fourier spectrometer with fiber-optic and mirror trackers that allow recording of solar spectra both in the visible and in the IR spectral region. The results of an investigation of atmospheric gases in the atmosphere in the vicinity of Tomsk are presented on the basis of an analysis of the atmospheric transmission spectra of solar radiation recorded on a Fourier spectrometer. The work was supported by the Russian Scientific Foundation (Grants №17-17-01170).

1.14 Ionospheric plasma irregularities studied with Swarm satellites

Miloch W.J.

Department of Physics, University of Oslo, Norway

The Earth's ionosphere is often subject to instabilities and turbulence, which can create irregularities in plasma density. These irregularities can be present at various scales and at all latitudes. At high geomagnetic latitudes they are common in the auroral oval and in the polar cap, where they are associated with polar cap patches. At low latitudes they can be for example related to plasma bubbles in the equatorial electrojet. Plasma density irregularities are one of the space weather effects, as they depend on the geomagnetic activity and they can influence propagation of trans-ionospheric radio signals. As such they can increase the uncertainty of positioning with the Global Navigation Satellite Systems (GNSS), such as GPS, Galileo or GLONASS. Examples of measurable effects are radio wave scintillations in the phase and amplitude, which are significant issues at low geomagnetic latitudes and in the polar regions. Thus, a comprehensive characterization of ionospheric irregularities over all geomagnetic latitudes is important for both research and operations that rely on trans-ionospheric radio signals. To study and characterize plasma irregularities at all latitudes, one can employ in-situ measurements by satellites in polar orbits, such as the European Space Agency's Swarm mission. With the Swarm data, we have developed the Ionospheric Plasma Irregularities (IPIR) product for a global characterisation of ionospheric irregularities along the whole satellite track. This new level-2 data product combines complementary datasets from the Swarm satellites, i.e. the electron density from the electric field instrument, the GPS data from the onboard GPS receiver, and the magnetic data from the vector field magnetometer. The finalized data product is expected to be a new tool for the global studies of ionospheric irregularities and turbulence. In this work, we present the first dataset of the IPIR-product. We analyse the results together with the measurements from our ground-based scintillation receivers located in the Scandinavian Arctic and in Antarctica as well as optical instruments. Satellite in-situ data combined with the ground-based observations can provide better understanding of the

phenomena associated with the largest disturbances of the GNSS signals. We quantify the effects of varying geomagnetic activity on the ionospheric irregularities at different geomagnetic latitudes, and provide an indication of the severity of their impact on the GNSS signals.

1.15 Lidar diagnostics of ionosphere precipitations

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

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

Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation, FEB RAS Lidar is considered as an electron energy detector in ionosphere precipitations, and the cleaning of radiation belts is like the energy pumping of the ionosphere layer. The excitation efficiency of ionosphere plasma components by precipitations and the features of resonant backscattering of laser radiation in the active ionosphere are discussed. It is shown that in the quantum system in which the lidar plays the role of a master oscillator and the ionosphere layer of the amplifier, different modes of nonlinear oscillations are possible depending on the intensity of the precipitation. Analogies are being made with other natural nonlinear systems.

1.16 Lidar investigation of the dynamics of the vertical distribution of temperature in the stratosphere over Tomsk in 2017

Bochkovsky D.A., Marichev V.N.

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

One of the important applications of lidar technologies is the study of the thermal regime of the atmosphere. Such studies in the monitoring mode at the Institute of Atmospheric Optics of the SB RAS have been launched since 1994 and are continuing at the present time.

Particular attention is paid to the study of the manifestation of sudden disturbances in the middle stratosphere, caused by winter stratospheric warming (SW). The results obtained on this topic can be found in [1-8]. In this paper, we present studies of the vertical temperature distribution over Tomsk in the indignant and calm periods of 2017.

1.17 Mathematical modeling of the upper atmosphere processes

Medvedev V.V.¹, Telegin V.A.², Kolin A.D.¹

¹ *Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia*

² *Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation named after Nikolay Pushkov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Numerical model for the processes ionosphere and upper atmosphere for the heights of 50-1000 km is constructed. The model includes a set of magneto hydrodynamic equations (continuity, momentum and energy) for electrons and ions, and neutral atmosphere. She relies numerical solutions the continuite, temperature neutral gas (T_n), ion (T_i) and electron (T_e), macroscopic average winds of velocities V_{nx}, V_{ny}, V_{nz} equations for the partially ionized plasma for the neutral, ions and electrons. In this paper we shall describe our calculations of the following species: N_2 , O, O_2 , $O_3, O(^1D)$, $O(^1S)$, $O_2(^1\Delta_g)$, $O_2(\sum_g^+)$, $N_2^{(v)}$, $O_2^{(v)}$, H, H_2 , OH, H_2 , H_2O_2 , $N(^4S)$, $N(^2D)$, NO, NO_2, CO , $CO_2, H^+, O^+, O_2^+, NO^+$.

In the heat balance equation the following heating sources and sinks are taken in to account: heating by photoionization, heating arising from absorption of solar radiation in the Schumann-Runge continuum $135 \leq \lambda \leq 175nm$ chemical heating, cooling by vibrational-rotational bands CO_2, NO, O_3 , OH, CO in the 1.27 mk O_2 and 63 mkO (1D); molecular heat conduction; heating and cooling produced by durimal contraction and expansion of the atmosphere. For the function $K_h(z)$, which is the eddy thermal conductivity (assumed to be equal to the eddy diffusion coefficient), the analytical approximation is used. The height Z_m of K_h maximum (K_h^{max}) has been varied within range of 90-110 km, with the value (Khmax) varying from 10^5 to $2 \cdot 10^7 sm^2/S$.

The upper boundary conditions for zero temperature gradients is imposed at the height of 500 km, and lower boundary conditions in the form of zero heating flux is imposed at the height of 50 km is discussed. General input parameter of the model is a coefficients of chemical reactions and coefficient eddy diffusion, absorption and ionization cross sections, solar EUV flux. We have carried out of a number of computations using various altitude profiles of the eddy conductivity the order to study the relative and consistency of acts simultaneously importance or the turbulence and constituents. The analytical model of the altitude distribution of the [NO] and [N] was based on numerical results of the mesosphere for [NO] density depends on main atmospheric species densities N_2 and O_2 and neutral gas temperature. Altitude distribution of the $[N_e]$ density was obtained from expression for NO. The analytical expressions for [NO] and $[N_e]$ easily explains winter [NO] and $[N_e]$ exceeding over summer values and winter anomaly in ionosphere D-region

In the experiment was calculated vibrationally excited nitrogen density. The main attention was paid to investigation of the processes with oscillatory excited state of the nitrogen molecules $N_2^{(v)}, O_2^{(v)}$. The density calculation of this component was made for the ten oscillating levels ($V = 1...10$), using by the time-dependent diffuse equation. Boltzman distribution was not taken into account. The role of diffusive and photochemical processes in $N_2^{(v)}$ dynamics was discussed.

1.18 Modeling of parameters of the upper atmosphere under anthropogenic influences

Medvedev V.V.¹, Telegin V.A.², Kolin A.D.¹

¹ *Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia*

² *Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation named after Nikolay Pushkov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

The physico-mathematical model, by means of a computational experiment, makes it possible to calculate various ionospheric parameters, such as the concentration of the ions O^+ , H^+ , NO^+ ,

N^+ , H_2O^+ , H_3O^+ , OH^+ electron temperature T_e , ions T_{O^+} , T_{H^+} and the horizontal components of the neutral gas. The problem of formation and tightening of the ionospheric "hole" during the injection of $[H_2O]$ was considered. In these papers, the results of calculations of the altitude-time distributions $N_m F2$, $h_m F2$ and ionospheric plasma fluxes were presented. It is shown that the injected $[H_2O]$ significantly affects the recombination of the ionospheric plasma in the F2 region of the ionosphere. In this paper we consider the influence of the injected $[H_2O]$ on the electron and ion temperatures of the ionospheric plasma. Calculations of ionospheric parameters were carried out in a power tube ($L = 2$) for high solar activity ($F_{(10:7)} = 234$) in winter conditions. The power line has an uneven spatial grid. Step of integration over time $\tau = 20$ sec.

For emissions of $[H_2O] = 10^7 \text{ sm}^{-3}$, at the maximum of the F2 layer, the decrease in $[N_m F2]$ is approximately half for the selected conditions. Such a decrease in the electron concentration leads to an increase in the electron temperature (with unchanged sources of heating of the ionospheric plasma)

1.19 Modernization of the lidar complex of the high-altitude station for the atmospheric sensing (Institute of Atmospheric Optics SB RAS)

Marichev V.N., Bochkovsky D.A.

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

The lidar complex of the small station for high-altitude atmospheric sounding of the IAO SB RAS allows to quickly and regularly obtain dispersion ratio profiles up to a height of 70 km, temperature and density of the atmosphere in the altitude range of 10-70 km with a spatial resolution of 192 m. Measurements are carried out in conditions of a cloudless sky or, in extreme cases, explosive clouds. To plan the measurement, the weather forecast is used and the latter are conducted when the forecast coincides with the real weather in the clear night time. Remote or automatic control of the lidar complex will improve the efficiency, quality (due to measurements with variable cloudiness)

of the series of accumulated data and increase the number of sessions for conducting lidar sounding of the atmosphere.

1.20 Nonlinear Effects in the Surface Atmosphere Based on the Atmospheric-Electrical Measurements Results

*Panchishkina I.N., Petrova G.G., Petrov A.I., Egorov E.V.,
Kupinskaya A.I., Shevchenko A.V.*

Southern Federal University

Ground-based atmospheric-electrical observations results help to understand the atmosphere electrical characteristics variations patterns which must be taken into account when constructing models of the electrode layer that is part of the Global Electrical Circuit. Considering the multifactority of electrical processes in the atmosphere, modern models use empirical parameter values and the relationships between them. Proceeding from the results of measurements near the surface of the earth, nonlinear effects associated with the dependence of electrical conductivity on the electric field strength have been observed. This is manifested in the loss of proportionality of the conductivity current density from the field intensity, and the nonlinearity manifests itself more noticeably at low values of electrical conductivity. Based on the data obtained, empirical regression series have been constructed and equations of the dependence of polar electrical conductivity on the electric field strength have been obtained. In the interval of a sharp decrease in the values of polar conductivities with multiple amplification of the electric field strength, their interrelation is approximated by a linear function with a high level of reliability.

The paper is performed with support of Russian Foundation for Fundamental Research Grants 16-05-00930 a, 17-05-41121 RGS a.

1.21 Recent development of the Cowling channel model in the magnetosphere-ionosphere coupled system

Yoshikawa A.¹, Nakamizo A.¹, Ohtani S.²

¹ *International Center for Space Weather Science and Education (ICSWSE), Japan*

² *Graduate School of Sciences, Kyushu University, Japan*

The Cowling channel is a generic name of a current system forming inside a high conductivity band, in which a secondary polarization electric field modifies the current flow. The polarization field is excited when a divergent part of Hall current driven by the primary electric field is prevented from flowing out to the magnetosphere as the field-aligned current. The purpose of this presentation is to introduce the recent development of Cowling channel model: 1) which connecting auroral electrojet to equatorial electrojet via Cowling channel at the conductivity terminator region that forms global current system from polar to equatorial ionosphere from polar to equatorial region and 2) explosive auroral intensification at poleward boundary of auroral oval, which manifest the excitation of aurora explosion by the Alfvén wave radiated from the ionosphere.

1.22 Role of solar activity in long-term variability of photochemical components of air in a ground layer of air

Antokhin P.N., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Savkin D.E., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Fofonov A.V.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS

The long-term monitoring of composition of air begun by authors still in the early nineties allowed to reveal variations of average annual concentration of ozone and an aerosol with the period, the close to 11-year-old. These changes are not synchronous. Concentration

of ozone and an aerosol in the course lags behind change of solar activity for 2 and 3 years. Such period is characteristic of variations of solar activity. However, the signal transmission mechanism from the Sun to the lower troposphere is until now not clear. In the course of searching of the reasons the ozone mechanism, a consequence of variations of arrival of UF-radiation which brought to the intermediate mechanism sequentially were analysed. The hypothesis is offered that the mechanism of signal transmission is reaction of vegetation on UF-radiation amplifying a stream. According to the experiments which are expressly made in a number of foreign countries it was shown that at the beginning of process of increase in UF-radiation there is a depressing of plants. After 2-3 year processes of adaptation, they enhance efficiency that also the aerosol of the forming substances leads to a pollution of padding quantity ozonic. This hypothesis is checked by means of the normalized index of vegetation and yielded good results. The offered mechanism is spoken well also by works of other authors that when strengthening UF-B of radiation plants have a so-called long-term cumulative effect consisting in delay of their photosynthesis for 2-3 years concerning its arrival. On the basis of the established empirical-formula dependence, being guided by forecasts of solar activity, predictions of values of concentration of an aerosol and ozone in 23 and 24 cycles were made. Results of feasibility of the specified forecasts are presented in the report. Work is performed on a grant of RSF No. 17-17-01095.

1.23 Schumann resonance parameters at Kuju station during solar flares

Ikeda A.¹, Yoshikawa A.², Fujimoto A.³, Uozumi T.², Abe S.²

¹ *National Institute of Technology, Kagoshima College, Japan*

² *International Center for Space Weather Science and Education (ICSWSE), Japan*

³ *Kyushu Institute of Technology, Japan*

The Schumann resonance (SR) is the global resonance of electromagnetic waves generated by global lightning activity. SR parameters, which are amplitude and frequency, reflect the properties of both global lightning activity and the state of the Earth-ionosphere

cavity. Recently, it is revealed that the SR is also affected by the solar activities. We newly aim to utilize SR for monitoring of solar activity (e.g., solar flare, solar proton event). For the first step, we investigate relationship between SR parameters and intense solar activities in Oct.-Nov., 2003.

We examined the SR at Kuju, Japan (KUJ, M.Lat. = 23.4 degree, M. Lon. = 201.0 degree) by comparing solar X-ray, EUV and Proton flux. The data of X-ray and Proton flux were obtained by the GOES series of the satellites on a geostationary orbit. The EUV data were obtained by SEM/SOHO at the Lagrangian point L1. Solar flare on 23 October 2003 was accompanied with the variation of SR parameters. The X-ray in 0.05-0.3 nm wave bands and EUV flux in 0.1-50 nm wave bands started to increase around 08:30 UT and reached the maximum value within about ten minutes. At the time, the second mode of SR (SR2) frequencies in H (horizontal northward) and D (horizontal eastward) components also increased. The timing of peaks of SR2 frequencies coincided with EUV flux than X-ray. Since EUV contributes the most to ionization of Earth's ionosphere, the variation of the SR frequency seems to reflect the electron density in the ionospheric D-region during the solar flare. We also found that the variation of the first mode of SR (SR1) frequency in D component corresponded with enhancement of the Proton flux (40-80 MeV). It is assumed that the SR1 frequency in D component relates to the polar ionosphere which is strongly affected by solar proton events.

1.24 Strong variations of gamma-ray and atmospheric electric field during various meteorological conditions by observations in Yakutsk and Tiksi

Toropov A.A., Starodubtsev S.A., Kozlov V.I.

Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy

The results of a study strong increase in gamma-ray background in the surface layer of the atmosphere during precipitation and near thunderstorms in Yakutsk (based on the Cosmic Ray Spectrometer of the Institute of Cosmic Rays of the Siberian Branch of the Russian

Academy of Sciences) and Tiksi (Polar Geospace Observatory of the IKFIA SB RAS) are present in this paper. Scintillation detectors based on NaI (Tl) crystals with a size of 63mm x 63mm are used to register gamma-ray . The range of measured energies is 20-1900 keV. Detectors are closed from the sides and from below with lead (5 cm) and placed in thermoboxes having a glass window. Both of the detectors are located on the roof of buildings in Yakutsk and Tiksi. Also, synchronous registration of variations of the atmospheric electric field, (electrostatic fluxmeters Boltek EFM-100) and main meteorological parameters of the atmosphere (ultrasonic weather station AMK-04). An explicit relationship was found between the increase in the background gamma-ray and heavy rainfall. The energy spectra of the gamma background are obtained under «good» weather conditions and during heavy precipitation and near thunderstorms. The carried out researches allow to consider that the increase of the gamma background is connected, first of all, with the emission of radon and its daughter products from the ground and, to a lesser extent, with bremsstrahlung of charged particles in strong electric fields of a thunderstorm atmosphere.

1.25 Studies of the thermal regime of the stratosphere over Tomsk during the period 2012-2015. According to the lidar observations.

Marichev V.N., Bochkovsky D.A.

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

In this article, studies of the vertical temperature distribution over Tomsk, performed in the indignant and calm periods of the year for 2012-2015 are presented. Based on the accumulated experimental material, a number of features of the intra-annual dynamics of the thermal regime of the stratosphere have been established. Thus, winter stratospheric warming occurs annually. During this period, two strong (major) warming were recorded in the winters of 2009/10 and 2012/13, in which the transfer of air masses from west to east changed in the upper atmosphere, and four weak (minor) winters are 2011/10,

2012 / 11, 2014/13 and 2015/14. Over the course of many years of observations it was shown that for the Western Siberia region for the long period of the year April-November, in most cases the vertical distribution of temperature is in good agreement with the model distribution of CIRA-86.

1.26 Studies of the variability of the background aerosol content in the stratosphere over Tomsk in 2011 - 2015. Using the data of lidar sensing

Marichev V.N., Bochkovsky D.A.

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

The paper presents experimental results on the variation vertical-temporal structure of the aerosol in the stratosphere over Tomsk obtained on lidar complex altitude atmospheric sounding IRA RAS station during the period 2011-2015 gg characteristic feature of this period, except for the second half of 2011. (Appearance over Tomsk eruptive layers from the eruption Grimsvotn) was practical absence of volcanic activity, leading to the formation of the stratospheric aerosol and its transfer towards Tomsk, in connection with which it became possible to study the behavior of the vertical structure of the background in the stratosphere aerosol within five years. By the analysis of the lidar data revealed a steady trend aerosol filling the lower stratosphere in cold periods to its maximum content in December - January and practical absence throughout the layer in the stratosphere warm seasons.

1.27 Study of cyclone effect in Kamchatka on electron distribution in the ionosphere by satellite tomography in the conditions of low seismicity

Bogdanov V.V.

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

The paper presents the results of investigation of cyclone possible effect on ionosphere parameters. Monitoring of ionosphere state has been carried out by automatic sounding applying low orbital navigational spacecrafts in the conditions of low seismicity. Receiving stations were locating in meridian direction of Kamchatka peninsular in Paratunka, Mil'kovo and Esso villages. It has been shown that during nighttime cyclone passage (according to local time) on 18.01, 03.02 and 17.02.2013 over Kamchatka, synchronous increase of electron concentration occurred in the region over its epicenter in comparison to the next days without cyclones. With the increase of the latitude, i.e. further from the center of the cyclone, electron concentration decreased in comparison to calm days. The work has been realized within the FEB RAS specialpurpose program «Satellite monitoring of the Far East for fundamental researches of FEB RAS» and the project on RAS Presidium Program RAS No 12-1-P22-01.

1.28 The Studies on the Role of Aerosols in the Electric Field Variations Formation in the Surface Atmosphere

*Petrova G.G.¹, Panchishkina I.N.¹, Petrov A.I.¹, Chkhetiani O.G.²,
Egorov E.V.¹, Boldyreva V.A.¹*

¹ *Southern Federal University*

² *A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of Russian
Academy of Sciences*

The atmospheric-electrical measurements results obtained from 2012 to 2017 at the Laboratory of Geophysical Research of the Department

of Physics of the Southern Federal University are discussed. Long-term studies allow us to typify the observed atmospheric electrical profiles. According to measurements of the potential gradient in the surface layer, the form of electric field vertical profiles indicates the presence of negative space charge layers in the lower atmosphere. A possible interpretation of their appearance is based on the fact that the volumetric charges of light ions near the earth are adsorbed by aerosols. Charge accumulation on aerosols promotes the long-term presence of charged layers in the surface atmosphere, which affect the spatial distribution of the electric field and its magnitude. Measurement of aerosols concentration of submicron and micron ranges in expeditions after 2012 supplemented the measuring complex. The results of regression and dispersion analysis of the potential gradient connection with the content of aerosols in the surface atmosphere are presented. The role of humidity in the aerosol formation and the possible indirect influence of this factor on the atmospheric electric field variations are considered.

The paper is performed with support of Russian Foundation for Fundamental Research Grants 16-05-00930 a, 17-05-41121 RGS a.

1.29 The disturbances of the ionosphere during launches from Vostochny Space Center

Sivokon V.P., Khomutov S.Y., Teslyuk Y.A., Dumbrava Z.F.

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

It is known that the ionospheric plasma is modified during launches of the rockets. This ionospheric response is result of the shock and acoustic waves, generated by supersonic motion of the spacecraft. In general, the ionospheric plasma disturbances are investigated using signals of GPS/GLONAS systems, which require dense ground station network. Region around new Russian Space Center Vostochny is covered by very sparse network of the sites of the satellite navigation systems and alternative possibilities for researches are required. One solution may be the vertical and oblique sounding of the ionosphere.

Preliminary results of the analysis of the ionospheric data show some possibilities of the estimation of the ionospheric response during launches from Vostochny Space Center.

1.30 The results of lidar investigation of the variability of the filling of the stratospheric background aerosol over Tomsk in 2017

Bochkovsky D.A., Marichev V.N.

Institute of Atmospheric Optics SB RAS

The article analyzes the experimental data on the variability of the vertical-temporal structure of the aerosol obtained at the lidar complex of the station for high-altitude atmospheric sounding of the IAO SB RAS for 2017. As the primary information for analysis, we used an array of 61 total signals accumulated on separate nights. The interval of sounded heights stretched from 10 to 50-60km, the spatial resolution was 192m., The accumulation time of the total signal was 2 hours. According to the results of observations, as in previous years, a high aerosol content in the lower stratosphere was recorded in the winter months of the year and a practical absence in the warm period. In the upper stratosphere (30-50 km) there is no background aerosol throughout the year.

1.31 Investigation of the influence of solar-terrestrial interrelations on the dynamics of diurnal and seasonal variations in the ground-atmosphere potential gradient

Adzhiev A.Kh., Kumukova O.A., Cherkesov A.A.

Federal State Budgetary Institution «High-Mountain Geophysical Institute»

Solar-terrestrial interrelations have an unquestionable influence on the weather and climate of the Earth. The mechanisms of these connections

are not fully understood. So, the consequences of the action of solar-terrestrial connections can have an auxiliary, and sometimes, decisive, influence on the formation of the electric field of the earth's terrestrial atmosphere. This conclusion is based on an analysis of the values of the indicators that reflect the changes in the activity of the Sun and, as a consequence, form the properties of the solar wind hitting the Earth - the solar wind velocity (v), the proton concentration (n) and diurnal variations of the electric field gradient of the surface atmosphere (E).

The daily and seasonal data of the registration of variations in the electric field intensity of the surface layer of the atmosphere at the high-altitude station «Cheget Peak», height 3100 m and the values of v and n from the Internet resource (ftp://sohoftp.nascom.nasa.gov/sdb/goes/ace/monthly/201608_ace_swepam_1h.txt). The essence of this approach, which differs from all existing methods for monitoring atmospheric electricity, is based on the idea of excluding the influence of anthropogenic factors on the recorded values by placing measuring equipment at a high-altitude station (3,100 m).

A comparative analysis of the annual course of the values of v , n and E is performed, and their correlation interrelations are determined. Analysis of the data on v and n allows us to note that their increase leads to an increase in the average daily values of the gradient of the electric field of the surface atmosphere in comparison with the average long-term values of the «good weather» field.

1.32 Design of network to monitor infrasound from thunderstorm events: development of sensor

Kudin D.V.^{1,2}, Kudryavtsev N.G.², Uchaikin E.O.^{2,3}

¹ *Geophysical Center of RAS, Moscow, Russia*

² *Gorno-Altaysk State University, Gorno-Altaysk, Russia*

³ *Solnechnaya energia+ LLC, Gorno-Altaysk, Russia*

Along with the study of large-scale planetary phenomena, such as earth magnetic field variations, alterations in solar activity, its influence on atmospheric electric circuit, and others, geophysicists also take interest in so-called single large energy events. The infall of meteorites,

industrial explosions, forest fires, earthquakes, etc. fit into this group. As a rule, such events are very difficult to detect. Even if some minor earthquakes and induced explosions are detected and localized by the networks of seismic stations, it is still a rather problematic task to determine the coordinates of the other aforementioned events in a real time environment.

For a detailed study of such infrasonic waves, it is enough to place an inexpensive temporary portable local monitoring network in the region that is of interest to the observer which would have a considerably smaller point-to-point distance in comparison with standard measuring networks and would be equipped with rather cheap (sensitive enough, but more narrow-band) measuring equipment.

1.33 Resonant scattering by excited ions as an indicator of the precipitation of charged particles into the atmosphere

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

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

The results of two-frequency lidar sounding of the atmosphere from the altitudes of 100-500 km are presented. The data were obtained in 2017 at a lidar site located in Kamchatka. One lidar channel is applied to investigate the aerosol formations in the middle atmosphere and to issue the resonance scattering on excited ions of atomic nitrogen in the upper atmosphere. Nd:YAG laser operating on the wavelength of 532 nm is used in this channel. A dye laser with tunable frequency is applied in the second channel. The wavelength of 561 nm corresponds to the chosen dipole transition between the excited states of atomic oxygen. Defined light-scattering layers were discovered in the region of 200-400 km. They are caused by presence of excited states atomic oxygen and nitrogen ions. The possibility of reconstruction of excited ions Nh-profile and determination of precipitated electron fluxes spectra by the lidar method is shown. The possibility of manifesting resonance scattering and formation of imaginary aerosol layers in the middle atmosphere is discussed.

2 Geophysical fields and their interaction

2.1 Adaptive matching pursuit method modernization for analysis of pulsed nature geophysical signals

Lukovenkova O.O., Marapulets Yu.V., Tristanov A.B., Kim A.A.

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

At present the problem of different nature signals complex analysis for studying the processes preceding earthquakes is actual task in geophysics. A significant part of the studied signals have pulsed nature and non-stationary character, so analysis using classical spectral analysis methods does not give the desired result.

The authors propose to use a sparse approximation for estimate the time-frequency signal structure that directly depends on the signal generating processes properties. There are a large number of algorithms that allow to construct signal sparse approximations, however, the best result in the study of geophysical pulses was demonstrated by the matching pursuit method. The main disadvantage of matching pursuit is its high computational complexity depending on the cardinality of the system of functions on which the signal is decomposed. The authors propose adaptive matching pursuit algorithm. It allows to use lower cardinality systems of functions without losing the accuracy of the constructed representations.

The presented work is devoted to development and comparison of various numerical methods that allow to improve the adaptive property and the accuracy of the algorithm applied to geophysical pulses. At each step of the adaptive matching pursuit the parameters of the selected function are refined to increase its correlation with the studied signal. The refinement can be carried out by various grid methods and methods based on the search direction defined by the gradient.

The features of sparse approximation application to pulsed nature geophysical signals are considered. Various ways of the adaptive matching pursuit algorithm are proposed and compared. The best algorithm modifications are used to analyze test and real geophysical signals.

2.2 Algorithms and results of streaming whistler recognition

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

Algorithms for streaming whistler recognition are offered. Different stages of algorithms are considered (obtaining the original signal; primary processing, filtering and transformation of data; different decision rules execution; event recognition using various algorithms and modules; complex expert evaluation of correctness of recognition; selection of whistler shape and its characteristics; event reference to the time of their occurrence). The developed algorithms are used on a mini-computer software and hardware complexes for monitoring very low-frequency electromagnetic radiation at the Karymshina station in Kamchatka, on Oybenkel Geophysical Observatory of the Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy (the Sakha Republic (Yakutia)), as well as recognition of whistlers is performed on the basis of open access data of abelian.org VLF station network in Todmorden United Kingdom (53,703N, 2.072W), Bielefeld Germany (52.146N, 8.458E), Cumiana Italy (44.96N, 7.42E), Warsaw Poland (52.16313N, 21.03094E), Australia Heathcote (36.804163S 144.67559E). Our whistler recognition results allowed us to establish: 1. on the days of strong whistler activity, there is an average positive correlation between the number of whistlers registered at Karymshino station in minutes of a day and the number of lightning strokes registered by WWLLN global network in minutes of a day in the coordinate rectangle LAT 25S-45S, LON 140E-160E (Australia); 2. the distribution of time intervals between sequentially registered whistler events at the ground station has a form similar to the Pearson I type distribution in case of the set restriction to 80 seconds of the maximum interval of the time between two sequential whistler events.

2.3 Algorithms of ionospheric anomalies detection in «Aurora» system of operational data analysis

Polozov Yu.A., Fetisova N.V.

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

Algorithms of ionospheric data processing are presented in the present paper. The algorithms are implemented in the operational analysis mode of ionospheric parameters. They are a component of «Aurora» software system for geophysical data analysis. The algorithms allow us to estimate the state of the ionosphere in the region of Kamchatka Peninsula and to detect ionospheric anomalies. Estimation of the algorithms efficiency has shown it is possible to use them to detect ionospheric anomalies that may occur on the eve of magnetic storms. The research is supported by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 14-11-00194).

2.4 Data analysis of whistlers registration obtained using the SSAN system at the subauroral station in Yakutsk

*Karimov R.R.¹, Mochalov V.A.², Mochalova A.V.², Argunov V.V.¹,
Tarabukina L.D.¹*

¹ *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy
SB RAS, Yakutsk, Russia*

² *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

In November 2017, VLF-radiation up to 96 kHz were registered in the operating mode within the SSAN system (Sensor signal analysis network, Mochalov, Mochalova, 2017) at the subauroral station «Oybenkel» of the ShICRA SB RAS (62°N, 128°E; L=3,4), located far from the industrial noise in 25 km from the city of

Yakutsk. VLF-radiation is received on a vertical electric antenna. The algorithms for automatic selection of whistlers (propagating along the lines of the magnetosphere) and atmospheric from lightning discharges (propagating into the Earth-ionosphere waveguide) have been developed at IKIR FEB RAS [Mochalov, Mochalova, 2018]. The selected basic parameters of whistlers and atmospheric are operatively transferred to the IKIR FEB RAS database [Mochalov, Drugin, Karimov, Shevtsov, Cherneva, Mochalova, Permyakov, Droga, 2018. <http://www.ikir.ru/ru/Departments/Paratunka/lre/Events/varsiti-2017.html>]. The analysis of the activity of whistlers at the subauroral latitude was carried out from November 2017 to June 2018. A classification is made and the characteristics of the registered whistlers are distinguished. The work begun will make it possible to further monitor the dynamics of changes in various geophysical processes, and a large number of registered nasal whistlers can now already perform a statistical analysis of processes occurring in the magnetospheric plasma.

2.5 Detection and analysis of short-period geomagnetic disturbances on the eve and during periods of magnetic storms

Mandrikova O.V.^{1,2}, Solovov I.S.¹, Zaitsev A.N.³

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Kamchatkan State Technical University*

³ *Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave
Propagation named after Nikolay Pushkov of the RAS*

The dynamics of the geomagnetic field variations on the eve and during the magnetic storms from 2011 to 2018 was studied (the data of the horizontal intensity of the Earth's magnetic field vector of the terrestrial station network were used). The method developed by the authors based on wavelet transform and adaptive threshold functions was applied. The results of the study confirmed the possibility of a synchronous appearance of weak geomagnetic disturbances at stations that precede the onset of strong magnetic storms. The analysis also showed correlations of the detected geomagnetic disturbances with

the AE-index not only in their occurrence times, but also in their intensities. The research is supported by the grant of the Russian Science Foundation (Project No. 14-11-00194).

2.6 Electrical and acoustic response of near surface sedimentary rocks to the passage of seismic waves from earthquakes

Muratov P.V.¹, Rulenko O.P.², Marapulets Yu.V.¹, Solodchuk A.A.¹

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Russia*

Two orthogonal horizontal components of the Earth electric field and acoustic emission in the near-surface layer of sedimentary rocks were simultaneously measured for the first time at «Karymshina» site located in the region of Verchne-Paratunskaya hydrothermal system of Kamchatka. The idea of these measurements is based on the fact that sedimentary rocks have complicated polydisperse fluid-saturated porous structure of low strength and suffer significant deformations during seismic wave passage. Thus, seismo-electric effect of the second order and acoustic signal generation are observed in the result of relative micro shifts of rocks fragments and their interactions. The electric response appears in the frequency range of seismic waves (fractions–units of Hz), and the acoustic response appears in the range from fractions of Hz to several kHz. The both responses were observed during seismic wave passage from four earthquakes with the magnitudes of 4.9–7.2 at the distances of 120–210 from the epicenters. The detected responses have common deformation nature but different mechanisms of formation and different frequency range. The investigation is topical for understanding of the disturbances of the Earth electric field and geoacoustic emission during near-surface sedimentary rocks deformation. It may give us useful information on water saturation, disperse content, porosity and other physical properties of these rocks at the observation site.

2.7 Fluctuations and nonlinear oscillations in the complex natural systems

Shevtsov B.M.¹, Shevtsova O.V.²

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Pacific Oceanological Institute FEB RAS*

Resonance propagation of radiation in the ionosphere, solar activity, magnetic dynamos, lightning discharges, fracture processes, plastic deformations, seismicity, turbulence and hydrochemical variability are considered as examples of complex dynamical systems in which similar fluctuation and nonlinear oscillation regimes arise. Collective effects in the systems behavior and chaotic oscillations in individual subsystems, the ratio of random and deterministic, the analysis of variability factors and the change of dynamic regimes, the scaling relation between the elements of the system and the interaction of scales are discussed. It is shown that consolidation and branching in disruptions or thunderstorm activity is the transfer of disturbances up and down the cascades as in turbulence, and the alpha-omega effects of the magnetic dynamo are the same cascade processes, but in the presence of an external magnetic field or rotation that removes the degeneracy in the system by directions. Particular attention is paid to natural generators and oscillation amplifiers, in which the Lorentz triplet plays the role of a universal model of a nonlinear oscillator.

2.8 Influence of solar and geomagnetic storms in terrestrial photosynthesis

Cardenas R.¹, Rodriguez-Lopez L.², Penate-Alvarino L.³, Parra O.²

¹ *Planetary Science Laboratory, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba*

² *Centre for Environmental Sciences EULA, University of Concepcion, Chile*

³ *University of Valdivia, Chile*

It is reviewed the potential influence of solar and geomagnetic storms on terrestrial photosynthesis. Then it is presented a modification of a physical-mathematical model of photosynthesis published by some of us, which allows to quantify the influence of particulate ionizing radiation on this biological process. Some guidelines to obtain this new model from first principles are mentioned and it is applied to some case studies including atmospheric and geomagnetic perturbation due to solar storms.

2.9 International project INTERMAGNET and magnetic observatories of Russia: cooperation and progress

Khomutov S.Y.

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

Various aspects of international network of magnetic observatories INTERMAGNET such as standards, requirements for magnetic measurements, different status of published data, etc. are considered. Modern state of Russian segment of INTERMAGNET, its significance and contribution to global network are estimated. The features of monitoring of Earth's magnetic field at observatories Paratunka (PET), Magadan (MGD), Khabarovsk (KHB) and Cape Schmidt (CPS) of IKIR FEB RAS and prospects are presented in detail.

2.10 Investigation of dynamic regimes stick-slip effect

Parovik R.I.

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

The stick-slip effect is investigated in tribology problems, for example, in the lateral motion of a load in an atomic force microscope, and is also used in constructing a mechanical model of earthquakes in the subduction zone of lithospheric plates. Recently, stick-slip effects appear in electromagnetic signals of lithospheric origin. Therefore, the aim of the work is to investigate the dynamic modes of the stick-slip effect taking into account another, in our opinion, important property of the geo-environment - the heredity (memory effect) associated with its fractality. In the works of the author, a mathematical model of the hereditary stick-slip effect was proposed, numerical solutions of the model were obtained on the basis of which its phase trajectories were constructed. However, no qualitative analysis of the dynamic regimes of this effect was carried out. In this paper, we investigated dynamic regimes, determined the conditions for the existence of a particular regime, constructed phase trajectories and Lyapunov exponents.

2.11 Joint analysis of low-frequency geoaoustic and geo-deformation signals

*Mishchenko M.A.¹, Marapulets Yu.V.¹, Larionov I.A.¹,
Bogomolov L.M.², Sychev V.N.³*

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Russia*

³ *Research station RAS, Kyrgyzstan*

Simultaneous monitoring of signals recorded by a three-component piezo-ceramic seismic receiver and by a laser strainmeter-interferometer

have been carried out in Kamchatka since 2016. Cases of simultaneous registration of low-frequency geoacoustic and deformation signals were detected. Most of the geoacoustic signals are recorded in the frequency range of 20-100 Hz. The results of analysis of signal time and frequency characteristics are presented.

The work was carried out according to the project 18-5-002 "Information and Computing System for Simulating the Propagation of Geoacoustic and Nonlinear Deformation Perturbations in the Earth's Crust (Section 1)" of the Comprehensive Program of Basic Scientific Research FEB RAS "Far East" for 2018-2020.

2.12 Line broadening of SO_2 and CO_2 volcanic activity gases in the earths atmosphere

Dudaryonok A.S., Lavrentieva N.N., Lavrentiev N.A.

Institute of atmospheric optics SB RAS, Russia

Dynamics studies of SO_2 and CO_2 volcanic activity is an actual problem. Such research is performed by recording solar spectra of the atmosphere using ground stations equipped with FTC spectrometers. Registering solar spectra requires data on the broadening coefficients of SO_2 lines broadened by the main atmospheric gases, such as nitrogen and oxygen, and CO_2 , which is released during volcanic activity. Calculations of the CO_2 -broadening coefficients of sulfur oxide lines by the semi-empirical method and averaged energy difference method are presented. In this paper, 41 lines are considered, the rotational quantum number J varies from 14 to 51. Calculations of the line widths are carried out for room temperature (296 K), and also for the temperature range typical for the Earths atmosphere. There is good agreement with the literature data. The carbon dioxide lines broadening coefficients induced by nitrogen, nitrogen oxide and carbon monoxide at room temperature ($T = 296$ K) are obtained for a wide range of the rotational quantum number J (up to 100). The temperature exponents are calculated for every line widths. The calculations were performed by a semi-empirical method, based on the semiclassical impact theory of line broadening and modified by introducing additional correction factor whose parameters can be

determined by fitting the broadening or shifting coefficients to the experimental data. The work was supported by the Russian Science Foundation (Grant №17-12-01204) and the Russian Foundation for Basic Research (Grants №17-52-16022_a).

2.13 Model relaxation processes in the different modes of plastic deformation

Sheremetyeva O.V.^{1,2}

¹ *Kamchatka State University named after Vitus Bering, Russia*

² *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

The model of the distribution of the waiting times for events is considered on the basis of the composite Poisson process and its fractal generalizations for various modes of plastic deformation. The parameters of the model are defined on the basis of the investigated statistical regularities of seismic time series of main events (main shocks), as well as sequences of aftershocks in the works of Bak et al. (Phys. Rev. Lett., 88 (2002)), Carbone et al. (Europhys. Lett., 71 (6) (2005)).

2.14 Analysis of the ionospheric parameter dynamics on the basis of a generalized multicomponent model

Mandrikova O.V.¹, Fetisova N.V.¹, Polozov Yu.A.¹, Geppener V.V.²

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI», Russia*

Analysis of the ionospheric critical frequency time course of the F2 layer has been carried out during strong magnetic storms in 2015-2017. The ionospheric data of Paratunka (IKIR FEB RAS, Kamchatka, 53.0 N, 158.7 E), Wakkanai (Japan, 45.16 N, 141.75 E),

and Moscow stations (Russia, 55.49 N, 37.29 E) were used. Analysis was performed on the basis of a generalized multicomponent model (GMCM) developed by the authors. GMCM allows studying the dynamics of the ionosphere parameters in detail and estimating their characteristics. During the modeling, in the analyzed areas we detected and studied anomalous changes in the ionosphere preceding and accompanying magnetic storms. The research results were compared with the traditional median method and showed the perspectiveness of GMCM. The research is supported by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 14-11-00194).

2.15 On the need to create a database on absolute geomagnetic measurements in the Arctic, Siberia and the Far East

Semakov N.N.^{1,2}, Kovalev A.A.², Pavlov A.F.^{1,2}, Fedotova O.I.²

¹ *Novosibirsk State University*

² *Magnetic observatory «Novosibirsk» IPGG SB RAS*

Absolute measurements of declination, inclination and magnetic field intensity in the Arctic, Siberia and the Far East have been carried out since the 16th century. They were carried out for practical and scientific purposes during sea, river and land expeditions, the results of which were saved in the form of reports, catalogs, articles and diary entries. A great work on the collection and systematization of data on the territory of the USSR and adjacent countries for the period from 1556 to 1925 was conducted by the Siberian magnetologist BP. Weinberg. Over the next century, absolute magnetic measurements were carried out in magnetic observatories and these data are available. But in addition, in 1922 a network of repeat stations was formed, ground absolute measurements were made in the routes and at the polygon areas. All these data must be collected and transferred to modern storage media for their preservation, processing and the possibility of wide use in solving scientific and applied problems.

2.16 Prediction of the State of the Outer Radiation Belt of the Earth with the Help of Neuro-Fuzzy Systems

Efitorov A.O., Myagkova I.N., Dolenko S.A.

*D.V.Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, M.V.Lomonosov
Moscow State University, Moscow*

The prediction of the flux of relativistic electrons (RE) in the outer radiation belt of the Earth (ORB) is an extremely topical problem in the physics of solar-terrestrial relationships, since the ORB RE flux can change by several orders of magnitude in less than one day, as during geomagnetic disturbances, as when the solar wind (SW) velocity at the orbit of the Earth increases sharply. Due to the increasing number of spacecraft in the near-Earth orbit and to the miniaturization of satellite electronics, in future, the number of failures associated with the impact of increases in ORB RE flux will raise further. At the same time, the opinions of various research groups on the causes of the variations in ORB RE flux and on the mechanisms of ORB forming differ, and there are no generally accepted theoretical models for predicting the behavior of ORB RE flux with sufficient accuracy. On the other hand, today there are sufficiently large data arrays available that were accumulated over the years of observation. For this reason, it becomes possible to use statistical multi-parameter models, the selection of coefficients of which is made in the process of learning on the available data array. Working with modern learning models, such as classical perceptron, Kohonen neural network, support vector machine (SVM) etc., it is hard to add a priori knowledge into the structure of models, which may be interesting both to increase the accuracy of the forecasting system, and to test some hypotheses concerning influence of physical variables on the resulting events. This paper presents a system for predicting the values of hourly average ORB RE fluxes based on a fuzzy inference system (FIS), also revealing the horizons for the appearance of predictors among the observed physical quantities, and their effect on the predicted value.

This study has been performed with financial support of the Ministry of education and science of Russia, agreement no. 14.604.21.0163, project ID RFMEFI60417X0163.

2.17 Registration of atmospheric electric field potential in the central part of Kamchatka peninsula

Abkhashev R.R.¹, Firstov P.P.¹, Cherneva N.V.²

¹ *Kamchatka Branch, Geophysical Survey RAS*

² *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

In the region of Central Kamchatka depression, flux meters are in operation at two sites to record atmospheric electric field strength (AEF V'). For these sites, diurnal AEF V' is represented in comparison to Paratunka (PRT) observatory located on the Eastern coast of Kamchatka peninsula. Responses in AEF V' dynamics in cases of eruptive clouds, occurring during Sheveluch volcano explosive eruptions, are described. Signals of negative polarity with maximum values up to 5 kV/m were registered in the near-field zone (< 50 km) during ash fall. Signals of positive polarity were registered in the far-field zone (>100 km). Registration of AEF V' signals, occurring during eruptive cloud passage, can be one of the components of complex observations over volcanic eruptions.

2.18 Regular and chaotic reversals in the six-jet geodynamo model

Feshchenko L.K.

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

A low-mode geodynamo model is developed, controlled by 6-jet convection in the core of the Earth. The model contains only three modes, representing the fields of temperature, velocity, and magnetic induction. The induction mode was chosen by combining eight magnetic modes with the largest eigenvalues. In the model, stable regimes of generation of a magnetic field with reversals having a regular and chaotic character were obtained. These reversals do not cause changes in the convection structure.

2.19 Reversal in the low-mode model dynamo with $\alpha\Omega$ -generators

Godomskaya A.N.¹, Sheremetyeva O.V.^{1,2}

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Kamchatka State University named after Vitus Bering, Russia*

The generation of the magnetic field with strong differential rotation is described with the aid of $\alpha\Omega$ -dynamo. The property of dynamo systems is the presence of a reversion without a significant rearrangement of the motion of the conducting medium. Based on the following assumptions: the velocity field \mathbf{v} and the magnetic field \mathbf{B} are axially symmetric in the spherical shell of a viscous incompressible fluid rotating around an axis Oz with constant angular velocity Ω ; the velocity field of a viscous fluid \mathbf{v} is zero on the inner $r = r_1$ and the outer $r = r_2$ spherical envelope boundaries; the magnetic permeability of the inner and outer nuclei is the same, the medium outside the nucleus is not conductive. We assume that the mean flow $\bar{\mathbf{v}}$ has the character of differential rotation, corresponding to the modes $\mathbf{v}_{k,1,0}^T$ from the linear shell $\{\mathbf{v}_{k_1,1,0}^T, \mathbf{v}_{k_2,2,0}^P, \mathbf{v}_{k_3,3,0}^T, \mathbf{v}_{k_4,4,0}^P, \dots\}$ is invariant under the Coriolis drift. Any such mode generates the rest of the chain. The velocity field of a viscous fluid is approximated by the following combination:

$$\mathbf{v} = u(t)\mathbf{v}_0 = u(t)(\alpha_1\mathbf{v}_{0,1,0}^T + \alpha_2\mathbf{v}_{0,2,0}^P + \alpha_3\mathbf{v}_{0,3,0}^T + \alpha_{11}\mathbf{v}_{1,1,0}^T + \alpha_{13}\mathbf{v}_{1,3,0}^T),$$

where \mathbf{v}_0 is the Poincare mode, $|\mathbf{v}_0| = 1$, and $u(t)$ is the velocity amplitude, the components of the velocity field are independent of time. The magnetic field is represented by the minimum number of lower eigenmodes $\mathbf{B}_{0,1,0}^P, \mathbf{B}_{0,2,0}^T, \mathbf{B}_{0,3,0}^P$, sufficient to obtain an oscillating dynamo

$$\mathbf{B} = B_2^T(t)\mathbf{B}_{0,2,0}^T(\mathbf{r}) + B_1^P(t)\mathbf{B}_{0,1,0}^P(\mathbf{r}) + B_3^P(t)\mathbf{B}_{0,3,0}^P(\mathbf{r}),$$

where the components of the magnetic field are considered independent of time and the component $\mathbf{B}_{0,1,0}^P(\mathbf{r})$ is dipole.

The physical parameters of the fluid are assumed to be unchanged, the turbulence in the core is isotropic and we use the scalar parametrization of the α -effect as a function $\alpha(r, \theta) = \alpha(r) \cos \theta$, where $\max|\alpha(r, \theta)| =$

1. Two variants of the radial part of the α -effect are used: $\alpha(r) = 1$, $\alpha(r) = -\sin(\pi(r - r_1))$.

In the described dynamic model $\alpha\Omega$ -dynamo are simulated reversions of the magnetic field with a varying intensity of the α -generator. We consider such changes in intensity as a consequence of the synchronization of the higher discarded modes of the velocity field and the magnetic field. Dynamo regimes are studied depending on the change in the intensity of the generator.

2.20 Seismotelluric effect in Earth electrical field transfer function behavior

Moroz Yu.F.^{1,2}, Ryllov E.S.²

¹ *Geological Institute of SB RAS*

² *Institute of Volcanology and Seismology*

The authors analyzed data on long-term simultaneous monitoring of the geoelectric field on the coast of Avacha Bay at sites Tundroviy and Verkhnyaya Paratunka. This data was used for investigation of the time variations of conductivity of the geoelectric medium using the telluric tensor. In order to calculate the tensor within the periods from the first hundreds to 3000 seconds, we used numerical data arrays in increments of 20 days over a long-term period of monitoring. Synchronous processing of electrotelluric data at sites Tundroviy and Verkhnyaya Paratunka resulted in time series of modules and phases of the telluric tensor's components: t_{yy} , t_{xx} , t_{yx} , t_{xy} , φ_{yy} , φ_{xx} , φ_{yx} , φ_{xy} . The t_{yy} component shows stable values. It gives more information on the periods 450 and 1000 seconds. This component demonstrates bay anomaly with amplitude that exceeds the error of the single determination value t_{yy} . Data from the electrotelluric monitoring was interpreted using MT sounding at sites Tundroviy and Verkhnyaya Paratunka, which characterizes distribution of conductivity through the Earth crust and upper mantle. The sounding gives evidence for geoelectric inhomogeneities, which are various bodies including deep faults, within the observation points. Geological and geophysical data show that a fault within site Verkhnyaya Paratunka crosses southern

Kamchatka. The authors suggest that it stretches towards the Sea of Okhotsk basin. On the MT sounding curves, variations of 450 and 1000 seconds with an anomalous effect in the telluric tensor's behaviour are confined to the minimum of the apparent resistivity related to the lithospheric conducting layer. The telluric tensor's anomaly may suggest relative variations in the conductivity of the lower resistant lithospheric layer. But this effect may be caused by alterations in near-surface geoelectric inhomogeneities at sites Tundroviy and Verkhyaya Paratunka. The revealed anomaly in the time behaviour of the telluric tensor is associated with higher seismicity caused by the strongest Sea of Okhotsk earthquake in the area of Southern Kamchatka. We suppose that this effect was caused by dynamic processes that preceded and accompanied the event. In this conditions, deep faults play an important role because their impact caused geoelectric inhomogeneities or their alterations that appeared in the electrotelluric field.

2.21 Shock-wave model of the earthquake and Poincaré quantum theorem give an insight into the aftershock physics

Kuznetsov V.V.

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

A fundamentally new model of aftershocks evident from the shock-wave model of the earthquake and Poincaré Recurrence Theorem [H. Poincaré, Acta Mathematica 13, 1 (1890)] is proposed here. The authors Science, (Recurrences in an isolated quantum many-body system, 2018) argue that the theorem should be formulated as «Complex systems return almost exactly to their initial state». For the first time, this recurrence theorem has now been demonstrated with complex quantum many-body systems. In our shock-wave model of the earthquake there is applied the quantum entanglement of protons in hydrogen bonds of lithosphere material. Aftershocks here are quantum phenomena which mechanism follows the recurrence theorem.

2.22 Simultaneous disturbances of high-frequency geoacoustic emission and atmospheric electric field during a tectono-seismic process (results of investigations in Kamchatka)

Marapulets Yu.V.¹, Rulenko O.P.²

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Russia*

Geoacoustic emission and atmospheric electric field near the ground surface were simultaneously measured for the first time in summer–autumn 2005–2009 and 2012 in Kamchatka. During the measurements, joint anomalous disturbances were recorded. They were observed during seismically calm periods and before two local earthquakes. The characteristic feature of these disturbances is electric field decrease often with the sign change followed by its recovery almost to the same level and geoacoustic emission significant increase in kilohertz frequency range. The most probable reason of such disturbances is the intensification of near-surface sedimentary rock stretching at the observation site during the tectono-seismic process that is confirmed by simultaneous geoacoustic, atmospheric electric and deformation measurements in 2009. Joint occurrences of geoacoustic and atmospheric electric field disturbances are associated with radon and thoron which are continuously generated in rocks and diffuse into the atmosphere everywhere. These emanations increase near-ground air ionization and conductivity that is accompanied by atmospheric electric field decrease near the ground surface. Radon and thoron content in the soil gas depends on rocks deformation and increases there and in the near-ground air before earthquakes. Thus, measurements of geoacoustic emission and atmospheric electric field were supplemented by radon and thoron records in the ground surface layer gas. Joint anomalous increases of emanations, geoacoustic emission and decrease of atmospheric electric field with the sign change were discovered. It was observed 13 days before the earthquake with the magnitude of 5.6 mww at the distance of 140 km from an epicenter. A scheme of formation of joint disturbances of geoacoustic emission and atmospheric electric field was suggested for the case of near-surface sedimentary rocks presence at the observation site and their stretching.

2.23 Some features of atmospheric-lithospheric observations of acoustic emission at «Karymshina» site in Kamchatka

Larionov I.A., Marapulets Yu.V.

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

The results of complex observations of acoustic emission in the near surface rocks and by the ground surface in the atmosphere are presented. The observation instrumentation includes a laser strainmeter-interferometer and a microbarometer installed in the intermediate vicinity from each other. The paper describes the method of instrumentation installation, meteorological noise effect on the values under the study and disturbances determined by seismic and tectonic processes.

2.24 The Lorenz system and its generalizations as dynamo models with memory

Vodinchar G.M.^{1,2}, Kazakov E.A.^{1,3}

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

³ *Kamchatka State Technical University*

It is known, that the axisymmetric 2-modes $\alpha\omega$ -dynamo model with dynamical quenching of the α -effect by helicity of the field under certain assumptions reduces to the classical Lorenz system. In this model, it is possible to describe chaotic regimes of field reversals.

The report shows that this model is a special case of a more general integro-differential model in which the quenching of the α -effect is realized by an integral convolution operator for the quadratic form of field components. The kernel of the operator is exponential.

The report discusses generalizations of this model related to the use of other types of kernels, which allow modeling the quenching delay and

heredity in the dynamo system, as well as the simulation of α^2 - and $\alpha^2\omega$ -dynamo. The observed dynamic regimes and their statistical characteristics are described.

The research was supported by the grant of the RSF 14-11-00194.

2.25 The use of computer algebra systems for the spectral problems of geodynamo

Vodinchar G.M.^{1,2}

¹ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

The spectral methods are often used to study of geodynamo models. As basis systems, it is most natural to take the set of eigenmodes of spectral problems, having a clear physical meaning . For example, it can be modes of free oscillations of fields.

The general scheme for solving such spectral problems and the general form of eigenmodes is well known. However, the eigenvalue equations for various boundary conditions and the equations for the modes coefficients are very complicated. Even the correct writing of the corresponding algebraic expressions is a problem. One of the possible ways to solve this problem is the use of computer algebra systems.

The report describes the schemes for calculating the eigenmodes and eigenvalues of certain spectral problems using computer algebra systems, the corresponding software and calculation results.

2.26 Variations of natural electrical potentials in Yakutia

Kozlov V.I., Baishev D.G.

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

A comparative analysis of the parameters of the components of the magnetic field and electrical potentials at the polygon of the IKFIA SB RAS near Yakutsk, far from industrial interference from the autumn of 2016 to the spring of 2018. The arrangement of two pairs of measuring lines with a length of 100 m in our measurements, is compass oriented. In the absence of magnetic perturbations are variations in natural potential characteristic diurnal variation described one period of the wave which changes from summer to winter. The seasonal variations in electrical potential with the transition from summer to winter values takes place in November. The reverse transition of the values of natural electrical potentials from winter conditions to summer ones according to our observations occurs during May. These spring and autumn transitions are caused by the freezing of the upper layer of soil thawing in summer conditions and corresponding changes in the electrical properties of the soil. The variations of the Earth's magnetic field and electric potentials during a large magnetic storm were compared on 07-09.09.2017. The greatest values of magnetic disturbances in this Dst drill -142 nT were observed in 02 UT (first RC gain). At 14-18 UT, when Dst varied about -120 nT (second gain of RC), regular pulsations were observed. The correlation coefficient between the difference of natural potentials and the corresponding magnetic components of X, Y during pulsations is 0.5-0.9. Since there are many years of data on the magnitude of magnetic disturbances at several points of observation in Yakutia, it is possible to make estimates of the magnitude of the difference between natural potentials in terms of the magnitude of magnetic disturbances. The work is supported by the scientific program of the RS (Y) and RFBR 18-45-140023. Keywords: magnetic disturbance, geomagnetic induced currents, permafrost, conductivity of soil.

2.27 The BMTO «Usur» geophysical complex ISTP SB RAS and the results of synchronous observations of variations of atmospheric electricity, geomagnetic pulsations and total electronic content

Rakhmatulin R.A., Aleshkov V.M., Pashinin A.Yu., Edemsky I.K.

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk

In 2009, at the Baikal magneto-telluric observatory «Usur» of the ISZF SB RAS, situated on Olkhon Island of Lake Baikal at 350 km from Irkutsk (53° 19' N; 107° 44' E), the LEMI-408 geophysical laboratory was installed, which includes:

- flux-gate magnetometer for recording variations in the Earth's magnetic field with a sampling frequency of 1 Hz;
- a three-component induction magnetometer for recording geomagnetic pulsations (data sampling frequency is - 40Hz, 200 Hz);
- station of terrestrial currents (data sampling frequency is - 40Hz, 200 Hz);

In 2014, a vertical line of terrestrial currents was made. The lower electrode is located at a depth of 48 meters, and the upper electrode is located at a depth of 4 meters. At present time BMTO «Usur» is the only single station in Russia where three-component measurements of terrestrial currents are conducted.

In 2012-2016, new instruments for monitoring near-space parameters in the experimental regime were installed. It is a GPS receiver for receiving signals from geostationary satellites, with the help of which it is possible to estimate the total electronic content (TEC), the seismic signal receiver for earthquake research in the zone of the BRZ (Baikal Rift Zone), (installed by the Buryat Science Center), and the electrostatic flux meter for measuring the vertical gradient potential of the electric field of the atmosphere.

At the present time, the first results of synchronous observations on these instruments have been obtained during the periods of the

appearance of significant geomagnetic disturbances. Analysis of the dynamic spectra of geomagnetic pulsations, electric field potentials and TEC shows the appearance of signals in variations of the Earth's magnetic field in different frequency bands. At the same time, there are oscillations in the electric field and air conduction, but in a slightly different spectral band. All these disturbances are also observed in TEC, measured from GPS receivers. On the basis of an analysis of these phenomena, one can make the assumption that processes in the Earth's magnetosphere, leading to perturbations in the magnetic field, can also stimulate both perturbations in the TEC and in the electric field and the conductivity of the air.

The work was performed with budgetary funding of Basic Research program II.16. The results were obtained using the equipment of Center for Common Use «Angara» <http://ckp-rf.ru/ckp/3056/>

2.28 Detection, recognition and correlation analysis of lightning strokes and whistlers, modulation of whistlers under the influence of the heating stand

*Sannikov D.V., Sivokon, V.P., Cherneva N.V., Vodinchar G.M.,
Drugin, G.I.*

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

The problems of monitoring and analysis of lightning activity are considered. Instrumentation to register electromagnetic radiation signals of natural origin in the frequency range of 20 Hz - 20 kHz are described. Algorithms to detect atmospherics and whistlers in these signals are suggested. The statistical relation between the whistlers, recorded in the southern part of Kamchatka kray, and the lightning activity in a magnetically conjugated point, central Australia, is under the investigation. The possibility of the HAARP heating stand impact on a whistler flux is analyzed. Analysis of the experimental data obtained at Paratunka site (53.02° N, 158.65° E; L = 2.3) revealed an unusual form of whistlers in which symmetrical spectral lines relatively

a whistler are presented. It was shown that such a form is likely to be determined by whistler amplitude modulation by electromagnetic pulses with the duration of about 1 s and the filling frequency of ≈ 1.1 kHz. A suggestion was made that an auroral electrojet, modified by HAARP stand heating radiation (62.30° N, 145.30° W; $L = 4.2$), may be the radiator of such pulses.

3 Physics of earthquake precursors

3.1 An interactive software environment that provides a semi-automatic search for background and abnormal activity detected in acoustic and electromagnetic emission signals

Senkevich Y.I., Gapeev M.I.

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

We present a technology of creation of visual application design environment for hardware-software complexes (VDE HSC) aimed at acoustic and electromagnetic emission signal processing and analysis. The technology includes the operations of block visual design method with auto-negotiation of interblock connection, method of modeling and design tools integration by connection devices of known and self-developed instrumentation means and algorithms of inner-established blocks. The obtained effect from application of the created environment will allow the researches of laboratories to avoid the necessity of obtaining new special knowledge not referring to their experience and to simplify significantly application of functional modules and electronic libraries of universal design environments built in the developed program interface wrapper, on one side, and to create acting experimental units ready for operation when its structural scheme has been drawn, on the other side. The results of the investigations on implementation and extending the capabilities of experiment software environment receive practical approval at the Laboratory of Acoustic Research of the Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation (IKIR FEB RAS).

3.2 Analysis of the efficiency of earthquake prediction based on anomalous behavior of ionospheric parameter on the eve of earthquakes in the Kamchatka region

Bogdanov V.V., Pavlov A.V.

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

A method of short-term forecast of strong earthquakes is considered. Exceedance of the current values of ionospheric critical frequency f_0F_2 over the median values during the disturbed state of the magnetosphere as well the appearance of ionospheric disturbances: the K -layer, the E -spread, the F -spread, the layering of the F_2 layer are considered to be the precursors of strong earthquakes. Earthquakes with the magnitude of $M \geq 5.0$ were considered as forecasting earthquakes. The waiting period for the earthquake was set to three days. The efficiency of the forecast was evaluated by A.A. Gusev's and G.M. Molchan's methods in the spring and autumn periods for 2015-2017. It was shown that the method of short-term forecast has the best predictive efficiency for the seismic events with the magnitude of $M \geq 6.5$.

3.3 Deformation-electromagnetic bonds in the manifestations of lithospheric activity

Larionov I.A., Malkin E.I., Uvarov V.N.

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

The correlation between the deformation acceleration, measured by a laser deformograph of the Karymshin geophysical station and the vertical electrical component of the natural electromagnetic field of the ELF-VLF range is investigated. The spectral dependence of the Pearson linear correlation coefficient for the acceleration of deformation and the average amplitude of the electromagnetic component of the

natural field of the Earth is obtained. It is shown that the amplitude of the electromagnetic field of lithospheric origin can serve as an indicator of the tectonic activity of the lithosphere.

3.4 Effects of seismic impact on a fluid-containing rocks (on data of observations in wells of Kamchatka)

Kopylova G.N., Boildina S.V.

Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences

Various types of water level variations (co - and post-seismic effects, hydrogeodynamic precursors) registered in the wells of Kamchatka at strong earthquakes are considered in the report. Features of vibration impact of seismic waves on water-saturated rocks and their quasi-elastic deformation are discussed with use of elastic and filtration parameters of water-saturated rocks and modeling of water level changes in the system of «well - water-saturated rocks».

3.5 Deformation-electromagnetic mechanisms and crust hybrid waves

Uvarov V.N.

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

The main deformation-electromagnetic mechanisms of transformation, characteristic to the crustal rock, were under analysis. It has been shown that the mechanism of travelling charge dipole radiation, described by Larmor relation, is the basis of all these mechanisms. Such an approach significantly simplifies construction of the models of deformation-electromagnetic response and interpretation of electromagnetic radiation of lithospheric origin as manifestation of lithospheric dynamics.

3.6 Methodical questions of long-term forecasts of strong earthquakes on the basis of their connection to lunar 18.613 and solar 22-year cycles for different regions of Earth by the method of phase trajectories

Serafimova Yu.K., Shirokov V.A.

Kamchatka branch of the Federal Research Center «Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences»

In 2006, the authors proposed a new methodical approach for solving the problem of long-term forecast of strong earthquakes, based on the study of their joint connection with the lunar 18.6 and the 22-year solar Hale's cycles. Based on the proposed method of phase trajectories (MPhT), an analysis was made of the joint phase distribution of these two cycles for earthquakes of the eight regions of the Pacific and four regions of the Alpine-Himalayan seismic belts. The revealed statistically significant links between the grouping of earthquakes and a certain ratio of their phases made it possible to give a forecast the expected strong earthquakes and to assess their effectiveness from retrospective data. For all regions except Kamchatka, a selection of earthquakes was taken from the Significant Worldwide Earthquakes (NOAA) catalog, which contained events from 2150 BC to 1994. Selection were supplemented by events from the USGS / NEIC catalog (PDE), which included data from 1973 to 2011 (at the time of publication of the results) (http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic_rect.html). This made it possible to have regional catalogs of different maximum possible duration, but in different scales of magnitudes. In accordance with the MPhT method, the lower threshold of magnitude is chosen for each region corresponding to the maximum efficiency of the forecast, by determined A.A. Gusev (1974). In 2015, a new catalog of world earthquakes in the scale of moment magnitudes since 1900 appeared (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>). We believe that this catalog has more accurate estimates of magnitudes and can be considered homogeneous for different regions of the world. The advantage of the new catalog is also that the magnitude estimates are more accurate, and the magnitudes themselves become known less than a day after the occurrence of earthquakes. In this regard, in this paper, without changing the very method of forecasting, new dangerous time intervals

for the occurrence of strong earthquakes in different regions of the world are newly calculated. A comparison of the effectiveness of forecasts for the two versions of the catalogs is made.

3.7 Methods for analyzing the directional properties of geoacoustic signals in three-dimensional space

Shcherbina A.O., Solodchuk A.A.

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

A spatial analysis of geoacoustic emission recorded by a combined hydroacoustic receiver in a shallow pond of Lake Mikizha in the Kamchatka region is performed. Features of registration of geoacoustic impulses are considered, methods for determining directions to their sources are proposed. The analysis of the properties of geoacoustic signals in the background periods and periods of preparation of seismic events is made.

3.8 Remote sensing of seismic disturbances in the lower ionosphere according to observations of lightning electromagnetic signals

Argunov V.V.

Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy

Features of the remote sensing of seismic disturbances in the lower ionosphere are considered according to observation data of lightning electromagnetic signals passing over the earthquake epicenter, in Yakutsk. The technique has the ability to scan a large seismically active region or even several regions directly from one point, though in some azimuths there are limitations due to insufficiently high lightning

activity. Searching for earthquake (EQ) precursors is conducted in many directions. At present many works describing the lithosphere-ionosphere relation have been presented. Many authors in their investigations used satellite data. Also for the remote monitoring of the lower ionosphere disturbances caused by the impact of seismic processes, very low-frequency signals (VLF) of radio stations are used. The change of electron density profile and the height of the lower ionosphere should be manifested in variations of amplitude and phase of the signals propagating through the region over the EQ epicenters. A sufficiently many of works has shown that phase variation of low-frequency signals of transmitters observed a few days before the earthquake may be considered as precursors of EQ. However, it is not always possible to choose the necessary propagation path of radio signals. We proposed to use the natural radio emission - lightning electromagnetic signals (atmospherics) as a modification of this method of monitoring of the seismic disturbances in the lower ionosphere. The modified method allows to conduct the azimuthal scanning of disturbance areas from one receiving point. The effects of EQ and their precursors are manifested in the form of increase of the average amplitude of atmospherics. Receiving of the signals of atmospherics is carried out at Yakutsk (62.02 N, 129.71 E) by one-point lightning location system, the characteristics of which are adjusted in relation to the registration of distant atmospherics. According to the simulation of signal propagation in the waveguide «earth-ionosphere» with the disturbances in the lower ionosphere and the comparison with experimental observations of VLF signals, the possible degree of perturbation caused by seismic processes was considered. The proposed technique allows remote monitoring of seismic disturbances in the lower ionosphere above the seismically active regions and can be used to search for earthquake precursors in combination with other methods.

3.9 Strain-stress conditions for fractal medium

Perezhogin A.S.

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

The paper deals with the mechanical criteria for describing areas of increased stresses in a geological medium, taking into account fractal properties. Quantitative estimates of the areas of increased stresses are obtained depending on the fractal coefficients of the model.

The work was carried out according to the project 18-5-002 "Information and Computing System for Simulating the Propagation of Geoacoustic and Nonlinear Deformation Perturbations in the Earth's Crust (Section 1)" of the Comprehensive Program of Basic Scientific Research FEB RAS "Far East" for 2018-2020.

3.10 Study of the process of preparation of strong earthquakes ($M_w > 5$) on Sakhalin using the LURR method

Zakupin A.S.¹, Semenova E.P.²

¹ *Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch
Russian Academy of Science, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

² *Geophysical Survey of Federal Research Center of Russian Academy
of Science, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

The method of mid-term prediction, named LURR, was invented in 90-th years of previous century by Chinese scientists and was successfully applied in different seismicity active regions (China, USA and other). Besides, the methodology has been verified and accomplished in the laboratory tri-axial compression simulation together with numerical simulation. This method is used in the Institute of Marine Geology and Geophysics of Russian Academy of Sciences since 2014 year. We have made software to perform main calculations and get important result for seismic hazard of Sakhalin. This work is about last significant earthquake near the Cape Krillon (23.04.2017 $M_w=5.2$). We used our

proven software for calculations. We used data of Sakhalin branch of Russian Geophysical survey (seismic catalogues) for the period from 2010 year till the April of 2017. Selected territory has been divided into several zones, that correctly fit to major lineament (West-Sakhalin fault) and Krillon domain zone. Retrospective forecast for earthquake of 23 of April 2017 y. have performed. There is a good space localization of epicenter. The expectation time from precursor to event appearance is about 18 months (the same as for other Sakhalin strong earthquakes). The LURR method assumes regular earthquake catalog update because any replenishment delay for one month is comparable with delay of expected forecasted earthquake. We consider LURR method as promising for next investigations. For Example, the Krillon earthquake we identify four weeks before conducting sample analysis and have reported the results to Sakhalin branch of the Russian expert Council on emergencies (Protocol 2 from 16.03.2017). Today Sakhalin seismologists (from Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS) use this method to monitor the current seismic situation (update once a month).

3.11 The first stage of creating a stations network for subsoil radon monitoring in the south of Sakhalin Island

Makarov E.O.^{1,2}, Firstov P.P.², Akbashev R.R.^{1,2}, Zakupin A.S.³, Lihacheva O.N.⁴

¹ *Kamchatka State University named after Vitus Bering*

² *United Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Kamchatka branch*

³ *Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*

⁴ *United Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Sakhalin Branch*

The prospectivity of the seismic emanation method for the purpose, earthquake prediction is shown in numerous publications, references to which can be found in review papers. In the last decade, the

promise of the radon method for predicting subduction earthquakes has been convincingly demonstrated in Kamchatka. Since 1997, at the Petropavlovsk-Kamchatsky geodynamic test site, works are carried out of measuring subsurface radon (SR) volume activity. For 67% of earthquakes with $5.5 < M < 6.9$ and epicenters in the subduction zone at a distance of more than 100 km from the registration points, predictive anomalies in the SR are identified with a lead time from several days to several hours. The optimistic results obtained in Kamchatka give us hope for the discovery of predictive anomalies in the field of PR and for weaker but no less dangerous small-focus earthquakes of Sakhalin Island. The southern part of Sakhalin Island is a region of high seismic hazard, which causes the urgency of seismic monitoring and the development of methods for increasing the effectiveness of the earthquake forecast in this region. To organize the network of points for continuous monitoring of the SR on Sakhalin Island, in conjunction with the Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences and the Sakhalin Branch of the United Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, seismic surveys and emanation surveys were conducted to study the structure of the upper part of the geological section and to identify potential strain-sensitive zones in the locations of the planned installation radiometers. Radiometers RADEX MR107 manufactured by the Russian company «KVARTA-RAD» using the method of forced convection were chosen as instruments for continuous monitoring of the SR concentration. The features of the network of monitoring stations on the island of Sakhalin is the location of registration points in the immediate vicinity of seismically active areas, what can not be realized for the subduction zone (Kamchatka). Of great interest is the question: «Do deformation waves arise before the earthquakes of southern Sakhalin?», similarly for the first time in the world practice of radon studies registered in the Petropavlovsk-Kamchatka geodynamic test site for subduction earthquakes. Investigation of the SR as an indicator of the stress-strain state of the geo-environment on Sakhalin Island will be conducted for the first time. Based on the literature data, it is assumed that the effectiveness of radon monitoring near the focal zone will be significantly higher than the conditions of the subduction zone in Kamchatka. The obtained data from the network of SR monitoring points will be used as an additional parameter to substantiate the conclusions on possible scenarios for the development of the seismic process in the south of Sakhalin. The work was supported

by RFBR grant №16-05-00162.

3.12 The main patterns of electromagnetic manifestations of relaxation perturbations of the crust

Uvarov V.N.

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

The analysis of the natural electromagnetic field of the Earth of the ELF-VLF range confined to earthquakes is carried out. To isolate the signals of lithospheric origin, the method of excluding the previously studied signals of atmospheric, thunder, magnetospheric and technogenic origin was used. The previously unknown simple repeating waveforms of the electric component of the electromagnetic field of the ELF-VLF range (patterns), which are associated with earthquakes, which are highly probable can be attributed to signals of lithospheric origin, are identified. For the physical interpretation of these forms, an analysis was made of the conditions for the generation and propagation of acoustic and electromagnetic radiation and lithospheric mechanisms of the acoustoelectromagnetic transformation. Conclusions are drawn about the conversion of acoustic radiation into electromagnetic radiation and the nature of lithospheric motions accompanying the simplest waveforms. These patterns are compared with the simplest forms of deformation movements of a deformed solid.

3.13 The spatial-temporal swinging impact of typhoons (hurricanes) system over the tectonic plates as a precursor of the major earthquake

Golovachev S.P.¹, Dubrov M.N.¹, Smirnov V.M.¹, Volkov V.A.²

¹ *Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of the Russian Academy of Sciences*

² *Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences*

The interrelation of tropical cyclogenesis in the World Ocean and seismic activity of the Earth is disputed during decades. In the row of publications, the correlation of typhoons in the Pacific Ocean and intra-annual dynamics of seismicity has been analyzed; earthquake and hurricane spatial and temporal coupling was ascertained by the remote sensing techniques in different basins. Nevertheless, the observed phenomenon remains doubtful, its nature and mechanics are not clear completely. This report is devoted to statistical and spatial-temporal research of physical interrelation of indicated processes being the most powerful and destructive geophysical phenomena. We present the results of analysis of ten-years 1997-2007 series of the major M=8-9 earthquakes, occurred in seismic active regions of the Earth, and the most powerful tropical cyclones of 1-5 Category SSHWS, which happened in active basins of the World Ocean during this period. All M=8-9 earthquakes occurred around the boundaries of the Pacific tectonic plate in its conjunctions with the adjacent tectonic plates. These regions were also the areas of maximum of tropical cyclones activity. The recurring regularity of an earthquake occurring time and especial sequence of cyclones run has been found from the performed data analysis. The most probable time of major M=8-9 earthquake occurring proved to be 4-7 weeks after the period of maximum strengthening of common cyclones (hurricanes, typhoons) activity. In 70-80 per cent cases, the strongest earthquake occurred when total intensity of all active cyclones dropped down to the mean background level. The process of formation and development of successively arising hurricanes (typhoons) realizes in form of spatial-temporal swings of cyclonic active zones over tectonic plates in E-W or N-S directions. The daily dissipation energy of the most powerful tropical cyclone

is estimated to be the order of an energy of strongest earthquakes $M_w=7-9$. The strong atmospheric depressions accompanying the powerful cyclones may induce the crust deformations of tidal strain values, i.e. 10^{-8}) at seismogenic depth, which are comparable with time-dependent tectonic deformations. Therefore, the occurring spatial «swinging» of tectonic plates is fully significant factor for a triggering mechanism of the major earthquake has been started up. Meanwhile, because of rapid intensification process of powerful cyclones, which disturbed the global atmosphere circulation, a wide range of earthquake precursory phenomena are being developed in adjacent geospheres (lithosphere, hydrosphere, ionosphere) and are available to be recorded at far distances up to 10^3-10^4 km. The number of reference precursors of the analyzed major earthquakes, which are observed by the precise ground-based instruments and satellite measuring technics, have been presented in this report.

3.14 The use of the Empirical Mode Decomposition method in cleaning acoustic emission signals from a noise

Senkevich Y.I.

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

On the example of linguistic processing of acoustic signals of a seismic event, an information approach to the processing of non-stationary signals is shown. The method of converting an acoustic signal into an information message is outlined by highlighting repetitive self-similar patterns. The definitions of the indicators of the selection of events in the symbolic recording of the acoustic signal are given. The results of processing an acoustic signal by a computer program, realizing linguistic data processing, are shown. The advantages and disadvantages of using the working algorithms of the program are indicated.

3.15 Variations in the parameters of background seismic noise in periods of strong earthquakes in Kamchatka, 2011-2017

Kasimova V.A.¹, Kopylova G.N.¹, Lyubushin A.A.²

¹ *Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences*

² *Schmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences*

The results of the long (2011-2017) investigation of background seismic noise (BSN) in Kamchatka with the use of the data from the network of broadband seismic stations of the Geophysical Survey of the RAS are presented. For characterizing the BSN field variability, continuous time series of the four statistical parameters of the multifractal singularity spectra and wavelet expansion calculated from the records at each station are used. These parameters include the generalized Hurst exponent, singularity spectrum support width, wavelet spectral exponent, minimal normalized entropy of wavelet coefficients, and spectral measure of their coherent behavior. The peculiarities in the spatiotemporal distribution of the BSN parameters as a probable response to the earthquakes with $M_w=6.8-8.3$ that occurred in Kamchatka in 2013, 2016 and 2017 are considered. It is established that these seismic events were preceded by regular variations in the BSN parameters, which lasted for a few months. Based on the increase in the spectral measure of the coherent behavior of the four-variate time series of the considered statistics, the effect of the enhancement of the synchronism in the joint (collective) behavior of these parameters during a certain period prior to the mantle earthquake in the Sea of Okhotsk (May 24, 2013, $M_w=8.3$) is diagnosed.

3.16 Research of dynamic regimes of ereditary oscillator Fitzhyu-Naghumo

Lipko O.D.¹, Parovik R.I.²

¹ *Vitus Bering Kamchatka State University*

² *Institute of cosmophysical research and radio wave propagation FEB
RAS, Russia*

The classical FitzHugh-Nagumo (FN) oscillator model was proposed by Gene-Ichi Nagumo, Suguru Arimoto and Shuji Yoshizawa in 1962, and a year earlier by Richard FitzHugh for a mathematical description of the propagation of a nerve impulse in a membrane in biophysics. The mathematical model of the FHN oscillator is a kind of Van der Pol-Duffing oscillator, and therefore this system has stable oscillations (limit cycles) and chaotic dynamics. Since the FN oscillator describes limit cycles, it can be used in modeling cyclic processes. For example, the temporal dynamics of seismic activity. In the case of the heredity effect, the classical model of FHN has a generalization, according to which the current state of the system depends on a finite number of previous states. Such an effect is common in fractal media and is studied in the framework of hereditary mechanics. This work aims to establish the conditions for the existence of chaotic and regular regimes of the FMS.

Author Index

- Abe S., 101
Advokatov V.R., 84
Adzhiev A.Kh., 107
Akbashev R.R., 123, 142
Aleshkov V.M., 131
Antokhin P.N., 100
Argunov V.V., 113, 139
Arshinov M.Yu., 100
- Baishev D.G., 85, 130
Balabin Yu.V., 90, 91
Bashkuev Yu.B., 84
Belan B.D., 100
Belan S.B., 100
Bochkovsky D.A., 95, 98, 103, 104, 107
Bogdanov V.V., 105, 136
Bogomolov L.M., 118
Boildina S.V., 137
Boldyreva V.A., 105
Buyanova D.G., 84
Bychkov V.V., 95, 109
- Cardenas R., 117
Cherkesov A.A., 107
Cherneva N.V., 123, 132
Chkhetiani O.G., 105
- Davydov D.K., 100
Dolenko S.A., 122
Drugin, G.I., 132
Dubrov M.N., 145
Dudaryonok A.S., 119
Dumbrava Z.F., 106
- Edemsky I.K., 131
Efitorov A.O., 122
Egorov E.V., 99, 105
- Fedotova O.I., 121
Feshchenko L.K., 123
Fetisova N.V., 113, 120
Firstov P.P., 123, 142
Fofonov A.V., 100
Fujimoto A., 92, 101
- Gapeev M.I., 135
Geppener V.V., 120
Germanenko A.V., 90, 91
Godomskaya A.N., 124
Golovachev S.P., 145
Gvozdevsky B.B., 90, 91
- Ikeda A., 92, 101
Innokentiev D.E., 83
- Karimov R.R., 85, 113
Kasimova V.A., 147
Kazakov E.A., 128
Khomutov S.Y., 106, 117
Kim A.A., 111
Kolin A.D., 86, 87, 96, 97
Kononova N.K., 83
Kopylova G.N., 137, 147
Korsakov A.A., 89
Kovalev A.A., 121
Kozlov V.I., 83, 85, 89, 102, 130
Kudin D.V., 108
Kudryavtsev N.G., 108
Kumukova O.A., 107
Kupinskaya A.I., 99
Kuznetsov V.V., 88, 126
- Larionov I.A., 118, 128, 136
Lavrentiev N.A., 119
Lavrentieva N.N., 119
Lihacheva O.N., 142

Lipko O.D., 148
 Lukovenkova O.O., 111
 Lyubushin A.A., 147

 Makarov E.O., 142
 Malkin E.I., 90, 136
 Mandrikova O.V., 114, 120
 Marapulets Yu.V., 111, 115, 118,
 127, 128
 Marichev V.N., 95, 98, 103, 104,
 107
 Murchev E.A., 90, 91
 Medvedev V.V., 86, 96, 97
 Mikhalko E.A., 91
 Miloch W.J., 94
 Mishchenko M.A., 118
 Mochalov V.A., 112, 113
 Mochalova A.V., 112, 113
 Moroz Yu.F., 125
 Muratov P.V., 115
 Myagkova I.N., 122

 Nagatsuma T., 92
 Nakamizo A., 100

 Ohtani S., 100

 Panchishkina I.N., 99, 105
 Parovik R.I., 118, 148
 Parra O., 117
 Pashinin A.Yu., 131
 Pavlov A.F., 121
 Pavlov A.V., 136
 Penate-Alvarino L., 117
 Perezhogin A.S., 95, 109, 141
 Petrov A.I., 99, 105
 Petrova G.G., 99, 105
 Polozov Yu.A., 113, 120
 Pushkarev M.G., 84

 Rakhmatulin R.A., 131

 Rodriguez-Lopez L., 117
 Rulenko O.P., 115, 127
 Rylov E.S., 125

 Sannikov D.V., 90, 132
 Savkin D.E., 100
 Scherbakov A.P., 93
 Semakov N.N., 121
 Semenova E.P., 141
 Senkevich Y.I., 135, 146
 Serafimova Yu.K., 138
 Serdyukov V.I., 93
 Seredkin I.N., 95, 109
 Shcherbina A.O., 139
 Sheremetyeva O.V., 120, 124
 Shevchenko A.V., 99
 Shevtsov B.M., 95, 109, 116
 Shevtsova O.V., 116
 Shiokawa K., 85
 Shirokov V.A., 138
 Sinitza L.N., 93
 Sivokon V.P., 106
 Sivokon, V.P., 132
 Sklyadneva T.K., 100
 Smirnov V.M., 145
 Solodchuk A.A., 115, 139
 Solovev I.S., 114
 Starodubtsev S.A., 102
 Surotkin V.A., 86
 Sychev V.N., 118

 Tarabukina L.D., 83, 113
 Telegin V.A., 96, 97
 Teslyuk Y.A., 106
 Tolmachev G.N., 100
 Toropov A.A., 102
 Tristanov A.B., 111

 Uchaikin E.O., 108
 Uozumi T., 101
 Uvarov V.N., 136, 137, 144

Vodinchar G.M., 128, 129, 132
Volkov V.A., 145

Yoshikawa A., 92, 100, 101

Zaitsev A.N., 114
Zakupin A.S., 141, 142

Contents

1	Atmosphere physics	82
1.1	Tarabukina L.D., Kononova N.K., Innokentiev D.E., Kozlov V.I. Analysis of atmospheric circulation condition during intense thunderstorms in Yakutia in 2009-2016	83
1.2	Bashkuev Yu.B., Advokatov V.R., Buyanova D.G., Pushkarev M.G. Analysis of the conditions for the radio waves propagation in the waveguide «Earth-ionosphere» on the paths «Novosibirsk-Ulan-Ude» and «Komsomolsk-on-Amur-Ulan-Ude» during magnetic storms August 31-September 12, 2017	84
1.3	Karimov R.R., Baishev D.G., Kozlov V.I., Shiokawa K. Analysis of variations of VLF-noise from registration data on the Yakutian meridional chain during the solar and geophysical events in September 2017	85
1.4	Medvedev V.V., Surotkin V.A., Kolin A.D. Automation working with mathematical models of the upper atmosphere of the Earth	86
1.5	Kolin A.D. About one analytical solution of the ion continuity and momentum equations	87
1.6	Kuznetsov V.V. Comparison between two different quantum models of ball lightning	88
1.7	Korsakov A.A., Kozlov V.I. Effects of geophysical events on September 4-11, 2017 in amplitude and phase variations of VLF radio stations signals registered in Yakutsk and Tiksi	89
1.8	Malkin E.I., Sannikov D.V. Features of recording the azimuths of the arrival of pulsed radiation of atmospheric-thunderstorm origin.	90
1.9	Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B., Germanenko A.V., Maurchev E.A. GLE events in 24 solar cycle	90
1.10	Balabin Yu.V., Mikhalko E.A., Maurchev E.A., Germanenko A.V., Gvozdevsky B.B. Common features of gamma-ray increases at stations from arctic to medium latitudes	91

1.11	Nagatsuma T. Geospace environment and its effect to spacecraft	92
1.12	Fujimoto A., Yoshikawa A., Ikeda A. Global response of Magnetic field and Ionosonde observations to intense solar flares on 6 and 10 September 2017	92
1.13	Serdyukov V.I., Sinitsa L.N., Scherbakov A.P. Investigation of the dynamics of high-symmetric molecules in the atmosphere using solar spectra registration	93
1.14	Miloch W.J. Ionospheric plasma irregularities studied with Swarm satellites	94
1.15	Shevtsov B.M., Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Seredkin I.N. Lidar diagnostics of ionosphere precipitations	95
1.16	Bochkovsky D.A., Marichev V.N. Lidar investigation of the dynamics of the vertical distribution of temperature in the stratosphere over Tomsk in 2017	95
1.17	Medvedev V.V., Telegin V.A., Kolin A.D. Mathematical modeling of the upper atmosphere processes	96
1.18	Medvedev V.V., Telegin V.A., Kolin A.D. Modeling of parameters of the upper atmosphere under anthropogenic influences	97
1.19	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Modernization of the lidar complex of the high-altitude station for the atmospheric sensing (Institute of Atmospheric Optics SB RAS)	98
1.20	Panchishkina I.N., Petrova G.G., Petrov A.I., Egorov E.V., Kupinskaya A.I., Shevchenko A.V. Nonlinear Effects in the Surface Atmosphere Based on the Atmospheric-Electrical Measurements Results	99
1.21	Yoshikawa A., Nakamizo A., Ohtani S. Recent development of the Cowling channel model in the magnetosphere-ionosphere coupled system	100
1.22	Antokhin P.N., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Belan S.B., Davydov D.K., Savkin D.E., Sklyadneva T.K., Tolmachev G.N., Fofonov A.V. Role of solar activity in long-term variability of photochemical components of air in a ground layer of air	100

1.23	Ikeda A., Yoshikawa A., Fujimoto A., Uozumi T., Abe S. Schumann resonance parameters at Kuju station during solar flares	101
1.24	Toropov A.A., Starodubtsev S.A., Kozlov V.I. Strong variations of gamma-ray and atmospheric electric field during various meteorological conditions by observations in Yakutsk and Tiksi	102
1.25	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Studies of the thermal regime of the stratosphere over Tomsk during the period 2012-2015. According to the lidar observations.	103
1.26	Marichev V.N., Bochkovsky D.A. Studies of the variability of the background aerosol content in the stratosphere over Tomsk in 2011 - 2015. Using the data of lidar sensing	104
1.27	Bogdanov V.V. Study of cyclone effect in Kamchatka on electron distribution in the ionosphere by satellite tomography in the conditions of low seismicity	105
1.28	Petrova G.G., Panchishkina I.N., Petrov A.I., Chkhetiani O.G., Egorov E.V., Boldyreva V.A. The Studies on the Role of Aerosols in the Electric Field Variations Formation in the Surface Atmosphere	105
1.29	Sivokon V.P., Khomutov S.Y., Teslyuk Y.A., Dumbrava Z.F. The disturbances of the ionosphere during launches from Vostochny Space Center	106
1.30	Bochkovsky D.A., Marichev V.N. The results of lidar investigation of the variability of the filling of the stratospheric background aerosol over Tomsk in 2017	107
1.31	Adzhiev A.Kh., Kumukova O.A., Cherkesov A.A. Investigation of the influence of solar-terrestrial interrelations on the dynamics of diurnal and seasonal variations in the ground-atmosphere potential gradient	107
1.32	Kudin D.V., Kudryavtsev N.G., Uchaikin E.O. Design of network to monitor infrasound from thunderstorm events: development of sensor	108

1.33	Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Seredkin I.N., Shevtsov B.M. Resonant scattering by excited ions as an indicator of the precipitation of charged particles into the atmosphere	109
------	---	-----

2 Geophysical fields and their interaction **110**

2.1	Lukovenkova O.O., Marapulets Yu.V., Tristanov A.B., Kim A.A. Adaptive matching pursuit method modernization for analysis of pulsed nature geophysical signals	111
2.2	Mochalov V.A., Mochalova A.V. Algorithms and results of streaming whistler recognition	112
2.3	Polozov Yu.A., Fetisova N.V. Algorithms of ionospheric anomalies detection in «Aurora» system of operational data analysis	113
2.4	Karimov R.R., Mochalov V.A., Mochalova A.V., Argunov V.V., Tarabukina L.D. Data analysis of whistlers registration obtained using the SSAN system at the subauroral station in Yakutsk	113
2.5	Mandrikova O.V., Solovev I.S., Zaitsev A.N. Detection and analysis of short-period geomagnetic disturbances on the eve and during periods of magnetic storms	114
2.6	Muratov P.V., Rulenko O.P., Marapulets Yu.V., Solodchuk A.A. Electrical and acoustic response of near surface sedimentary rocks to the passage of seismic waves from earthquakes	115
2.7	Shevtsov B.M., Shevtsova O.V. Fluctuations and nonlinear oscillations in the complex natural systems . .	116
2.8	Cardenas R., Rodriguez-Lopez L., Penate-Alvarino L., Parra O. Influence of solar and geomagnetic storms in terrestrial photosynthesis	117
2.9	Khomutov S.Y. International project INTERMAGNET and magnetic observatories of Russia: cooperation and progress	117
2.10	Parovik R.I. Investigation of dynamic regimes stick-slip effect	118

2.11	Mishchenko M.A., Marapulets Yu.V., Larionov I.A., Bogomolov L.M., Sychev V.N. Joint analysis of low-frequency geoaoustic and geo-deformation signals . . .	118
2.12	Dudaryonok A.S., Lavrentieva N.N., Lavrentiev N.A. Line broadening of SO_2 and CO_2 volcanic activity gases in the earths atmosphere	119
2.13	Sheremetyeva O.V. Model relaxation processes in the different modes of plastic deformation	120
2.14	Mandrikova O.V., Fetisova N.V., Polozov Yu.A., Geppener V.V. Analysis of the ionospheric parameter dynamics on the basis of a generalized multicomponent model	120
2.15	Semakov N.N., Kovalev A.A., Pavlov A.F., Fedotova O.I. On the need to create a database on absolute geomagnetic measurements in the Arctic, Siberia and the Far East	121
2.16	Efitorov A.O., Myagkova I.N., Dolenko S.A. Prediction of the State of the Outer Radiation Belt of the Earth with the Help of Neuro-Fuzzy Systems	122
2.17	Akbashev R.R., Firstov P.P., Cherneva N.V. Registration of atmospheric electric field potential in the central part of Kamchatka peninsula	123
2.18	Feshchenko L.K. Regular and chaotic reversals in the six-jet geodynamo model	123
2.19	Godomskaya A.N., Sheremetyeva O.V. Reversal in the low-mode model dynamo with $\alpha\Omega$ -generators	124
2.20	Moroz Yu.F., Rylov E.S. Seismotelluric effect in Earth electrical field transfer function behavior	125
2.21	Kuznetsov V.V. Shock-wave model of the earthquake and Poincaré quantum theorem give an insight into the aftershock physics	126
2.22	Marapulets Yu.V., Rulenko O.P. Simultaneous disturbances of high-frequency geoaoustic emission and atmospheric electric field during a tectono-seismic process (results of investigations in Kamchatka)	127

2.23	Larionov I.A., Marapulets Yu.V. Some features of atmospheric-lithospheric observations of acoustic emission at «Karymshina» site in Kamchatka	128
2.24	Vodinchar G.M., Kazakov E.A. The Lorenz system and its generalizations as dynamo models with memory . . .	128
2.25	Vodinchar G.M. The use of computer algebra systems for the spectral problems of geodynamo	129
2.26	Kozlov V.I., Baishev D.G. Variations of natural electrical potentials in Yakutia	130
2.27	Rakhmatulin R.A., Aleshkov V.M., Pashinin A.Yu., Edemsky I.K. The BMTO «Usur» geophysical complex ISTP SB RAS and the results of synchronous observations of variations of atmospheric electricity, geomagnetic pulsations and total electronic content . . .	131
2.28	Sannikov D.V., Sivokon, V.P., Cherneva N.V., Vodinchar G.M., Drugin, G.I. Detection, recognition and correlation analysis of lightning strokes and whistlers, modulation of whistlers under the influence of the heating stand	132

3 Physics of earthquake precursors 134

3.1	Senkevich Y.I., Gapeev M.I. An interactive software environment that provides a semi-automatic search for background and abnormal activity detected in acoustic and electromagnetic emission signals	135
3.2	Bogdanov V.V., Pavlov A.V. Analysis of the efficiency of earthquake prediction based on anomalous behavior of ionospheric parameter on the eve of earthquakes in the Kamchatka region	136
3.3	Larionov I.A., Malkin E.I., Uvarov V.N. Deformation-electromagnetic bonds in the manifestations of lithospheric activity	136
3.4	Kopylova G.N., Boildina S.V. Effects of seismic impact on a fluid-containing rocks (on data of observations in wells of Kamchatka)	137
3.5	Uvarov V.N. Deformation-electromagnetic mechanisms and crust hybrid waves	137

3.6	Serafimova Yu.K., Shirokov V.A. Methodical questions of long-term forecasts of strong earthquakes on the basis of their connection to lunar 18.613 and solar 22-year cycles for different regions of Earth by the method of phase trajectories	138
3.7	Shcherbina A.O., Solodchuk A.A. Methods for analyzing the directional properties of geoacoustic signals in three-dimensional space	139
3.8	Argunov V.V. Remote sensing of seismic disturbances in the lower ionosphere according to observations of lightning electromagnetic signals	139
3.9	Perezhogin A.S. Strain-stress conditions for fractal medium	141
3.10	Zakupin A.S., Semenova E.P. Study of the process of preparation of strong earthquakes ($M_w > 5$) on Sakhalin using the LURR method	141
3.11	Makarov E.O., Firstov P.P., Akbashev R.R., Zakupin A.S., Lihacheva O.N. The first stage of creating a stations network for subsoil radon monitoring in the south of Sakhalin Island	142
3.12	Uvarov V.N. The main patterns of electromagnetic manifestations of relaxation perturbations of the crust	144
3.13	Golovachev S.P., Dubrov M.N., Smirnov V.M., Volkov V.A. The spatial-temporal swinging impact of typhoons (hurricanes) system over the tectonic plates as a precursor of the major earthquake	145
3.14	Senkevich Y.I. The use of the Empirical Mode Decomposition method in cleaning acoustic emission signals from a noise	146
3.15	Kasimova V.A., Kopylova G.N., Lyubushin A.A. Variations in the parameters of background seismic noise in periods of strong earthquakes in Kamchatka, 2011-2017	147
3.16	Lipko O.D., Parovik R.I. Research of dynamic regimes of ereditary oscillator Fitzhyu-Naghumo	148