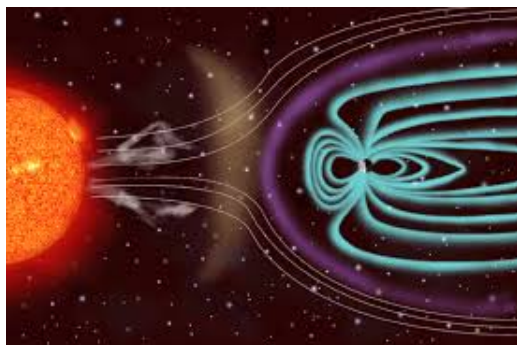


ФАНО России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Институт космических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН



СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сборник тезисов докладов
VIII международной конференции



Петропавловск-Камчатский
2017

Federal Agency for Scientific Organizations
Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS



SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS AND PHYSICS OF
EARTHQUAKES PRECURSORS

Book of Abstracts

VIII INTERNATIONAL CONFERENCE

v. Paratunka Kamchatsky kray

25 — 29 September 2017

Petropavlovsk-Kamchatsky
2017

УДК 551.509.336 + 550.344.37

Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: VIII международная конференция, с.Паратунка, Камчатский край, 25 — 29 сентября 2017 г. : сб. тез. докл. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2017. – 140 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 №17-05-20459\17Г) и ФАНО России (соглашение №007-02-1573 от 01.06.17).

© ИКИР ДВО РАН, 2017

Solar terrestrial relations and physics of earthquakes precursors : VIII Intern. Conf., v. Paratunka Kamchatka region, 25 – 29 September 2017 : Book of Abstracts. – Petropavlovsk-Kamchatsky : IKIR FEB RAS, 2017. – 140 p.

Reports on the results of original research of physical processes in various layers of the atmosphere, near-Earth space and the solid shell of the Earth are discussed. The problems of the influence of solar activity on the Earth's magnetosphere and ionosphere are considered. Modern methods of data collection and processing are represented.

Reports are in the author's edition.

Key words: physics of atmosphere, magnetosphere, geophysical fields, earthquake precursors.

Financial Assistance for Conference – RFBR (Project No. 17-05-20489), FASO Russia (Contract No. 007-02-1573 dated June 01, 2017).

© IKIR FEB RAS, 2017

1 Физика атмосферы

1.1 Анализ активности вистлеров по данным наблюдений на Камчатке

*Мочалов В.А.¹, Чернева Н.В.¹, Дружин Г.И.¹, Мочалова А.В.¹,
Лихтенбергер Я.²*

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

² *Университет имени Лоранда Этвеша*

Для формирования ретроспективной выборки вистлеров, построения их суточных и сезонных распределений применяется алгоритм распознавания вистлеров в WAV файлах, полученных на основе записи электромагнитных излучений в ОНЧ диапазоне с электрических и магнитных антенн. Непрерывная запись сигналов осуществляется в геофизической экспедиции «Карымшина» ИКИР ДВО РАН с помощью многоканального ОНЧ-регистратора. Приемный пункт находится вдали от техногенных помех. Цифровая запись сигнала осуществляется с применением звуковой платы профессионального назначения. Рассматривается влияние различных геофизических факторов на активность пришедших на Камчатку вистлеров.

1.2 Вариации атмосферного электрического поля и метеорологических параметров на Камчатке в 1997-2016 гг.

Смирнов С.Э.

Институт космofизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Проведен анализ сезонного и годового хода аэроэлектрического поля среднеширотной обсерватории Паратунка на Камчатке за 1997-2016 гг. Наблюдаются устойчивые от года к году сезонные интервалы наибольших и наименьших значений. Показана изменчивость годового тренда аэроэлектрического поля в приземном слое воздуха на обсерватории, находящейся в активном геодинамическом регионе. Большой положительный тренд сменился

плавным отрицательным. Это, возможно, связано либо с изменением интенсивности эманации радона в районе обсерватории, либо с изменением вулканической активности на Камчатке.

1.3 Влияние ЭНЮК на динамический режим внутритропической средней атмосферы

Ермакова Т.С., Погорельцев А.И.

Российский государственный гидрометеорологический университет

Эль-Ниньо Южное колебание (ЭНЮК) - атмосферное явление в тропосфере низких широт, которое невозможно игнорировать, так как оно оказывает влияние на погоду и климат планеты. ЭНЮК важный предиктор климатических аномалий, глобальное воздействие которых наблюдается не только в тропиках, но и во внутритропических областях, в том числе и через дальние связи. Естественно, стратосферные процессы участвуют в этих связях. В частности, значительные отклики на влияние ЭНЮК были обнаружены во внутритропической стратосфере северного полушария в данных наблюдения и воспроизведены при моделировании. Однако дополнительный источник стационарных планетарных волн (СПВ) за счет выделения скрытого тепла, зависящего от фазы ЭНЮК, и вклад этого нагрева в зонально усредненный тепловой баланс тропосферы не рассматривались в явном виде. Поскольку выделение скрытого тепла варьируется в зависимости от фазы ЭНЮК, логично предположить, что термодинамический режим стратосферы может проявлять себя по-разному в разных условиях ЭНЮК (Эль-Ниньо, Ла-Нинья и нейтральная фаза). Для анализа внутритропического стратосферного отклика были выбраны пятнадцать зим с Эль-Ниньо, Ла-Нинья и нейтральной фазами (пять зим для каждой фазы). Распределения температуры, среднезонального ветра, а также поведение стационарных планетарных волн (СПВ) и распределение вертикальной составляющей потока Элиассена-Пальма были изучены с использованием данных реанализа MERRA. Было также проведено сравнение результатов отдельно для каждого зимнего месяца, для зимы в целом и получены усредненные поля для каждой фазы ЭНЮК. Показано, что стратосфера теплее во время Эль-Ниньо и холоднее в условиях Ла-Нинья по сравнению с климати-

ческим распределением температуры. Противоположная ситуация наблюдается в мезосфере. Во внетропической стратосфере положительные отклонения среднего зонального ветра от климатических значений связаны с теплой фазой ЭНЮК, а зимой при Ла-Нинья преобладают отрицательные отклонения. Также отмечается изменение волновой активности СПВ с зональными волновыми числами 1 и 2 в разных условиях ЭНЮК. Наблюдаются различия не только в усилении и/или ослаблении планетарных волн, но и в высоте, на которой эти различия отмечаются. Результаты полученных ансамблевых расчетов с использованием модели средней и верхней атмосферы воспроизводят наблюдаемые различия в температуре, среднезонального ветра и амплитудах СПВ.

1.4 Влияние нагревных экспериментов на параметры Шумановского резонанса

Агранат И.В., Сивоконь В.П.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В последнее время отмечается значительное увеличение интенсивности исследований в области активного воздействия на геофизические процессы в различных средах. Особое внимание уделяется исследованию воздействия на ионосферу мощного коротковолнового радиоизлучения нагревных стендов. Сегодня эксперименты по изменению ионосферы проводятся в основном на стендах HAARP, «Еискат» (EISCAT) в Тромсё (Норвегия). В рамках российской кампании (г. Томск) EISCAT heating (AARI HFOX) с 19 до 30 октября 2016 были проведены эксперименты по воздействию на F-слой ионосферы мощным ВЧ излучением. Для оценки воздействия этих экспериментов на геофизические процессы математическими методами был проведен анализ изменения параметров Шумановского резонанса, полученных на основании данных со станции постоянного наблюдения Шумановского резонанса в городе Томск.

1.5 Влияние природных факторов на вариации электрического поля атмосферы на Камчатке

Фирстов П.П.^{1,2}, Чернева Н.В.¹

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

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

Сделан обзор работ, выполненных по непрерывным наблюдениям за вариациями напряженности атмосферного электрического поля (E_z АЭП). Рассмотрены возмущения вертикальной составляющей E_z АЭП, связанные с мощными природными явлениями. Выполнен теоретический расчет отклика в E_z АЭП под влиянием природных факторов, обусловленных вариациями проводимости под воздействием интенсивности космических лучей, эксхалиции радона и от объемных зарядов с простой конфигурацией. Данные расчетов апробированы на возмущениях E_z АЭП в приземном слое атмосферы, вызванных двумя сильными мощными циклонами, одновременно подошедшими с юга к полуострову Камчатка с наложением на модельную кривую. Описан атмосферно-электрический эффект, возникший от эруптивного пеплового облака, образовавшегося в результате извержения вулкана Шивелуч 16 ноября 2014 г. Разряды от вулканических молний, возникшие в начале формирования эруптивного шлейфа, определены системой распознавания месторасположения гроз WWLLN. Спустя два часа от момента регистрации первых молниевых разрядов зарегистрированы две четко выраженных аномалии E_z АЭП длительностью 50 и 32 мин и с амплитудой более 100 В/м, что указывает на два отдельных эруптивных образования, сформировавшиеся к этому времени. Данные подтверждены спутниковыми наблюдениями.

1.6 Влияние электромагнитной обстановки на трубопроводы в Якутии

*Козлов В.И.¹, Абзалетдинова Л.М.¹, Тарабукина Л.Д.¹,
Корсаков А.А.¹, Григорьев Ю.М.²*

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

² *Северо-Восточный федеральный институт им. М.К. Аммосова*

Представлены результаты измерений теллурических токов, протекающих по трубопроводам, проложенным в криолитозоне в Якутии, во время геомагнитных бурь и разрядов молний, происходящих в полосе 10 км вокруг трубопровода. Токи достигают десятков ампер. Построены карты плотности грозовых разрядов с разрешением в 0,25 градуса для Северной Азии за 2009-2016 гг. Измерено влияние постоянного тока, протекающего в отрезке трубопровода длиной 150 м и диаметром 110 мм, проложенного в вечномерзлом грунте на изменение потенциала «труба-земля». На основе анализа вариаций горизонтальной составляющей магнитной активности в текущем 24-ом цикле солнечной активности установлено, что частота встречаемости определенного уровня скорости изменения геомагнитной активности может быть выражена степенным законом с показателем степени порядка около двойки при малых значениях. Показатель степени уменьшается до единицы при возрастании геомагнитной активности. Определена вероятность встречаемости временных интервалов с заданными пороговыми значениями уровня скорости изменения геомагнитной активности. Угловое распределение частоты встречаемости скорости изменения величины вариаций геомагнитной активности практически не зависит от направления прихода вариаций геомагнитной активности в плоскости поверхности Земли, которые имеют выраженные максимумы направления прихода. Работа поддержана программой КНИ РС(Я).
Ключевые слова: трубопровод, магнитное возмущение, геомагнитные индуцированные токи, грозовой разряд, вечная мерзлота.

1.7 Возможности одночастотных данных GPS/GLONASS для расчета вертикального полного содержания электронов

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

¹ *Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Россия*

² *Иркутский государственный университет, Россия*

В работе представлен новый подход, позволяющий реализовать оценку абсолютного вертикального и наклонного полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы. Оценка основана на использовании одночастотных совместных измерений фазового и группового запаздывания сигнала GPS/ГЛОНАСС по данным отдельных измерительных станций. Качественно и количественно вертикальное ПЭС, рассчитанное по одночастотным измерениям, согласуется с аналогичными оценками, основанными на использовании двухчастотных измерений. Типичное значение разности вертикального ПЭС, полученного одночастотным и двухчастотным методом, для анализируемых станций в основном не превышает величины ~ 1.5 TECU с СКО до ~ 3 TECU.

1.8 Два типа геомагнитных бурь и связь Dst и AE индексов

Шадрина Л.П.

Академия наук Республики Саха (Якутия)

В работе проведено исследование связи Dst и AE индексов геомагнитного поля и проявление ее в геомагнитных бурях в XXIII солнечном цикле. Показано, что по соотношению амплитуды понижения Dst индекса в главную фазу бури и суммы AE индекса за тот же период геомагнитные бури делятся на две группы. Для первой характерно при небольших понижениях Dst индекса значительные суммы AE индекса. Чаще всего это бури с постепенным началом и длительной главной фазой, связанные с рекуррентными потоками солнечного ветра. Бури второй группы отличаются большими амплитудами понижения Dst индекса, более

короткой главной фазой и небольшими суммами АЕ-индекса. Это обычно спорадические геомагнитные бури с внезапным началом, вызванные межпланетными возмущениями типа СМЕ. Показано, что бури этих двух типов различаются также по их геоэффектам, в том числе, по влиянию на здоровье человека.

1.9 Дипольность магнитного поля Арктики

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

¹ *Магнитная обсерватория Новосибирск ИНГГ СО РАН*

² *Новосибирский государственный университет*

Под «дипольностью» авторы понимают возможность представить рассматриваемое магнитное поле полем единого диполя. По среднегодовым значениям элементов земного магнетизма в высокоширотных обсерваториях (с магнитным наклоением более 80 градусов) проведены расчеты положений магнитных полюсов в современную эпоху и эпоху Международного Геофизического Года (1957-1958). Для каждой эпохи получен усредненный график зависимости расстояний между парами магнитных полюсов от расстояний между соответствующими обсерваториями. Предложена методика численной оценки степени дипольности магнитного поля Земли как в отдельных ее регионах, так и для всей планеты в целом.

1.10 Закономерности пространственно-временного распределения радиационного баланса земной поверхности в бассейне Аракса в Республике Армения

Маргарян В.Г.

Ереванский государственный университет

Радиационный баланс подстилающей поверхности, т.е. разность прихода-расхода лучистой энергии Солнца, является одним из основных климатообразующих факторов данной территории. Вели-

чиной радиационного баланса подстилающей поверхности в основном определяется распределение тепла в нижних слоях почвы и в приземном слое воздуха. Учитывая выше сказанное, в работе поставлена цель изучить, выявить и оценить закономерности пространственно-временного распределения радиационного баланса подстилающей поверхности, в особенности, в условиях глобального изменения климата горной территории Республики Армения. С целью решения поставленных задач в работе теоретической и информационно-аналитической основой послужили соответствующие исследования, опубликованные работы. В качестве исходного материала в работе использованы результаты фактических актинометрических наблюдений МЧС Республики Армения «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления», а также справочники солнечной радиации. На сети актинометрических станций Республики Армения наблюдения за радиационным балансом проводятся с 1957г. В качестве метеорологической основы в работе использованы географический, математико-статистический, экстраполяционный методы, а также методы сопоставления, сравнения, анализа и корреляции. Расчеты показали, что хорошо прослеживается уменьшение месячных сумм радиационного баланса с высотой местности почти с сентября по апрель (при ясном небе) и с октября по май (при средней облачности), что соответствует увеличению альбеда с высотой местности. С мая по октябрь и с июня по сентябрь, наоборот, соответственно, с высотой местности отмечается некоторое увеличение месячных сумм радиационного баланса, в то время как альbedo имеет тенденцию к уменьшению. Одновременно можно заметить, что значительное уменьшение величины радиационного баланса с высотой местности происходит, начиная с высоты 1900-2000 м, что объясняется резким увеличением альбеда на этих высотах. Таким образом, радиационный баланс имеет четко выраженный дневной ход, соответствующий дневному ходу высоты Солнца, с максимальным значением в полдень, с минимальным - в утренние часы. Годовой ход радиационного баланса почти следует за годовым ходом полуденных высот Солнца, особенно в летнее время, и достигает максимального значения в мае-июне, при действительных условиях погоды - в июле. Минимальное значение радиационного баланса как при ясном небе, так и при действительных условиях погоды наблюдается в январе. Отмечается уменьшение годовых сумм радиационного баланса с высотой местности как при ясном небе, так и при средней облачности. Месячные суммы ради-

ационного баланса в осенний и зимний периоды с высотой местности, как правило, уменьшаются, а во вторую половину весеннего периода и в летний период постепенно увеличиваются. Значительное изменение месячных сумм радиационного баланса с высотой местности происходит, начиная с высоты 1500-2000 м и выше.

1.11 Лидарные наблюдения возмущения аэрозольной компоненты атмосферы над Томском и Владивостоком после извержения вулканов в 2011 году

Черемисин А.А.¹, Новиков П.В.², Маричев В.Н.³, Павлов А.Н.⁴

¹ *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

² *Красноярский институт железнодорожного транспорта*

³ *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск*

⁴ *Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН,
Владивосток*

Методом траекторий лагранжевых частиц проведен анализ переноса вулканического аэрозоля после извержения вулканов Гримсвотн и Набро в 2011 году. После извержения вулкана Гримсвотн не удалось достоверно выделить вулканический аэрозоль по данным лидарных наблюдений над Томском и Владивостоком на фоне существовавшего аэрозольного наполнения, так как в это время происходило сильное горизонтальное перемешивание в атмосфере Северного полушария, связанное с распадом циркумполярного вихря. Вулканический аэрозоль, возникший после извержения вулкана Набро, отчетливо проявился в виде пиков аэрозольного рассеяния над Владивостоком и Томском.

1.12 Наблюдения электромагнитного излучения стенда EISCAT на Камчатке

Сивоконь В.П., Агранат И.В.

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

В экспериментах по активному воздействию на ионосферу используются мощные коротковолновые комплексы - нагревные стенды. В результате такого воздействия формируется множество физических процессов, изучение которых представляет научный интерес. Одним из них является формирование искусственных магнитоориентированных неоднородностей. Изучая свойства естественных магнитоориентированных неоднородностей на Камчатке, авторы пришли к выводу о возможности реализации полученных подходов в их изучении на коротковолновых трассах большой протяжённости. В работе приводятся результаты наблюдений на Камчатке проявлений активного воздействия на ионосферу в Тромсе (Норвегия).

1.13 Наблюдения грозовой активности в Якутии с помощью трех радиотехнических систем регистрации молний в 2009-2016 гг.

Козлов В.И., Тарабукина Л.Д.

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

В работе представлены результаты инструментальных наблюдений за грозовой активностью посредством двух однопунктовых грозопеленгаторов, один из которых установлен в г. Якутск в 2009 г. и имеет радиус детектирования около 480 км, а второй работает с 1975 г. и имеет дальность детектирования до 1200 км, а также с помощью мировой системы грозолокации World Wide lightning location network (WWLLN), один детектор которой установлен в г. Якутске в 2009 г. Получены сезонные хода суммарного за сутки количества грозовых разрядов, суточные хода за каждый летний

сезон, при этом наблюдаются ежегодное смещение максимума сезонного хода и смещение максимума суточного хода к началу и концу сезона. Ежегодно в течение лета наблюдаются до трех спадов и пиков после них грозовой активности, которые связываются с затокм северных холодных воздушных масс. Отмечаются квазипериодичные осцилляции количества грозowych разрядов с периодом около 1-3 лет.

1.14 О роли возбужденных атомов в лидарных измерениях верхней атмосферы

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

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Представлены результаты лидарного исследования атмосферы в области высот 100-400 км, полученные на лидарной станции Камчатки в 2008-2016 годах. Обсуждаются методы лидарных измерений и обработки сигналов. Показано, что предложенные авторами способы учета импульсов последействия фотоэлектронных умножителей и измерения фонового сигнала, позволили включить мезосферу, и позднее верхнюю атмосферу, в область высот исследуемых лидарным методом. Обсуждаются результаты исследования обратного лидарного сигнала от области высот 100-400 км, вызванного резонансным рассеянием на возбужденных компонентах атмосферы. Ключевые слова: атмосфера, лидар, стратосфера, мезосфера, рассеяние, зондирование

1.15 Облачные проявления индуцированных цунами атмосферных гравитационных волн в районе Курильских островов

Шевченко Г.В.¹, Скорородов А.В.²

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН*

² *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН*

В последние годы появился ряд работ, в которых исследовался отклик в ионосфере на сильные трансокеанские цунами. Основным механизмом считается возбуждение океанскими волнами внутренних гравитационных волн в атмосфере (ВГВ), амплитуда которых в верхних слоях атмосферы значительно возрастает, вследствие чего они генерируют волновой отклик в нижней ионосфере. Помимо косвенных признаков, данная схема подтверждается модельными расчетами, однако прямых свидетельств возбуждения ВГВ волнами цунами пока не получено. Один из возможных путей решения этой задачи связан с изучением характерных проявлений ВГВ, формирующих четко идентифицируемые на космических снимках (кфс) периодические структуры в облачности. С этой целью были проанализированы кфс Aqua MODIS и Terra MODIS северо-западной части Тихого океана (с особым акцентом на район Курильской островной гряды) на моменты прохождения значительных цунами 2009-2011 гг. В открытой части океана периодические структуры в облачности выявлены не были, в то время как в районе Курильской островной гряды таковые были обнаружены при Индонезийском (Irian Jaya, 03.01.2009), Симуширском (15.01.2009), Самоанском (29.09.2009), Вануату (07.10.2009) и Чилийском (27.02.2010) цунами. В случае Тохоку цунами 11.03.2011 г. подобные структуры зафиксированы не были, возможно, по причине пролета спутников над изучаемым районом в ночное время. Для анализа атмосферных условий, привлекались материалы аэрологических зондирований, которые на Курильских островах выполняются только на одной метеорологической станции, в г. Северо-Курильске. Анализ профилей температуры и скорости ветра показал, что атмосферные условия способствовали возникновению ВГВ (наличие струйных течений и инверсий температур при устойчивой стратификации). Периодические структуры в облачности были сформированы либо кучевыми (с высотой верхней границы 500 - 1500 м), либо высококучевыми (2500 - 3500

м) облаками. Возникновению атмосферных волн может также способствовать наличие температурных контрастов между приземным слоем атмосферы и поверхностью океана, наблюдаемых как в теплый, так и в холодный сезоны. Существенным фактором является, помимо этого, возрастание амплитуд и увеличение продолжительности вызванных цунами колебаний в зоне шельфе. На основании проведенного анализа нельзя утверждать, что индуцированные цунами ВГВ образуются только над прибрежными акваториями. Кроме того, над океаном могут отсутствовать атмосферные условия, способствующие формированию периодических структур в облачности.

1.16 Сезонные вариации температуры мезопаузы и амплитуды ОНЧ сигналов радиостанции Новосибирск в период 2009-2016 гг.

Корсаков А.А.¹, Козлов В.И.¹, Аммосова А.М.¹, Аммосов П.П.¹, Гаврильева Г.А.¹, Колтовской И.И.¹, Павлов Е.А.²

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

² *Северо-Восточный федеральный институт им. М.К. Аммосова*

Для зондирования нижней ионосферы применяются регистрация вариаций параметров сигналов радионавигационных станций в диапазоне очень низких частот (ОНЧ: 3 - 30 кГц) и вращательной температуры гидроксила (ОН) излучающей в полосе 6-2, 835 нм, дающей информацию о состоянии области мезопаузы. Рассмотрены сезонные вариации амплитуды ОНЧ сигнала станции Новосибирск (14,9 кГц) радионавигационной системы Альфа, регистрируемые в Якутске (62N, 129E) при дневных (3-7 UT) и ночных (16:30-17:30 UT) условиях распространения. Период наблюдений 2009-2016 гг. В сезонной вариации (2009-2016 гг) отмечается увеличение сигнала зимой в 2014-2015 гг (10 дБ днем и 6 дБ ночью), что соответствует повышению F10,7 и геомагнитной активности Ap. Также рассмотрены сезонные вариации вращательной температуры гидроксила ОН (6-2), измеряемой на оптической станции Маймага (63N, 129.5E). Значение средней температуры оценивается в 188 К. В се-

зонной динамике наблюдаются годовая и полугодовая и третьегодовая вариации с амплитудами гармоник соответственно 28,6 К, 10,6 К и 3 К. Отклик температуры атмосферы в Якутске на высоте излучения гидроксила (ОН) на 11-летний солнечный цикл возрастает на 7 К при смещении ряда на 2 года назад относительно максимума F10,7, что соответствует смещению максимума геомагнитной активности. Коэффициент корреляции составляет $R=0,44$, что показывает возможное влияние геомагнитной активности на параметры субавроральной мезопаузы. Работа поддержана программой комплексных исследований в Республике Саха (Якутия).

1.17 Сравнительное исследование различных методов определения характеристик электромагнитной волны, отражённой от рассеивающего дифракционного экрана при распространении радиосигнала в канале Земля–Ионосфера в коротковолновом диапазоне радиоволн.

Белов С.Ю.¹, Белова И.Н.²

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

² *Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова Российской академии наук.*

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно выявлять некоторые геофизические параметры экосистем. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур. Данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред, например, для оценки сейсмической опасности, опасных природных явлений, изменения экосистем, а также некоторых экстремальных событий техногенного характера. В работе представлен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной)

точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный. Анализ аналитических погрешностей оценки этого параметра позволил рекомендовать новый метод вместо стандартного [1-4].

Поддержано грантом по проекту РФФ No. 16-17-00114.

1. Белов С.Ю. Экспериментальное исследование характеристик когерентной и некогерентной обработки информации при дистанционном зондировании атмосферы и «шероховатой» земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Известия ВУЗ. Физика, ISSN 0021-3411, т. 59, No. 12-3, 2016, с. 121-124.

2. Белов С.Ю., Белова И.Н. Функциональная схема экспериментальной аппаратуры когерентного приёма в задачах мониторинга поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн.// Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии, Майкоп, ISBN:978-5-906696-22-9,2015,с.53-58.

3. Белов С.Ю. Космический мониторинг характеристик прибрежных территорий для обеспечения экологической безопасности зондированием в коротковолновом диапазоне радиоволн.//Экология. Экономика. Информатика. Ростов-на-Дону, ISBN:978-5-9275-2055-8,2016,с.27-41.

4. Belov S.Yu., Belova I.N. The analysis of methods of determination the scattering parameter of the inhomogeneous fluctuating ionospheric screen. // Atmosphere, Ionosphere, Safety. Kaliningrad, ISBN:978-5-9971-0412-2,2016,p.435-440.

1.18 Эмпирические уровни энергии молекулы NO в основном электронном состоянии

Сулакшина О.Н, Борков Ю.Г.

*Институт оптики атмосферы им.Зуева СО РАН, г.Томск,
Россия*

Интерес к исследованию спектра оксида азота обусловлен его важной ролью в химии атмосферного озона и в управлении физиологическими процессами, протекающими в любом живом организме, где NO присутствует в достаточно больших концентрациях. Одним из мощных источников оксида азота в атмосфере являются молнии. Единственным источником полных и надежных

данных о внутреннем строении и физико-химических свойствах этой молекулы остается колебательно-вращательного спектр. Извлечение такой информации предъявляет высокие требования к анализу накопленных экспериментальных данных. Выполнить такой анализ из всего массива экспериментальных данных позволяет программа, основанная на комбинационном принципе Ритца. В работе выполнен критический анализ 5079 частот колебательно-вращательных переходов, измеренных в спектральных интервалах $18-208 \text{ см}^{-1}$ and $1554-7372 \text{ см}^{-1}$ без учета Λ -расщепления и собранных из 19 различных публикаций. Выполненный анализ позволил определить 1807 экспериментальных уровней энергии для неразрешенных Λ дублетов в колебательных состояниях от $v=0$ до $v=22$ основного электронного состояния 2Π молекулы NO в энергетическом интервале $0-35665 \text{ см}^{-1}$

1.19 Исследование изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском в 2016 г. по данным лидарных наблюдений

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

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

Анализируются экспериментальные данные по изменчивости вертикально-временной структуры аэрозоля, полученные на лидарном комплексе станции высотного зондирования атмосферы ИОА СО РАН за 2016г. В качестве первичной информации для анализа использовался массив данных из 84 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.

1.20 Валидация лидарных измерений температуры в стратосфере над Томском по аэрологическим и спутниковым данным за 2015 - 16 гг.

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

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

Проведено сравнение вертикального распределения температуры в нижней стратосфере по данным лидарных, радиозондовых и спутниковых измерений. В лидарных измерениях использовались рамановский и релеевский каналы приема рассеянного света на длинах волн 607нм и 532нм. С учетом пространственно-временной разнесенностью измерений получено достаточно хорошее качественное и количественное соответствие вертикальных профилей температуры. Показана перспективность использования метода комбинационного рассеяния света для измерения температуры в нижней стратосфере.

1.21 Лидарные исследования динамики вертикального распределения температуры в стратосфере над Томском в 2016 г.

Маричев В.Н., Бочковский Д.А.

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

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 [1-7]. В настоящей статье представлены исследования вертикального

распределения температуры над Томском в возмущенный и спокойный периоды 2016г.

Список литературы

1. Маричев В. Н., Лидарные исследования проявления стратосферных потеплений над Томском в 2008-2010 гг., 24, Оптика атмосферы и океана, 2011.
2. Маричев В. Н., Исследование особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры в 2010-2011 гг., 24, Оптика атмосферы и океана, 2011.
3. Маричев В. Н., Исследования особенностей проявления зимних стратосферных потеплений над Томском по данным лидарных измерений температуры., Сборник докладов 20-го международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». г. Новосибирск, курорт-отель «Сосновка», 23-27 июня 2014г., 2014.
4. Маричев В. Н., Бочковский Д. А., Результаты измерений температуры в верхней тропосфере и средней атмосфере лидаром с использованием каналов релеевского и комбинационного рассеяния света, Сборник докладов 21-го международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». г. Томск, 22-26 июня 2015г., 2015.
5. Marichev V. N., Bochkosvkii D. A., Lidar studies of specific manifestation features of stratospheric warming in winter of 2014-2015, 9680, Proceedings of SPIE., 2015.
6. Маричев В. Н., Анализ поведения плотности воздуха и температуры в стратосфере над Томском в периоды ее возмущенного и спокойного состояний, выполненный по результатам лидарных измерений., 26, Оптика атмосферы и океана, 2013.
7. Marichev V. N., Bochkosvkii D. A., Lidar investigations of thermal regime of the stratosphere over Tomsk in 2015, 10035, Proceedings of SPIE., 2016.

1.22 Алгоритмы для изменения структуры геокосмических самоорганизующихся вопросно-ответных сенсорных сетей

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Рассматриваются оптимизационные задачи построения, развития и изменения структуры геокосмических самоорганизующихся вопросно-ответных сенсорных сетей (ГСВСС). В задаче заданы координаты различных узлов сети. Требуется при заданных функциональных, структурных, стоимостных и пространственных ограничениях изменить структуру ГСВСС путем добавления новых узлов, перемещения в новые позиции или удаления некоторых существующих узлов. После формирования структуры ГСВСС решается задача внедрения в ее структуру вопросно-ответных агентов с целью получения возможности отвечать на заданные типы вопросов при установленных ограничениях. Предлагается обобщенная функциональная схема процесса построения архитектуры ГСВСС и приближенные биоинспирированные алгоритмы решения поставленных задач. Результаты работы могут быть использованы при построении конкретных ГСВСС и в системах поддержки проектирования ГСВСС.

2 Геофизические поля и их взаимодействие

2.1 Анализ магнитных данных сети наземных станций в периоды сильных магнитных бурь

*Мандрикова О.В.^{1,4}, Соловьев И.С.^{1,4}, Хомутов С.Ю.¹,
Башиев Д.Г.², Chandrasekhar P.³*

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

² *Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Россия*

³ *CSIR-National Geophysical Research Institute, Индия*

⁴ *Камчатский государственный технический университет, Россия*

В работе предложена новая методика анализа магнитных данных по выделению и оценке кратковременных возрастных интенсивности геомагнитных возмущений. На основе методики используя данные меридионально расположенных станций на северо-востоке России («о. Котельный» КТН, «Тикси» ТИХ, «Чокурдах» СНД, «Зырянка» ЗУК, «Мыс Шмидта» СРС, «Якутск» УАК, «Магадан» МГД, «Паратунка» РЕТ, «Хабаровск» КНВ) и приэкваториальных Индийских станциях («Hyderabad» НУВ и «Choutuppal» СРЛ) выполнен анализ вариаций геомагнитного поля в периоды сильных магнитных бурь. Данный подход позволил накануне событий выделить одновременно возникающие локальные повышения геомагнитной активности, наблюдаемые за несколько часов до события и в периоды основных фаз магнитных бурь. Методы разработаны за счет средств гранта РФФ, проект №. 14-11-00194. Эксперименты выполнены при поддержке гранта РФФИ №. 16-55-45007.

2.2 Анализ состояний магнитосферы Земли при помощи алгоритма адаптивного построения иерархических нейросетевых классификаторов

Доленко С.А., Светлов В.А., Исаев И.В., Мяжкова И.Н.

НИИ ядерной физики имени Д.В.Скобелевца, МГУ имени М.В. Ломоносова

Анализ состояния внешнего радиационного пояса Земли, как части внутренней магнитосферы Земли, выполнялся на основании данных ИСЗ GOES о потоках релятивистских электронов на геостационарной орбите, данных ИСЗ ACE о параметрах межпланетного магнитного поля и солнечного ветра, а также геомагнитных индексов, при помощи разрабатываемого авторами алгоритма адаптивного построения иерархических нейросетевых классификаторов, используемого в режиме кластеризации. Примеры, подлежащие кластеризации, представляли собой описания событий возрастания потока релятивистских электронов внешнего радиационного пояса Земли (РЭ ВРПЗ) с энергией > 2 МэВ. Было получено разбиение на 5 кластеров. В качестве альтернативного рассматривалось разбиение на 5 кластеров, полученное с помощью алгоритма k-средних. Полученные кластеры проанализированы с точки зрения их возможного соответствия характерным типам событий, различным с точки зрения физики происходящих процессов, и осуществлено сравнение полученных разбиений друг с другом. Исследование поддержано грантом РФФИ (проект 15-07-08975-а).

2.3 Возмущения геофизических полей и квантовая механика

Кузнецов В.В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Рассмотрена роль квантовых процессов в физике возмущений геофизических полей на примере таких явлений как землетрясение,

сопутствующие, и предшествующие ему процессы, извержение вулкана и возникновение алмазных трубок взрыва. Рассмотрена физика возникновения ударных волн в ионосфере и атмосфере, физика атмосферных явлений, возникающих в переохлажденных облаках, регистрируемых штормглассом. Рассматривается физика молнии как шаровой, так и темной, физика генерации в атмосфере высокоэнергичных частиц, участвующих в возникновении спрайтов и т.п.

Обсуждаемые в работе геофизические явления в рамках классической физики не имеют объяснения - однозначного и внутренне непротиворечивого. В работе сделана попытка привлечь к решению поставленной задачи полученные в последнее время достижения квантовой механики, касающиеся квантовой сцепленности между элементарными частицами, участвующими в рассматриваемых явлениях.

2.4 Выбор оптимальных высот для регистрации отклика ионосферы на землетрясения

Краснов В.М., Готюр И.А., Кулешов Ю.В., Черный С.Э.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Спутниковые радионавигационные системы способны обеспечить непрерывный глобальный мониторинг ионосферных возмущений от землетрясений с высоким пространственно-временным разрешением. Выдвигаются идеи по использованию этого вида наблюдений в системах предупреждения цунами, а также при мониторинге движения земной (морской) поверхности в труднодоступных местах. Главным недостатком этого метода является интегральный по высоте характер измеряемой величины ПЭС. При этом принято допущение, что главный вклад в ПЭС вносят ионосферные возмущения в области высоты максимума слоя F2. Интегральный характер ПЭС не позволяет точно определить высоты наблюдаемых ионосферных возмущений и их координаты. Предпринимаются попытки определить условия, при которых ионосферные возмущения могут быть наиболее четко выявлены и в наибольшей степени подобны сейсмическому сигналу. Например, рекомендуется проводить измерения при угле выхода радиолуча со спутника меньше 40 градусов. Цель

нашей работы, с помощью модельных расчетов на примере землетрясения Tohoku-Oki, показать зависимость ионосферных возмущений от высоты. При создании модели использовались данные Чешской сети сейсмических станций, данные ионозонда, расположенного в Pruhonice, и данные сети доплеровских измерений. Поле движения земной поверхности рассчитано по данным сейсмических наблюдений. Генерация инфразвука и его распространение учитывает неоднородность атмосферы, нелинейные эффекты, их поглощение и расходимость волнового фронта. Справедливость расчетов показана при сопоставлении результатов модельных расчетов с результатами доплеровских измерений на сети радиотрасс. Коэффициент корреляции между расчетными и экспериментальными записями для сейсмических волн: P,S,SS и первой Рэлеевской волны составил величины от 0.68 до 0.9. Высотные зависимости портретов ионосферных возмущений определены для случая воздействия Р-волны на ионосферу. Портреты ионосферных возмущений сопоставлены с портретом записи сейсмического сигнала. Коэффициент корреляции записей для высоты 100 км составил значение 0.81, для 130 км - 0.85, для 160 км - 0.77, для 180 км - 0.76, для 200 км - 0.7, для 230 км - 0.54 и для 250 км - 0.41. При этом по данным ионограмм максимум слоя F2 располагался на высоте около 240 км. Таким образом, для рассмотренных условий эксперимента предпочтительно было проводить измерения ионосферных возмущений на высотах ниже 200 км.

2.5 Инверсии магнитного поля в динамической системе со стохастическими $\alpha\Omega$ -генераторами

Водинчар Г.М., Годомская А.Н., Шереметьева О.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

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 реальных системах такие инверсии но-

сят как регулярный характер, так и хаотический. В данной работе инверсии магнитного поля моделируются в простой динамической модели $\alpha\Omega$ -динамо с флуктуирующими интенсивностями α и Ω -генераторов. Считаем, что источниками этих флуктуаций является результат синхронизации высших отброшенных мод скорости и магнитного поля. В модели $\alpha\Omega$ -динамо предполагаем: аксиальную симметричность поля скорости \mathbf{v} и магнитного поля \mathbf{B} в сферической оболочке вязкой несжимаемой жидкости, вращающейся вокруг оси Oz с постоянной угловой скоростью Ω , поле скорости \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. Считаем, 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. В самом простом случае скорость хорошо 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. Магнитное 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. Физические параметры жидкости считаем неизменными, турбулентность в ядре изотропной и используем скалярную параметризацию α -эффекта в виде функции $\alpha(r, \theta) = \alpha(r) \cos \theta$, такой что $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$. Подставим эти разложения в магнито-гидродинамическую систему

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + Re_m(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v} &= P_m\Delta\mathbf{v} - \nabla P - E^{-1}P_m(\mathbf{e}_z \times \mathbf{v}) + \\ &+ (1 + \zeta(t))\mathbf{f}_{out} + (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B}, \\ \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= Re_\alpha[\nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})] + \Delta\mathbf{B} + R_\alpha \frac{1 + \xi(t)}{1 + |\mathbf{B}|} [\nabla \times (\alpha(r, \theta)\mathbf{B})], \\ \nabla \cdot \mathbf{v} &= 0, \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad \mathbf{v}(\mathbf{r}_1) = \mathbf{v}(\mathbf{r}_2) = \mathbf{0}, \end{aligned}$$

применим метод Галёркина и введём механизм алгебраического подавления α -эффекта и осцилляции. Получим систему следующего

вида:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= -P_m u(t) \sum_k \alpha_k \lambda_k + (1 + \zeta(t)) f_{out} + \sum_{i,j,k} \alpha_i L_{ijk} B_j B_k, \\ \frac{\partial B_i}{\partial t} &= Re_m u(t) \sum_k \alpha_j W_{ijk} B_k - \mu_i B_i + R_\alpha \frac{1 + \xi(t)}{1 + \sum_k B_k} \sum_k W_{ik}^\alpha B_k,\end{aligned}$$

где $\zeta(t)$ и $\xi(t)$ – стохастические процессы с нулевым средним. Выбирая различные значения (Re_m, R_α) из малой окрестности точки бифуркации и различные начальные условия получаем различные режимы динамо.

2.6 Интерактивная система анализа геомагнитных данных

Соловьев И.С.^{1,2}

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

² *Камчатский государственный технический университет*

В работе представлены методы анализа вариаций геомагнитного поля, реализованные в программной системе комплексного анализа геофизических параметров «Аурога». Методы позволяют оценивать интенсивность геомагнитных возмущений и выделять периоды повышенной геомагнитной активности. Параметры программной системы позволяют выполнять анализ магнитных данных, как для районов высоких широт, так и на экваторе. Для детального анализа геомагнитных данных в периоды магнитных бурь и суббурь в системе реализованы алгоритмы обработки секундных данных. Программная система реализована в открытом доступе (<http://aurorasa.ikir.ru:8580>, <http://www.ikir.ru:8280/lserver/MagneticPage.jsp>). Исследования выполнены за счет средств Российского Научного Фонда, Проект No. 14-11-00194.

2.7 Исследование ионосферных эффектов землетрясений на больших расстояниях от эпицентров

*Первалова Н.П.¹, Бернгардт О.И.¹, Подлесный А.В.¹,
Шестаков Н.В.^{2,3}*

¹ *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*

² *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

³ *Институт прикладной математики ДВО РАН, г.*

Владивосток

По данным сетей GPS и высокоскоростного ЛЧМ-ионозонда проведен анализ ионосферных возмущений, вызываемых землетрясениями в дальней от эпицентра зоне. Данные GPS выявили асимметрию затухания ионосферных возмущений в различных направлениях от эпицентра. По данным Иркутского ЛЧМ-ионозонда проведен статистический анализ ионосферных эффектов для 28 землетрясений, произошедших в 2011-2016 гг. В 9 случаях в нижней ионосфере обнаружены вертикальные среднемасштабные неоднородности («multicusp»), связанные с распространением ударных акустических волн, вызванных рэлеевскими поверхностными сейсмическими волнами. Для учета пространственного распределения сейсмических волн при оценке энергетики наземного источника акустических волн предложен новый индекс KW. Работа выполнена при поддержке проекта №0344-2015-0019 «Исследование системы литосфера-атмосфера-ионосфера в экстремальных условиях» программы Президиума РАН №15, гранта НШ-6894.2016.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ, гранта РФФИ №17-55-53110 GFEN_a.

2.8 Комплекс магнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Паратунка» ИКИР ДВО РАН: задачи, возможности, перспективы

Хомутов С.Ю.

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

Регулярные магнитные измерения выполняются на Геофизической обсерватории «Паратунка» (РЕТ) ИКИР ДВО РАН с 1967 г. В новом тысячелетии завершился переход с аналоговой аппаратуры на цифровую, были изменены технологии абсолютных наблюдений, обработка полностью переведена на компьютерную основу, получен статус обсерватории INTERMAGNET. В настоящее время на обсерватории используются следующие магнитометры: (а) для абсолютных наблюдений - DI-магнитометры LEMI-203 (на базе теодолита ЗТ2КП) и MAG-01 (теодолит Wild-T1), скалярные магнитометры POS-1 и GSM-19W; (б) для вариационных измерений - феррозондовые магнитометры FGE-DTU, FGR-601 и MAGDAS (установленные по международным соглашениям), векторные магнитометры dIdD GSM-19FD и POS-4 на основе оверхаузеровских датчиков, скалярный магнитометр GSM-90 и индукционный магнитометр STELAB. В летнее время на выносном пункте «Карымшина» (15 км от обсерватории) выполняются измерения с помощью магнитометра dIdD. Существует система контроля условий, в которых проводится магнитный мониторинг, включающая, в том числе, полупрофессиональные метеостанции Davis Vantage Pro2 и WS2000 и сеть цифровых термодатчиков DS18B20, расположенных в различных точках в магнитных павильонах и на улице. Все измерения синхронизованы со шкалой UTC. Результаты наблюдений с регистраторов собираются сервером данных ИКИР, в том числе, в реальном времени. Разработано специализированное программное обеспечение (на основе пакетов MATLAB и Octave), позволяющее в автоматическом и полуавтоматическом режимах обрабатывать полученные данные, выполнять сравнение результатов измерений различными приборами и представлять итоговые данные в форматах, определённых международными стандартами, в том числе, INTERMAGNET. Значительная работа на обсерватории ведётся с архивными (первичными) магнитными

данными, существенная часть которых не обработана в полном объёме, не представлена в международных центрах данных и до сих пор недоступна научному сообществу. Состояние комплекса измерительных средств и баз данных показывает, что обсерваторией «Паратунка» может решаться большинство задач, которые возникают в области изучения геомагнитного поля, в том числе, предоставление данных для построения региональных и глобальных моделей поля, наземное обеспечение магнитометров, расположенных на спутниках, поддержка наземных (морских) и аэромагнитных съёмок и работ при бурении скважин, предоставление данных для изучения процессов в литосфере, магнитосфере и ионосфере в широком диапазоне частот, а также для ряда прикладных проблем. Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №16-55-45007 и гранта РНФ №14-11-00194.

2.9 Комплексные атмосферно-литосферные наблюдения акустического излучения в пункте «Карымшина» на Камчатке

Ларионов И.А., Маратулец 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. Показано, что при увеличении скорости деформаций в приповерхностных породах регистрируется повышение интенсивности акустического излучения в атмосфере у поверхности земли. Оценено влияние метеорологических факторов на результаты наблюдений.

2.10 Мониторинг геоакустической эмиссии осадочных пород при помощи лазерного деформографа-интерферометра и трёхкомпонентного пьезоэлектрического сейсмоприёмника

Мищенко М.А.¹, Ларионов И.А.¹, Богомолов Л.М.², Сычев В.Н.³

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

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

³ *Научная станция РАН, Кыргызстан*

Представлены результаты комплексных геодеформационных наблюдений на Камчатке. В качестве регистрирующих систем использовались лазерный деформограф-интерферометр (разработан в ИКИР ДВО РАН) и трёхкомпонентный пьезоэлектрический сейсмоприёмник, изготовленный ЗАО «Геоакустика» и предоставленный ИМГиГ ДВО РАН в рамках совместных исследований. Проведен анализ сигналов, принимаемых одновременно разными системами регистрации. Среди них выявлены сейсмические сигналы от землетрясений, импульсы с частотой до 100 Гц и более высокочастотные геоакустические сигналы, регистрируемые ранее системой разнесенных гидрофонов в ИКИР ДВО РАН.

2.11 Оценки характеристик облачной стены глаза тайфунов по данным всемирной сети локализации молний

Пермяков М.С.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва
Дальневосточного отделения Российской Академии Наук,
Дальневосточный Федеральный Университет*

В работе по данным Всемирной сети локализации молний (WWLLN) проведен анализ структуры полей молниевых разрядов в центральной области тропических циклонов (ТЦ) северо-западной части Тихого океана в период с 2011 по 2015 гг. Молниевая активность в центральной области ТЦ начинает

появляться на стадии депрессии. Во всех супертайфунах на стадии тайфуна за день или за два дня до максимального развития в полях разрядов четко выделяются структуры в виде колец или частей кольцевых структур. Они связываются с глубокой влажной конвекцией в облачной стене глаза тайфунов в области максимальных ветров. Приводятся характеристики этих колец (координаты центра, радиус и ширина), а также оценки по ним положения центра тайфунов и скоростей их перемещения, которые сравниваются с оценками из архивов Американского Центра штормового предупреждения (JTWC) и Японского Метеорологического Агентства (JMA).

2.12 Параллельные адаптивные методы разреженной аппроксимации для анализа геоакустических импульсов

*Ким А.А.^{1,2}, Луковенкова О.О.^{1,2}, Маратулец Ю.В.¹,
Тристанов А.Б.^{1,3}*

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

² *КамГУ им. Витуса Беринга*

³ *Калининградский технический государственный университет*

При исследовании материалов на прочность, в геофизике и при изучении сейсмического процесса широкое развитие получил пассивный акустоэмиссионный метод. В его основе лежит изучение характеристик импульсных сигналов акустической эмиссии, возникающих в результате пластической деформации твердых сред. Исследования на Камчатке показали эффективность акустоэмиссионного метода для мониторинга акустических возмущений, возникающих в звуковом диапазоне частот при активизации деформации осадочных пород на заключительной стадии подготовки сейсмических событий. Такая эмиссия получила название геоакустической, а ее возмущения часто выступают в качестве оперативных предвестников землетрясений. Геоакустические импульсы характеризуются сложной внутренней структурой, большим разнообразием временных форм, сильной зашумленностью и короткой длительностью. Применяемые для анализа подобных сигналов

в других научных областях классические частотно-временные методы не дают хороших результатов. Авторами предложен новый подход к анализу и моделированию геоакустических сигналов на базе методов разреженной аппроксимации. Для предложенных методов разработана параллельная реализация, что позволяет производить моделирование и обработку в режиме реального времени.

2.13 Прогнозирование геомагнитных индексов при помощи искусственных нейронных сетей

Мяжкова И.Н., Доленко С.А.

НИИ ядерной физики имени Д.В.Скобельцына, МГУ имени М.В. Ломоносова

В работе приводятся результаты прогнозирования значений геомагнитных индексов Ap, Kp и Dst, характеризующих состояние земной магнитосферы, полученные с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС), с разными горизонтами прогноза. Прогнозы выполнены на основе многомерных временных рядов, включающих в себя значения прогнозируемых индексов, а также данные о параметрах солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, за несколько последних суток.

Исследование выполнено за счет гранта Российского Научного Фонда (проект номер 16-17-00098).

2.14 Результаты обработки данных радарной интерферометрии за 2016 год по территории южной Камчатки

Ларионов И.А.¹, Пережогин А.С.^{1,2}

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

² *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Россия*

В задачах геофизического мониторинга в сейсмоактивных областях большое внимание уделяется геодеформационным процессам в земной коре. Точечные наблюдения смещений земной коры с помощью GPS-измерений, лазерных интерферометров дает лишь возможность проанализировать динамику во времени без возможности экстраполяции на смежные участки. В связи с этим большой интерес представляет применение технологии радарной интерферометрии для оценки смещений земной поверхности. В докладе рассматриваются результаты обработки радарных данных спутника Sentinel-1A. Получены несколько качественных интерферометрических пар за период с июня по октябрь 2016. Высокий коэффициент когерентности наблюдается на открытых участках в окрестности вулканических построек и прилегающих территориях, а так же на западном побережье Камчатки, где отсутствует высокая растительность. Основным фактором существенно снижающим когерентность изображений является лесной покров. Обсуждается вопрос о возможности оценки смещения поверхности для участков с высоким коэффициентом когерентности.

2.15 Символьные вычисления в моделировании гидромагнитного динамо

Водинчар Г.М.^{1,2}, Фещенко Л.К.¹

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

² *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Россия*

Исследование задач динамо планет и звезд часто проводят с использованием тех или иных методов взвешенных невязок. В этих методах поля разлагаются в комбинации стационарных мод с зависящими от времени амплитудами.

Построение модели динамо включает в себя отбор мод, а затем составление динамической системы для амплитуд. Данная система является квадратично-нелинейной с постоянными коэффициентами. Сами коэффициенты вычисляются как объемные интегралы от различных мультипликативных комбинаций базисных мод и вектор-оператора ∇ . Число интегралов растет пропорционально третьей степени количества мод, поэтому их расчет возможен только с использованием вычислительной техники.

Для вычисления коэффициентов удобно использовать системы символьных вычисления, поскольку интегрирование по поверхности сферы проводится аналитически, и только интегрирование в радиальном направлении требует привлечения численных методов. Для решения описанных задач была разработана единая технология в системе компьютерной алгебры Maple. Реализующий ее комплекс программ включает модули расчета мод свободных колебаний жидкости и собственных мод диссипации магнитного поля, программы расчета ашпроксимаций мод свободных колебаний во вращающейся оболочке, программы расчета коэффициентов и автоматического составления динамических систем магнитогидродинамической конвекции в сферически оболочках с различными вариантами граничных условий.

2.16 Анализ ионосферных параметров в программной системе «Ауугога»

Полозов Ю.А., Фетисова Н.В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе представлены методы моделирования и анализа ионосферных параметров, реализованные в программной системе комплексного анализа геофизических параметров «Ауугога». Методы позволяют анализировать характерные изменения параметров ионосферы и выделять аномальные особенности в периоды ионосферных возмущений. Параметры реализующих алгоритмов адаптированы для анализа данных ионосферы станции «Паратунка» (Камчатка), а также, по результатам оценок (анализировались данные станций Якутск, Гаконга и др.), методы могут быть применены для области средних широт. Система реализована в открытом доступе (<http://aurorasasa.ikir.ru:8580>).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-11-00194.

2.17 Совместный анализ параметров ионосферы и данных космических лучей в периоды магнитных бурь 2015г

Мандрикова О.В., Полозов Ю.А., Залаяев Т.Л.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе выполнен совместный анализ ионосферных параметров и данных космических лучей в периоды сильных магнитных бурь 2015г. Анализ основан на применении вейвлет-преобразования и нейронных сетей. Накануне магнитных бурь выделены аномальные изменения в данных, которые, вероятно связаны с приближающимися событиями. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект №14-11-00194.

2.18 Сопоставление теплового поля земной коры Северного Тянь-Шаня с особенностями сейсмического режима

Жантаев Ж.Ш., Виляев А.В.

*Национальный центр космических исследований и технологий,
Институт ионосферы, Казахстан*

Обобщены и систематизированы данные о параметрах теплового поля земной коры Северного Тянь-Шаня. Использован экспериментальный материал о физических свойствах горных пород, прямые определения теплового потока на поверхности и корреляционные соотношения геотермических параметров с сейсмическими скоростями. Выявлены закономерности распределения теплогенерирующих элементов с глубиной, составлены объемные 3D модели. Структура теплового потока изучена разложением наблюдаемой на поверхности величины на коровую (радиогенную) и мантийную (глубинную). Для расчета температур применен метод численного моделирования решения трехмерного уравнения кондуктивного теплопереноса с начальными и граничными условиями и с учетом дополнительных источников радиогенного тепла. Установлено наличие высокотемпературных областей на глубинах 35-60 км с величинами температур на 100-250 С выше солидуса, что может привести к частичному плавлению горных пород. Рассчитано поле термоупругих деформаций, достигающих от 20 до 40 процентов от общего литостатического давления. Выделены области земной коры, в которых породы находятся в условиях температурных нагрузок превышающих их критическую прочность. Выполнен сравнительный анализ с проявлениями сейсмической активности территории. По морфологии областей аномальных температур и термонапряжений определены критерии контролирующие распределение гипоцентров землетрясений.

2.19 Фрактальные модели сейсмоакустической и электромагнитной активности

Шевцов Б.М., Шереметьева О.В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Статистические модели сейсмоакустической и электромагнитной активности, обусловленной деформационными возмущениями, рассмотрены на основе составного процесса Пуассона и его фрактальных обобщений. Также используются волновые представления этих процессов. Обсуждается пять режимов деформационной активности и их роль в понимании природы предвестников землетрясений.

2.20 Фрактальные свойства изменчивости геофизических полей на примере гидрохимических показателей

Шевцов Б.М.¹, Шевцова О.В.²

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

² *Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Россия*

С использованием свойств составного процесса Пуассона и его фрактальных обобщений рассмотрены статистические модели изменчивости геофизических полей на примере системы гидрохимических показателей. Эти модели обладают универсальностью, необходимой для описания объектов различной природы, и позволяют объяснить различные режимы пульсаций. Обсуждаются проявления неконсервативности в системе гидрохимических показателей и преимущества системного подхода в описании изменчивости геофизических полей.

2.21 Эволюция электрочувствительности деформационных процессов в геосреде (на примере БГП).

Сычев В.Н.¹, Богомолов Л.М.², Сычева Н.А.¹

¹ *Научная станция РАН в г. Бишкеке, Киргизия*

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

Случай воздействий на геосреду электромагнитных импульсов, генерируемых при пусках геофизических МГД - генераторов, анализировался в работах Тарасова Н.Т. с соавторами из ИФЗ РАН и ОИВТ РАН [Тарасов, 1997]. В этом случае обнаруженный после проведения электрозондирований прирост сейсмичности на территории Гармского и Бишкекского полигонов также происходил за счет увеличения количества слабых событий. В работах группы авторов из Научной станции РАН в г. Бишкеке (НС РАН) [Сычев и др., 2010] получен аналогичный по смыслу результат, суть которого — триггерное влияние на локальную сейсмичность электромагнитных импульсов зондирующих токовых импульсов установки ЭРГУ-600-2, применяемого в настоящее время вместо МГД-генераторов. По данным этих работ, отклик на дополнительное внешнее воздействие в виде кратковременного прироста суточного числа слабых землетрясений (событий 7-9 класса) наступает с задержкой в несколько (от 5 до 7) суток. Активация происходит, в основном, за счет событий, гипоцентры которых находятся на глубинах 5-15 км и попадают внутрь площади ближайших к источнику зон с повышенной естественной сейсмичностью. Эффект прироста активности на 5-7 сутки в некоторые периоды эксперимента превышал уровень 2 СКО, а для откликов с меньшими задержками эффект оценен на уровне значимости 1 СКО. Другие же авторы [Смирнов, Завьялов, 2012] отмечают, что активация происходит в более короткий период — 35 часов. Следует отметить, что при обработке учитывался короткий интервал времени: либо пуски МГД-генератора (1983-1998 гг.), либо дополнительные зондирования однополярными импульсами (2000-2005 гг.). В связи с этим в докладе вновь анализируется вопрос о воздействии на сейсмический режим импульсов тока, которые генерировались разными источниками, но подавались на один и тоже возбуждающий диполь в течение всего

времени его использования на Бишкекском геодинамическом полигоне с 1983 по 2017 гг.

Литература.

1. Смирнов В.Б., Завьялов А.Д., К вопросу о сейсмическом отклике на электромагнитное зондирование литосферы Земли // Физика Земли. 2012 №7-8. С. 63-88.
2. Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Рыбин А.К., Сычева Н.А. Влияние электромагнитных зондирований земной коры на сейсмический режим территории Бишкекского геодинамического полигона // Триггерные эффекты в геосистемах / Под ред. Адушкина В.В. и Кочаряна Г.Г. М.: ГЕОС. 2010. С. 316-326.
3. Тарасов Н.Т. Изменение сейсмичности коры при электрическом воздействии // Докл. РАН. 1997. Т. 353. №4. С. 542-545.

2.22 Электромагнитные и акустические излучения перед камчатским землетрясением

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

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Наиболее вероятной причиной возникновения одновременных аномальных излучений в различных по своей природе электромагнитном и акустическом полях является активизация деформационных процессов при подготовке сильных землетрясений. Для подтверждения этого на Камчатке проведены одновременные наблюдения электромагнитных сигналов и акустической эмиссии в диапазоне частот от 0.1 Гц до 11 кГц [1]. В результате эксперимента были зарегистрированы всплески излучений, появившиеся примерно за 24 часа перед сейсмическим событием с $M_{LH}=5.4$ и не наблюдающиеся в другие дни в этот период времени суток в августе - сентябре 2013 г.

1. Дружин Г.И., Марапулец Ю.В., Чернева Н.В., Исаев А.Ю., Солодчук А.А. Акустические и электромагнитные излучения перед землетрясением на Камчатке // Доклады академии наук, 2017, том 472, №5, с. 584-589.

2.23 Применение комплекса «Sensor signal analysis network» для распределенного синхронизированного по времени анализа электромагнитных излучений

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

В работе рассматривается разрабатываемый программно-аппаратный комплекс «Sensor signal analysis network» для распределенного синхронизированного по времени анализа электромагнитных излучений. Приводятся области применения и основные особенности комплекса. Рассматривается пример использования комплекса для мониторинга источников естественного электромагнитного излучения по данным регистрации в ОНЧ диапазоне. Предлагается обобщенная функциональная схема потокового анализа сигналов функциональным узлом комплекса и рассматривается ее применение для потокового распознавания атмосфериков, вистлеров и твиков.

3 Физика предвестников землетрясений

3.1 Вариации фонового сейсмического шума на стадиях подготовки сильных землетрясений Камчатки 2013-2016 гг.

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

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

² *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской
академии наук*

Представлены результаты исследования вариаций фонового сейсмического шума (ФСШ) на Камчатке с использованием метода, предложенного д.ф.-м.н. А.А. Любушиным, и данных от сети широкополосных сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН (всего 21 станция). В качестве параметров ФСШ использовались среднесуточные величины параметров мульти-фрактальных спектров сингулярности 1-минутных рядов шума, рассчитанные для каждой станции, - обобщенного показателя Херста и ширины носителя спектра сингулярности, а также вейвлетной спектральной экспоненты и минимальной нормализованной энтропии вейвлет-коэффициентов шума. Выводы по изменчивости поля ФСШ сделаны с помощью набора карт пространственно-временного распределения статистик шума и графиков изменения медианных значений статистик, оцениваемых по всем станциям на временных масштабах от одних суток до 6-ти месяцев. Также выполнен анализ когерентного поведения временных рядов рассматриваемых статистик ФСШ. При этом методика включала разбиение сети на группы станций с учетом берегового эффекта, конфигурации сети (северная, центральная и южная группы), основных тектонических структур Камчатки и построение временных рядов медианных значений параметров шума от каждой группы станций. Затем строились и анализировались частотно-временные диаграммы эволюции спектральной меры когерентного поведения 4-хмерного ряда параметров шума для выделения интервалов времени и частотных полос проявления максимальных значений, показывающих увеличение когерентности в изменениях всех статистик шума. Обнаружено, что за 3-6 месяцев

перед сильными местными землетрясениями 28 февраля 2013 г., $M=6.8$; 24 мая 2013 г., $M=8.3$; 30.01.2016 г., $M=7.2$ наблюдались закономерные изменения шума статистических параметров шума. Для всей сети станций максимальный эффект повышенной когерентности в диапазоне периодов 4-5.5 сут соответствует времени подготовки и реализации двух сильных землетрясений 2013 г. При этом для северной группы станций эффекты повышенной когерентности в изменениях ФСШ не наблюдались; для центральной группы станций выделяются всплески когерентности на интервалах времени, соответствующих времени подготовки и реализации сейсмической активизации 2013 г. и землетрясению 2016 г.; для южной группы станций выделены слабые всплески повышенной когерентности на интервале времени с середины ноября 2012 по конец июня 2015 гг. Характер поведения рассматриваемых параметров ФСШ перед камчатскими землетрясениями в общем виде соответствует их вариациям в периоды подготовки землетрясений Японии с $M=8.3-9.0$.

3.2 Выделение предвестниковых аномалий методом айгеноскопии Жупановского землетрясения 30 января 2016 г. с $M_W=7.2$ и глубиной очага 171 км (Камчатка)

*Фирстов П.П.¹, Исакевич Д.В.^{2,3}, Исакевич В.В.^{2,3},
Грунская Л.В.³, Макаров Е.О.¹, Будилов Д.И.¹*

¹ *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

² *ООО БизнесСофтСервис, г. Владимир, Россия*

³ *Владимирский государственный университет, г. Владимир, Россия*

Рассмотрено применение методики айгеноскопии для анализа коллективного поведения временных рядов почвенного радона с целью выявления предвестниковых аномалий перед глубоким Жупановским землетрясением с $M=7.2$. Айгеноскоп (от англ. «eigenvector» - собственный вектор) или «анализатор собственных векторов и компонент сигнала» является виртуальным прибором, позволяющим

выделять реперные точки коллективного поведения в многомерных временных рядах. Рассмотрены многомерные временные ряды (01.08.2015 г. - 17.02.2016 г.), полученные на сети пунктов мониторинга подпочвенного радона Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона. Перед глубоким землетрясением с $M = 7.2$, произошедшим на удалении 120 км от пункта регистрации, с помощью метода айгеноскопии в динамике почвенного радона уверенно выделились реперные точки, которые могут рассматриваться как предвестниковые аномалии.

3.3 Информационный подход к анализу акустических и электромагнитных сигналов

*Сенкевич Ю.И.¹, Мищенко М.А.¹, Ларионов И.А.¹,
Солодчук А.А.¹, Дюк В.А.²*

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

² *Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Россия*

Рассматривается гипотеза о связи акустических и электромагнитных явлений, вызванных сейсмической активностью земной коры. В ИКИР накоплены архивы данных мониторинга таких сигналов, на основании которых делается попытка выделения в них общих закономерностей. Акустический и электромагнитный сигналы являются нелинейными и нестационарными по своей природе. По этой причине статистический подход к анализу свойств таких сигналов и обнаружение связи между ними вызывает значительные трудности. В качестве альтернативного подхода представлен информационный подход к поиску закономерности и связи в рассматриваемых сигналах. Связь между явлениями устанавливается через выделение последовательностей взаимосвязанных событий. Под событиями понимается зафиксированные во времени изменения характеристик анализируемых сигналов. Записывается объект, который ретроспективно связан с определенным фактом подтвержденного сейсмического явления. Совокупность записанных объектов подвергается лингвистической обработке. В результате создаются кластеры близких по лингвистической

структуре. Представлены результаты сравнительного анализа статистического и информационного подходов.

3.4 Использование технологии «Интернета вещей» для мониторинга предвестников землетрясений

Лазарева О.Д., Чукин В.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Россия

Для многих регионов земного шара, на территории которых располагаются сейсмически активные зоны, актуальна разработка методики, позволяющей точно определить силу, эпицентр и временной диапазон сейсмической активности. Обнаружение предвестников землетрясений поможет предотвратить большое количество человеческих жертв, а также сократит влияние разрушений, вызванных землетрясениями, на все сферы жизни.

Многочисленные наземные и спутниковые наблюдения показали, что в периоды, предшествующие сильным сейсмическим событиям, регистрируются возмущения электронной концентрации ионосферы над областью эпицентра. Выявление предвестников землетрясения выполняется с помощью фиксирования отклонений полного электронного содержания (ПЭС) относительно усредненных значений электронной концентрации. Один из известных методов мониторинга ионосферы основывается на использовании наземной регистрации радиосигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и последующего определения ПЭС ионосферы на основе обработки кодовых и фазовых измерений задержки радиосигнала. Сравнение полученных значений с параметрами «спокойной» ионосферы позволяет делать выводы о предстоящей в ближайшие часы сейсмической обстановке.

Использование технологии «Интернета вещей» для сбора информации с множества ГНСС-приемников, подключенных к сети Интернет, дает уникальную возможность получать оперативную информацию о распределении ПЭС с высоким пространственным разрешением для выявления эпицентра готовящегося землетрясения. Возможность создания густой измерительной сети достигается

за счет создания дешевых ГНСС-приемников на основе платформы Arduino, состоящей из печатной платы с микроконтроллером и подключенным дополнительным ГНСС модулем. Определение ионосферной задержки радиосигнала и расчет ПЭС ионосферы осуществляются непосредственно в ГНСС-приемнике. Результаты передаются по беспроводному каналу связи через глобальную сеть Интернет на специализированный сервер, где происходит построение карт ПЭС ионосферы и выявление предвестников землетрясений.

3.5 Исследование вариаций отношения электрической компоненты к магнитной, сигналов грозовых разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений

Аргунов В.В., Корсаков А.А.

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

Под предвестниками землетрясений понимаются выделяющиеся различные явления, которые можно заметить и зарегистрировать перед землетрясением. В период подготовки землетрясения и во время самого события наблюдаются ионосферные возмущения над областью эпицентра. В достаточно большом количестве работ показано, что вариации амплитуды и фазы сигналов низкочастотных радиопередатчиков, наблюдаемых за несколько дней до землетрясений, могут быть использованы в качестве предвестников землетрясений. Для радиопросвечивания сейсмически возмущенных областей нижней ионосферы могут быть использованы и естественные электромагнитные сигналы грозовых источников - атмосферники. Несмотря на нестационарность потока атмосфериков в вариациях их средней амплитуды, регистрируются эффекты, которые могут быть связаны с последующими землетрясениями. В ходе исследований был установлен еще один фактор, связанный с изменениями характеристик сигналов грозовых разрядов под воздействием сейсмических событий. Усиление амплитуды атмосфериков, распространяющихся над эпицентром землетрясений, отражает вариации параметров нижней ионосферы, происходящих

под воздействием сейсмических процессов. Обычно рассматривается повышение концентрации электронов, что может трактоваться как повышение коэффициента отражения волн. Если рассматривать трассы средней протяженности (2000 - 4000 км) с небольшим числом отражений волн от ионосферы (реально следует рассматривать волновой механизм распространения), то с учетом граничных условий можно ожидать, что сейсмические процессы в период подготовки землетрясений должны проявляться не только в вариациях амплитуды атмосфериков, но и в изменении отношения составляющих поля радиоволны: вертикальной электрической (регистрируется вертикальной штыревой антенной в эксперименте) к горизонтальной магнитной (регистрируется двумя скрещенными рамочными антеннами). Действительно, в период предвестника происходит изменение проводимости (концентрации электронов в ионосфере) и комплексной диэлектрической проницаемости среды, возможно и изменение отношения принимаемых компонент поля атмосфериков (предполагая, что импеданс подстилающей поверхности в пункте приема не изменяется за время наблюдения сейсмозффектов). Для проверки такой возможности наряду с амплитудой атмосфериков анализировалось отношение напряжения, снимаемого с вертикальной электрической антенны к суммарному напряжению, снимаемому с горизонтальных магнитных антенн. Перед началом измерений дальних атмосфериков коэффициенты усиления измерительных трактов устанавливались таким образом, чтобы отношение напряжений было равно 1.

3.6 Модель переноса радона в пористом грунтовом слое конечной мощности

Паровик Р.И.

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

Математическое моделирование процессов переноса радона (^{222}Rn) является актуальной задачей в силу различных приложений. Одним из таких приложений является изучение предвестников сильных землетрясений с целью их возможного прогнозирования [1,2]. В этих работах показано, что радон является индикатором

напряженно-деформированного состояния геосреды и наблюдаются его отклики в поле подпочвенного радона в виде различных аномалий.

Математическое моделирование процессов переноса радона рассматривается в рамках эманационного метода, который подробно изложен в работах [3,4]. Как правило, основной вклад в механизм переноса Rn , вносят процессы диффузии и адвекции, однако на миграционную способность Rn влияют метеорологические условия, дебит грунтовых вод, эффузия, геологических параметров и свойства геосреды и т.д. [3,5]. Поэтому математическая модель переноса Rn в геосреде принимается с некоторыми допущениями.

В работе мы будем предполагать, что нестационарный перенос Rn осуществляется в однородном слое пористого грунта только за счет диффузионно-адвективного механизма, также считаем, что влияние метеоусловий на процесс переноса Rn незначительно и им можно пренебречь.

С помощью интегрального преобразования Лапласа и численного его обращения получено решение модели нестационарной диффузии-адвекции радона и построены кривые распределения радона.

Список литературы

1. Рудаков В.П. Мониторинг напряженно-деформированного состояния пород сейсмоактивного региона эманационным методом // Геохимия. 1986. № 9. С. 1337-1342.
2. Фирстов П.П., Рудаков В.П. Результаты регистрации подпочвенного радона в 1997-2000 гг. на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне // Вулканология и сейсмология. 2002. № 6. С. 1-16.
3. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. Л: Недра, 1989. 407 с.
4. Паровик Р.И. Математические модели классической теории эманационного метода. Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2014. 128 с.
5. Yakovleva V.S., Nagorsky P.M., Kondratyeva A.G., Mishina N.V. The influence of meteorological parameters and other factors on soil radon dynamics. Innovative Technologies in Engineering VII International Scientific Practical Conference. Conference Proceedings. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. С. 12051.

3.7 Неравномерность распределения сейсмических событий по времени суток и сейсмоионосферные связи

*Богомолов Л.М.¹, Воронина Т.Е.², Каменев П.А.¹,
Закупин А.С.¹, Сычева Н.А.³, Сычев В.Н.³*

¹ ИМГиГ ДВО РАН

² СФ ЕГС РАН

³ ИС РАН

Ранее неоднородность суточных распределений сейсмических событий анализировалась в ряде работ, хотя механизмы удивительной синхронизаций максимумов и минимумов с локальным временем практически не обсуждались. В докладе предпринята попытка проследить некоторые элементы сейсмоионосферных связей, которые определяют корреляции суточных распределений сейсмичности со сменой светлого и темного времени суток, а не с фазой лунно-солнечных приливов. Для ионосферы хорошо известны значительные изменения параметров и возбуждение внутренних и акустико гравитационных волн при переходе через солнечный терминатор. Такие волны и связанные с ними градиенты давления могут вносить вклад в перенос импульса через атмосферу, что в конечном итоге проявляется как сейсмоионосферные связи. В докладе также детализируются и особенности суточных распределений сейсмичности на примере Сахалин-Курильского региона и Центральной Азии. Для анализа использован новый программный комплекс Seis-ASZ (автор А.С. Закупин). Показано, что неравномерность суточных распределений определяется вкладом событий наименьших энергий (но в пределах представительных классов). Для событий промежуточных классов неоднородность уменьшается, или исчезает совсем. Характерный параметр - отношение числа событий в темное и светлое время суток - эволюционируют со временем. Временная зависимость этого параметра отличается от хода зависимости параметра модуляции сейсмичности лунно-солнечными приливами, LURR (Load- Unload Response Ratio).

3.8 О некоторых особенностях сигналов геоакустической эмиссии перед землетрясениями

Щербина А.О.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Выполнен анализ амплитуд и направлений приходов сигналов геоакустической эмиссии в фоновые периоды и во время подготовки землетрясений. Установлено, что в ходе активизации сейсмических процессов наблюдается перераспределение направлений, с которых регистрируются геоакустические импульсы с большой амплитудой. Показано, что анизотропия направленности геоакустической эмиссии растет с увеличением амплитуды геоакустических импульсов. Произведена оценка радиуса зоны проявления предвестников с использованием метода наложения эпох. По итогам анализа более чем 2600 землетрясений, произошедших за период с 01.01.2008 по 01.09.2016, установлено, что аномальное поведение геоакустической эмиссии наблюдается на расстояниях, больших чем можно определить по формуле, предложенной И. П. Добровольским, на 25% для импульсных геоакустических сигналов и на 65% - для интегральных.

3.9 Особенности проявления предвестников сильных землетрясений (по данным наблюдений на Камчатке)

Копылова Г.Н.

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

Рассматриваются закономерности проявления гидрогеологических и других видов среднесрочных предвестников перед сильными ($M=6.6-8.3$) землетрясениями, произошедшими на эпицентральных расстояниях до первых сотен км. Наиболее выраженной особенностью в проявлении комплекса предвестников является увеличение их числа с ростом магнитуды землетрясения. Такое свойство

предвестников может использоваться в практике сейсмического прогнозирования для оценки времени возникновения сильных землетрясений, несмотря на малую надежность отдельных видов предвестников. Обсуждаются гипотетические механизмы образования предвестников (деформационный, флюидодинамический, комплексный) с учетом особенностей изменения временных рядов наблюдаемых параметров, их корреляционных связей и использования обобщенных статистических параметров, характеризующих различные свойства экспериментальных данных.

3.10 Оценка практической значимости смены сезонов в возникновении сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений

Серафимова Ю.К.

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

На примере Курило-Камчатского региона исследуется внутригодовое распределение сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений по временам года (сезонам). Особенностью методического подхода является использование астрономических времен года, которые определяются датами солнцестояния и равноденствия. На основе анализа распределения сильных землетрясений Камчатки и Курильских островов за период 1962-2012 гг. в зависимости от фаз астрономических сезонов показано, что переходы от осени к зиме и, в меньшей степени, от весны к лету можно рассматривать как фактор, обуславливающий повышенную частоту их возникновения. Практическое использование установленной связи между определенными фазами астрономических сезонов и возникновением сильных землетрясений при прогнозировании сейсмической активности предполагает оценку ее статистической значимости. Для каждой выборки землетрясений с учетом их энергетических параметров и для каждой из рассматриваемых смен сезонов (осень-зима, зима-весна, весна-лето и лето-осень) анализировалось соответствие наличия или отсутствия прогностического признака «смена сезона» произошедшим землетрясениям. За меру эффективности использования сейсмопрогностического признака принималось отношение числа «опасных» диапа-

зонов фаз, в течение которых происходили землетрясения, к числу диапазонов, в которых ожидаются землетрясения, возникающие случайным образом. Для Камчатки показан рост величины эффективности признака «смена сезона» при переходе от осени к зиме, «опасный» диапазон фаз соответствует периоду времени с 04 декабря по 08 января. В 2013-2016 гг. на Камчатке произошли более 20 землетрясений с ($M \geq 6.0$), при этом 40% из них были приурочены к «опасным» диапазонам фаз, соответствующих прогнозируемому признаку «смена сезонов». Повторный анализ распределения сильных землетрясений Камчатки за период 1962-2016 гг. в зависимости от фаз астрономических сезонов и оценка его статистической значимости подтвердили сделанные ранее выводы о практической полезности признака «смена сезона» при прогнозировании усиления сейсмической активности, несмотря на то, что его величина эффективности при переходе от осени к зиме уменьшилась примерно на 20%. Вместе с тем, дополнительно были выявлены статистически значимые интервалы, предшествующие «опасному» диапазону фаз «смена сезонов», которые соответствуют периодам 15 мая-03 июня и 15 ноября-03 декабря. Для землетрясений из района Курильских островов использование признака «смена сезонов» не приводит к повышению эффективности в прогнозировании времени их возникновения.

3.11 Оценка эффективности прогноза землетрясений на основе анализа параметров ионосферы

Богданов В.В., Павлов А.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Рассмотрена методика краткосрочного прогноза сильных землетрясений, в которой в качестве предвестника рассматривается превышение текущих значений критической частоты f_0F_2 ионосферного слоя F_2 над медианными значениями в периоды возмущённого состояния магнитосферы. Проведена оценка надёжности и достоверности предвестника, а также оценена эффективность

предвестника по методикам А.А. Гусева и Г.М. Молчана за период 2009-2016 гг. В качестве прогнозируемых землетрясений рассматривались землетрясения с магнитудами $M \geq 5.0$, произошедших в пределах зоны проявления предвестника, определяемой радиусом Добровольского. Показано, что наилучшую прогностическую эффективность рассматриваемый предвестник имеет для сейсмических событий с магнитудой $M \geq 6.5$.

3.12 Электромагнитное проявление литосферных возмущений

Уваров В.Н.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия

Кратко проанализированы механизмы, ответственные за электромагнитный отклик механических возмущений породы. Наличие этих механизмов определяет существование электромагнитных спутников акустосейсмическим возмущениям коры, в частности, существование акустосейсмоэлектромагнитных волн - электромагнитных спутников акустосейсмическим возмущениям. Продемонстрировано наличие электромагнитных откликов литосферного происхождения в естественном электромагнитном фоновом излучении Земли. Обнаружены устойчивые отклики естественного электромагнитного поля Земли на землетрясения.

3.13 Методика оперативного контроля сейсмической обстановки в заданном районе

Черный С.Э., Ефременко А.Н., Канарский И.Д., Подчасский А.С.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Решение задачи по оцениванию сейсмической опасности в конкретном районе и в заданный промежуток времени Δt представляет практический интерес. Авторами предложен метод решения данной задачи на основе анализа временного хода сейсмичности по накопленной сеймотектонической деформации земной коры. Выбор

этого метода обусловлен тем, что временной ход накопления «высвобожденной» деформации земной коры физически обоснован и, в среднем, наиболее полно отражает особенности развития сейсмических процессов и процессов подготовки сильных землетрясений. Доля упругих напряжений коры $\varepsilon(\Delta t)$, превратившихся в неупругую деформацию (разрыв сплошности пород) за счет возникших за время Δt землетрясений в некоторой области с объемом V , определяется соотношением:

$$\varepsilon(\Delta t) = 1/2\mu V \cdot \sum_{i=1}^n M_{0i},$$

где $\varepsilon(\Delta t)$ - доля упругих напряжений земной коры, высвобожденных землетрясениями в виде деформации некоторой её области за время Δt , [$\varepsilon \cdot 10^{-8}$]; n - число землетрясений, прошедших в области за время Δt ; μ - модуль сдвига горных пород, [H/m^2]; V - объем области, подвергшейся деформированию, [m^3]; M_{0i} - скалярный момент i -го землетрясения, [Н·м].

Слежение за деформацией земной коры в заданном районе предлагается осуществлять путём расчета и анализа значений, полученных на основе приведенного выше соотношения, а также параметров сеймотектонической деформации, фоновых значений скорости сеймотектонической деформации и отношений скоростей сеймотектонической деформации за разные периоды времени. Сейсмическая активность оценивается в различные промежутки времени в каждой из K -зон ($j = 1 \div K$), площадью 1000 км^2 , на которые разбит исследуемый район. Экспертные оценки значений этих параметров, базирующиеся на экспериментальных данных, позволяют определять их граничные рамки ($X_{1 \div m}^{gr}$), разделяющие условия сейсмической обстановки по каждому из исследуемых параметров на «опасные», «допустимые» и «безопасные». Комплексация полученных оценок параметров $X_{1 \div m}$ осуществляется с использованием процедуры их нормирования и осреднения по правилам нечеткой логики. В результате выделяются области в рассматриваемом районе с различной степенью сейсмической опасности. Данная методика при наличии архивной и текущей информации о сейсмических событиях позволяет оценивать сейсмическую обстановку в реальном масштабе времени. Испытания методики показали приемлемые результаты при сравнении с данными сейсмического районирования в РФ (СССР).

3.14 О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности. Вступление Земли в новую фазу уменьшения угловой скорости вращения

Сасорова Е.В.¹, Левин Б.В.^{2,1}

¹ *Институт Океанологии РАН, Москва*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск*

Известно, что сейсмическая активность (СА) Земли нестабильна во времени, так и в пространстве. Периоды усиления (СА) сменяются периодами ее спада. Цель работы состоит в установлении связи временных закономерностей в распределениях плотности сейсмических событий с вариациями угловой скорости вращения Земли. Использовались временные ряды по вариациям угловой скорости вращения Земли (v) длительностью 296 лет (на основе базы данных IERS и работ [McCarthy и Babcock, 1986; Morrison, 1973]) и данные сейсмических наблюдений за тот же период (скомпилированные на основе двух подмножеств каталогов NEIC, выбирались события с $M \geq 7.5$). Показано, что для низкочастотных составляющих временных рядов по угловой скорости вращения (V_n , с периодами от 124 до 19 лет) уменьшение величины v (торможение) сопровождается увеличением плотности сейсмических событий. Локальные минимумы значения V_n совпадают с максимумами (СА), увеличение значений v (ускорение) сопровождается уменьшением плотности событий. Минимумы СА соответствуют стадиям увеличения угловой скорости. Совместный анализ динамики СА и значений V_n показал, что длительность временного интервала между соседними локальными минимумами значений V_n и, соответственно, между локальными максимумами СА не является постоянной во времени. Она колеблется от 18 до 41 года. С 2005 по 2013 год наблюдалось увеличение значений V_n , а со второй половины 2014 года и по настоящее время наблюдается снижение V_n . В настоящее время Земля вступает в новый этап торможения. Согласно работе [Левин, Сасорова, 2015], новая фаза торможения может сопровождаться увеличением

СА в ближайшие несколько лет. Признаки роста сейсмической активности отмечались, как на глобальном уровне (увеличение числа событий с $M \geq 7.5$ до 2016 года по данным NEIC), так и на региональном уровне. Количество сейсмических событий с $M \geq 5$ и $M \geq 6$ в Японии и Новой Зеландии начинает расти с 2015 года (в Италии и Индонезии с 2016 года).

Грант No 16-05-00089 «Влияние низкочастотных и высокочастотных составляющих вариации скорости вращения Земли на динамику ее сейсмической активности в глобальном и региональном масштабе.»

Авторский указатель

- Абзалетдинова Л.М., 11
Агранат И.В., 9, 16
Аммосов П.П., 19
Аммосова А.М., 19
Аргунов В.В., 52
Баишев Д.Г., 27
Белов С.Ю., 20
Белова И.Н., 20
Бернгардт О.И., 33
Бычков В.В., 17
Бочковский Д.А., 22, 23
Богданов В.В., 58
Богомоллов Л.М., 36, 44, 55
Борков Ю.Г., 21
Будилов Д.И., 49
Черемисин А.А., 15
Чернева Н.В., 7, 10, 45
Черный С.Э., 29, 59
Чукин В.В., 51
Доленко С.А., 28, 38
Дружин Г.И., 7, 45
Дюк В.А., 50
Ефременко А.Н., 59
Ермакова Т.С., 8
Федотова О.И., 13
Фещенко Л.К., 40
Фетисова Н.В., 41
Фирстов П.П., 10, 49
Гаврильева Г.А., 19
Годомская А.Н., 30
Готюр И.А., 29
Григорьев Ю.М., 11
Грунская Л.В., 49
Хомутов С.Ю., 27, 34
Исаев И.В., 28
Исакевич Д.В., 49
Исакевич В.В., 49
Иванов В.Б., 12
Каменев П.А., 55
Канарский И.Д., 59
Касимова В.А., 48
Ким А.А., 37
Колтовской И.И., 19
Копылова Г.Н., 48, 56
Корсаков А.А., 11, 19, 52
Ковалев А.А., 13
Козлов В.И., 11, 16, 19
Краснов В.М., 29
Кулешов Ю.В., 29
Кузнецов В.В., 28
Ларионов И.А., 35, 36, 39, 50
Лазарева О.Д., 51
Левин Б.В., 61
Лихтенбергер Я., 7
Луковенкова О.О., 37
Любушин А.А., 48
Макаров Е.О., 49
Мандрикова О.В., 27, 41
Марапулец Ю.В., 35, 37, 45
Маргарян В.Г., 13
Маричев В.Н., 15, 22, 23
Мыльникова А.А., 12
Мищенко М.А., 36, 50
Мочалов В.А., 7, 25, 46
Мочалова А.В., 7, 25, 46
Мягкова И.Н., 28, 38
Новиков П.В., 15
Паровик Р.И., 53
Павлов А.Ф., 13
Павлов А.Н., 15
Павлов А.В., 58
Павлов Е.А., 19
Перевалова Н.П., 33
Пережогин А.С., 17, 39

Пермяков М.С., 36
Подчасский А.С., 59
Подлесный А.В., 33
Погорельцев А.И., 8
Полозов Ю.А., 41
Сасорова Е.В., 61
Семаков Н.Н., 13
Сенкевич Ю.И., 50
Серафимова Ю.К., 57
Середкин А.С., 17
Сыгчев В.Н., 36, 44, 55
Сычева Н.А., 44, 55
Сивоконь В.П., 9, 16
Скороходов А.В., 18
Смирнов С.Э., 7
Солодчук А.А., 45, 50
Соловьев И.С., 27, 32
Сулакшина О.Н., 21
Светлов В.А., 28
Шадрина Л.П., 12
Шереметьева О.В., 30, 43
Шестаков Н.В., 33
Шевцов Б.М., 17, 43
Шевцова О.В., 43
Шевченко Г.В., 18
Щербина А.О., 56
Тарабукина Л.Д., 11, 16
Тристанов А.Б., 37
Уваров В.Н., 59
Виляев А.В., 42
Водинчар Г.М., 30, 40
Воронина Т.Е., 55
Ясюкевич Ю.В., 12
Закупин А.С., 55
Заляев Т.Л., 41
Жангаев Ж.Ш., 42

Содержание

1 Физика атмосферы	6
1.1 Мочалов В.А., Чернева Н.В., Дружин Г.И., Мочалова А.В., Лихтенбергер Я. Анализ активности вистлеров по данным наблюдений на Камчатке	7
1.2 Смирнов С.Э. Вариации атмосферного электрического поля и метеорологических параметров на Камчатке в 1997-2016 гг.	7
1.3 Ермакова Т.С., Погорельцев А.И. Влияние ЭНЮК на динамический режим внутритропической средней атмосферы	8
1.4 Агранат И.В., Сивоконь В.П. Влияние нагревных экспериментов на параметры Шумановского резонанса .	9
1.5 Фирстов П.П., Чернева Н.В. Влияние природных факторов на вариации электрического поля атмосферы на Камчатке	10
1.6 Козлов В.И., Абзалетдинова Л.М., Тарабукина Л.Д., Корсаков А.А., Григорьев Ю.М. Влияние электромагнитной обстановки на трубопроводы в Якутии . .	11
1.7 Ясюкевич Ю.В., Мыльникова А.А., Иванов В.Б. Возможности одночастотных данных GPS/GLONASS для расчета вертикального полного содержания электронов	12
1.8 Шадрина Л.П. Два типа геомагнитных бурь и связь Dst и AE индексов	12
1.9 Семаков Н.Н., Ковалев А.А., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Дипольность магнитного поля Арктики	13
1.10 Маргарян В.Г. Закономерности пространственно-временного распределения радиационного баланса земной поверхности в бассейне Аракса в Республике Армения	13
1.11 Черемисин А.А., Новиков П.В., Маричев В.Н., Павлов А.Н. Лидарные наблюдения возмущения аэрозольной компоненты атмосферы над Томском и Владивостоком после извержения вулканов в 2011 году .	15
1.12 Сивоконь В.П., Агранат И.В. Наблюдения электромагнитного излучения стенда EISCAT на Камчатке .	16

1.13	Козлов В.И., Тарабукина Л.Д. Наблюдения грозовой активности в Якутии с помощью трех радиотехнических систем регистрации молний в 2009-2016 гг.	16
1.14	Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин А.С., Шевцов Б.М. О роли возбужденных атомов в лидарных измерениях верхней атмосферы	17
1.15	Шевченко Г.В., Скороходов А.В. Облачные проявления индуцированных цунами атмосферных гравитационных волн в районе Курильских островов	18
1.16	Корсаков А.А., Козлов В.И., Аммосова А.М., Аммосов П.П., Гаврильева Г.А., Колтовской И.И., Павлов Е.А. Сезонные вариации температуры мезопаузы и амплитуды ОНЧ сигналов радиостанции Новосибирск в период 2009-2016 гг.	19
1.17	Белов С.Ю., Белова И.Н. Сравнительное исследование различных методов определения характеристик электромагнитной волны, отражённой от рассеивающего дифракционного экрана при распространении радиосигнала в канале Земля-Ионосфера в коротковолновом диапазоне радиоволн.	20
1.18	Сулакшина О.Н., Борков Ю.Г. Эмпирические уровни энергии молекулы NO в основном электронном состоянии	21
1.19	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Исследование изменчивости наполнения стратосферы фоновым аэрозолем над Томском в 2016 г. по данным лидарных наблюдений	22
1.20	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Валидация лидарных измерений температуры в стратосфере над Томском по аэрологическим и спутниковым данным за 2015 - 16 гг.	23
1.21	Маричев В.Н., Бочковский Д.А. Лидарные исследования динамики вертикального распределения температуры в стратосфере над Томском в 2016 г.	23
1.22	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Алгоритмы для изменения структуры геокосмических самоорганизующихся вопросно-ответных сенсорных сетей	25

2 Геофизические поля и их взаимодействие 26

2.1	Мандрикова О.В., Соловьев И.С., Хомутов С.Ю., Баишев Д.Г., Chandrasekhar P. Анализ магнитных данных сети наземных станций в периоды сильных магнитных бурь	27
2.2	Доленко С.А., Светлов В.А., Исаев И.В., Мягкова И.Н. Анализ состояний магнитосферы Земли при помощи алгоритма адаптивного построения иерархических нейросетевых классификаторов	28
2.3	Кузнецов В.В. Возмущения геофизических полей и квантовая механика	28
2.4	Краснов В.М., Готюр И.А., Кулешов Ю.В., Черный С.Э. Выбор оптимальных высот для регистрации отклика ионосферы на землетрясения	29
2.5	Водинчар Г.М., Годомская А.Н., Шереметьева О.В. Инверсии магнитного поля в динамической системе со стохастическими $\alpha\Omega$ -генераторами	30
2.6	Соловьев И.С. Интерактивная система анализа геомагнитных данных	32
2.7	Перевалова Н.П., Бернгардт О.И., Подлесный А.В., Шестаков Н.В. Исследование ионосферных эффектов землетрясений на больших расстояниях от эпицентров	33
2.8	Хомутов С.Ю. Комплекс магнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Паратунка» ИКИР ДВО РАН: задачи, возможности, перспективы	34
2.9	Ларионов И.А., Марапулец Ю.В. Комплексные атмосферно-литосферные наблюдения акустического излучения в пункте «Карымшина» на Камчатке	35
2.10	Мищенко М.А., Ларионов И.А., Богомолов Л.М., Сычев В.Н. Мониторинг геоакустической эмиссии осадочных пород при помощи лазерного деформографинтерферометра и трёхкомпонентного пьезоэлектрического сейсмоприёмника	36
2.11	Пермяков М.С. Оценки характеристик облачной стены глаза тайфунов по данным всемирной сети локализации молний	36
2.12	Ким А.А., Луковенкова О.О., Марапулец Ю.В., Тристанов А.Б. Параллельные адаптивные методы разреженной аппроксимации для анализа геоакустических импульсов	37

2.13	Мягкова И.Н., Доленко С.А. Прогнозирование геомагнитных индексов при помощи искусственных нейронных сетей	38
2.14	Ларионов И.А., Пережогин А.С. Результаты обработки данных радарной интерферометрии за 2016 год по территории южной Камчатки	39
2.15	Водинчар Г.М., Фещенко Л.К. Символьные вычисления в моделировании гидромагнитного динамо	40
2.16	Полозов Ю.А., Фетисова Н.В. Анализ ионосферных параметров в программной системе «Аигога»	41
2.17	Мандрикова О.В., Полозов Ю.А., Заляев Т.Л. Совместный анализ параметров ионосферы и данных космических лучей в периоды магнитных бурь 2015г	41
2.18	Жантаев Ж.Ш., Виляев А.В. Сопоставление теплового поля земной коры Северного Тянь-Шаня с особенностями сейсмического режима	42
2.19	Шевцов Б.М., Шереметьева О.В. Фрактальные модели сейсмоакустической и электромагнитной активности	43
2.20	Шевцов Б.М., Шевцова О.В. Фрактальные свойства изменчивости геофизических полей на примере гидрохимических показателей	43
2.21	Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Сычева Н.А. Эволюция электрочувствительности деформационных процессов в геосреде (на примере БГП).	44
2.22	Марапулец Ю.В., Дружин Г.И., Чернева Н.В., Солодчук А.А. Электромагнитные и акустические излучения перед камчатским землетрясением	45
2.23	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Применение комплекса «Sensor signal analysis network» для распределенного синхронизированного по времени анализа электромагнитных излучений	46
3	Физика предвестников землетрясений	47
3.1	Касимова В.А., Копылова Г.Н., Любушин А.А. Вариации фонового сейсмического шума на стадиях подготовки сильных землетрясений Камчатки 2013-2016 гг.	48

3.2	Фирстов П.П., Исакевич Д.В., Исакевич В.В., Грунская Л.В., Макаров Е.О., Будилов Д.И. Выделение предвестниковых аномалий методом айгеноскопии Жупановского землетрясения 30 января 2016 г. с $M_W=7.2$ и глубиной очага 171 км (Камчатка)	49
3.3	Сенкевич Ю.И., Мищенко М.А., Ларионов И.А., Солодчук А.А., Дюк В.А. Информационный подход к анализу акустических и электромагнитных сигналов	50
3.4	Лазарева О.Д., Чукин В.В. Использование технологии «Интернета вещей» для мониторинга предвестников землетрясений	51
3.5	Аргунов В.В., Корсаков А.А. Исследование вариаций отношения электрической компоненты к магнитной, сигналов грозовых разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений	52
3.6	Паровик Р.И. Модель переноса радона в пористом грунтовом слое конечной мощности	53
3.7	Богомоллов Л.М., Воронина Т.Е., Каменев П.А., Закупин А.С., Сычева Н.А., Сычев В.Н. Неравномерность распределения сейсмических событий по времени суток и сейсмоионосферные связи	55
3.8	Щербина А.О. О некоторых особенностях сигналов геоакустической эмиссии перед землетрясениями . . .	56
3.9	Копылова Г.Н. Особенности проявления предвестников сильных землетрясений (по данным наблюдений на Камчатке)	56
3.10	Серафимова Ю.К. Оценка практической значимости смены сезонов в возникновении сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений	57
3.11	Богданов В.В., Павлов А.В. Оценка эффективности прогноза землетрясений на основе анализа параметров ионосферы	58
3.12	Уваров В.Н. Электромагнитное проявление литосферных возмущений	59
3.13	Черный С.Э., Ефременко А.Н., Канарский И.Д., Подчасский А.С. Методика оперативного контроля сейсмической обстановки в заданном районе	59

3.14 Сасорова Е.В., Левин Б.В. О связи вариаций скорости вращения Земли и ее сейсмической активности. Вступление Земли в новую фазу уменьшения угловой скорости вращения	61
--	----

1 Atmosphere physics

1.1 Analysis of whistler activity based on observation data in Kamchatka

*Mochalov V.A., Cherneva N.V., Druzhin G.I., Mochalova A.V.,
Lichtenberger J.*

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

To collect a historical sampling of whistler events and to plot their diurnal and seasonal distributions, an algorithm was applied to detect whistlers in WAV files obtained by VLF radio signal recording from electric and magnetic antennas of IKIR FEB RAS. At «Karymshina» geophysical site, natural electromagnetic VLF radiation is continuously recorded by a multi-channel VLF detector. The receiving site is located far from industrial noises. The signals from the electric and the magnetic antennas are recorded by a professional sound board. The influence of various geophysical factors on the activity of whistlers coming to Kamchatka is considered.

1.2 Cloud manifestations of tsunami-induced atmospheric gravity waves in the area adjacent to Kuril islands

Shevchenko G.V.¹, Skorokhodov A.V.²

¹ *Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS*

² *V.E. Zuev Institute of atmospheric optics SB RAS*

In recent years, a number of studies were published in which the response of ionosphere to strong transoceanic tsunami was investigated. The basic mechanism is the generation by ocean waves of internal gravity waves in the atmosphere (IGW), their amplitude in the upper atmosphere is greatly increased due to decreasing air density, so they generate a wave response in the lower ionosphere. In addition to the indirect evidence, this scheme is confirmed by model calculations. However the direct evidence of the IGW generation by the tsunami waves has not yet been obtained. One possible way to solve this problem is connected with the study of the typical symptoms of IGW which are forming clearly identifiable on satellite images

periodic structure in the clouds. With this purpose we analyzed the Aqua MODIS and Terra MODIS satellite images of the northwestern Pacific Ocean (with a particular focus on the area of Kuril Islands) on the moments of the passage of a significant tsunami during 2009-2011. The periodic structure in the clouds were not revealed over the deep ocean, while in the area of the Kuril Islands they were discovered in the cases of Indonesian (Irian Jaya, 03.01.2009), Simushir (15.01.2009), Samoan (29.09.2009), Vanuatu (07.10.2009) and Chile (27.02.2010) tsunamis. In the case of the Tohoku tsunami of 11.03.2011 such structure was not fixed, perhaps because of the passage of satellites over the studied area during the night. For analysis of atmospheric conditions, we used the materials of upper-air soundings that are performing currently at the Kuril Islands at only one weather station in Severo-Kurilsk (Paramushir Island). Analysis of the temperature and wind speed profiles showed that the atmospheric conditions contributed to the IGW generation in the studied periods of time (the presence of a significant jet streams and temperature inversions during stable stratification). Periodic structures in the clouds were formed by cumulus clouds (with a height of the upper boundary of 500 - 1500 m) or altocumulus (2500 - 3500 m) clouds. The generation of atmospheric waves can also contribute to the presence of temperature contrasts between the surface layer of the atmosphere and the ocean surface observed in both warm and cold seasons. A significant factor is the increase in the amplitude and increase the duration of tsunami-caused oscillations in the shelf area, especially on the northern and southern flanks of the Kuril Islands, where the shelf is more extended and shallow. On the basis of the conducted analysis one can argue that tsunami-induced IGW are formed only over the coastal waters, but the possibility of their formation over the open ocean is limited, and is possible, apparently, only when a sufficiently strong events. In addition, over the ocean may be absent in atmospheric conditions conducive to the formation of periodic structures in the clouds.

1.3 Comparative research of various methods for determining the characteristics of an electromagnetic wave reflected from a scattering diffraction screen in the propagation of a radio signal in the Earth-Ionosphere channel in the short-wave range of radio waves

Belov S.Yu.¹, Belova I.N.²

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

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

Monitoring of the earth's surface by remote sensing in the short-wave band can provide quick identification of some characteristics of natural systems. This band range allows one to diagnose subsurface aspects of the earth, as the scattering parameter is affected by irregularities in the dielectric permittivity of subsurface structures. The new method is suggested. This method based on the organization of the monitoring probe may detect changes in these environments, for example, to assess seismic hazard, hazardous natural phenomena, changes ecosystems, as well as some man-made hazards and etc. The problem of measuring and accounting for the scattering power of the earth's surface in the short-range of radio waves is important for a number of purposes, such as diagnosing properties of the medium, which is of interest for geological, environmental studies. In this paper, we propose a new method for estimating the parameters of incoherent signal/noise ratio. The paper presents the results of comparison of the measurement method from the point of view of their admissible relative analytical errors. A comparative analysis and shows that the analytical (relative) accuracy of the determination of this parameter new method on the order exceeds the widely-used standard method. Analysis of admissible relative analytical error of estimation of this parameter allowed to recommend new method instead of standard method [1-4].

Supported by the grant of project RNF No. 16-17-00114.

1. Belov S.Yu. The analysis of monitoring data of the parameter scattering power the earth's surface in the short-wave range of radio waves. // Data Intensive System Analysis for Geohazard Studies, Geoinformatics research papers, eISSN: 2308-5983, Vol. 4, No. 2, BS4002, doi:10.2205/2016BS08Sochi, 2016, p. 50.

2. Belov S.Yu., Belova I.N., Falomeev S.D. Monitoring of coastal ecosystems by method of remote sensing in the short-wave range of radio waves. // *Managing Risks to Coastal Regions and Communities in a Changing World*. ISBN 978-5-369-01628-2, doi: 10.21610/conferencearticle_58b4316d2a67c, St. Petersburg, 2016.
3. Belov S.Yu., Belova I.N. Methods of obtaining data on the characteristics of superficial and subsurface structures of the earth by remote sensing in the short-wave range of radio waves. // IGCP 610 project «From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary» (2013-2017), GNAS Tbilisi, Georgia, ISSN 978-9941-0-9178-0, 2016, pp. 26-29.
4. Belov S.Yu. The certificate on registration of the right to the software No. RU.2016612172 of 19.02.2016.

1.4 Comparison of the overlap region of energetic plasma and a plasmopause by the Van Allen Probe data with the SAR arcs ground observations during the storm and substorm

Ievenko I.B., Parnikov S.G.

*Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy,
Yakutsk*

The stable auroral red (SAR) arcs are the consequence of interaction of the outer plasmasphere (plasmopause) with energetic ions of the ring current. In this work two events of SAR arc observations using the all-sky imager (ASI) at the Yakutsk meridian (130E; 200E, geom., MLT midnight is 1550 UT) simultaneously with a registration of plasmopause and energetic ion fluxes aboard the Van Allen Probe satellites are considered.

The first comparison of ground and satellite observations has been carried out during the main phase of large magnetic storm on March 17, 2015 (St. Patrick Day geomagnetic storm). ASI registers the intense SAR arc at 53-59N geomagnetic latitudes in the MLT evening sector from the observation start at 1116 UT (1926 MLT) during the low magnetic activity at IMF northward Bz. The Van Allen Probe B satellite determines the plasmopause location in the L = 3-4 interval and registers the inner boundary of the H⁺ and O⁺ energetic ion fluxes

at $L = 2.8-3.3$ near the meridian of optical observations. We show that SAR arc in this event maps the overlapping region of plasmasphere dusk-bulge (plasmaspheric plume) by the energetic ion flux of the ring current after the onset of magnetic storm.

In the second event on December 28, 2014 ASI observes the aurora dynamics and formation of SAR arc in early morning sector of MLT after the onset of isolated substorm expansion at 1920 UT with the center of activation at the 0212 MLT meridian. SAR arc arises at 59-57N magnetic latitudes during the equatorward and eastward extension of aurora at 1930-2000 UT. The Van Allen Probe B satellite at 1900-1940 UT determines the plasmopause location in the $L = 4.5-3$ interval and registers the injection inner boundary at $L = 3$ near the optical observation meridian. It is assumed that in this case the dynamics of aurora and SAR arc maps the penetration of hot plasma into the outer plasmasphere as the result of electric drift from the substorm injection region.

The research is supported by RFBR grants No 15-05-02372 a and No 15-45-05090 r-vostok-a.

1.5 Dipolarity of the magnetic field of the Arctic

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

¹ *Magnetic Observatory «Novosibirsk» IPGG SB RAS*

² *Novosibirsk state University*

Under «dipolarity» the authors understand the probability to represent the considered magnetic field as a field of a single dipole. At the average values of the elements of terrestrial magnetism in high-latitude observatories (with magnetic inclination of over 80 degrees) the calculations of the provisions of the magnetic poles in the modern epoch and the epoch of the International Geophysical Year (1957-1958). For each epoch obtained the averaged graph of the dependence of the distances between the pairs of the magnetic poles from the distances between the respective observatories. The proposed procedure for numerical evaluation of the degree of dipolarity magnetic field of the Earth as in its separate regions and for the planet as a whole.

1.6 ENSO impact on the dynamical regime of the extratropical middle atmosphere

Ermakova T.S., Pogoreltsev A.I.

Russian State Hydrometeorological University

One of the prominent atmospheric phenomena in the tropical troposphere is the El-Nino Southern Oscillation (ENSO). The ENSO is well recognized as a significant predictor of climate anomalies whose global impact is seen not only in the tropics but in extratropics as well through teleconnections. The stratospheric processes are naturally involved in these teleconnections. In particular, considerable ENSO signatures have been discovered in the northern extratropical stratosphere in the observational data and reproduced in simulations. However, the changes in forcing of stationary planetary waves (SPWs) by the latent heat release dependent on the ENSO phase and contribution of this heating to the zonally averaged thermal budget of troposphere have not been considered explicitly in these studies. Since the amount of latent heat release varies based on ENSO phase, it is logically to assume that dynamical regime of the stratosphere may manifest itself in different way during different ENSO conditions (El Nino, La Nina and neutral). Fifteen El Nino, La Nina and neutral winters (five winters for every ENSO event) have been selected to analyze the extratropical stratospheric response. Temperature, mean zonal wind distributions as well as stationary planetary waves (SPWs) behavior and the vertical component of Eliassen-Palm flux using MERRA reanalyses data have been examined for every winter. Evidently the stratosphere is warmer during El Nino and colder during La Nina events in comparison with the climatic temperature distribution. The opposite situation is observed in the mesosphere. In the extratropical stratosphere westward deviations of the mean zonal wind from climatic values are connected with warm ENSO phase while in La Nina winter the eastward deviations prevail. The amplitudes of SPWs with zonal numbers 1 and 2 also differ in terms of enforcing and/or weakening of wave activity and the altitudes at which these changes are observed. The results of ensemble simulation with the Middle and Upper Atmospheric Model reproduce the observed differences in zonal mean wind temperature and SPW amplitudes.

1.7 Eastward propagation of the Pc1 waves along the plasmopause according to observation of the dynamics of proton aurora and SAR arc

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

*Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy,
Yakutsk*

The stable auroral red (SAR) arcs are the consequence of interaction of the plasmopause with energetic ions of the ring current. The Pc1 waves are registered on the Earth as a consequence of generation of electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves in the equatorial plane of the magnetosphere. EMIC instability causes the scattering of ring current protons into the loss cone. Precipitation of energetic protons and their recharge on the heights of the ionosphere E layer can be observed as a proton aurora in the H-beta line of atomic hydrogen. In this work the dynamics of the SAR arc, proton aurora and Pc1 waves in the MLT evening sector at the Yakutsk meridian (130E; 200E, geom., MLT midnight is 1550 UT) using the all-sky imager (ASI) and induction magnetometer during the growth and expansion of intense substorms on December 31, 2015 is analyzed.

After the enhanced magnetospheric convection due to the southward IMF Bz turning ASI observes an equatorward motion of the diffuse aurora (DA) boundary in the 557.7 and 630.0 nm emissions and H-beta (486.1 nm) band from the northern horizon of observation station. The weak SAR arc is registered equatorward of DA since the beginning of observations. During the expansion phase with the onset at 1212 UT and epicenter in the midnight MLT sector the SAR arc center is located at the geomagnetic latitude of 58N at the zenith of the station. The band in the H-beta emission is registered at the latitudes of 59-61N. In 10 minutes after the start of substorm expansion ASI registers the SAR arc intensity growth from the western horizon toward the east with an angular velocity of 4 deg/ min. As a result, along the arc a few intensity maxima are formed. At the same time, the narrow band in the H-beta emission with a similar dynamics appears poleward of the SAR arc at a distance of 0.6 degree.

The induction magnetometer detects a sharp increase of Pc1 pulsation amplitude at frequencies of 0.5-0.7 Hz during the arrival of end of the band in the H-beta emission to the zenith of observation station. The Pc1 pulsations and the dynamic proton aurora are registered within 30

minutes. The SAR arc is registered by ASI until about 1400 UT. We connect the observed phenomena in the SAR arc and proton aurora with the propagation process of EMIC waves to the east along the plasmapause. The generation of EMIC waves occurs probably at higher L shells in the boundary region of plasmaspheric plume. The research is supported by RFBR grants No 15-05-02372 a and No 15-45-05090 r-vostok-a

1.8 Effect of the electromagnetic environment in pipes in Yakutia

*Kozlov V.I.¹, Abzaletdinova L.M.¹, Tarabukina L.D.¹,
Korsakov A.A.¹, Grigoryev Yu.M.²*

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

² *Ammosov North-Eastern Federal University*

The results of measurements of telluric currents flowing through pipelines laid in the cryolithozone in Yakutia are presented during geomagnetic storms and lightning discharges occurring in the 10 km zone around the pipeline. The currents reach tens of amperes. Construction of a lightning density distribution map with a resolution of 0.25 degrees for North Asia in 2009-2016. The effect of a direct current flowing in a 150 m long pipeline with a diameter of 110 mm laid in permafrost on the change in the pipe-to-ground potential is measured. Based on the analysis of variations in the horizontal component of the magnetic activity (H) in the current 24th cycle of solar activity, it is established that the frequency of occurrence of a certain level of the rate of change in geomagnetic activity (dB / dtH , nT / min) can be expressed by a power law with an order of magnitude of about two at low values. The exponent decreases to unity as the geomagnetic activity increases. The probability of occurrence of time intervals with given threshold values of the rate of change of geomagnetic activity (dB / dtH , nT / min) is determined. The angular distribution of the frequency of occurrence of the rate of change in the magnitude of variations in geomagnetic activity is practically independent of the direction of arrival of the variations of H , which have definite maxima

in the direction of arrival. Keywords: pipeline, magnetic disturbance, geomagnetic induced currents, lightning discharge, permafrost.

1.9 Empirical energy levels for NO molecule in the ground electronic state

Sulakshina O.N, Borkov Yu.G.

*V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch,
Russian Academy of Science, Tomsk*

Interest in the study of the spectrum of nitric oxide is due to its important role in the chemistry of atmospheric ozone and in the management of physiological processes occurring in any living organism where NO is present in sufficiently large concentrations. One of the powerful sources of nitric oxide in the atmosphere are lightning. The only source of complete and reliable data on the internal structure and physico-chemical properties of this molecule remains the vibrational-rotational spectrum. The extraction of such information places high demands on the analysis of the accumulated experimental data. To perform such an analysis from the whole array of experimental data allows a program based on the Ritz combinatorial principle. A critical analysis of 5079 frequencies of vibrational-rotational transitions measured in the spectral intervals $18\text{-}208\text{ cm}^{-1}$ and $1554\text{-}7372\text{ cm}^{-1}$ without taking into account Λ -splitting and collected from 19 different publications is performed. The performed analysis made it possible to determine 1807 experimental energy levels for unresolved Λ doublets in vibrational states from $v = 0$ to $v = 22$ of the ground electronic state of the NO molecule in the energy range $0\text{-}35665\text{ cm}^{-1}$

1.10 Geospace monitoring for space weather research and operation

Nagatsuma T.

*National institute of information and communications technology,
Japan*

Geospace is one of the key area for space weather. Because geospace environment is dynamically changing depending on the solar wind conditions. Many kinds of space assets are operating in geospace for practical purposes. Anomalies of space assets are sometimes happened because of disturbances in geospace. Therefore, monitoring and forecasting of geospace is very important tasks for NICT's space weather research and development.

To monitor and to improve forecasting model, fluxgate magnetometers and HF radars are operated by our laboratory, and its data are used for our research work, too. We also operate real-time data acquisition system for satellite data, such as DSCOVR, STEREO, and routinely received high energy particle data from Himawari-8, and Kodama. Based on these data, we are monitoring current condition of geomagnetic disturbances, and that of radiation belt.

Using these data, we also develop empirical models for relativistic electron flux at GEO and inner magnetosphere. Current status of geospace monitoring, forecasting, and research activities are introduced.

1.11 Improved whistler inversion method for monitoring the electron density in the plasmasphere

Lichtenberger J.^{1,2}, Koronczay D.^{1,2}, Ferencz C.¹, Steinbach P.³, Clilverd M.⁴, Rodger C.⁵, Sannikov D.V.⁶, Cherneva N.V.⁶

¹ *Department of Geophysics and Space Sciences, Eötvös University, Budapest, Hungary*

² *Geodetic and Geophysical Institute, RCAES, Sopron, Hungary*

³ *MTA-ELTE Research Group for Geology, Geophysics and Space Sci., Budapest, Hungary*

⁴ *British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom*

⁵ *Department of Physics, University of Otago, Dunedin, New Zealand*

⁶ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia*

In the PLASMON FP7-Space project (<http://plasmon.elte.hu>, Lichtenberger et al., 2013], a new whistler inversion algorithm [Lichtenberger, 2009] was implemented using Virtual Trace Transformation [Lichtenberger et al., 2010]. The accuracy of the parameters inverted by the algorithm - that is basically it works well - depends on their initial values, how close or how far are they from the real values. These initial values are more or less based on - sometimes ad hoc - estimations. Instead of the estimation, a new procedure has been developed based on papers of Dowden and Allcock [1971] and Park [1972], as well as on model calculation. The Virtual Trace Transformation used in the Automatic Whistler Analyzer algorithm is applied to a cleaned reassigned spectrogram and its applicability highly depends on the effectivity of the spectrogram cleaning step. A new approach has been developed for ground based whistlers based on 'de-chirping' [Jacobson et al., 2011] or 'reduction-to-sferic' method that compensates the signal phase from the time of the recording back to the sferic. The phase calculated for a frequency is based on the whistler inversion algorithm mentioned above. The result of the inversion using phase reduction is more reliable than the one obtained by VTT. This paper we present the two enhanced algorithm as well as some preliminary results based on the new methods.

References:

Dowden, R. L., and G. M. Allcock (1971): Determination of nose frequency of non-nose whistlers, *J.Atmos. Terr. Phys.*, 33, 1125-1129.

Jacobson, A. R., R. H. Holzworth, R. F. Pfaff, and M. P. McCarthy (2011), Study of oblique whistlers in the low-latitude ionosphere, jointly with the C/NOFS satellite and the World-Wide Lightning Location Network, *Annales Geophysicae*, 29, 851-863,

Lichtenberger, J. (2009): A new whistler inversion method. *Journal of Geophysical Research*, 114, A07222, doi: 10.1029/2008JA013799

Lichtenberger, J., Ferencz, Cs., Hamar, D., Steinbach, P., Rodger, C.J., Clilverd, M.A. and Collier, A.B. (2010): Automatic Whistler Detector and Analyzer system: Implementation of the analyzer algorithm. *Journal of Geophysical Research* 115, A12214, doi: 10.1029/2010JA015931.

Lichtenberger, J., Clilverd, M.A., Heilig, B., Vellante, M., Manninen, J., Rodger, C.J., Collier, A.B., Jorgensen, A.M., Reda, J., Holzworth, R.H., Friedel, R. and Simon-Wedlund, M. (2013): The plasmasphere during a space weather event: first results from the PLASMON project. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 3, A23, doi:10.1051/swsc/2013045.

Park, C.G. (1972): Methods to determine electron concentration in the magnetosphere from nose whistlers, Technical report 3454-1, Radioscience Laboratory, Stanford Electronics Laboratories, Stanford University, Stanford, California.

1.12 Heating experiment effect on Schumann resonance parameters

Agranat I.V., Sivokon V.P.

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

Recently there has been a significant increase in the intensity of research in the field of active influence on geophysical processes in various environments. Particular attention is paid to the study of the effect on the ionosphere of the powerful short-wave radio emission of heating stands. Today, experiments on changing the ionosphere are conducted mainly at the HAARP stands, «Eiscat» (EISCAT) in Tromsø (Norway). In the framework of the Russian campaign (Tomsk), EISCAT heating (AARI HFOX), experiments were conducted from 19 to 30 October 2016 on the effect of high-frequency RF radiation on the F-layer of the ionosphere. To assess the impact of these experiments on geophysical

processes by mathematical methods, an analysis was made of the variation of the Schumann resonance parameters obtained on the basis of data from the station of constant monitoring of the Schumann resonance in the city of Tomsk.

1.13 Lidar observations of atmosphere aerosol component perturbation over Tomsk and Vladivostok after volcanic eruptions in 2011

Cheremisin A.A.¹, Novikov P.V.², Marichev V.N.³, Pavlov A.N.⁴

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk

² Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk

³ V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk

*⁴ Institute of Automation and Control Processes FEB RAS,
Vladivostok*

The Lagrangian particle trajectories method have been used to analyze the transport of volcanic aerosol in the atmosphere after the eruption of Grimsvotn and Nabro volcanoes in the summer of 2011. After the Grimsvotn volcano eruption it was impossible to reveal the volcanic aerosol appearance against the background aerosol over Tomsk and Vladivostok from the lidar observations data. At that time there was a strong horizontal mixing in the atmosphere of the Northern Hemisphere, associated with the polar vortex disintegration. The Nabro volcanic aerosol was clearly manifested by the aerosol scattering peaks above Vladivostok and Tomsk.

1.14 Methane absorption in 10000 - 13000 cm^{-1} region

Nikitin A.V., Serdyukov V.I., Sinita L.N.

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

Methane is the most important representative of organic substances in the Earth's atmosphere. For this reason spectroscopic data on the absorption lines of molecules of CH_4 and its isotopomers are of interest because they are needed for different tasks in research of the Earth's atmosphere and for astrophysics applications. Spectra of methane in the high frequency region (higher 10000 cm^{-1}) were studied insufficiently. In the analysis of these spectra, simplified models were used, and a complete theoretical analysis, including the interpretation of the vibrational - rotational transitions, determination of energy levels and rotational and centrifugal constants, calculations of centers and intensities of the lines was not implemented. Absorption spectra of methane in the region of 10000 ... 13000 cm^{-1} was registered by the Fourier spectrometer IFS 125M at pressures from 100 to 500 mbar, room temperature and spectral resolution 0.03 cm^{-1} for the first time. Multipass cell with a length of 60 cm was used at 44 pass, which provided the full length of the absorbing layer 2640 cm and threshold sensitivity to absorption of the order of 10^{-8} cm^{-1} . The line center, intensity, self-broadening and shifts coefficients were determined by parameter fitting to the Voigt contour. The comparison of the spectrum with the calculated spectrum based on the variational calculations was made.

1.15 Monitoring of Space and Earth electromagnetic environment by MAGDAS project: Collaboration with IKIR

Yoshikawa A., Fujimoto A., Ikeda A., Uozumi T., Abe S.

*International Center for Space Weather Science and Education,
Kyushu University, Japan*

For study of coupling processes in the Solar-Terrestrial System, International Center for Space Weather Science and Education (ICSWSE), Kyushu University has developed a real time magnetic data acquisition system (the MAGDAS project) around the world. The number of observational sites is increasing every year with the collaboration of host countries. Now at this time, the MAGDAS Project has installed 77 real time magnetometers - so it is the largest magnetometer array in the world. The history of global observation at Kyushu Univ is over 30 years and number of developed observational sites is over 140.

Especially, Collaboration between IKIR is extended back to 1990's. Now a time, we are operating Flux-gate magnetometer and FM-CW Radar. It is one of the most important collaborations for space weather monitoring. By using MAGDAS data, ICSWSE produces many types of space weather index, such as EE-index (for monitoring long term and short term variation of equatorial electrojet), Pc5 index (for monitoring solar-wind velocity and high energy electron flux), Sq-index (for monitoring global change of ionospheric low and middle latitudinal current system), and Pc3 index (for monitoring of plasma density variation at low latitudes). In this talk, we will introduce recent development of MAGDAS/ICSWSE Indexes project and topics for new open policy for MAGDAS data will be also discussed.

1.16 Effect of natural processes on the formation of the atmospheric local electric field in Kamchatka

Firstov P.P.^{1,2}, Cherneva N.V.¹

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

² *Kamchatka Branch of Geophysical Service Russian Academy of
Science, Russia*

The paper reviews the papers on continuous observations of atmospheric electric field intensity variations (AEF Ez). Disturbances of AEF Ez vertical component associated with powerful natural phenomena are considered. The authors estimated theoretically the response in AEF Ez under the effect of natural factors, determined by conductivity variations influenced by cosmic ray intensity, radon exhalations and from volumetric charges with simple configurations. The estimation data were tested on AEF Ez disturbances in the near ground layer of the atmosphere in connection with two powerful cyclones which simultaneously approached the Kamchatka peninsular from the South with imposition on a model curve. Atmospheric-electric effect that occurred from an eruptive ash cloud, formed in the result of Shiveluch volcano eruption on November 16, 2014, is described. Volcanic lightning strokes which occurred at the beginning of formation of an eruptive plume were determined by a system for lightning location detection WWLLN. Two hours after the recording of first lightning strokes, two clearly defined AEF Ez anomalies with the duration of 50 and 32 min and the amplitudes of more than 100 V/m were registered. It indicates two separate eruptive formations shaped by that time. The data were confirmed by satellite observations.

1.17 Observations of electromagnetic radiation of stand EISCAT on Kamchatka

Sivokon V.P., Agranat I.V.

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

In experiments on active influence on an ionosphere powerful short-wave complexes - heater stands are used. As a result of such influence the set of the physical processes which studying represents scientific interest is formed. One of them is formation artificial field-aligned irregularities. Studying properties natural field-aligned irregularities on Kamchatka, authors have come to a conclusion about possibility of realisation of the received approaches in their studying, on short-wave lines of the big extent. In work results of supervision on Kamchatka of displays of active influence on an ionosphere in Tromse (Norway) are resulted.

1.18 Observations of lightning activity in Yakutia with three lightning location detectors in 2009-2016

Kozlov V.I., Tarabukina L.D.

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

The results of instrumental observation of lightning activity by the means of two one-point lightning detectors and World Wide lightning location network (WWLLN) are presented. One of these one-point detectors was installed in Yakutsk in 2009. It has detection radius about 480 km. The second has been working since 1975 and has detection radius about 1200 km. One of the WWLLN sensors was installed in Yakutsk in 2009. The annual seasonal variations and daily variations during summer season were obtained. It was noted that there is some annual shift of peak values of these variations during summer and day depending on season part. There are about three annual low lightning activity periods followed by the peaks, that can

be explained by the flow of arctic cold air. There is some quasiperiodic oscillation of number of lightning strokes with period of 1-3 years.

1.19 Possibilities of single-frequency GPS/GLONASS data for vertical total electron content estimation

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

¹ *Institute of solar-terrestrial physics SB RAS, Irkutsk, Russia*

² *Irkutsk state university, Irkutsk, Russia*

We present a new technique for estimating the absolute vertical and slant total electron content (TEC). The estimation is based on single-frequency joint phase and pseudorange GPS/GLONASS measurements at single stations. Estimated single-frequency vertical TEC agrees qualitatively and quantitatively with the dual-frequency vertical TEC. For analyzed stations a typical value of the difference between the single-frequency vertical TEC and dual-frequency those generally does not exceed ~ 1.5 TECU with RMS up to ~ 3 TECU.

1.20 Regularities of spatio-temporal distribution of the radiation balance of the earth surface in the Araks basin in the Republic of Armenia

Margaryan V. G.

Yerevan State University

The radiation balance of the spreading surface, i.e. difference of arrival expense of a radiant energy of the Sun, is one of the major climate factors of this territory. Distribution of heat in sublayers of the soil and in a ground layer of air generally is defined by the size of a radiation balance of the spreading surface. Considering above told, in work the object to study, reveal and estimate regularities of spatiotemporal distribution of radiation balance of the spreading

surface, in the conditions of global climate change of the mountainous territory of the Republic of Armenia. For the purpose of the solution of objectives in work the corresponding researches, the published works formed a theoretical and informational basis. As a starting material in work results of the actual actinometric observations of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Armenia «Service for Hydrometeorology and active influence on atmospheric phenomena», and also reference books of a sunshine are used. On network of actinometric stations of the Republic of Armenia overseeing a radiation balance is made since 1957. As a methodological basis in work geographical, mathematical-statistical, extrapolation and also methods of comparison, the analysis and correlation are used. Calculations showed that the greatest value of intensity of a radiation balance in the daily course falls on midday for all heights, the maximum value in the annual course is observed in May-June at a clear palate and in July at an average cloudiness. Decrease of the monthly sums of a radiation balance with area height almost from September to April (is well traced at a clear palate) and from October to May (at an average cloudiness) that corresponds to increase in albedo with area height. From May to October and from June to September, on the contrary, respectively, with height of the area some increase in the monthly sums of a radiation balance while the albedo tends to decrease is noted. It is at the same time possible to notice that the considerable decrease of size of a radiation balance happens to height of the area, since height of 1900-2000 m that is explained by a sharp increase of albedo at these heights. Thus, the radiation balance has legibly expressed daily course corresponding to the daily course of height of the Sun with the maximum value at noon, with minimum - in the morning clocks. The annual course of a radiation balance almost follows the annual course of midday heights of the Sun, especially in summertime, and reaches the maximum value in May-June, under the real conditions of weather - in July. Minimum value of a radiation balance both at a clear palate, and under the real conditions of weather is observed in January. The annual sums of a radiation balance with height of the area is marked out decrease both at a clear palate, and at an average cloudiness. The monthly sums of a radiation balance during the autumn and winter periods with area height, as a rule, decrease, and in the second half of the spring period and during the summer period sluggishly increase. Great change of monthly sums of radiation balance with area height happens since the height 1500-2000 m and above.

1.21 Role of exited atoms in lidar measurements of upper atmosphere

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

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

The paper presents the results of a lidar study of the atmosphere in the altitude region of 100-400 km, obtained at the lidar station of Kamchatka in 2008-2016. The development of methods for lidar measurements and signal processing is discussed. The authors describe the method that takes into account the aftereffects of photoelectric multipliers and the technique to measure the background signal. These tools allow them to include the mesosphere and upper atmosphere into the altitude region investigated by the lidar method. The results of the investigation of the reverse lidar signal from the altitude region of 100-400 km caused by the resonant scattering on exited components of upper atmosphere are discussed. Keywords: atmosphere, lidar, stratosphere, mesosphere, scattering, sounding

1.22 Season variations of mesopause temperature and amplitude of VLF signal of Novosibirsk radio station during 2009-2016

*Korsakov A.A.¹, Kozlov V.I.¹, Ammosova A.M.¹, Ammosov P.P.¹,
Gavril'eva G.A.¹, Koltovskoi I.I.¹, Pavlov Ye.A.²*

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

² *M.K. Ammosov North-Eastern Federal University*

For sensing the lower ionosphere, the registration of very low frequency (VLF: 3-30 kHz) signals of radio navigation stations and the rotational temperature of hydroxyl (OH) emitting in the band 6-2 835 nm giving information from the mesopause region are used. Seasonal amplitude

variations of the VLF signal of the Novosibirsk station (14.9 kHz) radio navigation system «Alpha» registered in Yakutsk (62N, 129E) at daytime (3-7 UT) and night (16:30-17:30 UT) propagation conditions are considered (2009-2016). In the seasonal variation (2009-2016), the signal increases in winter in 2014-2015 (10 dB in the afternoon and 6 dB at night), which corresponds to an increase in F10.7 and geomagnetic activity of Ap-index. Seasonal variations of the rotational temperature of hydroxyl OH (6-2), measured at the optical station Maimaga (63N, 129.5E), are also considered. The mean temperature is estimated at 188 K. Seasonal dynamics show annual and semiannual and third-year variations with harmonic amplitudes of 28.6 K, 10.6 K and 3 K, respectively. The response of the atmosphere temperature in Yakutsk at the height of the hydroxyl (OH) Year solar cycle increases by 7 K when the series is shifted 2 years ago relative to the maximum F10.7, which corresponds to a shift in the maximum of geomagnetic activity. The correlation coefficient is $R = 0.44$, which indicates the possible effect of geomagnetic activity on the parameters of the subauroral mesopause.

1.23 Studing Ionospheric TEC with Signals of Geostationary Navigation and Augmentation Satellites

Kurbatov G.A.¹, Yasyukevich Yu.V.²

¹ *Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University*

² *Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS*

During last two decades data from Global Navigational Satellite Systems (GNSS), such as GPS and GLONASS, are actively used in ionospheric studies. Recently along with widely used GPS/GLONASS satellites there is a possibility to apply geostationary satellites of COMPASS/Beidou navigational system and geostationary satellites of Satellite Based Augmentation Systems (SBAS), such as GAGAN, WAAS and EGNOS, for ionospheric TEC estimations. The main advantage of geostationary TEC observations compared to GPS/GLONASS is almost motionless ionospheric pierce point (IPP). It provides the possibility to analyze long-term continuous data series for the selected satellite-receiver pair instead of rather short 2-6h records

as for GPS/GLONASS. Currently there are eleven (three WAAS, two GAGAN, one EGNOS and five COMPASS) geostationary satellites transmitting signals at pairs of coherent L-band frequencies, which can be used to estimate ionospheric TEC. The number of receiving sites capable to work with the majority of GNSS and SBAS satellites is also rapidly increasing. In common access in particular are the observations of the IGS MGEX network. In this work we present the results of the comparison of the noise patterns in TEC estimations using signals of these geostationary systems. It is shown that for GAGAN satellites mean TEC noise is 0.6TECU with maximum values reaching 1.5TECU, when at the same time for COMPASS/Beidou satellites at close elevation angles TEC noise is significantly smaller, with mean and maximum values 0.06TECU and 0.2TECU correspondingly, which is comparable to TEC noise for GPS/GLONASS observations at the same elevations. TEC noise for EGNOS satellite reaches up to 16TECU, which is not suitable for ionospheric studies. TEC noise for WAAS satellites is 0.7TECU with maximum up to 1.3TECU, which corresponds to those of GAGAN satellites observed at MSU station. Thus, TEC estimations based on geostationary COMPASS/Beidou satellites provide the best noise level among all geostationary GNSS and SBAS systems. We also found out that distinct diurnal variability in TEC noise for GAGAN satellites is mainly due to satellites themselves. In this paper we also present some examples of using thus estimated geostationary TEC for the analysis of extreme heliogeophysical events, such as Solar flares and geomagnetic storms of the current 24th Solar cycle, including famous St. Patrick's day storm 2015 Our results show the capability of using dual-frequency coherent signals from geostationary SBAS and GNSS satellites for continuous monitoring of ionospheric TEC in quite and disturbed geomagnetic conditions. Intensively growing number of receivers in multisystems networks and increasing number of dual (and more) frequency geostationary satellites in SBAS and GNSS constellations provide the opportunity in future to incorporate these types of measurements to ionospheric tomography and interferometry routines.

1.24 Two types of geomagnetic storms and relationship between Dst and AE indexes

Shadrina L.P.

Academy of sciences of Sakha (Yakutia) Republic

In this work, the relationship between Dst and AE indices of the geomagnetic field and its manifestation in geomagnetic storms in the XXIII solar cycle was investigated. It is shown that, according to the ratio of the amplitude of Dst index decrease during storm's main phase and the sum of AE index for the same period, geomagnetic storms are divided into two groups. For the first one it is characteristic a significant amounts of the sum AE index and small decreases in the Dst index. Most often these are storms with a gradual onset and a long main phase associated with recurrent solar wind streams. Storms of the second group differ in large amplitudes of Dst index decrease, shorter duration of main phase and small sum of AE-index. These are usually sporadic geomagnetic storms with a sudden onset, caused by interplanetary disturbances such as CME. It is shown that the storms of these two types differ also in their geoeffects, including the effect on human health.

1.25 Variations in the atmospheric electric field and Meteorological parameters in Kamchatka during 1997-2017

Smirnov S.E.

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

The analysis of the seasonal and annual course of aroelectric field of middle latitude observatory Paratunka in Kamchatka during 1997-2017 is carried out. The seasonal intervals of greatest and lowest values, stable from year to year, are observed. The change of annual course of aroelectric field in near ground air at the observatory, that is in the active geodynamical region, is shown. The great positive course has changed for light negative one. It is possible connected either with the change of the intensity of radon emanation or volcanic activity in Kamchatka.

1.26 Whistler source regions for 16 detector stations around the world

*Koronczay D.^{1,2}, Lichtenberger J.^{1,2}, Steinbach P.³, Clilverd M.⁴,
Rodger C.⁵, Ferencz C.¹, Sannikov D.V.⁶, Cherneva N.V.⁶,
Darrouzet F.⁷*

¹ *Department of Geophysics and Space Sciences, Eötvös University,
Budapest, Hungary*

² *Geodetic and Geophysical Institute, RCAES, Sopron, Hungary*

³ *MTA-ELTE Research Group for Geology, Geophysics and Space
Sci., Budapest, Hungary*

⁴ *British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom*

⁵ *Department of Physics, University of Otago, Dunedin, New Zealand*

⁶ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS, Russia*

⁷ *Belgian Institute of Space Aeronomy, Brussels, Belgium*

AWDANet is a global, ground-based detection network for the automatic detection and analysis of VLF whistler waves. In this study, we analyzed data from 16 stations located at various geographic locations, identifying the most likely originating lightning stroke of each whistler by using data from the WWLLN global lightning database. This allowed us to create maps of the generating lightning strokes for each station, showing the whistlers' source regions. This revealed the geographic extent of the source regions, previously not studied in detail. Subsequently, we compared these maps of whistler-causing lightning strokes to maps of total lightning activity in the same region and over the same time period, to obtain the geographic distribution of lightning-to-whistler transmission rates. We also looked at the whistler transmission rates as a function of distance from the conjugate point, time of day (day/night), and type of surface over which the lightning stroke in the database occurred (land/ocean). We then analysed and compared these results obtained for the transmission rates to each other for the 16 stations, which are located at different hemispheres, continents and geographic latitudes. The procedure outlined above, building on and extending previous methods, showed the whistler source regions to be roughly where they are expected based on the theory of whistler propagation. It is also clearly observable that the whistler transmission rates decrease as a function of increasing distance from the given station's conjugate point. Our results also eliminate

previous anomalous results obtained for the sources of whistlers, especially for whistlers at Dunedin, New Zealand.

1.27 Algorithms for changing the structure of geospace self-organizing question answering sensor networks

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

Optimization problems of construction, development and changing the structure of geospace self-organizing question answering sensor networks (GSQASN) are considered. The task specifies the coordinates of various network nodes. It is required with the specified functional, structural, cost and spatial constraints to change the structure of the GSQASN by adding new nodes, moving to new positions or deleting some existing nodes. After the formation of the GSQASN structure we solve the task of question-answer agents placement into GSQASN structure in order to be able to answer the given types of questions under the established limitations. A generalized functional scheme of the of the GSQASN architecture design and an approximate bioinspired algorithms for solving the tasks are proposed. The results of the work can be used in the construction of specific GSQASN and in the GSQASN design support systems.

2 Geophysical fields and their interaction

2.1 Analysis of magnetic data of ground station network during strong magnetic storms

*Mandrikova O.V.^{1,4}, Solovev I.S.^{1,4}, Khomutov S.Y.¹,
Baishev D.G.², Chandrasekhar P.³*

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

² *Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy
SB RAS, Russia*

³ *CSIR-National Geophysical Research Institute, India*

⁴ *Kamchatka State Technical University, Russia*

The paper suggests a new technique for magnetic data analysis to detect and to estimate short-time anomalous increases in geomagnetic disturbance intensity. Based on the technique and applying the data of meridionally arranged stations in the north-east of Russia («Kotel'nyi» KTN, «Tixie» TIX, «Chokurdakh» CHD, «Zyryanka» ZYK, «Mys Shmidta» CPS, «Yakutsk» YAK, «Magadan» MGD, «Paratunka» PET, «Khabarovsk» KHB) and the near equatorial Indian stations («Hyderabad» HYB and «Choutuppal» CPL), we analyzed the geomagnetic field variations during strong magnetic storms. This approach allowed us to detect simultaneously occurring local increases in geomagnetic activity observed a few hours before events and during the main phases of magnetic storms. The development of the method was supported by RSF Grant No.14-11-00194. Experimental investigations were supported by RFBR Grant No. 16-55-45007.

2.2 Analysis of the states of the magnetosphere of the Earth by the algorithm of adaptive construction of hierarchical neural network classifiers

Dolenko S.A., Svetlov V.A., Isaev I.V., Myagkova I.N.

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

The analysis of the state of the outer Radiation Belt of the Earth as a part of the Earth's inner magnetosphere was performed based on GOES satellite data on the fluxes of relativistic electrons in the geostationary orbit, on ACE satellite data on the parameters of interplanetary magnetic field and solar wind, and also on geomagnetic indexes, with the help of the algorithm of adaptive construction of hierarchical neural classifiers developed by the authors, used in clusterization mode. The samples subject to clustering were descriptions of the events of increase in the flux of relativistic electrons of the outer radiation belt of the Earth with energy > 2 MeV. Partitioning into 5 clusters was obtained. As an alternative, we considered partitioning into 5 clusters obtained using the k-means algorithm. The obtained clusters were analyzed from the point of view of their possible correspondence to characteristic types of events, differing by physics of processes taking place. The results of partitioning obtained by the two algorithms were compared. This study was supported by RFBR grant (project no.15-07-08975-a).

2.3 Choice of optimum heights for registration of ionospheric response to earthquakes

Krasnov V.M., Gotur I.A., Kuleshov Yu.V., Cherny S.E.

Mozhaisky Military Space Academy

Global navigation satellite systems are capable to ensure real continuous measurements, high space-time resolutions and global coverage provided by monitoring of ionospheric disturbances due to earthquakes. It is offered to use this kind of observations in tsunami warning systems, and also during monitoring of earth (sea) surface

motion in region which is difficult of access. However, since TEC is an integral parameter, the observed ionospheric disturbance accounts for a large range of altitudes. That is the main disadvantage of this method. Someone suppose that the main contribution to TEC variations appears around the height of the maximum of F2 ionospheric layer. As a result it is impossible to determine the exact altitude of occurrence of observed ionospheric perturbations and its coordinates. There are attempts to define the conditions at which ionospheric disturbances can be most precisely allocated and to the greatest degree are similar to a seismic signal. For example, it is recommended to carry out the measurements at a satellite elevation angle lower than 40 degrees. The purpose of our work is by means of modeling calculations on an example of the Tohoku-Oki earthquake to show the dependence of ionospheric disturbances on height. To develop the model we used the data of the Czech network of seismic stations, ionosonde data, located in Pruhonice, and the data of network of Doppler measurements. The motion field of a terrestrial surface is calculated according to seismic observations. Radiation of an infrasound and its propagation take into account atmospheric inhomogeneity, nonlinear effects, their absorption and divergence of wave front. Validity of calculations is shown by comparison of results of modeling calculations to results of HF Doppler sounding data on a network of radio traces. Correlation coefficient between calculated and experimental records for seismic waves: P, S, SS and the first Rayleigh waves has made values from 0.68 to 0.9. High-altitude dependences of portraits of ionospheric disturbances are calculated for a case of influence of a P-wave to the ionosphere. We compared the portraits of ionospheric disturbances with the portraits of the seismic recording. The correlation coefficient of the recordings for the height of 100 km was about 0.81, for 130 km - 0.85, for 160 km - 0.77, for 180 km - 0.76, for 200 km - 0.7, for 230 km - 0.54 and for 250 km - 0.41. At the same time according to ionogram data the maximum of layer F2 was at the height about 240 km. Thus, for the considered conditions of experiment it was preferable to carry out measurements of the ionospheric disturbances at heights below 200 km.

2.4 Comparison of the thermal field of the Earth crust with features of the seismic regime of the Northern Tien Shan

Zhantaev Zh.Sh., Vilayev A.V.

National center of space researches and technologies, Institute of ionosphere, Kazakhstan

Data on the parameters of the thermal field of the Earth crust in Northern Tien Shan region have been generalized and organized. The experimental data of physical properties of rocks, direct determinations of the heat flow at the surface, and correlation ratio of geothermal parameters with seismic velocities were used. The patterns of heat-generating elements distribution with depth were clarified, 3D models were compiled. The structure of the heat flow is studied by decomposing the value observed on the surface to the core (radiogenic) and mantle (deep). To calculate the temperatures, the numerical modelling of the 3D equation of conductive heat transfer with initial and boundary conditions and with additional sources of radiogenic heat was applied. High-temperature regions were found at depths of 35-60 km with temperature values of 100-250 C above the solidus, which can lead to partial melting of rocks. The field of thermoelastic deformations, reaching 20 to 40 per cents of the total lithostatic pressure, was calculated. Areas of the earth crust were identified where rocks experience the conditions of thermal stresses exceeding their critical strength. A comparative analysis with seismic activity of the region was carried out. The criteria controlling the distribution of earthquakes hypocenters were determined according to the morphology of the areas of abnormal temperatures and thermal stresses.

2.5 Complex 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 in the atmosphere by the ground surface are described. The instrumentations for the observations are a laser strainmeter-interferometer and a small-pressure barometer installed close to each other. It was shown that during the increase of deformation rate in the near surface rocks, increase of acoustic emission intensity in the atmosphere by the ground surface is registered. The effect of meteorological factors on the observation results is evaluated.

2.6 Electromagnetic and acoustic radiations before Kamchatka earthquake

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

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

The most probable cause of simultaneous anomalous radiations in electromagnetic and acoustic fields, different in nature, is intensification of deformation processes during strong earthquake preparation. To verify this fact, simultaneous observations of electromagnetic signals and acoustic emission in the frequency range from 0.1 Hz to 11 kHz [1] were carried out in Kamchatka. In the result of the experiment, radiation bursts appeared about 24 hours before a seismic event with $M_{LH}=5.4$. Such bursts were not observed on other days within this time of a day in August-September, 2013.

1. Druzhin G.I., Marapulets Yu.V., Cherneva N.V., Isaev A.Yu., Solodchuk A.A. Acoustic and electromagnetic radiations before an earthquake in Kamchatka. Doklady Akademii Nauk, 2017, V. 472, №5, pp. 584-589.

2.7 Estimates of the typhoon eye cloud wall characteristics according to the world lightning localization network

Permyakov M.S.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Far Eastern Federal University

In this work, we performed an analysis of the structure of lightning discharge fields in the central region of tropical cyclones (TCs) in the northwestern part of the Pacific Ocean from 2011 to 2015, basing on the data of the World Wide Network of Lightning Location (WWLLN). Lightning activity in the central area of the TC begins to appear at the stage of depression. In all the super-typhoons at the typhoon stage, a day or two days before the maximum development in the discharge fields, structures in the form of rings or parts of ring structures are clearly distinguished. They are associated with deep moist convection in the cloudy wall of the typhoon's eye in the area of maximum winds. We provide the characteristics of these rings (center coordinates, radius and width) along with estimates of the typhoons center location and their movement speeds, and compare them with the estimates from the archives of the American Typhoon Warning Center (JTWC) and the Japan Meteorological Agency (JMA).

2.8 Evolution of electrosensitivity of deformation processes in geosphere (by the example of BGP)

Sychev V.N.¹, Bogomolov L.M.², Sycheva N.A.¹

¹ *Research station RAS, Bishkek, Kyrgyzstan*

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

The case of impacts on the geo-environment of electromagnetic pulses generated during the start-up of geophysical MHD generators was analyzed in the works of Tarasov NT. With co-authors from IPE RAS and OIVT RAS [Tarasov, 1997]. In this case, the increase in seismicity found on the territory of the Garm and Bishkek landfills after the electrosounding was also due to an increase in the number of

weak events. In the works of a group of authors from the Scientific Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek (NS RAS) [Sychev et al., 2010] a similar result is obtained, the essence of which is the trigger effect on the local seismicity of electromagnetic pulses of probing current pulses of the ERGU- Currently used in place of MHD generators. According to these studies, a response to an additional external effect in the form of a short-term increase in the daily number of weak earthquakes (events of grade 7-9) occurs with a delay of several (from 5 to 7) days. Activation occurs mainly due to events whose hypocenters are at a depth of 5-15 km and fall inside the area of the closest to the source zones with increased natural seismicity. The effect of the increase in activity on days 5-7 in some periods of the experiment exceeded the level of the 2 RMS, and for responses with less delays the effect was estimated at the significance level of 1 RMS. Other authors [Smirnov, Zavyalov, 2012] note that the activation occurs in a shorter period - 35 hours. It should be noted that during the processing a short time interval was taken into account: either start-up of the MHD generator (1983-1998), or additional probing with unipolar pulses (2000-2005). In this regard, the report again analyzes the impact of current pulses on the seismic regime, which were generated by different sources, but were fed to the same excitatory dipole during its entire use at the Bishkek geodynamic training ground from 1983 to 2017.

Literature.

1. Smirnov VB, Zavyalov AD, On the question of seismic response to electromagnetic sounding of the Earth's lithosphere // Physics of the Earth. 2012 №. 7-8. Pp. 63-88.
2. Sychev VN, Bogomolov LM, Rybin AK, Sychova NA Influence of electromagnetic soundings of the earth's crust on the seismic regime of the territory of the Bishkek geodynamic polygon // Trigger effects in geosystems / Ed. Adushkina V.V. And Kocharyan G.G. M .: GEOS. 2010. P. 316-326.
3. Tarasov N.T. Changes in the seismicity of the crust under electric action // Dokl. RAS. 1997. T. 353. №4. S. 542-545.

2.9 Fractional models of seismoacoustic and electromagnetic activity

Shevtsov B.M., Sheremetyeva O.V.

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

Statistical models of the seismoacoustic and electromagnetic activity caused by deformation disturbance are considered on the basis of compound Poisson process and its fractional generalizations. Wave representations of these processes are used too. It is discussed five regimes of deformation activity and their role in understanding of the earthquakes precursors nature.

2.10 Fractional properties of geophysical fields variability on an example of hydrochemical parameters

Shevtsov B.M.¹, Shevtsova O.V.²

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

² *V.I. Il'ichev pacific oceanological institute FEB RAS, Russia*

Using properties of compound Poisson process and its fractional generalizations, statistical models of geophysical fields variability on an example of hydrochemical parameters system are considered. These models possess the necessary universality for the description of objects of the different nature and allow to explain various modes (regimes) of pulsations. Displays of non conservatism in hydrochemical parameters system and advantages of the system approach in the description of geophysical fields variability are discussed.

2.11 InSAR data analysis at Kamchatka during 2016

Larionov I.A.¹, Perezhogin A.S.^{1,2}

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

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

Geophysical monitoring in seismically active areas depends on geodeformation processes in the earth's crust. Observations of earth's crust strain-stress using gps-measurements, laser interferometers give only an opportunity to analyze the dynamics in time without the possibility of extrapolation to adjacent areas. In this regard, it is useful to apply a radar interferometry technology to measure the displacements of the earth's surface. The report includes the results of processing the radar data of the Sentinel-1A satellite. Several qualitative interferometric pairs were obtained during the period from June to October 2016. A high coherence coefficient is observed in open areas in the vicinity of volcanic structures and adjacent territories, as well as on the west coast of Kamchatka, where there is no high vegetation. The main factor that significantly reduces the coherence of images is the forest cover. Possibility of estimating the surface displacement at regions with a high coherence coefficient is discussed.

2.12 Interactive system for geomagnetic data analysis

Solovev I.S.^{1,2}

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

² *Kamchatka State Technical University*

The paper suggests the methods for analyzing variations of the geomagnetic field, which are implemented in the software system for complex analysis of geophysical parameters «Aurora». The methods allow one to estimate the intensity of geomagnetic perturbations and to allocate increased geomagnetic activity periods. Software system parameters allow one to analyzing the magnetic data, both

for high latitudes and at the equator. For detailed geomagnetic data analysis during periods of magnetic storms and substorms, algorithms for processing seconds data are implemented in the system. The software system is publicly available (<http://auroras.ikir.ru:8580>, <http://www.ikir.ru:8280/lserver/MagneticPage.jsp>). This research was carried out at the expense of the Russian Science Foundation (Project No. 14-11-00194).

2.13 Investigation of earthquake-related ionospheric disturbances far from the epicenters

*Perevalova N.P.¹, Berngardt O.I.¹, Podlesnyi A.V.¹,
Shestakov N.V.^{2,3}*

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

² *Far Eastern Federal University, Vladivostok*

³ *Institute of Applied Mathematics, FEB RS, Vladivostok*

Based on data from GPS networks and from the fast chirp ionosonde we analysed the ionospheric disturbances generated by earthquakes far from the epicenters. The GPS data revealed asymmetry of ionospheric disturbances attenuation in different directions from the epicenter. We performed a statistical analysis of ionospheric effects for 28 earthquakes in 2011-2016 based on the Irkutsk fast chirp ionosonde data. After nine of these earthquakes, vertical midscale irregularities «multicus») in the low ionosphere were detected. These irregularities are associated with propagation of shock acoustic waves generated by Rayleigh surface seismic waves. To take into account the spatial distribution of seismic waves for estimating the energy of the surface source of acoustic waves a new index KW was proposed. This study was supported by the Presidium of the Russian Academy of Sciences (program №15, project №0344-2015-0019 «Study of the Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere System under Extreme Conditions»), RF President Grant of Public Support for RF Leading Scientific Schools (Nsh-6894.2016.5), and RFBR grant №17-55-53110 GFEN_a.

2.14 Joint analysis of ionospheric parameters and cosmic ray data during magnetic storms in 2015

Mandrikova O.V., Polozov Yu.A., Zalyayev T.L.

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

The paper presents joint analysis of ionospheric parameters and cosmic ray data during strong magnetic storms in 2015. The analysis is based on the application of wavelet transform and neural networks. Anomalous changes in the data were determined before magnetic storms. They are likely to be associated with the incoming events. The research was supported by the Russian Scientific Foundation Grant (Project №14-11-00194).

2.15 Magnetic observations at Geophysical Observatory «Paratunka» IKIR FEB RAS: tasks, possibilities and future prospects

Khomutov S.Y.

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

Continuous magnetic measurements at Geophysical Observatory «Paratunka» (PET) of IKIR FEB RAS are performed since 1967. In the new millennium analogue magnetometers were modernized to digital, the technologies of absolute observations were changed, the data processing was completely transferred to computers, and the status of INTERMAGNET observatory was obtained. Currently, the observatory uses the following magnetometers: (a) for absolute observations - DIFLUX LEMI-203 (theodolite 3T2KP) and Mag-01 (theodolite Wild-T1), Overhauser magnetometers POS-1 and GSM-19W; (b) for variation measurements - fluxgate magnetometers FGE-DTU, FRG-601 and MAGDAS (installed under international agreements of IKIR), vector magnetometers dIdD GSM-19FD and POS-4 with Overhauser sensors and coil systems, scalar magnetometer

GSM-90 and induction magnetometer STELAB. During Spring-Autumn season dIdD also is installed at remote station «Karymshina» at distance of 15 km from Observatory. There is monitoring system for monitoring of conditions in which magnetic observations are performed, including the semi-professional weather stations Davis Vantage Pro2 and WS2000 and a network of digital temperature sensors DS18B20 located at various points in magnetic pavilions and outdoor. All measurements are synchronized with the UTC. The results of observations are collected by the IKIR data server from the recorders and loggers, including in real-time. Specialized software was developed (based on MATLAB and Octave packages), which allows automatic and semi-automatic processing of data, the comparison of the results from different magnetometers and presenting final data in formats, defined by international standards, including INTERMAGNET. Significant efforts of observatory staff are direct to archive (raw) magnetic data, a significant part of which has not been entirely processed, is not presented in international data centers and is still not available to the scientific community. Digital images of analog magnetograms have been obtained, the digitization of which allowed to fill the gaps in the hourly data available in the WDC for 1991, 1996-1997. The state of the set of the instruments and databases shows that the observatory «Paratunka» can solve most of the problems that arise in the geomagnetic field researches, including the provision of data for the development of regional and global field models, ground support of magnetometers located on satellites, support of the surface (sea) and aeromagnetic surveys and drilling, providing the data for researches of processes in the lithosphere, magnetosphere and ionosphere over a wide frequency range, and also for a number of applied problems. This work was supported by the Grants of RSF No.14-11-00194 and RFBR No.16-55-45007.

2.16 Monitoring of geoaoustic emission of sedimentary rocks by a laser strainmeter-interferometer and a three-component piezoelectric seismic detector

Mishchenko M.A.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, Bishkek, Kyrgyzstan*

The results of complex geodeformation observations in Kamchatka are presented. A laser strainmeter-interferometer (developed at IKIR FEB RAS) and a three-component piezoelectric seismic receiver, constructed by ZAO «Geoakustica» and provided by IMGiG FEB RAS within the joint research, were used as the registering systems. The analysis of signals received simultaneously by different registration systems was carried out. Seismic signals from earthquakes, pulses with the frequency up to 100 Hz and higher-frequency geoaoustic signals, which had been registered by a system of spaced hydrophones at IKIR FEB RAS before, were detected.

2.17 Parallel adaptive sparse approximation methods for analysis of geoaoustic pulses

*Kim A.A.^{1,2}, Lukovenkova O.O.^{1,2}, Marapulets Yu.V.¹,
Tristanov A.B.^{1,3}*

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

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

³ *Kaliningrad State Technical University*

The passive acoustic emission method is widely used to study of the strength of materials, in geophysics and to study of the seismic process. It is based on the study of the characteristics of acoustic emission pulses that arise as a result of plastic deformation of solid media. Researches in Kamchatka shows that the acoustic emission

method is effective in monitoring acoustic disturbances occurring in the sound range during activation of sedimentary rocks deformation at the final stage in the earthquake preparation. Such emission signals are called geoaoustic emission, and their disturbances are often used as operational earthquake precursors. Geoaoustic pulses are characterized by a complex internal structure, a wide variety of time-domain waveforms, large amount of noise and short duration. The classical time-frequency methods used to analyze similar signals in other research fields do not give good results. The authors proposed a new approach to the analysis and modeling of geoaoustic signals based on the sparse approximation methods. A parallel implementation has been developed for the proposed methods. This implementation allows real-time geoaoustic signals modeling and processing.

2.18 Prediction of geomagnetic indexes with the help of artificial neural networks

Myagkova I.N., Dolenko S.A.

*D.V.Skobel'tsyn Institute of Nuclear Physics, M.V.Lomonosov
Moscow State University*

The results of prediction of geomagnetic indexes Ap, Kp and Dst characterizing the state of the Earth's magnetosphere, obtained with the help of artificial neural networks (ANN) for various prediction horizons, are presented. The forecasts are based on multivariate time series including the values of the geomagnetic indices, as well as data about the parameters of solar wind and interplanetary magnetic field, during several latest days.

This study has been performed at the expense of Russian Science Foundation, grant no. 16-17-00098.

2.19 Reversal of magnetic field in the dynamic system with stochastic $\alpha\Omega$ -generators

Vodinchar G.M., Godomskaya A.N., Sheremetyeva O.V.

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

In the $\alpha\Omega$ -dynamo model, we assume the axial symmetry of the velocity field \mathbf{v} and the magnetic field \mathbf{B} in the spherical shell of a viscous incompressible fluid rotating around the Oz axis with a constant angular velocity Ω . We assume that the velocity field of a viscous liquid \mathbf{v} is zero on the inner $r = r_1$ and outer $r = r_2$ spherical envelope boundaries (boundary conditions of adhesion), and the magnetic permeability of the inner and outer nuclei is the same, and the medium outside the core ($r > r_2$) is not conductive (vacuum boundary conditions at the outer boundary and conditions of boundedness at the center of the earth are assumed). 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. In the simplest case, the speed is well 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 – the mode of Poincare, $|\mathbf{v}_0| = 1$, $u(t)$ – velocity amplitude, velocity field components are considered 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 produce an oscillating dynamo. 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 $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$. We substitute these expansions in the magnetohydrodynamic system

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + Re_m(\mathbf{v}\nabla)\mathbf{v} &= P_m\Delta\mathbf{v} - \nabla P - E^{-1}P_m(\mathbf{e}_z \times \mathbf{v}) + \\ &+ (1 + \zeta(t))\mathbf{f}_{out} + (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B}, \\ \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= Re_m[\nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})] + \Delta\mathbf{B} + R_\alpha \frac{1 + \xi(t)}{1 + |\mathbf{B}|} [\nabla \times (\alpha(r, \theta)\mathbf{B})], \\ \nabla \cdot \mathbf{v} &= 0, \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \\ \mathbf{v}(\mathbf{r}_1) &= \mathbf{v}(\mathbf{r}_2) = \mathbf{0}, \end{aligned}$$

apply the Galerkin method and introduce the mechanism of algebraic suppression of the α -effect and oscillations. We obtain a system of the following form:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= -P_m u(t) \sum_k \alpha_k \lambda_k + (1 + \zeta(t)) f_{out} + \sum_{i,j,k} \alpha_i L_{ijk} B_j B_k, \\ \frac{\partial B_i}{\partial t} &= Re_m u(t) \sum_k \alpha_j W_{ijk} B_k - \mu_i B_i + R_\alpha \frac{1 + \xi(t)}{1 + \sum_k B_k} \sum_k W_{ik}^\alpha B_k,\end{aligned}$$

where $\zeta(t)$ и $\xi(t)$ – stochastic processes with zero mean. Choosing different values of (Re_m, R_{alpha}) from a small neighborhood of the bifurcation point and different initial conditions, we obtain different dynamo regimes.

2.20 Symbolic Computations in Simulations of Hydromagnetic Dynamo

Vodinchar G.M.^{1,2}, Feshchenko L.K.¹

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

² *Vitus Bering Kamchatka State University, Russia*

Research of the problems of planetary and stellar dynamo often carried out using methods of weighted residuals. In these methods, all fields are decomposed in a combination of stationary modes with time-dependent amplitudes.

The construction of the dynamo model involves the selection of modes, and then the compilation of a dynamical system for the amplitudes. This system is quadratically nonlinear with constant coefficients. The coefficients themselves are computed as volume integrals for different multiplicative combinations of basis modes and the vector-operator ∇ . The number of integrals increases proportionally to the third power of the number of modes, so their calculation is possible only with the use of computer technology.

To calculate the coefficients it is convenient to use systems of symbolic computation, since integration over the surface of the sphere is carried out analytically, and only integration in the radial direction requires the involvement of numerical methods.

To solve the described problems, a unified technology was developed in the system of symbolic computation Maple. The complex of programs implementing it includes modules for calculating the modes of free fluid oscillations and eigenmodes of magnetic field dissipation, the program for calculating the approximations of the modes of free oscillations in a rotating shell, the program for calculating the coefficients and for automatically compiling dynamic systems of magneto convection in spherical shells with different variants of boundary conditions.

2.21 Analysis of ionospheric parameters by the software system «Aurora»

Polozov Yu.A., Fetisova N.V.

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

The paper presents methods of modeling and analysis of ionospheric parameters, which realized in the program system of complex analysis of geophysical parameters «Aurora». The methods allow to analyze of characteristic changes in the ionospheric parameters and allocate the anomalous features during periods of ionospheric disturbances. The algorithm parameters are adapted for analyzing the ionospheric data of the Paratunka station (Kamchatka) and based on results of the estimates (station data of Yakutsk, Gakona, etc. were analyzed). Methods can be applied for the mid-latitude region. The system is implemented in the public domain (<http://aurorasa.ikir.ru:8580>). The research was supported by the Russian Scientific Foundation Grant (Project № 14-11-00194).

2.22 The geophysical field disturbances and quantum mechanics

Kuznetsov V.V.

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

Quantum processes impact into physics of geophysical field disturbances is discussed here in examples of phenomena such as an earthquake with processes preceding and accompanying it, volcanoes eruptions and diamond exploding pipes. Physics of shock waves generation in ionosphere and atmosphere, mechanism of atmosphere phenomena in supercooled clouds recorded by a stormglass is considered. The report treats of physics of ball and dark lightning, of generating in atmosphere the high-energy particles involved in sprites occurrence, and so on. Geophysical phenomena considered here have no clear and consistent interpretation in the context of classical physics. We attempt to involve the recent achievements of quantum physics namely the quantum entanglement between elementary particles implicated in considered phenomena.

2.23 Application of «Sensor signal analysis network» complex for distributed, time synchronized analysis of electromagnetic radiation

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

The paper considers a developing software-hardware complex «Sensor signal analysis network» for distributed and time synchronized analysis of electromagnetic radiations. The areas of application and the main features of the complex are described. An example of application of the complex to monitor natural electromagnetic radiation sources is considered based on the data recorded in VLF range. A generalized functional scheme of stream analysis of signals by a complex functional node is suggested and its application for stream detection of atmospheric whistlers and tweaks is considered.

2.24 Characteristics of Schumann resonance parameters at Kuju station

*Ikeda A., Uozumi T., Yoshikawa A., Fujimoto A., Abe S.,
Nozawa H., Shinohara M.*

*International Center for Space Weather Science and Education,
Japan*

The Schumann resonance (SR) is the global resonance of electromagnetic waves generated by global lightning activity. The resonance is formed by the Earth-ionosphere cavity and the specific resonance frequencies, which are about 8, 14, 21, and 26 Hz, appears in ground magnetic field variation. Expectations for the SR have increased recently as an indicator of global and regional lightning activity. In order to use the SR parameters for studying such earth's climate, we need to investigate characteristics of Schumann resonance parameters. In this study, we concentrated our attention on the SR at Kuju, Japan (KUJ; M. Lat. = 23.4 degree, M. Lon. = 201.0 degree). The ground magnetic field variation in the extremely low frequency (ELF) range has been measured by an induction magnetometer at KUJ since 2003. The observation is a part of activities by International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University. The first mode of the Schumann resonance (SR1) around 8 Hz can be seen at KUJ. The SR1 in H (horizontal northward component) shows daily variations with maximum peaks around 15 UT throughout the entire period. In the case of D (horizontal eastward component), the SR1 shows its maximum peak around 8 UT. The three major regions of thunderstorm activity (i.e., tropical Asia, Africa and America) affect amplitude of SR. The maximum peak times of SR1 in H and D are coincident with the enhancement of thunderstorm activity in Africa and Asia, respectively. This can be explained by the geographical location of Kuju station.

3 Physics of earthquake precursors

3.1 Detection of precursor anomalies of Zhupanovskoe earthquake on January 30, 2016 with $M_W=7.2$ and source depth of 171 km (Kamchatka) by eigenoscopy method

Firstov P.P.¹, Isakevich D.V.^{2,3}, Isakevich V.V.^{2,3}, Grunskaya L.V.³, Makarov E.O.¹, Budilov D.I.¹

¹ *Kamchatka branch of Geophysical Service RAS, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Russia*

² *OOO BiznesSoftServis, Vladimir, Russia*

³ *Vladimir State University, Vladimir, Russia*

The eigenoscopy method is applied to analyze the collective behavior of soil radon time series to detect precursor anomalies before a deep Zhupanovskoe earthquake with $M=7.2$. An eigenoscope (from the English word «eigenvector») or «analyzer of eigenvectors and signal components» is a virtual tool capable of detecting check points of the collective behavior in multi-dimensional time series. Multi-dimensional time series (01.08.2015 - 17.02.2016) are considered. They were obtained from a site network for undersurface radon monitoring. The check points were definitely defined before a deep earthquake with $M = 7.2$ which occurred at the distance of 120 km from the registration site by eigenoscopy method. They may be considered as precursor anomalies.

3.2 Electromagnetic manifestation of lithospheric disturbances

Uvarov V.N.

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

Briefly analyzed the mechanisms causing the electromagnetic response of mechanical disturbance of rock. These mechanisms determine the existence of electromagnetic satellite of acuto-seismic disturbances of the Earth's crust, in particular, the existence of acoustic-seismic-electromagnetic waves - satellites of acoustic seismic disturbances. There were demonstrated the existence of electromagnetic responses

litosferic origin in natural electromagnetic background radiation of Earth, founded steady responses of natural electromagnetic field of the earthquake.

3.3 Estimate of the efficiency of earthquake prediction based on ionospheric parameter analysis

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 is considered to be a precursor. The reliability, validity and the efficiency of the precursor were evaluated by A.A. Gusev's and G.M. Molchan's methods for the period of 2009-2016. Earthquakes with the magnitude of $M \geq 5.0$ occurring within the zone of precursor appearance determined by Dobrovolskiy's radius were considered as forecasting earthquakes. It was shown that the precursor has the best predictive efficiency for the seismic events with the magnitude of $M \geq 6.5$.

3.4 Estimation of the practical significance of the seasons change in initiation of strong ($M \geq 6.0$) earthquakes

Serafimova Yu.K.

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

The example of the Kurile-Kamchatka region explores the distribution of strong earthquakes with a magnitude of 6.0 or more by the seasons. A feature of the methodical approach is the use of astronomical seasons, which are determined by the dates of the solstice and equinox. Based on the analysis of the distribution of strong earthquakes in

Kamchatka and the Kuril Islands for the period 1962-2012, depending on the phases of astronomical seasons, it is shown that the transitions from autumn to winter and, to a lesser extent, from spring to summer, can be considered as a factor that causes an increased frequency of their occurrence. Practical use of the established connection between certain phases of astronomical seasons and the emergence of strong earthquakes in predicting seismic activity suggests an assessment of its statistical significance. For each set of earthquakes, taking into account their energy parameters and for each of the seasons (autumn-winter, winter-spring, spring-summer, and summer-autumn) considered, the conformity of the presence or absence of the prognostic sign «change of season» to the earthquakes that occurred occurred. A ratio of the number of «dangerous» phase ranges, during which earthquakes occurred, to the number of ranges in which earthquakes are expected to occur at random are taken as a measure of the effectiveness of seismic-prognostic attribute. For Kamchatka shows an increase in the effectiveness of the seismic-prognostic attribute «season change» feature in the transition from autumn to winter, the «dangerous» phase range corresponds to the time period from 04 December to 08 January. In 2013-2016 in Kamchatka, more than 20 earthquakes with a magnitude of 6.0 or more occurred, with 40 percent of them being confined to the «dangerous» phase ranges that correspond to the seismic-prognostic attribute «change of seasons». Repeated analysis of the distribution of strong earthquakes in Kamchatka for the period 1962-2016 depending on the phases of astronomical seasons and an assessment of its statistical significance, confirmed the earlier conclusions about the practical utility of the seismic-prognostic attribute «season change» in predicting seismic activity enhancement, despite the fact that its efficiency in the transition from autumn to winter decreased by approximately 20 percent. At the same time, statistically significant intervals preceding the «dangerous» phase range of the «change of seasons», which correspond to the periods May 15 - June 03 and November 15 - December 3, were additionally revealed. For earthquakes from the Kuril Islands area, the use of the «change of seasons» feature does not lead to an increase in efficiency in predicting the time of their occurrence, which may be due to technical shortcomings of seismological data.

3.5 Features of manifestation of precursors of the strong earthquakes (according to observations on Kamchatka)

Kopylova G.N.

Kamchatka Branch of Geophysical Service Russian Academy of Sciences

The regularities of the manifestation of hydrogeological and other types of medium-term precursors in the territory of the Petropavlovsk geodynamic polygon, Kamchatka, before strong ($M = 6.6-8.3$) earthquakes that occurred at epicentral distances up to the first hundreds of kilometers are considered. The most pronounced feature in the manifestation of the precursors is an increase in their number with increasing magnitude of the earthquake. This property of precursors can be used in seismic prediction to estimate the time of occurrence of strong earthquakes, despite the low reliability of separate types of precursors. The hypothetical mechanisms of precursors are discussed taking into account the features of changing the time series of the observed parameters, their correlation links and the generalized statistical parameters characterizing various properties of the experimental data.

3.6 Information approach to the analysis of acoustic and electromagnetic signals

*Senkevich Yu.I.¹, Mishchenko M.A.¹, Larionov I.A.¹,
Solodchuk A.A.¹, Duke V.A.²*

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

² *St. Petersburg institute for informatics and automation of the RAS,
Russia*

The hypothesis of the physical connection between acoustic and electromagnetic phenomena caused by seismic activity of the earth's crust is considered. IKIR has archived monitoring data for such signals, on the basis of which an attempt is made to isolate general laws.

Acoustic and electromagnetic signals are nonlinear and nonstationary in nature. Therefore, the statistical approach to analyzing the properties of such signals and finding the connection between them causes considerable difficulties. As an alternative approach, the information approach to the search for regularities and relationships in the signals being considered is presented. The connection between phenomena is established through the allocation of sequences of interrelated events. Events are understood as fixed in time changes in the characteristics of the analyzed signals. An object that is retrospectively associated with a certain fact of a confirmed seismic event is recorded. The totality of the recorded objects undergoes linguistic processing. As a result, clusters of objects close one-to-other by the linguistic structure are created. The results of a comparative analysis of the statistical and the information approaches are presented.

3.7 Investigation of variations in the ratio of electrical to magnetic components of lightning discharge signals passing over earthquake epicenters

Argunov V.V., Korsakov A.A.

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

One of the main tasks for researching earthquakes is to find their reliable precursors. In the most general sense, the precursors of earthquakes are understood as standing out various phenomena that can be seen and recorded before the earthquake. It was established that during the preparation of the earthquake and during the event itself, ionospheric disturbances are observed over the epicenter region. Some works have indicated that variations in the phase of LF transmitter signals, observed several days before earthquakes, can be used as earthquake precursors. Natural electromagnetic signals of thunderstorm sources (atmospherics) can also be used to sound seismically disturbed regions of the lower ionosphere. Effects that can be related to subsequent earthquakes are registered in variations in the average amplitude of atmospherics in spite of the fact that their flux is nonstationary. An amplitude increasing of atmospherics

propagating over an earthquake epicenter reflects the variations in the parameters of the lower ionosphere under the action of seismic processes. An increase in the electron density, which can be interpreted as an increase in the wave reflection coefficient, is usually considered. For paths with a medium length (2000-4000 km) and a small number of wave reflections from the ionosphere (wave mode propagation can actually be considered), taking into account the boundary conditions, we can anticipate that seismic processes during earthquake preparation should not only manifest themselves in variations in the amplitude of atmospheric waves, but also in changes in the ratio of the vertical electric to the horizontal magnetic field components. The vertical electric field component received by vertical whip antenna, and the horizontal magnetic field component - by two crossed loop antennas. Indeed, during the precursor period there is a change in the conductivity (the electron concentration changes in the ionosphere) and the complex dielectric permittivity of the medium, possibly changing the ratio of the accepted components of the atmospheric field (assuming that the impedance of the underlying surface at the receiving point does not change during the time of seismic effects). For testing this possibility, in addition to the amplitude of the atmospheric waves, the ratio of the voltage from the vertical electric antenna to the total voltage from the horizontal magnetic antennas was analyzed. Before the beginning of measurements of distant atmospheric waves, the gain factors of the measuring channels were set that the ratio of the voltages was equal to 1.

3.8 Model of radon transfer in a porous ground layer of finite power

Parovik R.I.

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

Mathematical modeling of radon transfer processes (^{222}Rn) is an actual task due to various applications. One of such applications is the study of precursors of strong earthquakes with the aim of their possible prediction [1,2]. In these studies, it is shown that radon is an indicator of the stress-strain state of the geomedium and its responses are observed in the field of subsoil radon in the form of various anomalies.

Mathematical modeling of radon transfer processes is considered within the framework of the emanation method, which is described in detail in [3,4]. As a rule, the main contribution to the transport mechanism of Rn is made by the diffusion and advection processes, however, the migration capacity of Rn is influenced by meteorological conditions, groundwater discharge, effusion, geological parameters and properties of the geoenvironment, etc. [3,5]. Therefore, the mathematical model of the transfer of Rn in the geosphere is adopted with some assumptions. In this paper, we will assume that the nonstationary transfer of Rn occurs in a homogeneous layer of porous ground only due to the diffusion-advection mechanism, and we also assume that the influence of meteorological conditions on the transfer process Rn is insignificant and can be neglected.

Using the Laplace integral transformation and its numerical inversion, the solution of the model of non-stationary diffusion-advection of radon was obtained and the radon distribution curves.

References

1. Rudakov V.P. Monitoring of the stress-strain state of rocks in the seismically active region by the emanation method // *Geochemistry*. 1986. № 9. P. 1337-1342.
2. Firstov PP, Rudakov VP Results of registration of subsoil radon in 1997-2000. On the Petropavlovsk-Kamchatka geodynamic range // *Volcanology and seismology*. 2002. № 6. C. 1-16.
3. Novikov G.F. Radiometric exploration. L: Nedra, 1989. 407 p.
4. Parovik R.I. Mathematical models of the classical theory of the emanation method. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamSU them. Vitusa Beringa, 2014. 128 p.
5. Yakovleva V.S., Nagorsky P.M., Kondratyeva A.G., Mishina N.V. The influence of meteorological parameters and other factors on soil radon dynamics. Innovative Technologies in Engineering VII International Scientific Practical Conference. Conference Proceedings. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. C. 12051.

3.9 Nonuniformity of seismic events distribution over day intervals and seismoionosphere relations

Bogomolov L.M.¹, Voronina T.E.², Kamenev P.A.¹, Zakupin A.S.¹, Sycheva N.A.³, Sychev V.N.³

¹ *IMGG FEB RAS*

² *SB UGS.RAS*

³ *RS RAS*

Previously, nonuniformity of daily distributions of seismic events has been analyzed in a number of papers, however mechanisms of the synchronizations of maxima and minimums with the local time remained out of discussions. Our approach is to reveal some elements of seismoionospheric relations which control correlations between seismicity and diurnal nocturnal periods changes. Significant variations of ionospheric parameters are well known, as well as excitation of internal and acoustic - gravitational waves by solar terminator. Such waves and forced gradients of atmospheric pressure can contribute to momentum transfer over atmosphere, observable seismoionospheric relations being manifestations of that. The presentation also includes the peculiar features of daily seismicity distributions on examples of Sakhalin-Kuriles region and central Asia. New program Seis-ASZ (designed by A.S. Zakupin) has been used for this purpose. Nonuniformity of daily distributions is shown to be under effect of flow of minor seismic events (but inside interval of representative classes). For events of moderate classes the nonuniformity is reduced or absent. The parameter of ratio of nocturnal to diurnal events number has its temporal evolution. The dependence of this parameter of time differs from time dependence of LURR (Load- Unload Response Ratio) describing modulation of seismicity by lunar-solar tides.

3.10 On some features of signals of geoacoustic emission before earthquakes

Shcherbina A.O.

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

The analysis of amplitudes and directions of geoacoustic emission signals during background periods and before earthquakes is performed. It is established that during the activation of seismic processes there is a redistribution of directions from which geoacoustic pulses are recorded. In this case, the anisotropy of the direction of geoacoustic emission increases with increasing amplitude. Using the method of superposition of epochs, the radius of the precursor zone was estimated. Based on the results of the analysis of more than 2600 earthquakes that occurred between 01.01.2008 and 01.09.2016, it is established that the anomalous behavior of geoacoustic emission is observed at distances greater than that determined by the formula proposed by I.P. Dobrovolsky, 25% geoacoustic signals and 65% for integral signals.

3.11 The lower ionosphere tsunami-driven perturbations as detected by VLF signals

*Rozhnoi A.A.¹, Solovieva M.S.¹, Shevchenko G.V.², Levin B.V.²,
Fedun V.³*

¹ *Institute of the Earth Physics, RAS, Moscow, Russia*

² *Institute of marine geology and geophysics FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

³ *University of Sheffield, Sheffield, UK*

The data from observations of the Very Low Frequency (VLF) electromagnetic signals obtained from the receiving stations at Petropavlovsk-Kamchatsky, Yuzhno-Sakhalinsk and Moshiri (Japan) have been used to analyse the response of the lower ionosphere to the tsunamis triggered by Sumatra 2004, Simushir 2006, Chile 2010 and Tohoku 2011 earthquakes. The negative nighttime anomalies of the amplitude of signals have been found 26-28 December in the three

sub-ionospheric wave paths of different length and orientation passing above the Pacific region in case of 2004 Indonesian disastrous tsunami. For the three rest cases a significant decrease in the amplitude (about 10-15 db) together with phase variations of up to 40 degrees relative to the normal signal level have been found after the earthquakes during the tsunami wave passage along the wave path from transmitter NPM (in Hawaii) to the receivers. This path extended along the propagation direction of the Chilean, Kuril and Japanese tsunamis. The other propagation paths in these cases were used as the control group. The analysis of the VLF signal was made for nighttime observations when the ionosphere is more sensitive to external factors than the sunlit ionosphere. The results of analysis of the VLF observations were compared to the sea-level measurements from Japanese network of GPS buoys situated along Japan coastline for the Japan tsunami and with data from the Deep-ocean Assessments and Reporting of Tsunamis (DART) stations situated in the Pacific Ocean near Hawaiian Islands and offshore Kamchatka for the Chilean and Kuril tsunamis. The analysis of spectral characteristics of the VLF variations has shown good coincidence of the frequency maxima with in-situ data of sea-level oscillations (8-50 min). These periods are also in compliance with the periods of internal gravity waves (IGWs). Made observations have shown that the tsunami generates ionospheric perturbations that can be detected by subionospheric VLF signals. The interpretation of the observed effects bases on interaction of IGWs with the lower ionosphere. The observation results are in good agreement with the theoretical approach.

3.12 Using «Internet of Things» technology for earthquake precursors monitoring

Lazareva O.D., Chukin V.V.

Russian state hydrometeorological university, Russia

For many regions of the globe, which are seismically active zones, the actual development of methods to accurately determine the strength of the epicenter and the time range of seismic activity. Detection of earthquake precursors will help to prevent large numbers of casualties, as well as reduce the impact of the devastation caused by the earthquakes, for all areas of life.

Numerous ground-based and satellite observations have shown that in the periods preceding strong seismic events, the system logs the disturbance of the electron concentration of the ionosphere over the epicenter. Identification of earthquake precursors is accomplished by fixing the variance of the total electron content (TEC) relative to the averaged values of the electron concentration. One of the known methods of monitoring the ionosphere based on the use of ground-based detection of radio signals of global navigation satellite system (GNSS) and subsequent determination of the TEC of the ionosphere based on the processing of code and phase delay measurements of radio signals. The comparison of the obtained values with parameters «quiet» ionosphere allows to draw conclusions about upcoming in the next few hours seismic environment.

Using the «Internet of Things» technology to collect information from a variety of GNSS receivers connected to the Internet, provides a unique opportunity to obtain real time data on the distribution of TEC with high spatial resolution to identify the epicenter of the forthcoming earthquake. The ability to create a dense sensor network is achieved by the creation of low-cost GNSS receivers based on the Arduino platform, consisting of a PCB with a microcontroller and an additional GNSS module. The determination of the ionospheric delay of the radio signal and the calculation of ionospheric TEC are performed directly in the GNSS receiver. The results are transmitted via a wireless channel through the global Internet to a dedicated server, where the maps of the ionospheric TEC are built and precursors of earthquakes are determined.

3.13 Variations of background seismic noise before strong earthquakes 2013-2016, Kamchatka

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

¹ *Kamchatka Branch of Geophysical Service Russian Academy of Sciences*

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

The network of broadband seismic stations of Geophysical service RAS works on the territory of Kamchatka peninsula in the Far East of Russia. We used continuous records on Z-channels at 21 stations for creation of background seismic noise time series in 2011-2016 with

sampling 1 minute. Average daily parameters of multi-fractal spectra of singularity: generalized Hurst exponent, the singularity spectrum support width and wavelet spectral exponent, minimum normalized entropy of the wavelet coefficients of noise have been calculated at each station using 1-minute records. Maps of their spatial distribution and graphs of temporal changes were constructed at time scales from days to six months. The time series of daily median values of the statistical parameters of the noise were calculated on all stations. The analysis of the coherent behavior of the time series of the statistics was considered. The technique included the splitting of seismic network into groups of stations, taking into account the coastal effect, the network configuration (northern, central and southern groups) and the main tectonic elements of Kamchatka. Then the time series of median values of noise parameters from each group of stations were made and the frequency-time diagrams of the evolution of the spectral measure of the coherent behavior of four time series were analyzed. The time intervals and frequency bands of the maximum values showing the increase of coherence in the changes of all statistics were evaluated. Three strong earthquakes with magnitudes $M=6.9-8.3$ occurred near the Kamchatka peninsula during the observations. The synchronous variations of the background noise parameters and increase in the coherent behavior of the median values of statistical parameters was shown before two strong earthquakes 2013 (February 28, $MW=6.9$; May 24, $MW=8.3$) within 3-9 months and before the earthquake of January 30, 2016, $MW=7.2$ within 3-6 months. The maximum effect of increased coherence in the range of periods 4-5.5 days corresponds to the time of preparation of two strong earthquakes in 2013 and their aftershock processes. The effects of increased coherence in changes in background seismic noise were not detected for the northern group of stations. For the central group of stations the effects of coherence are conformed on time corresponding to the preparation of the seismic activation in 2013 and the earthquake in 2016. For the southern group of stations the weak bursts of increased coherence are allocated in the time interval from mid-November 2012 to the end of June 2015. Peculiarities in changes of statistical parameters at stages of preparation of strong earthquakes indicate the attenuation in high-amplitude outliers and the loss of multi-fractal properties in time series of noise. The changes of the used parameters of seismic noise before earthquakes on Kamchatka corresponds to their behavior during the preparation of the strongest earthquakes near Japan in 2003, $M=8$ and in 2011, $M=9$.

3.14 Technique of seismic situation control in a given area

Cherny S.E., Efremenko A.N., Kanarsky I.D., Podchassky A.S.

Mozhaisky Military Space Academy

The solution of the task of assessing the seismic hazard in a particular area and in a given time interval Δt is of practical interest. The authors propose a method for solving this problem on the basis of a temporal seismicity analysis according to accumulated seismotectonic deformation of the earth's crust. The choice of this method is due to the fact that the time course of accumulation of the «released» deformation of the earth's crust is physically justified and, on average, most fully reflects the features of the seismic processes development and the processes of preparing strong earthquakes. The fraction of the elastic stresses of the earth's crust $\varepsilon(\Delta t)$, that turned into inelastic deformation (rock continuity rupture) due to the earthquakes occurring during Δt time in a certain region with volume V is determined by the correlation:

$$\varepsilon(\Delta t) = 1/2\mu V \cdot \sum_{i=1}^n M_{0i},$$

where $\varepsilon(\Delta t)$ is the fraction of the elastic stresses of the earth's crust released by earthquakes in the form of a deformation of a region V in time Δt , [$\varepsilon \cdot 10^{-8}$]; n is the number of earthquakes that have passed in the region V during the time Δt ; μ is shear modulus of rocks, [N/m^2]; V is the volume of the area subjected to deformation, [m^3]; M_{0i} is the scalar moment of the i earthquake, [$H \cdot m$].

It is proposed to monitor the deformation of the earth's crust in a given region by calculating and analyzing the values obtained on the basis of the above correlation, as well as the parameters of seismotectonic deformation, the background values of the seismotectonic deformation speed, and the ratios of the seismotectonic deformation speed for different time periods. Seismic activity is estimated at different time intervals in each of the K -zones ($j = 1 \div K$), having an area of 1000 km^2 , into which the investigated area is divided. Expert estimates of the values of these parameters, based on the experimental

data, allow us to determine their boundary limits ($X_{1\div m}^{gr}$), which separate the conditions of the seismic situation for each of the investigated parameters into «dangerous», «permissible» and «safe». The integration of the obtained parameter estimates $X_{1\div m}$ is carried out using the procedure of their normalization and averaging according to the rules of fuzzy logic. As a result, the regions in the area under consideration are distinguished with different degrees of seismic hazard. This technique, in the presence of archival and current information on seismic events, allows us to evaluate the seismic situation in real time. The tests of the method showed acceptable results when compared with seismic zoning data in the Russian Federation (USSR).

3.15 On the relation of the Earth rotational rate variations and its seismic activity. Earth coming into a new phase of angular velocity decrease

Sasorova E.V.¹, Levin B.V.^{2,1}

¹ *Institute of Oceanology RAS, Moscow*

² *Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk*

It is known that the Earth seismic activity (SA) is unstable in time and space. Periods of intensification of SA are changed by the periods of its decrease. The aim of the paper is to establish the relation of time regularities in the distribution of seismic event density with the Earth angular velocity variations. Time series on the Earth angular velocity variations (v) with the duration of 296 years (based on IERS database and the papers [McCarthy and Babcock, 1986; Morrison, 1973]) and seismic observation data for the same period (compiled on the basis of two subsets of NEIC catalogues, events with $M \geq 7.5$ were chosen) were used. It was shown that for low-frequency components of the time series on angular velocity (V_n , with the periods from 124 to 19 years), decrease of value v (deceleration) is accompanied by the increase of seismic event density. Local minima of V_n value coincide with SA maxima. Increase of v value (acceleration) is accompanied by

event density decrease. SA minima correspond to the stages of angular velocity decrease. Joint analysis of SA dynamics and V_n values showed that the duration of the interval between neighbor local minimum values of V_n and, correspondingly, between the local SA maxima is not constant in time. It varies from 18 to 41 years. From 2005 to 2013 increase of V_n values was observed and from the second half of 2014 and up to the present time, decrease of V_n is observed. At present, the Earth is coming into a new stage of deceleration. Based on the paper [Levin, Sarosova, 2015], the new phase of deceleration may be accompanied by SA intensification within the nearest several years. The features of seismic activity increase were observed both at the global (increase of event number with $M \geq 7.5$ till 2016 according to NEIC data) and at the regional levels. The number of seismic events with $M \geq 5$ and $M \geq 6$ in Japan and in New Zeland is growing since 2015 (in Italy and Indonesia since 2016).

Grant No. 16-05-00089 «Effect of low-frequency and high-frequency components of the Earth rotation rate variations on ist seismic activity dynamics in global and regional scales.»

Author Index

- Abe S., 86, 116
Abzaletdinova L.M., 79
Agranat I.V., 83, 88
Ammosov P.P., 91
Ammosova A.M., 91
Argunov V.V., 122
- Baishev D.G., 78, 98
Belov S.Yu., 74
Belova I.N., 74
Berngardt O.I., 107
Bogdanov V.V., 119
Bogomolov L.M., 103, 110, 125
Borkov Yu.G., 80
Budilov D.I., 118
Bychkov V.V., 91
- Chandrasekhar P., 27, 98
Cheremisin A.A., 84
Cherneva N.V., 72, 82, 87, 95, 102
Cherny S.E., 99, 130
Chukin V.V., 127
Clilverd M., 82, 95
- Darrouzet F., 95
Dolenko S.A., 99, 111
Druzhin G.I., 72, 102
Duke V.A., 121
- Efremenko A.N., 130
Ermakova T.S., 77
- Fedotova O.I., 76
Fedun V., 126
Ferencz C., 82, 95
Feshchenko L.K., 113
Fetisova N.V., 114
Firstov P.P., 87, 118
- Fujimoto A., 86, 116
- Gavril'eva G.A., 91
Godomskaya A.N., 112
Gotur I.A., 99
Grigoryev Yu.M., 79
Grunskaya L.V., 118
- Ievenko I.B., 75, 78
Ikeda A., 86, 116
Isaev I.V., 99
Isakevich D.V., 118
Isakevich V.V., 118
Ivanov V.B., 89
- Kamenev P.A., 125
Kanarsky I.D., 130
Kasimova V.A., 128
Khomutov S.Y., 98, 108
Kim A.A., 110
Koltovskoi I.I., 91
Kopylova G.N., 121, 128
Koronczay D., 82, 95
Korsakov A.A., 79, 91, 122
Kovalev A.A., 76
Kozlov V.I., 79, 88, 91
Krasnov V.M., 99
Kuleshov Yu.V., 99
Kurbatov G.A., 92
Kuznetsov V.V., 115
- Larionov I.A., 102, 106, 110, 121
Lazareva O.D., 127
Levin B.V., 126, 131
Lichtenberger J., 72, 82, 95
Lukovenkova O.O., 110
Lyubushin A.A., 128
- Makarov E.O., 118

Mandrikova O.V., 98, 108
Marapulets Yu.V., 102, 110
Margaryan V.G., 89
Marichev V.N., 84
Mishchenko M.A., 110, 121
Mochalov V.A., 72, 96, 115
Mochalova A.V., 72, 96, 115
Myagkova I.N., 99, 111
Mylnikova A.A., 89

Nagatsuma T., 81
Nikitin A.V., 85
Novikov P.V., 84
Nozawa H., 116

Parnikov S.G., 75, 78
Parovik R.I., 123
Pavlov A.F., 76
Pavlov A.N., 84
Pavlov A.V., 119
Pavlov Ye.A., 91
Perevalova N.P., 107
Perezhogin A.S., 91, 106
Permyakov M.S., 103
Podchassky A.S., 130
Podlesnyi A.V., 107
Pogoreltsev A.I., 77
Polozov Yu.A., 108, 114

Rodger C., 82, 95
Rozhnoi A.A., 126

Sannikov D.V., 82, 95
Sasorova E.V., 131
Semakov N.N., 76
Senkevich Yu.I., 121
Serafimova Yu.K., 119
Serdyukov V.I., 85
Seredkin I.N., 91
Shadrina L.P., 94
Shcherbina A.O., 126

Sheremetyeva O.V., 105, 112
Shestakov N.V., 107
Shevchenko G.V., 72, 126
Shevtsov B.M., 91, 105
Shevtsova O.V., 105
Shinohara M., 116
Sinitza L.N., 85
Sivokon V.P., 83, 88
Skorokhodov A.V., 72
Smirnov S.E., 94
Solodchuk A.A., 102, 121
Solovev I.S., 98, 106
Solovieva M.S., 126
Steinbach P., 82, 95
Sulakshina O.N., 80
Svetlov V.A., 99
Sychev V.N., 103, 110, 125
Sycheva N.A., 103, 125

Tarabukina L.D., 79, 88
Tristanov A.B., 110

Uozumi T., 86, 116
Uvarov V.N., 118

Vilayev A.V., 101
Vodinchar G.M., 112, 113
Voronina T.E., 125

Yasyukevich Yu.V., 89, 92
Yoshikawa A., 86, 116

Zakupin A.S., 125
Zalyayev T.L., 108
Zhantaev Zh.Sh., 101

Contents

1 Atmosphere physics	71
1.1 Mochalov V.A., Cherneva N.V., Druzhin G.I., Mochalova A.V., Lichtenberger J. Analysis of whistler activity based on observation data in Kamchatka	72
1.2 Shevchenko G.V., Skorokhodov A.V. Cloud manifestations of tsunami-induced atmospheric gravity waves in the area adjacent to Kuril islands	72
1.3 Belov S.Yu., Belova I.N. Comparative research of various methods for determining the characteristics of an electromagnetic wave reflected from a scattering diffraction screen in the propagation of a radio signal in the Earth-Ionosphere channel in the short-wave range of radio waves.	74
1.4 Ievenko I.B., Parnikov S.G. Comparison of the overlap region of energetic plasma and a plasmopause by the Van Allen Probe data with the SAR arcs ground observations during the storm and substorm	75
1.5 Semakov N.N., Kovalev A.A., Pavlov A.F., Fedotova O.I. Dipolarity of the magnetic field of the Arctic	76
1.6 Ermakova T.S., Pogoreltsev A.I. ENSO impact on the dynamical regime of the extratropical middle atmosphere	77
1.7 Ievenko I.B., Parnikov S.G., Baishev D.G. Eastward propagation of the Pc1 waves along the plasmopause according to observation of the dynamics of proton aurora and SAR arc	78
1.8 Kozlov V.I., Abzaletdinova L.M., Tarabukina L.D., Korsakov A.A., Grigoryev Yu.M. Effect of the electromagnetic environment in pipes in Yakutia	79
1.9 Sulakshina O.N, Borkov Yu.G. Empirical energy levels for NO molecule in the ground electronic state	80
1.10 Nagatsuma T. Geospace monitoring for space weather research and operation	81
1.11 Lichtenberger J., Koronczay D., Ferencz C., Steinbach P., Clilverd M., Rodger C., Sannikov D.V., Cherneva N.V. Improved whistler inversion method for monitoring the electron density in the plasmasphere	82
1.12 Agranat I.V., Sivokon V.P. Heating experiment effect on Schumann resonance parameters	83

1.13	Cheremisin A.A., Novikov P.V., Marichev V.N., Pavlov A.N. Lidar observations of atmosphere aerosol component perturbation over Tomsk and Vladivostok after volcanic eruptions in 2011	84
1.14	Nikitin A.V., Serdyukov V.I., Sinitsa L.N. Methane absorption in 10000 - 13000 cm^{-1} region	85
1.15	Yoshikawa A., Fujimoto A., Ikeda A., Uozumi T., Abe S. Monitoring of Space and Earth electromagnetic environment by MAGDAS project: Collaboration with IKIR	86
1.16	Firstov P.P., Cherneva N.V. Effect of natural processes on the formation of the atmospheric local electric field in Kamchatka	87
1.17	Sivokon V.P., Agranat I.V. Observations of electromagnetic radiation of stand EISCAT on Kamchatka	88
1.18	Kozlov V.I., Tarabukina L.D. Observations of lightning activity in Yakutia with three lightning location detectors in 2009-2016	88
1.19	Yasyukevich Yu.V., Mylnikova A.A., Ivanov V.B. Possibilities of single-frequency GPS/GLONASS data for vertical total electron content estimation	89
1.20	Margaryan V.G. Regularities of spatio-temporal distribution of the radiation balance of the earth surface in the Araks basin in the Republic of Armenia	89
1.21	Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Seredkin I.N., Shevtsov B.M. Role of exited atoms in lidar measurements of upper atmosphere	91
1.22	Korsakov A.A., Kozlov V.I., Ammosova A.M., Ammosov P.P., Gavril'eva G.A., Koltovskoi I.I., Pavlov Ye.A. Season variations of mesopause temperature and amplitude of VLF signal of Novosibirsk radio station during 2009-2016	91
1.23	Kurbatov G.A., Yasyukevich Yu.V. Studing Ionospheric TEC with Signals of Geostationary Navigation and Augumentation Satellites	92
1.24	Shadrina L.P. Two types of geomagnetic storms and relationship between Dst and AE indexes	94
1.25	Smirnov S.E. Variations in the atmospheric electric field and Meteorological parameters in Kamchatka during 1997-2017	94

1.26	Koronczay D., Lichtenberger J., Steinbach P., Clilverd M., Rodger C., Ferencz C., Sannikov D.V., Cherneva N.V., Darrouzet F. Whistler source regions for 16 detector stations around the world	95
1.27	Mochalov V.A., Mochalova A.V. Algorithms for changing the structure of geospace self-organizing question answering sensor networks	96
2	Geophysical fields and their interaction	97
2.1	Mandrikova O.V., Solovev I.S., Khomutov S.Y., Baishev D.G., Chandrasekhar P. Analysis of magnetic data of ground station network during strong magnetic storms .	98
2.2	Dolenko S.A., Svetlov V.A., Isaev I.V., Myagkova I.N. Analysis of the states of the magnetosphere of the Earth by the algorithm of adaptive construction of hierarchical neural network classifiers	99
2.3	Krasnov V.M., Gotur I.A., Kuleshov Yu.V., Cherny S.E. Choice of optimum heights for registration of ionospheric response to earthquakes	99
2.4	Zhantaev Zh.Sh., Vilayev A.V. Comparison of the thermal field of the Earth crust with features of the seismic regime of the Northern Tien Shan	101
2.5	Larionov I.A., Marapulets Yu.V. Complex atmospheric-lithospheric observations of acoustic emission at «Karymshina» site in Kamchatka.	102
2.6	Marapulets Yu.V., Druzhin G.I., Cherneva N.V., Solodchuk A.A. Electromagnetic and acoustic radiations before Kamchatka earthquake	102
2.7	Permyakov M.S. Estimates of the typhoon eye cloud wall characteristics according to the world lightning localization network	103
2.8	Sychev V.N., Bogomolov L.M., Sycheva N.A. Evolution of electrosensitivity of deformation processes in geosphere (by the example of BGP)	103
2.9	Shevtsov B.M., Sheremetyeva O.V. Fractional models of seismoacoustic and electromagnetic activity	105
2.10	Shevtsov B.M., Shevtsova O.V. Fractional properties of geophysical fields variability on an example of hydrochemical parameters	105

2.11	Larionov I.A., Perezhogin A.S. InSAR data analysis at Kamchatka during 2016	106
2.12	Solovev I.S. Interactive system for geomagnetic data analysis	106
2.13	Perevalova N.P., Berngardt O.I., Podlesnyi A.V., Shestakov N.V. Investigation of earthquake-related ionospheric disturbances far from the epicenters	107
2.14	Mandrikova O.V., Polozov Yu.A., Zalyayev T.L. Joint analysis of ionospheric parameters and cosmic ray data during magnetic storms in 2015	108
2.15	Khomutov S.Y. Magnetic observations at Geophysical Observatory «Paratunka» IKIR FEB RAS: tasks, possibilities and future prospects	108
2.16	Mishchenko M.A., Larionov I.A., Bogomolov L.M., Sychev V.N. Monitoring of geoacoustic emission of sedimentary rocks by a laser strainmeter-interferometer and a three-component piezoelectric seismic detector	110
2.17	Kim A.A., Lukovenkova O.O., Marapulets Yu.V., Tristanov A.B. Parallel adaptive sparse approximation methods for analysis of geoacoustic pulses	110
2.18	Myagkova I.N., Dolenko S.A. Prediction of geomagnetic indexes with the help of artificial neural networks	111
2.19	Vodinchar G.M., Godomskaya A.N., Sheremetyeva O.V. Reversal of magnetic field in the dynamic system with stochastic $\alpha\Omega$ -generators	112
2.20	Vodinchar G.M., Feshchenko L.K. Symbolic Computations in Simulations of Hydromagnetic Dynamo	113
2.21	Polozov Yu.A., Fetisova N.V. Analysis of ionospheric parameters by the software system «Aurora»	114
2.22	Kuznetsov V.V. The geophysical field disturbances and quantum mechanics	115
2.23	Mochalov V.A., Mochalova A.V. Application of «Sensor signal analysis network» complex for distributed, time synchronized analysis of electromagnetic radiation	115
2.24	Ikeda A., Uozumi T., Yoshikawa A., Fujimoto A., Abe S., Nozawa H. Shinohara M. Characteristics of Schumann resonance parameters at Kuju station	116

3 Physics of earthquake precursors 117

3.1	Firstov P.P., Isakevich D.V., Isakevich V.V., Grunskaya L.V., Makarov E.O., Budilov D.I. Detection of precursor anomalies of Zhupanovskoe earthquake on January 30, 2016 with $M_W=7.2$ and source depth of 171 km (Kamchatka) by eigenoscopy method	118
3.2	Uvarov V.N. Electromagnetic manifestation of lithospheric disturbances	118
3.3	Bogdanov V.V., Pavlov A.V. Estimate of the efficiency of earthquake prediction based on ionospheric parameter analysis	119
3.4	Serafimova Yu.K. Estimation of the practical significance of the seasons change in initiation of strong ($M \geq 6.0$) earthquakes	119
3.5	Kopylova G.N. Features of manifestation of precursors of the strong earthquakes (according to observations on Kamchatka)	121
3.6	Senkevich Yu.I., Mishchenko M.A., Larionov I.A., Solodchuk A.A., Duke V.A. Information approach to the analysis of acoustic and electromagnetic signals	121
3.7	Argunov V.V., Korsakov A.A. Investigation of variations in the ratio of electrical to magnetic components of lightning discharge signals passing over earthquake epicenters	122
3.8	Parovik R.I. Model of radon transfer in a porous ground layer of finite power	123
3.9	Bogomolov L.M., Voronina T.E., Kamenev P.A., Zakupin A.S., Sycheva N.A., Sychev V.N. Nonuniformity of seismic events distribution over day intervals and seismoionosphere relations	125
3.10	Shcherbina A.O. On some features of signals of geoacoustic emission before earthquakes	126
3.11	Rozhnoi A.A., Solovieva M.S., Shevchenko G.V., Levin B.V., Fedun V. The lower ionosphere tsunami-driven perturbations as detected by VLF signals	126
3.12	Lazareva O.D., Chukin V.V. Using «Internet of Things» technology for earthquake precursors monitoring	127
3.13	Kasimova V.A., Kopylova G.N., Lyubushin A.A. Variations of background seismic noise before strong earthquakes 2013-2016, Kamchatka	128

3.14	Cherny S.E., Efremenko A.N., Kanarsky I.D., Podchassky A.S. Technique of seismic situation control in a given area	130
3.15	Sasorova E.V., Levin B.V. On the relation of the Earth rotational rate variations and its seismic activity. Earth coming into a new phase of angular velocity decrease . .	131