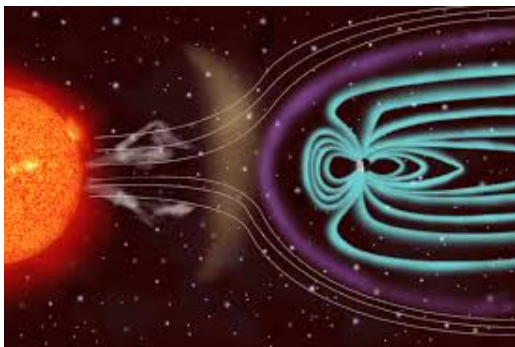


Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований и распространения
радиоволн
Дальневосточного отделения Российской академии наук



СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сборник тезисов докладов
XI Международной конференции



Петропавловск-Камчатский
2020

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Federal State Budget Research Institution
Institute of Cosmophysical Research
and Radio Wave Propagation
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences



SOLAR-TERRESTRIAL RELATIONS AND PHYSICS OF
EARTHQUAKES PRECURSORS

XI INTERNATIONAL CONFERENCE

v. Paratunka Kamchatsky kray

22 - 25 September 2020
COLLECTION OF THE REPORTS

Petropavlovsk-Kamchatsky
2020

УДК 551.509.336 + 550.344.37

Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: XI международная конференция, с. Паратунка, Камчатский край, 22 - 25 сентября 2020 г. : сб. тез. докл. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2020. – 211 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 проводилась в рамках государственного задания по теме «Динамика физических процессов в активных зонах ближнего космоса и геосфер» (Пер. № AAAA-A17-117080110043-4).

© ИКИР ДВО РАН, 2020

Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors: XI International Conference, Paratunka, Kamchatka, September 22-25, 2020: Book of Abstracts. – Petropavlovsk-Kamchatkskiy: IKIR FEB RAS, 2020. – 211 p.

Proceedings on the results of original investigations of physical processes in various layers of the atmosphere, near-Earth space and the solid Earth are presented. Issues of solar activity impact on the Earth magnetosphere and ionosphere are considered. Modern methods of geophysical data acquisition, processing, transfer and exchange are under discussion. Abstracts under authors edition are published.

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

The Conference was arranged within the framework of the State Task on the subject «Dynamics of physical processes in active zones of the near space and geospheres» (№ AAAA-A17-117080110043-4).

© IKIR FEB RAS, 2020

ISBN 978-5-6045275-0-4

ISBN 978-5-6045275-0-4



9 785604 527504

1 Физика атмосферы

1.1 Анализ 11-летней динамики пространственного распределения плотности молний в Северной Азии

Тарабукина Л.Д., Козлов В.И., Иннокентьев Д.Е.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук»*

Проведен анализ 11-летних временных рядов количества грозовых разрядов суммарно по территориям двух крупных областей повышенной плотности молний (более 10 раз по сравнению со значениями на окружающем пространстве): условно обозначенных как восточный регион 40-55 с.ш., 110-140 в.д., и западный регион 47-62 с.ш., 60-90 в.д. Дискретное разложение рядов (разрешение в 1 сутки) с помощью вейвлет-функции Мейера до 5 уровня (восточный) и 4 уровня (западный) показало смещение максимума сезонного хода грозовой активности в регионах в начало и ближе к августу из года в год с периодом около 3 лет. Периодичность в вариациях грозовой активности более выражена в Фурье-спектрах в западном регионе: 4, 7, 14 дней. Плотность молний в Северной Азии в пространстве можно описать как пояс вокруг 50 с.ш. со смещением южнее на востоке и значительном увеличении плотности особо в двух областях. Таким образом, предложено аналитическое выражение в виде изменяющейся с долготой гауссовой функции широтного хода, суммированной с линейной функцией фонового спада общего уровня активности к северу. Параметры, входящие в гауссову функцию, представлены зависимостью плотности от долготы. Параметр широты достаточно аппроксимируется линейной функцией долготы, параметр уширения распределения по широте суммой трех гауссовых функций. Их межгодовое изменение пренебрегалось в данном решении. Параметр, ответственный за описание пика плотности, описывается суммой двух гауссовых функций, и в их коэффициенты введена зависимость от года. Межгодовые вариации коэффициентов вторичных функций предложено представлять в виде суммы Фурье-рядов с двумя-тремя гармониками. Таким образом, получены оценки варибельности параметров аналитического выражения широтно-долготного распределения плотности грозовых разрядов в десятилетнем масштабе. Исследование выполнялось при финансовой поддержке Российского фонда

фундаментальных исследований в рамках научного проекта 18-35-00215 мол А. Приборная база поддерживается за счет бюджетной темы П.16.2.1. (номер госрегистрации АААА-А17-117021450059-З).

1.2 Анализ переноса аэрозоля, образовавшегося в результате летних пожаров 2019 года

*Черемисин А.А.¹, Маричев В.Н.², Новиков П.В.³,
Бочковский Д.А.², Романченко И.И.⁴*

*¹ Институт химической кинетики и горения
им. В.В.Воеводского СО РАН*

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

³ Красноярский институт железнодорожного транспорта

⁴ Новосибирский государственный технический университет

Пирокумулятивные облака или пирокумуляусы образуются в результате сильных пожаров или взрывов вулканов. Летом 2019 года были зафиксированы многочисленные пожары на территории Сибири в России, Канады, Аляски, Казахстана. По результатам лидарных наблюдений, проведенных в Томске в августе 2019 года, в стратосфере на высотах от 10 до 20 км было обнаружено явно выраженное аэрозольное рассеяние. Чтобы подтвердить происхождение аэрозольных слоев от пирокумулятивных выбросов пожаров, были использованы методы расчета обратных изоэнтропических траекторий движения воздушных масс. Расчеты были проведены для высот от 10-16 км с шагом 0,2 км. Траектории были рассчитаны в программном пакете HYSPLIT по данным GDAS, так и оригинальным программным пакетом по данным UK Met Office. Для анализа использовался архив FIRMS данных о пожарах на сайте NASA. Сделанные расчеты показывают, что аэрозольные слои, зафиксированные в Томске, были занесены воздушными массами, проходящими над пожарами больших размеров. На некоторых высотах могло происходить смешение аэрозольных слоев от нескольких источников пожаров из разных регионов.

1.3 Вариации гамма-излучения во время ближних гроз по наблюдениям в Якутске

Торопов А.А.¹, Стародубцев С.А.¹, Козлов В.И.¹, Балабин Ю.В.²

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

² *Полярный Геофизический институт, Апатиты*

В работе приводятся результаты исследования возрастания гамма-фона в приземном слое атмосферы во время ближних гроз в Якутске (на базе Спектрографа космических лучей ИКФИА СО РАН). Для регистрации гамма-фона используются сцинтилляционные детекторы на основе кристаллов NaI(Tl) размером 63мм х 63мм. Диапазон измеряемых энергий 20-1900 кэВ. Детекторы закрыты с боков и снизу свинцом (5 см) и помещены в термобоксы имеющие стеклянное окно. Детектор размещены на крыше здания Спектрографа космических лучей в Якутске. Также, осуществлялась синхронная регистрация вариаций атмосферного электрического поля электростатическим флюксметром Boltek EFM-100) и основных метеопараметров атмосферы (ультразвуковая метеостанция АМК-04). Рассматривались данные непрерывной записи аналогового сигнала с детектора во время ближних гроз 2018 года. Аналоговый сигнал с гамма-детектора подавался на первый канал АЦП E20-10 (L-Card) и записывался непрерывно на жесткий диск компьютера в течение одного часа (во время грозы) сериями по 10 минут. На второй канал подавался сигнал с активной широкополосной дипольной антенны П-10 (полоса пропускания 9 кГц 900 МГц) и также записывался в один файл вместе с сигналом гамма детектора. Такая методика позволяет осуществить точную привязку сигналов гамма-детектора к электромагнитным сигналам от молний. Частота дискретизации 5 МГц на каждый канал. В нескольких грозах по результатам анализа полученных данных были обнаружены сильные кратковременные всплески в скорости счета гамма-детектора во время грозы.

1.4 Вариации ошибки высокоточного позиционирования ГНСС в периоды сильных геомагнитных бурь

Ясюкевич А.С., Сыроватский С.В., Ясюкевич Ю.В.

Институт солнечно-земной физики СО РАН

На основе двухчастотных данных мировой сети приемников глобальных навигационных спутниковых систем мы анализируем изменения величины ошибки позиционирования в условиях сильных геомагнитных бурь в глобальном масштабе. В исследовании рассмотрены 5 умеренных (dst -100 нТл) и 4 сильных (dst -200 нТл) геомагнитных бурь 24 цикла солнечной активности. Для анализа качества позиционирования были рассчитаны координаты методом позиционирования высокой точности (PPP) в кинематическом режиме. Зафиксировано значительное снижение точности позиционирования PPP во время главной фазы бурь. Максимальный эффект наблюдался, как правило, в средних и высоких широтах американо-атлантического долготного сектора. Показано, что средняя величина ошибки PPP во время бурь может составлять 0,5 м, что до 5 раз превышает значения, характерные в спокойные дни. Области с увеличенными величинами ошибки PPP соответствовали регионам, в которых наблюдалось также значительное увеличение интенсивности вариаций полного электронного содержания в диапазоне периодов 10-20 минут. Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-3265.2019.5 и гранта РФФИ 20-45-383010. Использовались методики обработки данных, разработанные в рамках базового финансирования программы ФНИ П-16.

1.5 Влияние тропических циклонов на зимние грозы на Камчатке

*Смирнов С.Э.¹, Михайлов Ю.М.², Михайлова Г.А.²,
Капустина О.В.²*

¹ *Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

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

Исследовано влияние тропических циклонов на грозовую активность на Камчатке для случаев зимних гроз в период 2008-2018 гг. В качестве индикатора грозовой активности использованы временные вариации квазистатического электрического поля и метеорологических величин в obs. Паратунка ИКИР ДВО РАН, а также доступные в INTERNET данные о солнечной, сейсмической и циклонической активностях. Показано, что для формирования грозовой активности источником дополнительного тепла в приземной атмосфере полуострова, кроме солнечных вспышек, сопровождаемых усилением излучения в видимом, инфракрасном спектрах, возможно инфракрасное излучение роя близко расположенных эпицентров землетрясений средней интенсивности, а также удаленные тропические циклоны в Тихом океане как источник мощных потоков теплого и влажного воздуха.

1.6 Воздействие интенсивных потоков электронов и протонов с энергией 30 кэВ на низкоширотную ионосферу

Суворова А.В.^{1,2}, Дмитриев А.В.^{1,2}

¹ *Национальный Центральный Университет, Тайвань*

² *НИИЯФ МГУ им Ломоносова*

Спутниковые эксперименты на малых высотах показали, что энергичные электроны и протоны (десятки кэВ) из радиационного пояса Земли (РПЗ) могут проникать вблизи экватора в ионосферу. Воздействие потоков этих частиц на верхние слои атмосферы и

ионосферы в настоящее время недостаточно хорошо изучено. В данной работе на примере магнитной бури 22 июля 2009 исследуются локальные изменения концентрации ионосферных ионов в областях инъекций >30 кэВ электронов и протонов в низкоширотную ионосферу. Показано, что увеличение концентрации ионов в F слое в утреннем секторе связано с дополнительной ионизацией под воздействием энергичных электронов. Ионосферные неоднородности, наблюдаемые в ночном секторе в виде сильных флуктуаций концентрации ионов, могли быть вызваны воздействием энергичных протонов. Приведены результаты анализа солнечно-циклических и годовых вариаций частоты проникновения энергичных электронов и протонов РПЗ в низкоширотную ионосферу за период с 1998 по 2019 гг.

1.7 Разработка модели формирования возмущений напряженно-деформированного состояния геосреды по данным акустического мониторинга на Камчатке

Водинчар Г.М., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Ларионов И.А.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Работа посвящена разработке математических моделей деформационных возмущений во фрактальной среде и накоплению данных систем непрерывного акустического мониторинга в сейсмически активном регионе. С помощью методов математического моделирования напряженно-деформированного состояния земной коры получено обоснование связи акустических наблюдений в сейсмоактивном регионе с процессами подготовки сейсмических событий.

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

1.8 Высыпания высокоэнергичных электронов и их атмосферный эффект

Миронова И.А.¹, Розанов Е.^{2,1}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет

² *Physikalisch-Meteorologisches Observatorium World Radiation Center, Davos, IAC ETH, Zurich, Switzerland*

Воздействия высыпаний высокоэнергичных электронов (НЭЕР) на химию средней атмосферы все еще остается нерешенным вопросом. Для получения ответа на этот вопрос требуется правильное описание ионизации, вызванной осаждением энергичных частиц. Однако до настоящего времени фактические скорости ионизации атмосферы во время высыпания НЭЕР с энергиями электронов в диапазоне от десятков кэВ до нескольких МэВ неизвестны. Здесь будет обсуждаться прогресс в понимании высыпания энергичных электронов, высоких и релятивистской энергией, в атмосферу Земли и процессов, связанных с ионизацией атмосферы и изменениями химического состава. Особое внимание будет уделено новой функции отклика на высыпания энергичных электронов, используемой для правильной реконструкции скоростей ионизации, индуцированной НЭЕР, а также изучению реакции полярной атмосферы на НЭЕР. Образование нечетной группы азота NO_x, водородной группы HO_x и оценка истощения озонового слоя, вызванного НЭЕР, изучается с помощью радиационно-конвективной модели с интерактивной нейтральной и ионной химией, а также сравнивается со спутниковыми наблюдениями MLS.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-55-12020.

1.9 Исследование проявлений солнечно-земных связей в динамике приземного атмосферно-электрического поля

*Кудринская Т.В.¹, Куповых Г.В.¹, Аджиев А.Х.²,
Зайнетдинов Б.Г.³*

¹ Южный федеральный университет

² Высокогорный геофизический институт

³ Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова

В условиях, происходящих в настоящее время глобальных и региональных климатических изменений солнечно-земные связи оказывают несомненное влияние на погоду и климат Земли. Проблема исследований связей солнечной активности с погодными явлениями и климатом, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективах, заключается в невыясненных до конца механизмах ее воздействия на атмосферу. Одним из таких механизмов, способных объяснить влияние солнечной активности на метеорологические и климатологические процессы, может являться атмосферная глобальная электрическая цепь, характеристики которой связаны с параметрами солнечной активности, планетарными индексами, интенсивностью галактических космических лучей и т.д. В работе исследуется поведение атмосферного электрического поля вблизи земли в зависимости от динамики солнечной активности. К настоящему времени завершается очередной цикл солнечной активности, максимум которого пришелся на 2014 г., а минимум - на 2019 г. В качестве показателей солнечной активности использованы: число солнечных пятен, количество и мощность вспышек, плотность потока радиоизлучения на длине волны 10,7 см. Кроме того, рассматриваются различные состояния геомагнитного поля, характеристикой возмущений которого является планетарный индекс (А-индекс). В работе представлены результаты анализа данных экспериментальных наблюдений за напряженностью (градиентом потенциала) электрического поля атмосферы, полученные в нескольких пунктах наблюдений атмосферно-электрической сети Росгидромета и Высокогорного геофизического института (в том числе на полярных и высокогорных станциях). На основании экспериментальных данных для периодов максимума и минимума солнечной активности: построены линии регрессии напряженности поля в зависимости

от значений индекса вспышечной активности и потока радиоизлучения; определены средние значения напряженности атмосферного электрического поля при различной степени числа пятен на поверхности Солнце; рассмотрены особенности вариаций напряженности электрического поля приземной атмосферы при наблюдении мощных солнечных вспышек класса X и для условий спокойного Солнца; исследованы суточные вариации атмосферного электрического поля в зависимости от величины Ар-индекса при повышенной геомагнитной активности.

1.10 Лидарные исследования динамики вертикально-временной структуры стратосферного аэрозоля над Томском в 2016-18 гг.

Маричев В.Н.¹, Бочковский Д.А.¹, Бычков В.В.²

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

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

Представлены результаты наблюдений особенностей внутригодовой изменчивости вертикально-временной структуры фонового аэрозоля в стратосфере над Западной Сибирью за последние годы (2016-18 гг). Экспериментальные данные были получены на лидарном комплексе ИОА СО РАН с диаметром приемного зеркала 1м. Выполненные исследования относятся к изучению динамики фонового стратосферного аэрозоля. По результатам исследований подтверждается устойчивой внутригодовой цикл максимального аэрозольного наполнения стратосферы зимой, убывания весной до минимального, практического отсутствия летом и возрастанием осенью. Вместе с тем выявлена динамика неравномерной стратификации и наполнения аэрозоля, усредненного по месяцам, для разных лет. Впервые показано, что стратификация стратосферного аэрозоля по высоте в значительной степени определяется термическим режимом пограничного слоя тропосфера - стратосфера.

1.11 Машинное обучение для задач моделирования регулярной и нерегулярной динамики ионосферы

*Ясюкевич Ю.В.¹, Жуков А.В.^{1,2}, Ясюкевич А.С.¹, Веснин А.М.¹,
Сидоров Д.Н.^{1,2}*

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

² *Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Россия, Иркутск*

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС/Galileo/BeiDou предоставили огромный объем данных о состоянии ионосферы. ГНСС обеспечивают возможность для IGS по регулярному расчету глобальных ионосферных карт (GIM) полного электронного содержания. Временное разрешение современных карт GIM достигает 15 мин. Эти карты позволяют регулярную оценку регулярной динамики ионосферы и уровня ионосферной возмущенности в различном временном масштабе. В работе предложены достижения технологии машинного обучения (МО) для создания моделей регулярной и нерегулярной динамики ионосферы. Общий объем данных для обучения/валидации/тестирования покрывает промежуток с 1998 по 2019 гг. В качестве входных используются индексы геомагнитной и солнечной активности. Нами использована технология градиентного бустинга для построения моделей. Для уменьшения пространственной размерности и вычислительных затрат был использован метод главных компонент. Разработанные модели регулярной динамики показывают лучшее согласование по сравнению с часто используемой моделью NeQuick2 (улучшенная модель Galileo) и моделью Клобучара для GPS. Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18-35-20038) и базового финансирования программы ФНИ П.16.

1.12 Метод выделения базовой линии из спектральных сигналов сложной формы

Ташжун С.А.

*Лаборатория физики климата и окружающей среды ИЕНиМ
УрФУ, Екатеринбург, Россия*

Предложен метод выделения базовой линии из сигнала $y(x)$, измеренного в N эквидистантных точках $x_i = x_0 + (i-1)$, где шаг взятия отсчета, а $i = 1, \dots, N$ номер отсчета. Предполагается, что регистрируемый сигнал $y_i = y(x_i)$ представляет собой суперпозицию полезного сигнала, случайного шума и базовой линии. Базовая линия, играющая роль медленно меняющегося фона, обусловлена, как правило, особенностями аппаратуры регистрации. Даная модель сигнала является весьма общей, возникающей во множестве научных и технических приложений. Предлагаемый метод состоит из трех основных этапов. (i) С помощью метода SNIP строятся верхняя и нижняя огибающие исходного спектра и выделяются M участков имеющие ширину (разность между верхней и нижней огибающими) меньше некоторого заданного порога. (ii) К выделенным участкам применяется критерий Ljung-Vox для выделения с заданной доверительной вероятностью M_1 участков, содержащих лишь шум и базовую линию (iii) Базовая линия моделируется напряженным сплайном с автоматическим выбором коэффициента жесткости проходящим через M_1 узлов. Будут приведены примеры его применения к сложным колебательно-вращательным молекулярным Фурье спектрам большой размерности ($N > 106$), а также даны сравнения с другими известными методами. Будут также обсуждены ограничения предлагаемого метода.

1.13 Моделирование излучения смеси радикалов $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ и ^{16}OH в ультрафиолетовой области спектра

Сулакшина О.Н., Борков Ю.Г.

ИОА СО РАН

В работе проведено моделирование спектра излучения газовой смеси состоящей из двухатомных стабильных радикалов $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ и ^{16}OH в ультрафиолетовом диапазоне 200-400 нм. Излучение в данной области спектра обусловлено электронными переходами $^2\Pi - ^2\Sigma$ и $^2\Pi - ^2\Pi$. Расчет параметров спектральных линий электронных переходов, проводился на основе созданной программы «SpecRad».

1.14 Новые возможности изучения ионосферы с использованием системы SIMuRG (System for Ionosphere Monitoring and Research from GNSS)

*Ясюкевич Ю.В.¹, Киселев А.В.¹, Живетьев И.В.¹,
Едемский И.К.^{1,2}, Малецкий Б.М.¹, Сыроватский С.В.¹,
Жуков А.В.^{1,3}, Сидоров Д.Н.^{1,3}, Серебренникова С.А.¹,
Веснин А.М.¹*

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

² *Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Science,
Prague, Czech Republic*

³ *Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
Россия, Иркутск*

Система SIMuRG (System for the Ionosphere Monitoring and Researching from GNSS, <https://simurg.iszf.irk.ru>) была разработана в ИСЗФ СО РАН для работы с данными RINEX глобальной сети приемников ГНСС. SIMuRG осуществляет автоматическую загрузку, обработку и визуализацию данных ГНСС. Помимо того, что система берет на себя рутинную обработку, что само по себе полезно, она также предоставляет новые или улучшенные данные. Все типы данных основаны на полном электронном содержании (ПЭС), рассчитываемом из RINEX-файлов, а также глобальных

ионосферных карт. Основной тип данных вариации ПЭС. Нами внедрена новая процедура фильтрации, направленная на устранение артефактов, возникающих при стандартной фильтрации. Наряду с ПЭС в системе используются индексы ROTI и AATR для лучшего понимания ионосферной изменчивости. Следующим типом данных является приведенное абсолютное ПЭС. Для этого используются карты GIM для выведения всех рядов ПЭС с различных лучей спутник-приемник на общий уровень. Приведенное ПЭС расширяет возможности карт вблизи расположения станций поднимая временное разрешение до 30 секунд и предоставляя более высокое пространственное разрешение. Третий тип данных реализация интерферометрического метода D1 для расчета скоростей ионосферных возмущений. SIMuRG позволяет изучать неоднородности различной природы. Представленные выше данные дополнены интерактивным блоком расчета геометрии. Четвертый тип данных глобальное и региональное электронное содержание (ГЭС, РЭС, <https://simurg.iszf.irk.ru/gec>). Имеется возможность расчета РЭС в географических и геомагнитных координатах. База данных SIMuRG может использоваться для задач машинного обучения. В частности, были сделаны оценки поступления авроральной энергии на основе карт вариаций ПЭС. Мы предполагаем, что представленные новые данные могут быть полезны научному сообществу. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (Проект 17-77-20005)

1.15 Особенности суточных и сезонных вариаций амплитуды и фазы радиосигнала передатчиков РСДН-20 и интенсивности радишума (11,9 кГц) при регистрации в Якутске в течение 2009-2017 гг

Корсаков А.А.¹, Козлов В.И.¹, Павлов Е.А.^{1,2}

¹ *Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»*

² *Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова*

В г. Якутске за период 2009-2017 гг выделены суточные и сезонные вариации амплитуды и фазы сигналов радиопередатчиков, расположенных вблизи городов Хабаровск, Новосибирск и Краснодар (система РСДН-20), выделены вариации интенсивности радишума на частоте 11,9 кГц (диапазон ОНЧ). Применяется корреляционный фильтр с прямоугольным окном, полоса фильтрации 372 Гц. Для всех сезонов выделены интервалы времени, характеризующие амплитуду и фазу радиосигналов в дневное и ночное время: радиотрасса Хабаровск Якутск (протяженность 1400 км): 2-6 UT (день), 15-16 UT (ночь); радиотрасса Новосибирск Якутск (2640 км): 3-7 UT (день), 16:30-17:30 UT (ночь); радиотрасса Краснодар Якутск (5780 км): 5-7 UT (день), 18-20 UT (ночь); радишум при регистрации в Якутске: 3-7 UT (день), 16:30-17:30 UT (ночь). Амплитуда ОНЧ сигнала днем меньше чем ночью. Летом, когда Солнце находится в зените на середине каждой радиотрассы регистрируется максимум амплитуды, который практически достигает ночных значений амплитуды радиосигналов. Наименьшее отношение сигнал/шум удаленного от Якутска передатчика Краснодар составляет 2,5 дБ, наблюдается в летний период 6-9 UT (максимум местной грозовой активности). Сезонные вариации амплитуды в дневных условиях наиболее выражены, что связано с уменьшением зенитного угла Солнца над радиотрассами от декабря к июню, увеличением высотного градиента концентрации электронов нижней ионосферы. В сезонных дневных вариациях амплитуды выделяется асимметрия: амплитуда в период осеннего равноденствия ближе совпадает с летним солнцестоянием, а амплитуда весеннего равноденствия ближе по значениям к периоду

зимнего солнцестояния. Это согласуется с сезонной асимметрией высотных профилей концентрации электронов нижней ионосферы. Омечено повышение фазовой задержки принимаемого сигнала от дня к ночи, что характерно для повышения эффективной высоты волновода Земля ионосфера ночью. Исключение составляет ночное понижение фазовой задержки на трассе Хабаровск Якутск, которое можно трактовать как результат интерференции мод высших порядков. В ночном волноводе на трассе небольшой протяженности (1400 км) вклад мод высших порядков остается значительным. Выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации бюджетной темы П.16.2.1. (номер госрегистрации №АААА-А17-117021450059-3) и РФФИ №18-45-140028 р_а.

1.16 Оценка эффективности прогноза землетрясений по отрицательным аномалиям атмосферного электрического поля

Смирнов С.Э.

*Институт космических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

В условиях хорошей погоды градиент потенциала электрического поля в приземном слое воздуха принимает положительные значения. Отрицательные аномалии поля возникают по действием различных ионизационных процессов, таких как поток галактических космических лучей и эманацией радиоактивных газов из почвы. В условиях спокойной геомагнитной обстановки и хорошей погоды отрицательные аномалии можно использовать в качестве прогноза землетрясений. В данной работе исследовалось эффективность прогноза землетрясений по отрицательным аномалиям. Было получено, что эффективность такого прогноза при любых погодных условиях составляет 10%.

1.17 Параметры линий вулканических газов (CO_2 и CO): измерения и расчеты

*Петрова Т.М., Дейчули В.М., Лаврентьева Н.Н.,
Лаврентьев Н.А., Фазлиев А.З.*

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

При изучении вулканической активности необходимо знание динамики окислов углерода в приземных слоях атмосферы. Такие исследования проводятся при регистрации солнечных спектров атмосферы с помощью наземных станций, на основе ФТС спектрометров. Для регистрации солнечных спектров необходимы данные по коэффициентам уширения линий CO , CO_2 и H_2O , уширенных основными газами атмосферы, такими как азот и кислород, и CO_2 , последний выделяется при вулканической деятельности. Измерения поглощения $^{12}C^{16}O_2$ в спектральной области 9340–9650 см⁻¹ проведены на Фурье-спектрометре Bruker IFS 125HR, согласованном с многоходовой измерительной кюветой. Получен большой массив коэффициентов уширения и сдвига линий полосы 20032–00001 углекислого газа собственным давлением. Проведены расчеты коэффициентов уширения линий оксида и диоксида углерода, а также линий водяного пара давлением CO_2 . Использованы 2 метода вычислений: полуэмпирический метод, основанный на полуклассической ударной теории уширения линий и дополненный введением корректирующего фактора, параметры которого определяются с использованием экспериментальных данных [Mol. Phys. 102 (2004) 1653], а также метод средних частот [Опт. Атмосф. Океан. 28 (2015) 675]. Вычисления полуширин линий проведены для комнатной температуры (296 К) и для интервала температур, характерных для атмосферы Земли. Расчеты были выполнены для широкого диапазона вращательного квантового числа J (до 100). Для каждой полуширины линии вычислены коэффициенты температурной зависимости. Получено хорошее согласие полученных нами параметров контура линий с литературными данными. Авторы благодарят за финансовую поддержку РФФИ (грант No 19-03-00389a).

1.18 Проявления глобальных возмущений геомагнитного поля в динамике гроз

*Хаердинов Н.С.¹, Джаппуев Д.Д.¹, Канониди К.Х.²,
Куджаев А.У.¹, Лидванский А.С.¹, Петков В.Б.¹,
Хаердинов М.Н.¹*

¹ *Институт ядерных исследований РАН*

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

Используя метод диагностики электрического состояния грозовой атмосферы по вариациям вторичных частиц космических лучей регистрируемых установкой Ковёр БНО ИЯИ РАН, обнаружено явление взаимного влияния магнитосферной бури и грозовой активности. Установлено, что во время магнитосферных суббурь малой мощности, на предварительной стадии и в начале фазы развития, возможно проникновение магнитосферно ионосферных возмущений на средние широты (40 с.ш.) над грозовыми очагами. Проявляются в виде диффузного свечения типа полярное сияние яркостью $3 \cdot 10^{-4}$ кд/м² и локальных возмущений электрического поля с характерной разностью потенциалов в тропосфере 100 МВ. Зарегистрировано локальное магнитное возмущение (1 нТл), соответствующее возникновению локального вертикального тока в атмосфере, максимум которого совпал с началом взрывной фазы зарождения суббури.

1.19 Рассеяние на возбужденных компонентах атмосферы как причина роста лидарного сигнала в верхней и средней атмосфере

Бычков В.В., Середкин И.Н.

*Институт космических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Анализируются данные резонансного рассеяния в верхней и средней атмосфере Камчатки. Уточнен механизм взаимодействия лазерного импульса с возбужденными ионами. Показано, что повышение сигнала рассеяния на высотах 350-450 км на длине волны

561 нм обусловлено рассеянием на ионах максимума слоя F2, возбужденных высыпавшимися электронами. Большие вариации сигнала на этих высотах вызваны пространственными неоднородностями плазмы в ионосфере, что подтверждается данными ионозонда. Уточнен анализ взаимодействия лазерного импульса с возбужденными ионами в стратосфере, учтено влияние столкновений на время жизни ионов. Показано, что для использованного лидара в средней атмосфере для высот больше 10 км выполняются условия гарантированного взаимодействия с излучением каждого родившегося в стробе иона. Приводятся результаты экспериментов по спиванию основного и ослабленного сигналов от одного приемника, с целью получения непрерывного сигнала обратного рассеяния в области высот 10-600 км. Необходимость использования этого метода вызвана большим динамическим диапазоном сигнала обратного рассеяния. Обсуждаются спутниковые данные по измерению потоков заряженных частиц в верхней атмосфере.

1.20 Расчет аналога DST-индекса по данным российских геомагнитных обсерваторий

Мочалова А.В., Мочалов В.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В работе анализируется возможность построения аналога Dst-индекса по данным с российских геомагнитных обсерваторий.

Проводится сравнительный анализ значений Dst-индекса, численного классическим способом (по данным с 4 приэкваториальных станций: Hermanus, Kakioka, Honolulu и San Juan), со значениями Dst-индекса, посчитанного по данным исключительно с Российских станций.

1.21 Свечение ночного неба в «хорошую» погоду на средних широтах

*Хаердинов Н.С., Джаппуев Д.Д., Куджаев А.У.,
Лидванский А.С., Петков В.Б., Хаердинов М.Н.*

Институт ядерных исследований РАН

В работе [Chilingarian et al., 2019] были представлены результаты регистрации установкой Арагац [40.5N, 44.4E] ночного наблюдения (с 1 на 2 сентября 2019 г.) яркого непрерывного свечения грозowych облаков, сопровождаемого значительным возмущением интенсивности гамма квантов генерированных в электрическом поле. В этот период на установке Ковёр БНО ИЯИ РАН [43.3 N, 42.7 E] обнаружено свечение ночного неба на средних широтах в хорошую погоду. Оно возникло при образовании над установкой электрического поля с разностью потенциалов в тропосфере 50 МВ. Свечение вызвано наложением эффекта сейсмических процессов и наличием межполушарного тока, причиной которого, является возмущение электрического поля межпланетной плазмы окружающей Землю.

1.22 Сезонные и годовые вариации напряженности атмосферного электрического поля в 24 цикле солнечной активности по наблюдениям в Якутске

Торопов А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р.

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

Рассмотрены вариации атмосферного электрического поля в условиях хорошей погоды в 24 цикле солнечной активности с 2009 по 2019 годы по наблюдениям в Якутске. Для измерения напряженности атмосферного электрического поля используется электростатический флюксометр, смонтированный на крыше главного здания ИКФИА СО РАН (N 62 1', E129 43') в г. Якутске. Прибор имеет диапазон измерений напряженности атмосферного электрического поля ± 50 кВ/м с точностью ± 1 В/м. Регистрирующий комплекс

реализован на базе нетбука и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) E 14-440 L-Card. Данные записываются на жесткий диск нетбука один раз в секунду. По результатам анализа данных атмосферного электрического поля с 2009 по 2019 гг. в г. Якутске, установлено, сезонный ход среднемесячных значений напряженности поля имеет максимумы в весенние и осенние месяцы и минимумы, которые приходятся на летние и зимние месяцы. Годовые вариации напряженности поля в условиях хорошей погоды за период наблюдений повторяются из года в год, минимумы и максимумы практически не смещаются по месяцам. В вариациях среднемесячных значений напряженности электрического поля наблюдается тренд к уменьшению амплитуды сезонных вариаций напряженности поля и средних годовых значений величины напряженности поля.

1.23 Суточные вариации индекса рефракции на юге Витимского плоскогорья в разные сезоны года

Базарова А.С., Атутов Е.Б., Базаров А.В., Башкуев Ю.Б.

Институт физического материаловедения СО РАН

Актуальность проблемы изучения рефракционных свойств тропосферы predetermined нарастающим темпом использования радиометеорологических параметров при проектировании и эксплуатации радиоэлектронных систем ГЛОНАСС-GPS и GSM в различных физико-климатических регионах Земли, в частности на востоке России. Перед специалистами стоит острая необходимость изучить закономерности распространения УКВ-СВЧ радиоволн с учетом влияния всех слоев атмосферы как среды с переменным показателем преломления. В докладе приведен расчет индекса преломления N на основе метеоданных атмосферно-почвенного измерительного комплекса АПИК, размещенного на базе измерительного стационара в С. Сосново-Озерское Еравнинского района Республики Бурятия. Установлены зависимости индекса рефракции от атмосферного давления, упругости водяного пара и абсолютной температуры воздуха.

1.24 Экспериментальные исследования характеристик СНЧ сигналов, возбуждаемых при воздействии промодулированного излучения нагревного стенда EISCAT-heating

Белов А.С.¹, Фролов В.Л.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского»

² ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

В работе представлены результаты непосредственных (in situ) измерений на высотах 660 км с помощью бортовой аппаратуры французского микроспутника DEMETER характеристик СНЧ излучений, возбуждаемых при нагреве ионосферной плазмы излучением высокоширотного нагревного стенда EISCAT. В период 2006-2010 гг. было проведено порядка 50 экспериментов. Воздействие осуществлялось в вечерние часы мощной радиоволной Х-поляризации. В экспериментах использовалось излучение волны накачки на частоте 4040 кГц (3950 кГц) с эффективной излучаемой мощностью порядка 180 МВт. Мощная радиоволна была промодулирована по амплитуде в режиме меандр (частота модуляции лежала в диапазоне 218-1178 Гц). Показано, что: - эффективная генерация СНЧ излучений имеет место и в очень спокойных геомагнитных условиях; - положение высокоширотного ионосферного провала относительно области нагрева оказывает значительное влияние на интенсивность СНЧ излучений. При расположении зоны нагрева в области высокоширотного провала наблюдается наиболее интенсивная генерация низкочастотных сигналов. Характерные максимальные уровни напряженности электрического поля СНЧ излучений в этом случае (400 мкВ/м) на порядок превосходят соответствующие значения при расположении высокоширотного провала в области более низких широт; - при воздействии промодулированного по мощности излучения нагревного стенда регистрируется генерация широкого спектра гармоник СНЧ излучения. При этом в спектре присутствуют как чётные, так и нечётные гармонические составляющие. Для частоты 1178 Гц гармоники возбуждаются значительно менее эффективно, чем для более низких частот модуляции 678 и 230

Гц. Интенсивность регистрируемого излучения на гармонических составляющих уменьшается с ростом номера гармоники, причем спад является значительно более резким, чем для спектра модулирующей функции.

1.25 Принципы организации прогноза землетрясений на основе данных многопараметрического сетевого мониторинга

*Пулинец С.А.^{1,2}, Узунов Д.П.³, Давиденко Д.В.^{1,4},
Будников П.А.⁵*

¹ *Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
Россия*

² *Институт космических исследований РАН, Москва, Россия*

³ *Университет Чэпмена, Оранж, Калифорния, США*

⁴ *РКК «Энергия» им. С.П. Королева, г. Королёв, Московская обл.*

⁵ *Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, Москва,
Россия*

В работе описан подход, позволяющий на основе данных многопараметрического мониторинга параметров атмосферы и ионосферы с помощью наземных и спутниковых измерений выделить из потока данных интервал времени, свидетельствующий о начале финальной стадии подготовки землетрясения, и с помощью интеллектуальной обработки данных осуществлять краткосрочный прогноз на интервале времени от 2 недель до 1 суток до основного толчка. Базируясь на физической модели литосферно-атмосферно-ионосферных связей, выбираются предвестники, совокупность которых наблюдается только в обозначенные периоды, а их идентификация производится на основе морфологических признаков, обуславливаемых физическим механизмом их генерации, а не на амплитудном отборе, основанном на статистической обработке данных. На основе разработанного макета сервиса автоматической обработки будет продемонстрирована возможность в реальном времени наблюдать обстановку в сейсмоактивном регионе на примере региона Камчатки и Курильских островов.

1.26 Высыпания энергичных частиц во время сильных геомагнитных бурь

Миронова И.А.¹, Яковчук О.^{2,1}

¹ *Кафедра физики Земли физического факультета
Санкт-Петербургского государственного университета, Россия,
Санкт-Петербург*

² *Институт исследования экологических систем, Оснабрюкский
университет Оснабрюк, Германия*

В данной работе мы даем обзор исторических и атмосферных аспектов геомагнитных бурь и прогресса, достигнутого за последнее столетие. Высыпания энергичных частиц (ЕРР) во время сильных геомагнитных бурь могут быть причиной перебоев в электро-снабжении, приводить к сбоям связи и проблемам с навигацией, а также оказывать влияние на окружающую среду и уровень озона. Исследования исторических геомагнитных бурь и ЕРР во время этих бурь могут помочь в восстановлении параметров геомагнитных бурь прошлых веков и восстановлении параметров высыпания энергичных частиц для крупных геомагнитных бурь в космическую эру с возможной экстраполяцией этих событий на экстремальные геомагнитные события в прошлом.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда. (Проект РНФ № 20-67-46016)

2 Геофизические поля и их взаимодействие

2.1 24-ый цикл солнечной активности: особенности геомагнитной активности на обсерватории «Михнево»

Рябова С.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского
Российской академии наук*

В ходе настоящих исследований выполняется анализ особенностей локальной геомагнитной активности в 24-ом цикле солнечной активности с целью определения взаимосвязи с циклами солнечной активности. По разным данным 24-ый солнечный цикл начался в декабре 2008 г. (в январе 2009 г.) и достиг своего максимума (периода, когда Солнце было наиболее активно) в апреле 2014 г. Недавнее появление областей пятен на Солнце с обратной полярностью (декабрь 2016 Г., апрель 2018 г., ноябрь 2018 г., май 2019 г. и июль 2019 г.) указывает на начало переходного процесса к 25-ому солнечному циклу. В настоящей работе в качестве характеристики геомагнитной активности используются результаты расчета К-индекса с помощью метода адаптивного сглаживания по данным регистрации компонент магнитного поля Земли на Геофизической обсерватории «Михнево» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук (Московская область, пос. Михнево). Солнечная активность характеризуется индексом F10,7 и числом солнечных пятен. В ходе настоящих исследований определены основные периодичности геомагнитного поля, проанализированы ее сезонные вариации и проведен совместный анализ геомагнитной и солнечной активностей.

2.2 Автоматизированный метод обнаружения и идентификации аномалий в данных космических лучей

Геппенер В.В.¹, Мандрикова Б.С.²

¹ *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина)*

² *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

В работе предложен метод обработки и анализа данных космических лучей и обнаружения аномальных изменений. Метод основан на применении вейвлет-преобразования и нейронных сетей LVQ. Метод позволяет выделить периоды возникновения аномалий и определить их интенсивность. Мерой интенсивности аномалий является максимальная амплитуда вариаций. Анализировались периоды высокой и низкой активности солнца. Экспериментально подтверждена эффективность предлагаемых методов для обнаружения спорадических эффектов, предшествующих и сопутствующим магнитным бурям. Показана возможность реализации метода в оперативном режиме. Работа выполнена в рамках ГЗ по теме Динамика физических процессов в активных зонах ближнего космоса и геосфер (2018-2020) гос. регистрации АААА-А17-117080110043-4. Авторы выражают благодарность институтам, выполняющим поддержку станций нейтронных мониторов, которые использовались в работе.

2.3 Активное воздействие на ионосферу и вариации скоростных характеристик магнитоориентированных неоднородностей

Сивоконь В.П.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Создание искусственных неоднородностей электронной концентрации в ионосфере является одной из задач активного

воздействия на ионосферу. В настоящее время особый упор делается на формирование специфического класса неоднородностей - магнитоориентированных. Эти неоднородности позволяют решить ряд прикладных задач, но в то же время могут отрицательно сказаться на эффективности функционирования радиотехнических систем. Скорость и направление их перемещения являются важными характеристиками этих искусственных неоднородностей. Для их определения мы предлагаем использовать многопозиционную SDR диагностику. В докладе приводятся результаты наблюдений за активным воздействием на ионосферу на нагревном стенде EISCAT в октябре 2019 года.

2.4 Анализ данных IMF Vz и AE индекса за период 1999-2018 гг

Полозов Ю.А.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Солнечно-Земные связи являются частью космической погоды и оказывают большое влияние на функционирование техносферы. Параметры межпланетного магнитного поля (IMF), измеренные в точке Лагранжа L1, показывают начало возможных изменений в геофизических полях. В работе выполнен статистический анализ компоненты IMF Vz (отражает уровень влияния на магнитное поле Земли) и AE индекса (используется для оценки вклада энергии в магнитосферу и ионосферу). С использованием аппаратов регрессионного анализа и вейвлет-преобразования получены оценки временных рядов. Построены регрессионные модели параметров IMF и AE индекса за период 1999-2018 гг.

2.5 Анализ энергетических характеристик сигналов акустической эмиссии при одноосном сжатии образцов геоматериалов

Сычев В.Н.¹, Богомолов Л.М.², Кульков Д.С.¹

¹ Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке

² Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук

Сигналы акустической эмиссии (АЭ) были получены в процессе деформации путем одноосного сжатия образцов различных геоматериалов. Эксперименты на одноосное сжатие осуществлялись на малошумной рычажной установке с водяным натеканием, где максимальная нагрузка на образец не превышает 250 кН. Все испытываемые образцы были изготовлены в форме прямоугольного параллелепипеда, песчаник с квадратным сечением, размерами 25мм x 25мм x 60мм (Д x Ш x В), гранит и мрамор с прямоугольным сечением, размерами Д x Ш x В (40см. x 20см. x 80см.). Для регистрации сигналов АЭ использовался датчик SE-2MEG-P (DECI, США), с рабочим частотным диапазоном от 200 кГц до 2 МГц, закрепленным на испытываемом образце геоматериала. Полученные сигналы оцифровывались 8-канальным блоком АЦП USB 3000 с разрядностью 14 бит и максимальной частотой дискретизации 3 МГц. Рассмотрены функции распределения сигналов АЭ по энергиям. В качестве энергетической характеристики сигнала АЭ выбрана максимальная амплитуда волновой формы АЭ. Оценено подчинение распределения по энергиям закону Гутенберга Рихтера, а также построены зависимости поведения b-value в течение всего эксперимента. Поток событий АЭ рассмотрен с позиций неравновесной термодинамики с использованием статистики Тсаллиса. Для описания функции распределения сигналов АЭ по энергиям использовались модифицированная модель очага землетрясения stick-slip - прерывистое скольжение двух плит друг по другу вдоль разлома при наличии трения и принцип максимума энтропии. Модель используется для количественной оценки дальних корреляций возникающих в потоке землетрясений. Показано, что поток сигналов АЭ представляет собой систему с памятью и дальними корреляциями. Проведен анализ поведения параметра Тсаллиса на протяжении всего эксперимента.

2.6 Влияние геомагнитной активности на показатели гемодинамики у юношей – якутов

Козлов В.И.¹, Степанова Г.К.², Устинова М.В.²

¹ *Институт космических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, ФИЦ ЯНЦ СО РАН*

² *Медицинский институт, Северо-восточный Федеральный университет*

В северных широтах неблагоприятные природные факторы, сочетаются с переменами, обусловленными новыми технологиями, и увеличивают число лиц с дисгармоничным физическим развитием и функциональными отклонениями, на русском Севере и у инуитов Аляски, Канады и Гренландии. Магнитное поле Земли служит защитой от солнечного ветра, но часть заряженных частиц и связанных с ними магнитными возмущениями способны проникать внутрь магнитосферы Земли. Проникновение заряженных частиц солнечного ветра происходит, в основном, в высоких широтах и энергия этих частиц приводит к изменениям в ионосфере и атмосфере. Показатели сердечно-сосудистой системы человека изменяются под воздействием факторов земной и космической погоды. Значительная вариабельность амплитуд и даже знаков обнаруженных эффектов, обусловлена их зависимостью от текущего состояния как самого человека, так и условий окружающей среды, что не позволяет в настоящее время построить достаточно полную непротиворечивую модель реакции организма человека на комплекс факторов земной и космической погоды. Отметим, что выработка нормативных показателей для временных характеристик колебаний показателей гемодинамики лиц коренных национальностей Крайнего Севера, живущих не одно поколение в этих условиях является одним из важных направлений изучения вариаций сердечного ритма. Обследованы практически здоровые юноши, в основном студенты Медицинского института Северо-Восточного федерального университета (г. Якутск) возрастом 18-25 лет (якуты). Мониторинг проводился в отдельные месяцы разных сезонов года за 28 лет с 1983 г

по 2009 г. Изменений в межгодовых значениях показателей гемодинамики, таких как частота сердечных сокращений, систолическое и диастолическое артериальное давление, в зависимости от величины магнитной возмущенности, меняющейся в одиннадцатилетнем солнечном цикле, за эти 36 лет не превосходят величины межгодовых флуктуаций. У большей части обследованных юношей азиатского Севера России показатели вариабельности сердечного ритма находятся в пределах среднеширотного норматива. За 20-летний период наблюдений у студентов произошло значимое повышение величин систолического и пульсового артериального давления, причем наибольший прирост отмечен у студентов с гиперстенической конституцией. Наблюдающийся тренд изменений показателей гемодинамики с 1983 г. по 2019 г. у юношей якутов может быть объяснен изменением параметров их телосложения. В тоже время обнаружено, что воздействие экстремальных экологических факторов Крайнего Севера сильно возмущенного магнитного поля, значительных резких колебаний температуры атмосферного воздуха вызывают статистически значимые реакции параметров гемодинамики у практически здоровых юношей - якутов. Умеренно возмущенное состояние магнитного поля (умеренные и сильные бури) не оказало существенного влияния на функциональное состояние организма практически здоровых молодых мужчин-северян. Для очень сильных бурь 11-15.09.2005 и 15.12.2006 наблюдалось значимое повышение частоты сердечных сокращений и артериального давления.

2.7 Влияние метеорологических характеристик на динамику объемной активности радона в г.Горно-Алтайске

Шитов А.В., Долгов Д.Б., Барсуков А.А.

Горно-Алтайский государственный университет

Для анализа нами использовались данные радонового мониторинга Горно-Алтайского государственного университета за период 2012-2018 гг. При этом велись наблюдения по следующим параметрам: динамика радона, торона, а также метеорологических характеристик: температуры, влажности, давления. Дополнительно от-

метим, что для измерения объемной активности радона в подпольной части жилого дома, прибор был опущен в отверстие в полу, подпольная полость за все время изменения была лишена проветривания. Нами была выявлена годовая динамика ОАР, характеризующаяся повышенным значением ОАР в течение зимних и начала весенних месяцев декабрь март (ОАР 250-350 Бк/куб.м). В период весенних месяцев наблюдается снижение уровня ОАР с 250 до 150 Бк/куб.м. С июня по сентябрь наблюдается минимальное значение ОАР, достигающее 100 Бк/куб.м. С сентября до середины ноября наблюдается резкое повышение ОАР со 150 до 220 Бк/куб.м. С начала декабря наблюдается дальнейшее повышение ОАР, достигающее 350-400 Бк/куб.м. Эти сезонные изменения сопровождались резкими пиками (повышениями ОАР), в ряде случаев эти повышения были скоррелированы по годам между собой. Коэффициенты корреляций ОАР по годам следующие: 2013-2014 года 0,24, 2014-2015 года 0,65, 2013-2015 года 0,48, (уровень значимости 0,01, $R_{крит}=0,14$). Наиболее выделяются повышения в январе, марте, мае, июле, сентябре-октябре. Учитывая, что здесь показаны данные за 3 года можно считать, что данные закономерности являются следствием сезонных характеристик. В данном случае это может быть связано с промерзанием грунта (в климатической зоне Горно-Алтайска она составляет порядка 1,5-2 м). Промерзший грунт препятствует свободной миграции радона, который может накапливаться под крышкой мерзлых пород. Поэтому находя пути миграции, которыми могут выступать строения и частные дома эманации радона существенно увеличиваются по сравнению с другими сезонами года. Сравнивая среднесуточный ход атмосферного давления и активности радона, необходимо отметить, что их аномалии по времени не совпадают. Из этого следует, что в данном случае аномалии активности радона в большинстве своем напрямую не связаны с возмущениями барического поля или влияние сказывается через некоторое время. Больше всего, резкие изменения ОАР могут обуславливаться геодинамическими процессами в эпицентральной зоне Чуйского землетрясения. Обращает на себя внимание, что эта область связана с пунктом наблюдения активным разломом.

2.8 Временные закономерности смены режимов генерации магнитного поля в динамической модели $\alpha\Omega$ -динамо

Годомская А.Н.¹, Шереметьева О.В.²

¹ Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Центр «Луч»»

² Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Динамическая модель $\alpha\Omega$ -динамо рассматривается в предположении аксиальной симметричности поля скорости жидкого ядра и магнитного поля. На внутренней и внешней границах сферической оболочки жидкого ядра для поля скорости принимаются граничные условия прилипания. Магнитное поле удовлетворяет граничным условиям ограниченности на внутренней границе и вакуумному – на внешней. α -эффект антисимметричен относительно экватора, поэтому принимаем скалярную параметризацию α -эффекта в виде функции $\alpha(r, \theta) = \alpha_0 a(r) \cos \theta$, где радиальная составляющая $a(r) = r$, коэффициент $\alpha_0 > 0$ определяет интенсивность α -эффекта. В данной модели изменение интенсивности α -генератора рассматривается как следствие синхронизации высших мод поля скорости и магнитного поля и регулируется функцией $Z(t)$ с показательно-степенным ядром $J(t)$. В зависимости от выбора показателя степени и масштабного коэффициента ядра изменяются его временные характеристики: время ожидания и время пролонгированного воздействия. Исследуется вопрос об изменении режимов генерации магнитного поля в зависимости от временных характеристик ядра функции.

2.9 Выделение геомагнитных джерков по данным геомагнитной регистрации на средних широтах

Рябова С.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского
Российской академии наук*

Геомагнитные джерки - это сравнительно резкие (V-образные) изменения в скорости вековых вариаций одной (как правило, восточной) или нескольких компонент магнитного поля Земли. Одной из проблем, связанных с выявлением геомагнитных джерков, является разработка математического аппарата для определения точки изменения наклона производной. В настоящей работе с применением сегментированной линейной регрессии по данным среднеширотных станций (обсерватории российского сегмента сети INTERMAGNET, Геофизическая обсерватория Михнево Федерального государственного бюджетного учреждения науки) удалось идентифицировать джерки 2011 г. и 2014 г. во всех компонентах магнитного поля Земли.

2.10 Двумодовое $\alpha\Omega$ -динамо как эредитарный осциллятор

Водичар Г.М.

*Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Получена динамическая система для двумодового динамо паркерского типа с эредитарным подавлением α -эффекта спиральностью поля. Подавление в системе реализовано в виде функционала от спиральности поля с ядром $K(s)$ достаточно произвольного вида. Показано, что эта система может быть сведена к нелинейному диссипативному осциллятору с эредитарным потенциалом.

Анализ системы как осциллятора показал, что возможные типы динамических режимов в системе прежде всего зависят от наличия или отсутствия задержки в функционале подавления. Хаотический

режим, подобный движению по лоренцевскому аттрактору, сочетающий осцилляции с вращением и инверсиями поля, возможен только при $K(0) \neq 0$. В противном случае хаотические режимы инверсий могут возникать, но без сочетаний с вращением. Показано, что в случае «короткой памяти» инверсии в системе не возникают.

Определены области в параметрическом пространстве модели соответствующие различным динамическим режимам, которые существуют в реальных системах космического динамо.

2.11 Динамика и пространственно-временное распределение геомагнитных возмущений в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь

Мандрикова О.В., Родоманская А.И.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

По измерениям сети наземных станций выполнен детальный пространственно-временной анализ магнитных данных в периоды магнитных бурь 2019 гг. Использовался разработанный авторами метод анализа магнитных данных, основанный на применении вейвлет-преобразования и адаптивных порогов. Изучены особенности возникновения и распространения геомагнитных возмущений в авроральной зоне и меридионально расположенных станций. Получены динамические спектры возмущений разной интенсивности и длительности. Подтверждено предположение о возможности возникновения короткопериодных слабых геомагнитных возмущений на станциях от высоких широт до экватора, предшествующих магнитным бурям и коррелирующих с флуктуациями южной V_z -компоненты межпланетного магнитного поля и возрастаниями авроральной активности.

2.12 Иерархии нелинейных дифференциальных уравнений для моделирования геофизических процессов

Пережогин А.С.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В докладе обсуждают примеры нелинейных математических моделей в геофизических задачах. Рассмотрены иерархии уравнений Кортевега-де Вриза. Показан переход к некоторому универсальному аппарату построения интегрируемых систем, частным случаем которых являются иерархии уравнений КдВ. Обсуждается современный математический аппарат топологической рекурсии и её связь с интегрируемыми системами. Для представленных моделей обсуждаются вопросы связанные с описанием геофизических процессов.

2.13 Инварианты естественного электромагнитного поля в геофизике

Уваров В.Н.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Анализируются косвенные относительные данные сигналов естественного электромагнитного поля Земли не зависящие от свойств источников этого излучения. Показано, что усреднение спектров параметров с интервалом времени, превосходящим характерное время жизни источника сигнала, приводит к доминированию ограниченной области влияния, совпадающей с ближней волновой зоной детектора.

Это обстоятельство позволяет исследовать ограниченную область системы литосфера-атмосфера-ионосфера и ее взаимодействие с глобальными и локальными процессами. Приведены примеры некоторых спектров относительных параметров и их интерпретация.

2.14 Исследование вариаций ОНЧ-излучений во время геомагнитной активности по наблюдениям в Якутске за период 2001-2019 гг

Каримов Р.Р., Козлов В.И.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук»*

На радиофизическом полигоне Ойбенкель с 2001 года проводится непрерывная цифровая регистрация интенсивности ОНЧ-излучения в диапазоне частот 0,4-8,7 кГц. По результатам статистического анализа получены сезонные и циклические распределения различных типов вариаций интенсивности ОНЧ-излучения во время геомагнитной активности за период 2001-2019 гг.

2.15 Исследование канала передачи информации электрическими, электромагнитными и акустическими волнами в слоистой среде с ледовым покровом

*Короченцев В.И.¹, Петросьянц В.В.², Вэй Сюэ³, Эм А.А.¹,
Гарасев И.В.¹*

¹ *Инженерная школа ДВФУ*

² *ДВФУ*

³ *Колледж подводной акустической техники, КНР*

Приводятся схемы разработанных авторами акустических низкочастотных излучателей на основе искровых разрядов В качестве приемоизлучающих систем электромагнитных волн применяются полуволновые вибраторы, вмороженные в слой льда. Разработана теоретическая модель распространения электромагнитных волн в

слое льда. Проведен анализ взаимодействия упругих и электромагнитных полей в слое льда. Обсуждается возможность применения разработанных систем для приема акустических сигналов излучаемых очагом землетрясения льда.

2.16 Исследование процесса распространения мощных акустических сигналов в слоистой среде лед-вода-дно

*Короченцев В.И.¹, Чжун Цзяньцзюнь², Черненко В.А.¹,
Лобова Т.Ж.¹, Губко Л.В.¹*

¹ *Кафедра приборостроения инженерной школы ДВФУ*

² *Институт гидроакустики ХИУ, КНР*

Разработана математическая модель расчета акустической волны в мелком море под слоем льда для низкочастотных сигналов 40-150 Гц. Разработана авторами экспериментальная установка на базе низкочастотного поршневого электродинамического излучателя позволяет проводить экспериментальные исследования в слоистой среде. Проведенные экспериментальные исследования показывают удовлетворительное совпадение с теоретическими исследованиями. Исследуются особенности распространения волн на границе раздела вода/лед. Разработанные модели можно использовать для новых технических систем прогноза землетрясений при постановки приёмных систем в слое льда.

2.17 К вопросу анализа сигналов сейсмоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород на Камчатке

Сычев В.Н.¹, Чешев М.Е.¹, Мищенко М.А.²

¹ *Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке*

² *Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

На Камчатке в пункте наблюдений Карымшина при помощи измерительной системы на основе трехкомпонентного пьезокерамического сейсмоприемника проводится мониторинг сигналов сейсмоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород. На выходе измерительной системы регистрируется колебательное ускорения в частотном диапазоне 0.5 - 400Гц. Анализ проводится на основе записей сейсмоакустических сигналов от нескольких региональных землетрясений 2019 года с энергетическим классом $K_s > 10.0$. Функция распределения плотности вероятностей такого сигнала не всегда описывается нормальным законом распределения, поэтому для исследования подобных стохастических временных рядов подходят методы статистической физики, в рамках которых рассматриваются свойства автомодельности этих сигналов. Используется метод структурных функций, позволяющий описать неоднородность распределения на различных масштабах объекта.

2.18 Комплексные геофизические наблюдения на острове Кунашир

Костылев Д.В.^{1,2}

¹ *Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН*

² *Сахалинский филиал, Федеральный Исследовательский Центр
Единая Геофизическая Служба РАН*

Начаты работы над разработкой методики совместного анализа сейсмологических, сейсмоакустических и других геофизических данных (приливным, атмосферным, ионосферным факторами) для

выработки краткосрочных заключений о развитии сейсмического режима в районе Курильских островов. Основным источником данных является геодинамический полигон на базе сейсмической станции Южно-Курильск. Помимо сейсмической станции СФ ФИЦ ЕГС РАН, оборудованной широкополосным велосиметром Guralp CMG-6TD и акселерометром Guralp CMG-5TDE, на полигоне ведутся радоновый и температурный мониторинг, GPS наблюдения (ИМГиГ ДВО РАН), а также гидрогеодеформационный мониторинг (СахГРЭ). Мониторинг радона на Южно-Курильском геодинамическом полигоне проводится Институтом геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН, Екатеринбург. Гидрогеодеформационный мониторинг проводится обособленным структурным подразделением «СахГРЭ» АО «Дальневосточное ПГО». Измерения проводятся в скважине глубиной 303,3 М. В 2019 году в упомянутой выше скважине на глубине 25 м было установлено оборудование для сейсмоакустического мониторинга молекулярно-электронный гидрофон. Гидрофон выполнен с использованием электрохимического преобразователя, трансформирующего движение рабочей жидкости в регистрируемый ток, обеспечивающий чувствительность к вариациям давления в полосе частот 0,02-200 Гц с высоким коэффициентом преобразования на уровне не менее 1,5 мВ/Па. Организован удалённый доступ к регистрируемым данным, а также контроль и управление работой установленного оборудования. Для анализа корреляции записей гидрофона с другими факторами (атмосферное давление, ионосферная и приливная активность и Т. П.) перед сейсмическими событиями, построены графики огибающей записи сигнала гидрофона, которые были дополнены следующей информацией: уровень подпочвенного радона, значения атмосферного давления, значениями уровней приливов и отливов в порту Южно-Курильск, значениями уровня воды в скважине с установленным гидрофоном, значения уровней ионосферной активности (индекс Kp).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Проект 18-07-00966 «Исследование триггерных деформационных эффектов по данным о сейсмичности о. Сахалин с применением сейсмических датчиков нового типа».

2.19 Комплексные литосферно-атмосферные исследования акустического излучения на Камчатке

Марапулец Ю.В., Ларионов И.А., Мищенко М.А.

*Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Излагаются результаты комплексных литосферно-атмосферных исследований акустического излучения в сейсмоактивном регионе (полуостров Камчатка). Для проведения мониторинга используются лазерный деформограф-интерферометр, геофон, широкополосная акустическая система и микробарометр, установленные на станции «Карымшина» ИКИР ДВО РАН. Рассматриваются деформация пород, акустическое излучение в приповерхностных породах и в атмосфере у поверхности земли. Установлено, что на заключительной стадии подготовки землетрясений, как отклик на активизацию деформирования, в приповерхностных породах возникает акустическое излучение, которое проходит через границу земля-атмосфера и регистрируется в воздухе. Приводятся примеры одновременной регистрации акустических сигналов при таком излучении в породах и атмосфере. Исследование актуально для построения модели связи литосферы и атмосферы в сейсмоактивном регионе.

2.20 Математическая модель накопления радона в измерительной камере с учетом эредитарности

Твёрдый Д.А.^{1,2}, Паровик Р.И.³, Макаров Е.О.^{4,2}, Фирстов П.П.⁴

¹ *Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ
РАН*

² *Камчатский государственный университет имени Витуса
Беринга*

³ *Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

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

Мониторинг радона признается многими исследователями как перспективный метод прогноза сильных землетрясений, особенно с небольшой глубиной очага. Для уверенного выделения аномалий в подпочвенном радоне, предшествующих сильным сейсмическим событиям, на фоне помех различной природы, необходима развитая сеть пунктов наблюдений. При организации пунктов мониторинга подпочвенного радона необходимо знать величину плотности потока радона с поверхности (ППР) в выбранной точке, где будет устанавливаться накопительная камера. ППР качественно определяет тензочувствительность выбранной точки, зависящую от объемной активности радона ($OA R_n$) и конвективной скорости его переноса. Для зон динамического влияния разлома характерны участки разуплотнений с повышенным стоком R_n , наиболее приемлемые для установки датчиков и являющиеся чувствительной областью, реагирующей на изменения напряженно-деформированного состояния геосреды. Все это определяет необходимость оперативной оценки ППР простым и доступным методом. Для оценки ППР возможно использование данных кривой накопления R_n в камере. В основе такого метода использовано математическое описание процесса изменения $OA R_n$ во времени. Это методика в первом приближении дает возможность оценить величину ППР в точке установки накопительной камеры. При математическом описании процесса накопления радона в камере для упрощения решения задачи обычно используют ряд допущений, например, процесс накопления R_n считают стационарным, когда отсутствуют резко меняющиеся условия

коэффициента воздухообмена и ППР с поверхности под ней. Здесь не учитываются возможные факторы, влияющие на скорость потока, в первую очередь вариации атмосферного давления и температуры. Для более точного описания процесса накопления, существующая модель была развита с использованием нелинейной функции, которая отвечает за механизмы поступления R_p в камеру, а также с учетом эредитарных свойств среды.

2.21 Моделирование и анализ параметров ионосферы в периоды магнитных бурь 2018-2020 гг. (по данным сети наземных станций)

Мандрикова О.В., Фетисова Н.В.

*Институт космofизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Представлены результаты моделирования временного хода параметров ионосферы в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь (анализировались данные критической частоты F2-слоя ионосферы). Моделирование выполнялось на основе разработанной авторами обобщенной многокомпонентной модели (ОМКМ) и международной справочной модели ИРИ. Анализировались события 2018-2020 гг., использовались данные сети наземных станций, расположенных в средних и низких широтах. На основе моделирования обнаружены аномальные изменения во временном ходе параметров ионосферы, предшествующие и сопутствующие магнитным бурям. Результаты сравнения ОМКМ с моделью ИРИ показали её эффективность для детального изучения динамики параметров ионосферы в возмущенные периоды.

Работа выполнена в рамках ГЗ по теме «Динамика физических процессов ближнего космоса и геосфер» (2018-2020) гос. регистрации АААА-А17-117080110043-4. Авторы благодарят институты, поддерживающие станции регистрации данных, которые были использованы в исследовании.

2.22 Моделирование концентрации трещин на основе дробной динамической системы

Селькова

Паровик Р.И.¹, Рахмонов З.Р.², Зуннунов Р.Т.³

¹ *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Узбекистан*

³ *Институт механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева, Узбекистан*

В работе с помощью, обобщенной нелинейной динамической системы Селькова, исследуются микросейсмические явления. Эта система в основном используется в биологии для описания гликолитических колебаний субстрата и продукта. Поэтому по аналогии динамическая система Селькова может описать взаимодействие двух видов трещин в упруго-хрупкой среде. Первый вид затравочные трещины с меньшей энергией, а второй тип крупные трещины, которые порождают микросейсм. Первый вид трещин является триггерами для трещин второго вида, однако возможен и обратный переход. Например, когда крупные трещины теряют свою энергию и частично становятся затравочными. Далее после увеличения их концентрации процесс повторяется, обеспечивая автоколебательный характер источников микросейсм.

В работе под обобщением динамической системы Селькова понимается ее аналог, который основывается на учете наследственности (эредитарности). Эредитарность исследуется в рамках наследственной механики и указывает на то, что динамическая система может помнить некоторое время, оказанное на нее воздействие, что характерно для вязкоупругих и пластичных сред. Обобщенную динамическую систему Селькова будет называть дробной динамической системой Селькова так как с точки зрения математического описания ее можно представить в виде системы дифференциальных уравнений с производными дробных порядков. Порядки дробных производных связаны с эредитарностью системы и отвечают за интенсивность диссипации энергии трещинами первого и второго видов.

В работе дробная динамическая модель Селькова была решена численно с помощью метода Адамса-Башфорта-Моултона, постро-

ены осциллограммы и фазовые траектории. Показано, что дробная динамическая модель может обладать релаксационными и затухающими колебаниями.

2.23 Модификация ионосферы и топология магнитоориентированных неоднородностей ионосферы

Сивоконь В.П.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Эффективность прикладного использования активного воздействия на ионосферу зависит от того насколько полно удастся получить требуемые характеристики модифицируемой области. В экспериментах по передаче информации в ионосферном волноводе решается задача возбуждения его с использованием искусственных магнитоориентированных неоднородностей. Результативность возбуждения волновода зависит, в том числе от топологии этих неоднородностей. Определить её можно с помощью предложенного нами способа многопозиционной диагностики.

2.24 Молниевая активность при извержении вулкана Шивелуч

*Малкин Е.И.¹, Фирстов П.П.², Чернева Н.В.¹, Дружин Г.И.¹,
Лобачева М.А.², Holzworth R.H.³,*

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *Камчатский филиал ФИЦ Единая геофизическая служба РАН*

³ *Университет Вашингтона, Сизтл, США*

В последние годы атмосферно-электрическим эффектом, сопровождающим эксплозивные извержения, уделяется большое внимание. Это связано с возрастающей плотностью населения на Земле и

пепловой опасностью для населения и урбанизированных территорий, в первую очередь для авиации. Одной из локальных особенностей на полуострове Камчатка являются вулканические молнии и аэроэлектрические структуры, возникающие при извержениях вулканов. Во время возникновения и формирования эруптивного облака (ЭО) происходит его электризация, что приводит к возникновению многочисленных молний. Это говорит о значительной роли, электростатики во время формирования ЭО даже для слабых извержений и демонстрирует информативность вулканических молний для оценки размеров ЭО. В работе приведены случаи регистрации молниевой активности ОНЧ-пеленгатором (30Гц-40кГц), расположенном на расстоянии 475 км от источника, во время сильных эксплозий Шивелуч в период с 2017 г. по 2020 г. Проведено сопоставление динамики молниевой активности с сейсмическим и акустическим излучениями, сопровождавшие эксплозии. Выделены особенности развития двух стадийности вулканических гроз, связанных с формированием эруптивной колонны на первом этапе и развитием ЭО на втором. Также были использованы данные мировой сети WWLLN (World Wide Lightning Location Network) для мониторинга сильных вулканических молний и проведено сопоставление информативности сети WWLLN и ОНЧ-пеленгатора. Мониторинг электромагнитных импульсов от разрядов вулканических молний дает дополнительную информацию и расширяет информативность о динамике процесса извержения, и особенностей распространения ЭО в зависимости от метеорологической обстановки. Нет никаких сомнений, что при современном развитии техники и вычислительных методов, мониторинг ОНЧ-излучения может быть включен в систему оповещения авиации о пепловой опасности многочисленных на трассах авиарейсов, проходящих вдоль восточного побережья Камчатки. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 19-05-00543.

2.25 Мониторинг радиационных полей в околоземном пространстве и атмосфере Земли в новых космических проектах московского университета

*Панасюк М.И.^{1,2}, Свертилов С.И.^{1,2}, Бенгин В.В.¹,
Богомолов В.В.^{1,2}, Гарипов Г.К.¹, Добындэ М.И.¹,
Золотарев И.А.¹, Калегаев В.В.¹, Климов П.А.¹, Оседло В.И.¹,
Перетьяшко О.Ю.¹, Петров В.Л.¹, Подзолко М.В.¹*

¹ *Московский государственный университет им. М.В.
Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной
физики им. Д.В. Скобельцына*

² *Московский государственный университет им. М.В.
Ломоносова, физический факультет*

В рамках проекта Универсат-СОКРАТ в Московском университете ведется работа по созданию мульти-спутниковой группировки, одной из задач которой - мониторинг радиационных полей в околоземном пространстве и атмосфере Земли. Также в ходе реализации проекта предполагается осуществлять контроль магнито-волновой обстановки и проводить наблюдения атмосферы в широком диапазоне электромагнитного спектра от оптического до гамма. Основная цель - прогноз явлений, которые могут представлять потенциальную опасность для авиации, суб-орбитальных и орбитальных полетов. К таким явлениям относятся интенсивные возрастания потоков энергичных заряженных частиц (солнечные космические лучи, высыпания электронов из радиационных поясов), геомагнитные возмущения, электромагнитные транзиенты в атмосфере. Первый этап программы начал реализовываться 5 июля 2019 г. после успешного запуска с космодрома Восточный трех нано-спутников типа кубсат 3U. На этих спутниках установлена аппаратура для мониторинга космической радиации, а также прототип прибора для наблюдений атмосфере Земли в ультрафиолетовом диапазоне. Полученная информация подтвердила преимущества мульти-спутниковых наблюдений для указанных выше задач. В текущем году планируется запуск еще двух аппаратов типа кубсат 6U, на которых должны быть установлены

детекторы заряженных частиц и гамма-излучения, магнитометры, аппаратура для регистрации атмосферных электромагнитных транзиентов. Предполагается, что это позволит заложить основы создаваемой системы мониторинга космических угроз.

2.26 Некоторые вулканологические аспекты сравнительного изучения атмосфер планет земной группы в системе координат «перигелий планеты — состав атмосферы — вулканизм»

Делемень И. Ф.

Институт вулканологии ДВО РАН

Экзопланетные исследования последних лет позволили обнаружить множество имеющих атмосферы землеподобных планет вне Солнечной системы. В составе их атмосфер обнаружены газы, выбрасываемые вулканами в атмосферу Земли. Однако в Солнечной системе состав атмосфер на планетах земной весьма различен. Хотя на Земле, Меркурии, Венере, Марсе и на некоторых спутниках планет-гигантов известны современные и древние проявления вулканизма, однако до сих пор продолжают споры о соотношении роли вулканизма с другими физическими и химическими процессами формирования атмосфер. Недавно опубликованные результаты астрономических исследований (Krai, Davoult and Chagnay, 2020) позволили обнаружить вокруг звезд главной последовательности газовые диски, состоящие из углерода, кислорода и оксида углерода. Считается, что эти газовые диски сосуществуют протопланетными с планетезимальными поясами (аналогично нашему поясу Койпера). Планеты являются следствием развития такого газо-пылевого планетезимального пояса. Следствием таких процессов является изменение первичного состава атмосфер планет по мере роста расстояния от центральной части пояса, в которой сформировалась звезда. Для проверки этой гипотезы выполнен анализ трендов изменения средних составов планет земного типа в Солнечной системе в системе координат состав перигелий планеты.

2.27 Некоторые особенности акустического и электрического откликов приповерхностных осадочных пород при деформации сейсмическими волнами сильных землетрясений ($M_w > 6.5$)

Мищенко М.А.¹, Руленко О.П.², Маратулец Ю.В.¹

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Рассматриваются акустический и электрический отклики приповерхностных осадочных пород, зарегистрированные при деформации продольными и поперечными волнами шести камчатских землетрясений магнитудой 6.6–7.7 на эпицентральном расстоянии 131–728 км. Измерения проводились на станции «Карымшина» (52.83°N, 158.13°E) ИКИР ДВО РАН. Анализируются особенности проявления этих откликов при смещении, скорости смещения и ускорении грунта. В анализе используются фрагменты широкополосной записи трех компонент этих параметров на сейсмической станции «Карымшина» Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, которая находится в 250 м от точки регистрации откликов. Обнаружено, что интенсивность и характер проявления обоих откликов зависят от магнитуды землетрясения и местонахождения его очага. Полученные результаты представляют интерес для изучения механоэлектрических свойств широко распространенных приповерхностных осадочных пород и возникающих при их деформации геоакустических и геоэлектрических откликов.

2.28 Неэкстенсивный анализ сейсмичности бишкекского геодинамического полигона (северный Тянь-Шань)

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

- ¹ Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке
² Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного
отделения Российской академии наук

Бишкекский геодинамический полигон (БГП), ограниченный 41.5 43.5 с.ш. и 73 77 В.д., лежит в пределах центрального сегмента Северо-Тянь-Шаньской сейсмогенерирующей зоны и представляет собой зону сочленения Тянь-Шаньского орогена и Туранской плиты. Основными тектоническими структурами исследуемого района на неотектоническом этапе являются Киргизская мегантиклиналь (Киргизский хребет) и находящаяся севернее Чуйская впадина. Южнее Киргизского хребта располагаются Суусамырская, Кочкорская и Джумгалская впадины, разделенные небольшими хребтами. Западнее находятся хребты Таласский, Большой и Малый Каратау, а восточнее хребты Кунгей-Алатау и Терскей-Алатау с разделяющей их Иссык-Кульской межгорной впадиной. Бишкекский геодинамический полигон зона современных интенсивных деформаций, которые проявляются в активной сейсмичности. На территории БГП расположена сейсмологическая сеть KNET, состоящая из десяти цифровых широкополосных станций, позволяющая регистрировать локальную и региональную сейсмичность. К настоящему моменту каталог землетрясений, полученный по данным сети KNET, включает в себя более 10 000 сейсмических событий, произошедших за 1994 2019 гг. Каталог землетрясений рассмотрен с позиций неравновесной термодинамики с использованием статистики Тсаллиса. Для описания функции распределения землетрясений по энергиям использовались модифицированная модель очага землетрясения stick-slip - прерывистое скольжение двух плит друг по другу вдоль разлома при наличии трения и принцип максимума энтропии. Полученное распределение землетрясений по энергиям описывается предложенной моделью во всем диапазоне магнитуд и согласуется с распределением Гутенберга Рихтера в представительном интервале магнитуд. Модель использовалась для количественной оценки дальних корреляций, возникающих в потоке землетрясений, а также для оценки изменения дальних корреляций непо-

средственно перед крупным землетрясением. Показано, что поток землетрясений представляет собой систему с памятью и дальними корреляциями. Значение параметра Тсаллиса рассчитанное для всего каталога характеризует исследуемый регион Тянь-Шаня как сейсмоактивный.

2.29 О взаимосвязи экстремумов лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмических событий

Баталева Е.А., Непеина К.С.

Научная станция РАН, г. Бишкек

В работе рассматриваются экспериментальные данные, полученные на стационарных и режимных пунктах магнитотеллурического мониторинга на территории Бишкекского геодинамического полигона (Северный Тянь-Шань). Выполненные исследования свидетельствуют о взаимосвязи вариаций электромагнитного и сейсмического полей, лунно-солнечных приливных воздействий, сейсмического режима с процессами трещинообразования. Исследования по изучению отклика в геофизических полях процессов, связанных с деформацией земной коры под влиянием лунно-солнечных воздействий, проводятся на территории Северного Тянь-Шаня с конца прошлого века. Гравитационные приливы постоянно регистрируются с помощью гравиметра Scintrex CG-5 Autograf на территории Научной станции РАН. Нами рассматривались два основных типа приливных вариаций вертикальной компоненты суточные и полусуточные. Получено хорошее соответствие расчетных результатов, полученных с помощью программы tide.exe, и наблюдаемых данных. Анализ корреляционных соотношений между вариациями кажущегося сопротивления и лунно-солнечными приливами свидетельствует о существовании взаимосвязи между этими явлениями. Невысокий уровень значений коэффициентов корреляции в ряде пунктов наблюдений указывает на то, что кроме приливных воздействий в деформационных процессах непрерывно действуют тектонические источники деформаций. Показана причинно-следственная связь лунно-солнечных приливов и энергетической

характеристикой электромагнитного поля эндогенного происхождения. Также представлены результаты частотно-временного анализа отклика геологической среды на землетрясения в электромагнитном поле, рассмотрены особенности проявления в зависимости от местонахождения гипо- и эпицентров сейсмических событий и их магнитуды. Рассмотрен ряд откликов в геофизических полях на удаленные и региональные землетрясения 2010-2020 гг. с энергетическим классом от 8 до 12 и их взаимосвязь с экстремумами лунно-солнечных приливных воздействий. Полученные результаты соответствуют гипотезе о перераспределении флюида между системами трещин, пронизывающими геологические объекты и обладающими различной ориентацией, перестройка которых проявляется в изменении ряда характеристик среды, в образовании аномалий геофизических полей, а также в появлении анизотропии свойств пород. Результаты исследования взаимосвязи лунно-солнечных приливов с современными геодинамическими процессами сейсмоактивных регионов неоднозначны и требуют дополнительного изучения. Работа проводилась в рамках выполнения государственного задания Научной станции РАН по теме АААА-А19-119020190063-2 и при финансовой поддержке проекта РФФИ 20-05-00475.

2.30 О некоторых проблемах использования старых магнитных данных

Хомутов С.Ю.¹, Лингала М.²

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *CSIR-National Geophysical Research Institute, Hyderabad, India*

Магнитные измерения на обсерваториях ИКИР СО РАН "Магадан" (MGD), "Паратунка" (PET), "Южно-Сахалинск" (YSS), "Мыс Шмида" (CPS) и "Хабаровск" (КНВ) и на обсерваториях CSIR-NGRI "Хайдарабад" (НУВ) и "Чоутушпал" (CPL) ведутся практически с момента их образования. Значительная часть полученных результатов представлена в базах данных МЦД и INTERMAGNET. Однако, большой объем первичной информации остаётся необработанным и недоступным для использования в научных исследованиях. В последние несколько лет ИКИР ДВО РАН предпринимает

усилия по обработке старых магнитных данных. Получены цифровые образы аналоговых магнитограмм обсерватории "Паратунка" с 1967 г. и сделана оценка возможности их использования для получения не только часовых, но и минутных значений элементов поля. Обрабатываются старые цифровые данные, имеющиеся в период перехода с аналоговой регистрации на цифровую. Основная проблема при обработке и/или переобработке архивных данных связана с отсутствием информации (метаданных) об условиях, при которых выполнялись измерения. Это относится прежде всего к результатам абсолютных наблюдений, которые необходимы для получения полных значений элементов вектора напряженности магнитного поля. В работе предлагаются некоторые технологии, позволяющие использовать данные, полученные при обработке аналоговых магнитограмм, для коррекции результатов измерений цифровыми магнитометрами. Значительную проблему представляют отсутствие или недостоверность информации о температуре в вариационном павильоне и работах, проводимых с аппаратурой или в павильонах. По мере накопления опыта при обработке архивных данных формируется "каталог" помех и их типовых образов, позволяющий более надёжно и эффективно идентифицировать и удалять эти помехи.

Работа выполнена в рамках госзадания ИКИР ДВО РАН по теме AAAA-A17-117080110043-4 и проекта MLP-6404-28(КА) CSIR-NGRI.

2.31 Низкочастотные параметрические системы в мелком море

*Тарасов С.П.¹, Чжу Цзяньцзюнь², Пивнев П.П.¹,
Короченцев В.И.³*

¹ *Кафедра ЭГА и МТ ЮФУ*

² *Институт гидроакустики ХИУ, КНР*

³ *Инженерная школа ДВФУ*

Разработана теоретическая модель для исследования параметрических акустических сигналов в слое лед/вода. В качестве модели предлагается установка из двух низкочастотных излучателей, расположенных на поверхности льда. Показана возможность изучения структуры низкочастотного сигнала при нелинейном взаимодействии. Экспериментальные исследования, проведенные в за-

ливе Петра Великого Японского моря и в Азовском море, показывают удовлетворительные совпадения с теоретическими исследованиями.

2.32 Об анизотропии сейсмических волн в Карпатском регионе

Лыскова Е.Л., Санников К.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет

Анизотропия сейсмических волн континентальных областей до сих пор относится к разряду дискуссионных вопросов, так как ее оценки в различных областях демонстрируют разный знак коэффициента анизотропии. В противоположность исследованиям океанических областей, где скорости SH всегда преобладают над скоростями SV, в континентальных областях соотношения между скоростями сильно различаются. Объяснением этому, в первую очередь, служит различие в строении. Строение коры и верхней мантии под океанами гораздо более однородное по сравнению со строением континентальных областей. К оценке анизотропии существуют несколько подходов. Самый традиционный метод заключается в использовании максимального количества данных отдельно для волн Лява и волн Релея для исследования латерального распределения скоростей SH и SV, невзирая на то, что плотность покрытия трассами, а, следовательно, и области наилучшего разрешения могут быть различной формы и размера. Этот метод было решено использовать в качестве начального приближения. Настоящее исследование является частью большого проекта, в котором на следующих этапах планируется использовать только трассы с качественной дисперсией в широком диапазоне периодов как волн Лява, так и Релея, и выполнять томографию самого коэффициента анизотропии. На заключительном этапе предполагается с помощью поляризационного анализа использовать только очищенную дисперсию волны Лява, так как известно, что гармоники разных периодов могут иметь разные пути подхода к станции, и отклонения от геометрического азимута могут достигать 20 градусов. В качестве объекта исследования был выбран Карпатский регион, поскольку он содержит интересные контрастные особенности:

(1) Паннонский бассейн, который характеризуется тонкой корой, утоньшенной литосферой и аномально высокими значениями теплового потока; (2) зону Торнквиста-Тессейра, которая расположена параллельно простиранию Восточных Карпат, и представляет собой зону контакта докембрийской литосферы ВЕП и сравнительно молодой литосферы Западной Европы. (3) Третьей особенностью является зона Вранча, одна из наиболее активных сейсмических зон Европы. Она расположена в районе сочленения молодых тектонических структур: Южных и Восточных Карпат, Трансильванской впадины и Предкарпатского прогиба. Зона Вранча характеризуется относительно узким, почти вертикальным сейсмогенерирующим объемом среды, круто падающим в северо-западном направлении; местоположением под утолщенной континентальной корой дуги Карпатского ороклина; несовпадением положения гипоцентров с известным тектоническим швом в Карпатской орогенной системе. Для исследования были использованы широкополосные записи ЛН-канала от землетрясений с эпицентрами в Турции, Иране, Средиземноморье, Атлантике на станциях сети GEOFON. Главная задача заключалась в изучении распределения скоростей S-волн с глубиной. Для получения дисперсионных кривых волн Лява и Релея был использован частотно-временной метод. Латеральные распределения групповых скоростей были получены с помощью метода 2D томографии в предположении о гладкости получаемого решения (Дитмар, Яновская; 1989). Результаты исследования выявили, что в тылу Восточных Карпат до глубин 125 км преобладает коэффициент анизотропии положительного знака по сравнению с коэффициентом анизотропии на северо-востоке от Карпатской дуги. Таким образом с другой стороны от ТТЗ под ВЕП знак меняется на отрицательный. С глубиной различия в значениях коэффициента выравниваются.

2.33 Обзор методов обработки и анализа импульсных геофизических сигналов

Луковенкова О.О., Сенкевич Ю.И., Солодчук А.А., Щербина А.А.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В докладе рассматриваются методы обработки и анализа импульсных сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии, регистрируемых более 20 лет на геодинамическом полигоне ИКИР ДВО РАН (полуостров Камчатка). Предложены методы поиска, выделения и восстановления импульсов, их частотно-временного анализа с использованием адаптивной разреженной аппроксимации, структурного описания формы импульсов и классификации.

Для выделения импульсов из геофизических сигналов применяется адаптивная пороговая схема, подстраивающаяся под уровень шума обрабатываемого сигнала. Выделенные импульсы характеризуются не только различным частотно-временным составом, но и широким разнообразием форм. Одним из способов решения данной проблемы является унификация описания и классификация импульсов с целью сокращения импульсного разнообразия и выявления характерных и аномальных форм. Для анализа частотно-временного состава импульсов используется алгоритм адаптивного согласованного преследования. Для идентификации формы импульса предлагается метод структурного описания, заключающийся в кодировании импульсов специальными матрицами-образами. Рассмотрен способ классификации идентифицированных импульсов. Поскольку методы анализа структуры импульсного сигнала чувствительны к искажениям, авторами предлагается способ восстановления формы импульсов, основанный на вейвлет-разложении.

Выделенные в ходе анализа информационные признаки геофизических сигналов могут использоваться для поиска аномалий в данных с последующим установлением связи этих аномалий с землетрясениями.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Динамика физических процессов в активных зонах ближнего космоса и геосфер» (2018–2020), № гос. регистрации АААА-А17-117080110043-4.

2.34 Опыт синхронного наблюдения сейсмо-деформационных колебаний Земли разнесенными лазерными интерферометрами

Александров Д.В.¹, Дубров М.Н.¹, Кравцов В.В.¹, Ларионов И.А.²

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

² *Институт космических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

В докладе приводятся первые результаты уникальных экспериментов по синхронной регистрации сейсмо-деформационных колебаний земной поверхности тремя лазерными интерферометрами-деформографами, разнесенными на расстояние 6740 км. Два 100-метровых лазерных деформографа установлены на Фрязинском Лучеводном полигоне в Подмоскowie, третий 18-метровый деформограф расположен в пункте наблюдения Карымшина (Камчатский край). Два лазерных деформографа во Фрязино построены по схеме интерферометров Майкельсона: 1) равноплечий интерферометр, длина каждого измерительного плеча около 100 м и 2) неравноплечий (несимметричный) интерферометр - длина измерительного плеча 100 м, опорного - около 10 см. Расстояние между интерферометрами-деформографами 400 м. Лазерный деформограф в пункте наблюдения Карымшина - модифицированный неравноплечий интерферометр Майкельсона с длиной измерительного плеча 18 м. Расстояние между Фрязинским Лучеводным полигоном и пунктом наблюдения Карымшина составляет 6740 км. В качестве источников излучения в деформографах используются частотно-стабилизированные и термоуправляемые лазеры с длиной волны 633 нм. Для измерения сдвигов интерферограммы применяются системы регистрации компенсационного и модуляционного типов, обеспечивающие абсолютное инструментальное разрешение 0,1-0,01 нм. Приводятся результаты спектрального и корреляционного анализа данных, полученных в 2016-2020 гг. во время сеансов синхронной работы всех трех инструментов. Выполнено сопоставление полученных результатов с региональной и глобальной сейсмической, вулканической активностью, циклонами и ионосферными возмущениями.

Показано, что разрабатываемая методика может быть эффективной для обнаружения и идентификации предвестников крупных сейсмических событий и других опасных природных явлений.

2.35 Отрицательные аномалии атмосферного электрического поля в сейсмоактивном регионе: связь с тектоносейсмическим процессом и нахождение источника

Руленко О.П.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Рассматриваются отрицательные аномалии атмосферного электрического поля у земной поверхности, которые наблюдаются в сейсмоактивных регионах при хорошей и близкой к ней погоде. Используя литературные данные, выяснены особенности проявления этих аномалий, свидетельствующие о связи с деформированием приповерхностных пород при тектоносейсмическом процессе. Этот процесс постоянно протекает в сейсмоактивных регионах и вызывает изменения напряженно-деформируемого состояния горных пород в тектоническом режиме деформирования и при подготовке землетрясений, которые являются сейсмической составляющей процесса как результат более интенсивного деформирования пород под действием тектонических сил. Рассматриваются две существующие точки зрения на нахождение источника предсейсмических возмущений атмосферного электрического поля в приповерхностных слоях земной коры и в приземном воздухе. На основании представлений в атмосферном электричестве показано, что источником отрицательных аномалий этого поля при тектоносейсмическом процессе является отрицательный объемный заряд, который возникает в приземном воздухе и имеет деформационно-эманационную природу.

2.36 Оценка взаимосвязи гидрогеохимических и гидродинамических эффектов с проявлениями сейсмичности Кыргызстана

Кендирбаева Дж.Ж.

Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики

В работе приведены гидрогеохимические и гидродинамические эффекты, зафиксированные за периоды до, во время и после сильных и ощутимых землетрясений, произошедших в Кыргызстане за 1970-2019 гг. Для их освещения использованы сведения Сары-Камышского (1970) и Жаланащ-Тюпского (1978), Барскаунских (1980) и (1990), Кочкор-Атинского (1992) и Суусамырского (1992), а также Сары-Джазского (2013) событий. Изучаемые параметры в каждом пункте наблюдений обладают собственными пределами колебания. В 1970 году произошло Сары-Камышское событие с силой 8-9 баллов. По данным Средазгеоминвод выяснилось, что за 2 месяца в ТМВ Джеты-Огуз и Аксу появились аномалии температуры и напора: первая, повысившись от 6,5 до 13, перед толчком достигла до $+26,6^{\circ}\text{C}$, а дебит – от 0,006 до 0,077 л/сек, а дебит – 1,5 раза. Также зафиксировано в содержаниях радона увеличение на 2 раза, восстановившихся через 1,5 месяца. 2 июня 1974 года произошло Кочкорское землетрясение, когда за 1,5-2 месяца зафиксированы аномалии как в концентрациях гелия и радона, так и в соотношениях изотопов радия. Во время афтершоков Исфара-Баткенского события ($M_W = 6,3$) от 31.01.1977г. установлены резкие и разные вариации радона и HCO_3 , а за 3 месяца до Жаланащ-Тюпского землетрясения с $M_W = 6,9$ (1978) в ТМВ Иссык-Ата увеличились температура, радон и фтор. Такие аномалии обнаружены и в скважинах Казахстана – содержание радона в одной из них появилось во время разрядки, тогда как в соседней – через два дня после подземного толчка. Рассчитанными значениями их дисперсии и энтропии показано, что они между собой независимо от характера и амплитуды скачков близки: в ТМВ Иссык-Ата коэффициенты вариации и дисперсии хлора, HCO_3^- и CO_3^{2-} в течение полгода синхронно повышались от 0,323 до 1,639, достигая к моменту толчка до 5,666 и лишь к концу года снизились. В этом плане по ТМВ Аламедин между силой и градиентом ускорения полученных эффектов характерны положительные связи, причем одновременность в изменениях

отсутствует, наоборот, каждый компонент ждет как-бы своей очереди: с нашей позиции, это можно объяснить за счет химического свойства иона. Вышесказанные факты, свидетельствуя о возможности средне- и краткосрочного прогноза землетрясений с $K = 12,5$, т.е. их приближение можно уловить от 10 до 15 суток, а силу – порядка 0,5. Аналогичные флуктуации также можно ожидать и в водах, для режима которых свойственна как годовая, так и многолетняя цикличность, причем роль эпицентрального расстояния не выявлена.

2.37 Построение комплексных каскадных моделей турбулентного динамо в системах символьных вычислений

Фещенко Л.К., Водинчар Г.М.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В докладе описывается разработанная методика построения комплексных каскадных моделей. Составление системы уравнений в этой модели и ее точное решение реализуется с помощью систем символьных вычислений. Каскадные комплексные переменные являются прямыми аналогами спектров полей, точнее спектров, проинтегрированных при фиксированной длине волнового вектора по всем его направлениями. Методика позволяет варьировать размеры нелокальности нелинейного взаимодействия в пространстве масштабов, выражения для каскадных аналогов законов сохранения и характер степенных по масштабу стационарных решений.

2.38 Оценка эффективности метода обнаружения помех в данных геомагнитного поля

Папшева С.Ю., Мандрикова О.В., Хомутов С.Ю.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Представлены результаты продолжающейся работы по разработке и использованию метода обнаружения помех в геомагнитных данных, основанного на вейвлет-преобразовании. Однако, основной акцент сделан на оценке эффективности предлагаемого метода на расширенном экспериментальном материале обсерватории Паратунка, Камчатский край, ИКИР ДВО РАН за 2009-2019 г.г. Показано влияние значений пороговых функций на погрешность работы используемого метода.

2.39 Применение методов глубокого обучения для прогнозирования параметров ионосферы в реальном времени

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В работе ранее полученные результаты по распознаванию ионограмм с использованием глубокого обучения расширены для прогнозирования параметров ионосферы. После того, как параметры ионосферы были извлечены из ионограммы с использованием глубокого обучения, мы можем в реальном времени осуществлять прогноз на основе новых полученных данных. Примеры прогнозирования параметров ионосферы с использованием архитектуры долгой краткосрочной памяти искусственной рекуррентной нейронной сети. Показано место блока прогнозирования параметров ионосферы в системе анализа ионосферных данных с использованием методов глубокого обучения.

2.40 Регрессионный анализ факторов ионосферных возмущений

Мандрикова О.В., Полозов Ю.А.

*Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Изучение взаимосвязей параметров околопланетного пространства, магнитного поля Земли и параметров ионосферы представляет интерес в задачах солнечно-земной физики и прикладных исследованиях, связанных с космической погодой. Ионосфера является одним из важных факторов космической погоды, и от её состояния зависит функционирование современных технических средств наземного и космического базирования. В работе выполнялась статистическая оценка и анализ комплексного влияния параметров межпланетного магнитного поля, солнечного излучения и геомагнитных данных на развитие ионосферных возмущений. Ионосферные возмущения оценивались на основе разработанного ранее авторами метода с использованием вейвлет-преобразования и адаптивных порогов. В процессе исследования выявлены наиболее значимые факторы возникновения ионосферных возмущений и оценена их значимость.

2.41 Релаксационные колебания в энергоактивных зонах

Шевцов Б.М.

*Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Релаксационные колебания в энергоактивных природных зонах рассматриваются как причины внезапных катастроф. Предлагается общий подход к исследованию динамических систем быстро-медленного типа, релаксационные колебания которых дают адекватное описание катастрофических событий. Обсуждаются общие свойства таких систем на примере солнечной активности и геомагнитного динамо. Рассматриваются аналогии между магнитным динамо, лазерными системами, высыпаниями заряженных

частиц в ионосферу, грозowymi разрядами и землетрясениями. Показано, что эти аналогии основаны на представлении различных природных явлений с помощью динамических систем быстро-медленного типа.

2.42 Сезонное изменение частотных характеристик естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ)

Крутиков В.А., Гордеев В.Ф., Малышков С.Ю., Поливач В.И.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических
систем Сибирского отделения Российской академии наук
(ИМКЭС СО РАН)*

В ИМКЭС СО РАН существует несколько стационаров постоянного мониторинга временных вариаций естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) в диапазоне очень низких частот и метеопараметров окружающей среды. В 2019 году было обеспечено три точки наблюдения ЕИЭМПЗ на территории Томской области: стационар Киреевск, Полынянка и район Томского аэропорта на расстоянии около 70 км от Киреевска в разные стороны по направлению Запад - Восток. В каждой точке использовались многоканальные геофизические регистраторы (МГР-02-16), разработанные и изготовленные в Институте в результате многолетних исследований параметров ЕИЭМПЗ. На первом этапе исследований у всех регистраторов была установлена резонансная частота приема 17,5 0,5 кГц, одинаковые коэффициенты усиления и уровень дискриминации срабатывания сигнала. При этом отчетливо наблюдается высокая повторяемость для всех точек регистрации временных вариаций интенсивности сигналов ЕИЭМПЗ, а суточные хода совпадают с типичными суточными ходами для апреля месяца, полученные усреднением результатов 10-ти летнего наблюдения в различных районах Северного полушария. В июне месяце 2019 года были изменены параметры усилительных трактов регистраторов. На регистраторе в стационаре Киреевск была оставлена резонансная частота приема 17,5 кГц, в стационаре Полынянка установлена частота 5,0 кГц, в районе аэропорта 25 кГц. Коэффициенты усиления откорректированы с учетом неравномерности

АЧХ регистраторов на одинаковые значения коэффициента передачи, приведенного ко входу. Изменения не привели к существенным изменениям в формах временных вариаций, суточные вариации совпадают с усредненными суточными ходами июня месяца для Северного полушария. Такая ситуация продолжалась до сентября месяца включительно. В октябре 2019 года интенсивность сигнала 5, 0 кГц составляющей резко снизилась, а суточный ход претерпел значительные изменения, в то время как суточный ход сигнала 17,5 и 25,0 кГц соответствовали усредненным суточным ходам октября месяца для Северного полушария. Такое явление продолжалось до марта месяца 2020 года и лишь в конце апреля сигналы всех регистрируемых частот стали совпадать, а суточные хода интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ стали полностью идентичны в первой половине мая месяца 2020 года. В результате эксперимента впервые зарегистрировано сезонное изменение частотных характеристик естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), что в процессе систематических исследований, данного эффекта, позволит провести дальнейшее развитие физической модели формирования ЕИЭМПЗ литосферного происхождения, а для методов оценки геодинамических процессов сформулировать дополнительные критерии оценки напряженно-деформированного состояния горных пород. Основываясь на механизмах механоэлектрических преобразований в горных породах можно предположить, что изменение низкочастотной составляющей ЕИЭМПЗ в среднесуточных вариациях интенсивности сигнала может быть связано с изменением физико-механических свойств и структуры литосферы. Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН при финансовой поддержке РФФИ 18-47-700005p_a.

2.43 Скользящее суточное осреднение часовых значений магнитного поля на примере обсерватории Новосибирск за 2011 год (результаты и перспективы применения)

*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*

Полученные в магнитной обсерватории среднечасовые значения трех независимых элементов земного магнетизма пересчитывались в параметры эквивалентного центрального диполя. При этом угловые элементы земного магнетизма преобразовывались в среднечасовые географические координаты северного магнитного полюса на каждый из 8760 часов 2011 года, а так называемые силовые элементы земного магнетизма в значения локальной магнитной постоянной на середину этих же 8760 часов. Скользящее суточное (то есть 24 часовое) осреднение проводилось с шагом в 1 час. Такому анализу могут быть подвергнуты данные не только современные оцифрованные данные, но и месячные таблицы любой магнитной обсерватории за все время ее работы, поскольку даже самые старые месячные таблицы составлены именно из среднечасовых значений, снятых с магнитограмм при помощи палеток. Такой подход позволяет более детально проследить изменения характеристик, не зависящих от суточной вариации (по 8712 и более среднесуточным точкам на годовом графике, а не по 365). А использование интегральных параметров (координаты магнитных полюсов и значения локальной постоянной) позволяет выявлять региональные особенности в их изменении. Плавный ход анализируемых среднесуточных характеристик магнитного поля в течение года, десятилетий и столетий связан с известными вековыми вариациями. Выявляемые на этом фоне особенности в скользящих среднесуточных данных могут быть сопоставлены по времени с наблюдаемыми в прошлом и прогнозируемыми в ближайшем будущем аномальными геолого-геофизическими событиями.

2.44 Применение долгой краткосрочной памяти и управляемых рекуррентных блоков для прогнозирования значений геомагнитных индексов

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В работе с помощью глубокого обучения рассматривается прогнозирование значений следующих геомагнитных индексов (ГИ): Dst, Kp, AE и AP. Для прогнозирования используются архитектуры долгой краткосрочной памяти (LSTM) и управляемых рекуррентных блоков (GRU). Для различных ГИ индексов анализируется функция потерь в зависимости от периодичности исходных данных. Установлено, что чем меньше периодичность исходных данных ГИ тем точнее осуществляется прогноз следующего значения ГИ. Для анализа использовались следующие периоды исходных данных ГИ: час, 3 часа, сутки.

2.45 Форбуш-буревая классификация событий как аппарат для диагностики солнечного ветра

Шадрина Л.П.

Академия наук РС(Я), г. Якутск

Геоэффективность солнечного ветра принято определять на Земле по таким явлениям в геомагнитном поле, как бури и суб-бури. Вторым, не менее значимым эффектом, являются резкие понижения интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) Форбуш-эффекты. Совместное рассмотрение этих эффектов в геомагнитном поле и в ГКЛ позволяет получить дополнительные диагностические признаки, так как они несут в себе разную информацию. Поведение геомагнитного поля отражает изменения, происходящие в магнитосфере, тогда как интенсивность ГКЛ зависит от пространственной конфигурации магнитного поля в гелиосфере.

Для проведения такой работы предлагается применять форбуш-буревую классификацию каталог геофизических событий в геомагнитном поле и космических лучах. В каталоге приведены даты и время начала событий понижения Dst индекса геомагнитного поля и интенсивности ГКЛ с 1996 по 2017 годы, за 2 цикла солнечной активности. Показано, что эти два вида наземных проявлений межпланетных возмущений могут протекать одновременно или пораздельности.

2.46 Электрическая структура эруптивных вулканических облаков

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

¹ *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

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

Показано, что данные измерений электростатического поля атмосферы и скорости ветра позволяют определить характеристики компактных областей повышенной плотности заряда (вулканической глобулы), образующих это поле - их заряд и параметр протяженности. Разработана модель электростатического поля атмосферы, образованного несколькими вулканическими глобулами с различными параметрами заряда и протяженности. Разработан алгоритм и программа восстановления структуры зарядов электростатического поля атмосферы по данным регистрации наземного флюксметра. Определены параметры вулканических глобул и выполнена аппроксимация поля с использованием полевых измерений нескольких вулканических извержений. Сделан вывод о возможности восстановления истории извержения на основе использования предложенной модели.

2.47 Экспериментальные исследования акустических полей в шельфовой зоне моря

Черненко В.А.¹, Чен Вэньцзянь², Горовой С.В.¹, Гарасев И.В.¹

¹ *Кафедра приборостроения инженерной школы ДВФУ*

² *Колледж подводной акустической техники, КНР*

Разработанная авторами экспериментальная установка, позволяет создавать акустическое давление в интервалах от 107 до 108 Па с эффективной системой согласующих слоев дно, вода и лёд. Теоретические и экспериментальные исследования показали возможность передачи информации в мелком море под слоем льда. Экспериментальная приемная акустической системы позволяет проводить измерения в широком диапазоне частот от 40 до 1100 Гц. Проведенное исследование можно использовать для разработки эффективной дальней связи и моделировать измерение акустических предвестников землетрясений.

3 Физика предвестников землетрясений

3.1 Применение общих знаний о разметке для анализа ионограмм различных ионозондов

Мочалов В.А., Мочалова А.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

В работе для улучшения качества распознавания ионограмм рассматривается применение общих знаний о эталонной разметке ионограмм в различных пунктах установки ионозондов одного типа. На основе эталонных разметок с двух ионозондов были обучены глубокие нейронные сети для выделения следов отражения от различных слоев ионосферы. Полученные глубокие нейронные сети были успешно применены для распознавания ионограмм другого типа ионозонда. Приводятся полученные результаты распознавания.

3.2 Анализ связи геомагнитной активности с количеством землетрясений в солнечных циклах

Каримов Р.Р.¹, Каримова А.Р.²

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук»*

² *Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный
исследовательский университет ИТМО»*

Статистический анализ связи количества землетрясений магнитудой больше либо равно 5 с солнечной активностью за период с 1996 по 2018 года показал наличие отрицательной корреляции. Геомагнитная активность, выраженная индексами Kp и Dst, имеет максимум за 9-10 дней до землетрясений магнитудой больше либо равно 5. Данные по землетрясениям взяты из USGS Earthquake Hazard для всей территории Земли. Одинаковый характер связи геомагнитной активности и землетрясений для различных временных выборок и для различных регионов обеспечивает статистическую значимость результатов.

3.3 Анализ сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии, сопутствующих землетрясению с $M_w = 7.5$

Солодчук А.А., Луковенкова О.О.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Доклад посвящен анализу частотного состава и разнообразия форм импульсных сигналов геоакустической эмиссии и электромагнитного излучения ОНЧ-диапазона, зарегистрированных на полуострове Камчатка в пункте наблюдений «Карымшина» (52.83° N, 158.13° E) в сейсмически спокойный и активный периоды.

Предварительная обработка сигналов включает выделение импульсов и восстановление их формы. Анализ частотного состава осуществляется методом адаптивного согласованного преследования. Для исследования разнообразия форм каждый импульс описывается специальной матрицей-образом, после чего осуществляется кластеризация импульсов по степени схожести их форм. Предполагается, что геофизическая система генерирует ограниченное базовое множество импульсов, а кластеризация позволяет идентифицировать данное множество. В результате обработки оцениваются качественный состав импульсных потоков геофизических сигналов.

Авторами произведен анализ записей геофизических сигналов во временной окрестности 30 минут до и после землетрясения с магнитудой $M_w = 7.5$, произошедшего 25 марта 2020 года в 02:49:21 UTC на эпицентральной дистанции 430 км (NEIC, <https://earthquake.usgs.gov>). Полученные оценки частотного состава и базового множества импульсов были сопоставлены с результатами анализа сигналов в сейсмически спокойный период (за несколько суток до землетрясения).

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Динамика физических процессов в активных зонах ближнего космоса и геосфер» (2018–2020) № гос. регистрации АААА-А17-117080110043-4.

3.4 Аномальные вариации потока гамма-квантов, предшествующие землетрясениям в регионе Северного Тянь-Шаня

Салихов Н.М.¹, Пак Г.Д.¹, Щепетов А.Л.², Жуков В.В.²

¹ *Институт ионосферы АО НЦКИТ*

² *Физический институт РАН им. И.П. Лебедева*

На Тянь-Шанской научной высокогорной станции, расположенной на высоте 3340м (N43.04351 E76.94139) в 32км г. Алматы проводится комплексное исследование аномальных явлений в различных геофизических полях: литосфера-атмосфера-ионосфера, в связи с процессами повышения сейсмической активности перед землетрясениями. В докладе будет представлен анализ аномальных событий в вариациях интенсивности потока гамма-квантов в подпочвенных слоях горных пород (в воздушной среде скважины на глубине 39м) и в приземной атмосфере, возникших в краткосрочном периоде перед землетрясениями М4.2 - 6.4 (n=7). В г.Алматы землетрясения ощущались с интенсивностью от 2 до 4 баллов по шкале МСК-64. Для регистрации гамма-квантов использовали сцинтилляционные гамма-детекторы с кристаллом NaI(Tl) с частотой опроса 10 сек и разбивкой по энергетическим каналам в диапазоне энергий 30 - 1500 кэВ. Эпицентры землетрясений находились в пределах радиуса Добровольского. За несколько дней (3-7 дней) до землетрясений магнитудой М5.1-6.4 (n=6) в вариациях интенсивности потока гамма-квантов в скважине возникало аномальное бухтообразное понижение, которое примерно за день до основного толчка сменялось трендом восстановления до исходного уровня. Практически одновременно возникали аномальные изменения в вариациях потока гамма-квантов в приземной атмосфере. Противоположный эффект был зарегистрирован в случае, когда эпицентр землетрясения (М4.2) находился очень близко всего в 5,3 км от скважины. За 7 дней до основного толчка возник резкий всплеск интенсивности потока гамма-квантов с трендом постепенного снижения до фонового уровня. Аномальные вариации потока гамма-квантов в скважине были более отчетливые, чем в приземной атмосфере. Это объясняется тем, что фоновый уровень потока гамма-квантов в скважине мало меняется день ото дня, как и температура на глубине 39 м, и в отличие

от потока гамма-квантов в приземной атмосфере, не подвержен изменчивости внешних метеоусловий. Это повышает вероятность обнаружения даже небольших изменений радиоактивности внутри скважины. В отдельных случаях были зарегистрированы синхронные однотипные изменения потока тепловых нейтронов, а также появление возмущений в ионосфере по измерениям временных вариаций электромагнитных сигналов в VLF диапазоне радиочастот (1,5 - 11,5 кГц) и доплеровского сдвига частоты ионосферного сигнала.

3.5 Гидрогеохимические предвестники землетрясений: обзор мировых данных

Копылова Г.Н.

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

В качестве гидрогеохимических предвестников (ГГХП) рассматриваются аномальные изменения ионно-солевого и газового состава подземных вод перед землетрясениями с магнитудами M_w в диапазоне 5 - 8, обнаруженные при проведении многолетних регулярных наблюдений на самоизливающихся скважинах в сейсмоактивных районах. Такие работы проводились в Японии, Узбекистана, Исландии, в России на полуострове Камчатка и в других странах. Изучение пространственно-временных закономерностей проявления ГГХП и их связи с параметрами последующих землетрясений позволяет определять значимость гидрогеохимического метода для прогнозирования сильных землетрясений и рассматривать процессы образования ГГХП в подземных водоносных системах. В докладе с единых позиций рассматриваются мировые данные о ГГХП в сопоставлении с уточненными параметрами последующих землетрясений и условиями наблюдений. Показано, что ГГХП возникают преимущественно в ближней и средней зонах очагов землетрясений, для которых соотношение между эпицентральной расстоянием до наблюдательных скважин и максимальным линейным размером очага землетрясения составляет от 1 до 7-8. Характерные времена развития ГГХП перед землетрясениями составляют от менее одного месяца до девяти месяцев. На отдельных примерах

демонстрируется процесс образования ГГХП в водоносных системах скважин вследствие изменения условий смешивания контрастных по составу подземных вод при развитии трещинной дилатансии на стадиях подготовки землетрясений. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 18-05-00337

3.6 Исследование акустических вариаций при землетрясении, произошедшем в Иране 08 июля 2019 г.

Рябова С.А., Спивак А.А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского
Российской академии наук*

8 июля 2019 года на западе Ирана произошла серия крупных землетрясений. Гипоцентр самых мощных подземных толчков (магнитудой 5.7 - 5.9) залегал на глубине 10 км, эпицентр располагался в 28 км к юго-востоку от города Месджеде-Солейман. В докладе приведены результаты обработки и анализа акустических записей на значительных расстояниях от очага сейсмического события (более 2700 км): Геофизическая обсерватория Михнево (2731 км), Центр геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН (2812 км) и акустический мониторинг в г. Звенигороде (2832 км). Идентифицированы барические возмущения в виде распространяющихся в стратосферном волноводе акустических колебаний инфразвукового диапазона частот и вызванные сейсмическими волнами, пришедшими в пункты акустического мониторинга. Оценены энергии акустического источника и сейсмического события по спектру акустического сигнала, распространяющегося в стратосферном волноводе.

3.7 Исследование влияния сейсмической активности на коэффициент полупрозрачности спорадического слоя Es над Камчатской

Богданов В.В., Павлов А.В.

Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Мелкомасштабная турбулизация спорадического слоя Es (десятки метров) оценивается коэффициентом полупрозрачности $\Delta fbEs$, а крупномасштабная турбулизация (сотни метров) выражается в Es-рассеянии. Известно, что перед крупными землетрясениями с магнитудами $M > 5.0$ может наблюдаться формирование аномальных спорадических слоев в области E: увеличение электронной концентрации и коэффициента полупрозрачности на интервале от 14 до 3 суток до момента землетрясения и последующее резкое уменьшение значений этих параметров за 1 сутки до землетрясения. Увеличение коэффициента полупрозрачности Es-слоя является результатом роста мелкомасштабной турбулизации спорадического слоя, а его уменьшение связано с нагревом нижних слоев ионосферы.

В данной работе проведён анализ изменений коэффициента полупрозрачности спорадического слоя Es, предшествующих наступлению землетрясений с магнитудой $M \geq 5.0$, произошедших в Камчатском регионе за период 2015-2019 гг. Произведена оценка прогностической эффективности параметра $\Delta fbEs$ по методикам А.А. Гусева и Г.М. Молчана.

3.8 Мексиканское землетрясение 1.02.2019 г. в Интернете

Тертышников А.В.

*Фрязинский филиал государственного бюджетного учреждения
науки Институт радиотехники и электроники им. В.А.
Котельникова РАН*

В понятие окружающей среды входит природная среда и ее антропогенное окружение. Эти компоненты взаимосвязаны. Социум, как элемент антропогенного окружения, активно влияет на состояние окружающей среды и является биоиндикатором ее изменений. С развитием социальных сетей, интернета, технологий искусственного интеллекта появляется уникальная возможность диагностировать для конкретных сейсмоопасных регионов изменение социального поведения различных групп населения в масштабе времени, близком к реальному. Для решения этой задачи необходим регулярный сбор и анализ доступных сообщений о характеристиках, связанных с предвестниками. В поисковых машинах Интернета для обработки текстов созданы программы лингвистического поиска и анализа информации. В них используются наборы запросов, связанных с онтологией исследуемых процессов. В качестве ключевых слов, которые следуют из анализа процессов подготовки землетрясения и особенностей проявления предвестниковых возмущений геофизических полей, предложено использовать: авария, здоровье, вода, воздух, радиоактивность, и их английские аналоги: Air, Crash, Health, Radioactivity, Water. Найденные поисковыми машинами сообщения, ограниченные геопривязкой исследуемого региона, формировались в таблицу. 1 февраля 2019 г. в 16:14:12.2 UTC на юго-востоке Мексики, 14.86 N ; 92.20 W, произошло землетрясение с $M_w=6.6$ (CHIAPAS, MEXICO). Его эпицентр находился в штате Чьяпас вблизи с гватемальской границей, а гипоцентр на глубине $H=67,9$ км. Подземные толчки от землетрясения ощущались во многих районах Мексики, Гватемале, Сальвадоре и Белизе. 2 февраля 2019 г. оказался весьма активным в сейсмическом отношении. Для этого землетрясения получен график изменения суммы нормированных по минимаксам повторяемости запросных слов Air, Water, Health. График рассматривается в качестве иллюстрации последовательности этапов подготовки сильного землетрясения. Накануне землетрясения

резко увеличивается повторяемость ключевых запросов. Этот всплеск следует после периода сейсмического затишья. Его начало отмечено двумя сильными сигналами. Гипотеза о постоянстве дисперсий для отрезков до и после землетрясения по критерию Фишера с уровнем значимости $< 0,05$ не выполняется. То есть, анализируемый временной ряд не стационарен. Поэтому, применять в дальнейших исследованиях методы параметрической статистики можно с большой осторожностью. Как и проверять гипотезу о равенстве математических ожиданий рассматриваемых отрезков. В рассчитанной амплитудограмме полученного временного ряда по скользящему окну шириной 16 суток с помощью быстрого преобразования Фурье морфологически выявлены три фрагмента: до, после землетрясения и этапа затишья через, примерно, неделю после землетрясения. Это наглядное подтверждение реакции интернет-социума на катастрофическое событие. Анализ активности региональных и локальных социальных сетей позволит уточнить полученные результаты диагностики сейсмической опасности. Впервые получены оценки реакции интернет-социума на катастрофическое землетрясение и период его подготовки.

3.9 Механизм движения лавового потока, сопровождающегося сейсмическим режимом «drumbeats», на вулкане Кизимен

Шакирова А.А.¹, Паровик Р.И.², Фирстов П.П.¹

¹ *Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба РАН, Камчатский филиал*

² *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

Режим drumbeats (барабанный бой) необычный сейсмический режим, состоящий из вулканических землетрясений (ВЗ) с однообразными волновыми формами (мультиплеты), которые регистрируются от десятков минут до месяцев. За хорошо выраженный квазипериод между ВЗ и почти устойчивый динамический диапазон магнитуд ($M < 2$), режим получил название drumbeats. Такой режим регистрировался при выжимании отдельных блоков на экструзивных куполах андезитовых и дацитовых вулканах

мира и возникал при устойчивом равновесном состоянии в системе канал-магма во время извержения. Режим drumbeats регистрировался во время извержения андезитового вулкана Кизимен при движении вязкого лавового потока по склону вулкана в 2011-2012 гг. При этом регистрировались мультиплеты продолжительностью от десятков минут до месяцев с энергетическим классом $B3\ KS < 6.3$ ($KS = \lg E$, Дж), образующие режим drumbeats. В работе рассмотрена возможность объяснения его механизма на основе эффекта stick-slip, который исследуется в рамках механического движения груза на пружине вдоль поверхности, обладающей падающим трением. Качественное совпадение результатов математического моделирования с экспериментальными данными дают основание предполагать возможность генерации сейсмического режима drumbeats в результате движения лавового потока по склону с включением механизма stick-slip.

3.10 Квантовая сцепленность протонов водородных связей литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы как основа прогноза землетрясения

Кузнецов В.В.

*Институт космофизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

Квантовая сцепленность протонов водородных связей литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы проявляется в виде явлений, носящих название квейки (дрожание). Землетрясение - квейк, форшок - тоже квейк. Но если в литосфере форшок бывает неразличимо мал, то в другой среде: гидросфере, атмосфере и биосфере - он подчас бывает хорошо различим. Известные предвестники землетрясений проявляются в виде свечений и звуков в атмосфере и океане, в изменениях атмосферного электрического и магнитного полей, в протеиновых квейках в биосфере и т.п. Очевидно, что речь идет только о кратковременном прогнозе.

3.11 Новые данные о возможности возникновения сильного землетрясения в районе Камчатки по данным мониторинга подпочвенного радона

Фирстов П.П.¹, Макаров Е.О.^{1,2}

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

² *Камчатский государственный университет имени Витуса
Беринга*

На полуострове Камчатка, начиная с 2000 г. функционирует сеть пунктов мониторинга подпочвенного радона (ПР) с целью поиска предвестников сильных землетрясений. В опорном пункте Паратунка (PRTR) один из датчиков в зоне влагонасыщения установлен в области с повышенной тензочувствительностью к изменениям напряженно-деформированного состояния геосреды. Второй датчик ПР, данные которого использованы в работе, расположен в районе научно-исследовательской скважины НИС-1 в зоне аэрации, (пункт INSR). Пункты наблюдения располагаются в различных геоструктурных элементах Южной Камчатки, на расстоянии 27 км друг от друга. Поведение динамики объемной активности радона (ОА Рп) за длительный период по обоим датчикам позволяет утверждать о наличии определенной связи между вариациями ОА Рп и сильными землетрясениями с магнитудой $M > 7.5$ северо-западной окраины Тихого океана. Для построения ряда ОА Рп и его сопоставления с сейсмичностью указанного региона исходные данные с дискретизацией 10-30 мин подвергались барокомпенсации, а затем осуществлялась их децимация в полусуточных интервалах с последующим сглаживанием скользящим средним в пятисуточном окне с целью фильтрации высокочастотной составляющей. Для более достоверного выделения предвестников сильных землетрясений, из полученного временного ряда ОА Рп вычиталась сезонная годовая составляющая. Ход полученной кривой сопоставлялся с наиболее сильными землетрясениями северо-западной окраины Тихого океана. В пункте PRTR в зоне полного влагонасыщения выявлены три случая возникновения предвестников длительностью от 1 года до 3 лет в виде тренда повышения с последующим снижением ОА Рп перед землетрясениями с $M > 7.5$ с эпицентрами на расстоянии менее 1000 км. Элементы подобного поведения динамики ОА Рп

выявлены в пункте INSR. Линейные зависимости, аппроксимирующие тренды $OA R_n$, оказались весьма близкими, что свидетельствует о единообразном процессе, возникающем в районе пункта наблюдений перед сильными землетрясениями. В настоящее время в динамике $OA R_n$ на обоих пунктах трехлетний тренд повышения сменился понижением, а в пункте PRTR значения $OA R_n$ достигли минимальных значений за весь период наблюдений. Это дает основание говорить о том, что, что в районе полуострова Камчатка на расстоянии до 500 км от пункта PRTR до февраля 2021 г. с большой вероятностью следует ожидать землетрясение с $M 7.5$. Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ 20-05-00493.

3.12 Особенности проявления лунно-солнечных приливов в электромагнитных параметрах активных разломных зон Тянь-Шаня

Баталева Е.А.

Научная станция РАН, г. Бишкек

При проведении мониторинговых исследований в таких сейсмо-активных регионах как Тянь-Шань необходимо иметь представления о закономерностях поведения активных разломных зон, в том числе и как флюидонасыщенной среды при воздействии сейсмических событий. В настоящее время на территории Бишкекского геодинамического полигона основные экспериментальные исследования направлены на изучение зон повышенной трещиноватости и флюидонасыщенности. Геологическая среда в целом, и разломная структура, в частности, подвержена периодическому воздействию лунно-солнечных приливов, в результате чего также периодически изменяются ее параметры (электропроводность, флюидонасыщенность, упругость и т.д.). В свою очередь вариации этих параметров отражают динамику геофизических полей в верхних слоях коры. Результаты анализа причинно-следственных связей между вариациями электромагнитных параметров и лунно-солнечными приливами очень важны при решении фундаментальной проблемы, связанной с установлением механизмов преобразования геофизических полей. Сравнительный анализ динамики поведения параметров электромагнитного поля и лунно-солнечных приливов был

проведен на основе материалов, полученных при проведении экспериментальных наблюдений на режимном мониторинговом пункте зондирования в Кочкорской впадине Укок-2 (Южно-Кочкорский разлом), стационарных пунктах наблюдений - Ак-Суу (Иссык-Атинский разлом) и Чон-Курчак (Чон-Курчакский) и на мониторинговых профилях миниполигона Кентор (Шамси-Тюндюкский разлом). На основе выполненного анализа можно сделать следующие выводы: - существует устойчивая связь между анизотропией электрического сопротивления, лунно-солнечными приливными воздействиями и сейсмичностью; - максимальной амплитуде вертикальной компоненты лунно-солнечными приливными воздействиями соответствует увеличение k , минимуму уменьшение; - наиболее четко вариации k , k градиентным зонам которых приурочены сейсмические события, выражены в верхней части разреза, то есть резкие изменения напряженно-деформированного состояния происходят на небольших глубинах, не более 10 км. В результате анализа электромагнитных параметров среды на предмет взаимосвязи с лунно-солнечными приливными воздействиями установлено, что вариации реактивной составляющей электросопротивления (мнимые части импедансов), связанные с изменениями ёмкостных и индуктивных характеристик массивов горных пород при деформационных процессах, реагируют на приливные воздействия и деформации не менее активно, чем вариации активной составляющей электросопротивления (реальные части импедансов). Работа проводилась в рамках выполнения государственного задания Научной станции РАН по теме АААА-А19-119020190063-2.

3.13 Отклики на подготовку сильных камчатских землетрясений в системе литосфера–атмосфера–ионосфера с учетом новых данных комплексного наземного и ионосферного мониторинга

Богданов В.В.¹, Гаврилов В.А.², Пулинец С.А.³, Узунев Д.П.⁴

¹ *Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия*

³ *Институт космических исследований РАН, Россия*

⁴ *Университет Чэпмена, Оранж, США*

Опыт краткосрочного прогнозирования камчатских землетрясений по данным комплексных скважинных измерений на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне (ПГП) показывает, что, как правило, подготовка сильных камчатских землетрясений достаточно надежно проявляется в среднесрочном масштабе времени (за месяцы, годы до момента землетрясения). Однако определение начала стадии, *непосредственно предшествующей* землетрясению (за недели, дни до момента главного события), является весьма сложной задачей.

В настоящее время решение этой задачи в значительной степени связывается с привлечением к подготовке прогнозных заключений данных непрерывного мониторинга ионосферы, осуществляемого наземными средствами вертикального радиозондирования и измерениями полного электронного содержания (ПЭС) с использованием глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и GPS. Это связано с тем, что значимые изменения ряда параметров ионосферы происходят, в основном, за 1-5 суток до камчатских землетрясений. Результаты сопоставления данных ежедневного мониторинга состояния ионосферы, включая информацию по ПЭС, с данными комплексных скважинных измерений показали достаточно высокую коррелированность возникновения аномалий в ионосфере перед сильными землетрясениями с изменениями комплекса параметров в данных скважинных измерений. В качестве одного из примеров в докладе приводятся результаты ионосферного и скважинного мониторинга, полученные во временной окрестности сильного ($M_W = 7.7$) землетрясения, произошедшего 25 марта 2020 г. в

районе северных Курил. Приводимые результаты демонстрируют высокую коррелированность изменений удельного электрического сопротивления геосреды в районе ППП с вариациями ПЭС и формированием ряда других аномалий в ионосфере за несколько суток до землетрясения. Такие результаты указывают на возможность достаточно надежного определения *начала* заключительной стадии подготовки сильного землетрясения. Для прогнозных оценок *эпицентра и магнитуды* землетрясения в настоящее время достаточно успешно используются методы, базирующиеся на мониторинге атмосферных параметров: метод поправок химического потенциала при измерениях на высоте 100 м, а также данные измерений уходящего длинноволнового инфракрасного излучения (OLR) на уровне верхней кромки облаков (высоты 10 -15 км).

3.14 Поиск аномалий в импульсных потоках акустической и электромагнитной эмиссии

Сенкевич Ю.И.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Лаборатория акустических исследований ИКИР ДВО РАН осуществляет поиск аномалий характеристик сигналов геоакустической эмиссии (ГАЭ) и электромагнитной эмиссии (ЭМЭ), которые опосредовано отражают процессы, происходящие в приповерхностном слое литосферы и атмосферы. Сигналы ГАЭ представляют собой упругие колебания, возникающие в процессе локальной динамической перестройки внутренней структуры приповерхностных осадочных пород, которые характеризуются малой прочностью и высокой пластичностью. Наиболее известные работы, касающиеся поиска предвестников сейсмических событий на основе названных геофизических сигналов, ограничены анализом энергетических характеристик названных сигналов с использованием спектральных и корреляционных методов, которые не показали устойчивых связей с искомыми событиями [Дружин Г.И. 2017]. В представляемом исследовании предпринята попытка рассмотреть потоки импульсов с позиции теории информации, как закодированные сообщения, и постараться выявить

определенные закономерности в последовательностях кодовых символов. Для трансформации каждого отдельного импульса в потоке его паттерн описывается отношениями значений локальных экстремумов между собой по правилу: если $x_i > x_{i+j}$, $i, j = 1, \dots, N$, то результат сравнения равен 1, если иначе, то 0, где x_i множество локальных экстремумов принадлежащих конкретному импульсу. На основании результатов сравнения формируется квадратная бинарная матрица отношений амплитуд. Для учета фазовых отношений внутри импульса, измеряются временные интервалы между его локальными экстремумами, которые сравниваются между собой аналогично правилу сравнения амплитуд экстремумов. На основании результатов сравнения также формируется квадратная матрица. Обе матрицы информационно избыточны, поскольку они кососимметричны. Обнуляя избыточные элементы, превращаем первую матрицу в вернотреугольную, а вторую в нижнестреугольную. Дополняя вторую матрицу дополнительной нулевой строкой и столбцом, получаем равно размерные матрицы. Складывая обе матрицы, получаем результирующую бинарную матрицу - шаблон, которая сохраняет в себе информацию амплитудно-фазовых отношений внутри импульса, и полноценно характеризует структурную морфологию его паттерна. Далее на заданной эпохе анализа осуществляется поиск матриц шаблонов, которые по критерию сходства, построенному на значении пересечения множеств элементов матриц, формируются кластеры. В каждом из автоматически сформированных кластеров матрица-шаблон наиболее близкая к центру кластера принимается назначается символом, а совокупность выделенных символов составляет алфавит за эпоху наблюдения. Исходный сигнал переписывается в символах алфавита. Полученная последовательность рассматривается как закодированное сообщение. Структурно-лингвистическая обработка и анализ сообщений в интересах выявления аномалий в потоках импульсных сигналов ГАЭ и ЭМЭ проводится по двум направлениям [Сенкевич Ю.И. 2017, 2019]. Первое оценка изменения состава и статистики символов алфавитов в разных по размеру временных окнах анализа. Наличие значительных приращений состава алфавита указывает на изменения, происходящие в порождающей сигнал ГАЭ среды и изменение условий распространения электромагнитных волн в приповерхностном слое атмосферы. Второе направление анализа осуществляется с использованием энтропийного анализа сообщений [Цветков О.В. 2015]. Вычис-

ление относительной энтропии на равноотстоящих временных интервалах наблюдения позволили отследить изменения функции распределения вероятностей импульсной активности. Расчеты значений условной энтропии дали возможность оценить наличие связи между аномалиями ГАЭ и ЭМЭ. Сопоставление обнаруженных отклонений по результатам лингвистического анализа с каталогом землетрясений Камчатского региона привело к формированию вероятностных маркеров сейсмических событий. В результате исследования удалось разработать методологию лингвистической обработки и анализа импульсных потоков сигналов ГАЭ и ЭМЭ. Применение информационного подхода к анализу геофизических сигналов позволило глубже изучить физическую природу их связи с сейсмическими событиями, получить ряд новых признаков смены состояний среды распространения ГАЭ и ЭМЭ. Разработанные алгоритмы структурно-лингвистической обработки и анализа сообщений реализованы в программно-аппаратном комплексе, собранном в ходе выполнения задания по гранту РНФ 18-11-00087. Комплекс обеспечивает обработку и анализ потоков импульсных сигналов, поступающих с приемников полевых станций наблюдения в реальном времени. Результаты анализа обеспечивают своевременную выработку решений о возникновении очередных сейсмических явлений в пределах ближней зоны сейсмической активности на Камчатке в радиусе до 600 км от полевой станции приема сигналов ГАЭ и ЭМЭ Карымшино ИКИР ДВО РАН.

3.15 Проблемы оперативного прогноза сейсмических событий. Попытка решения на Сахалине

*Богомолов Л.М., Паровышный В.А, Сохатюк Ю.В.,
Паровышный Д.В.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного
отделения Российской академии наук*

Исследования по разработке методики оперативного прогноза сейсмических событий выполнены на геофизических полигонах в южной части острова Сахалин. Предпосылкой для начала иссле-

дований послужил эффект неустойчивости естественных геофизических полей (гравитационного, термального) над залежью природного газа. При продолжении исследований в комплекс включены геомагнитный метод и метод естественного электрического поля в стационарном режиме. В презентации показаны полученные в ИМГиГ ДВО результаты регистрации естественного электрического поля и геомагнитного поля, относящиеся к двум составляющим прогнозов сейсмических событий: определение времени ожидаемого события (1) и положения эпицентра (2). Определение времени ожидаемых событий по результатам наблюдений используемого комплекса методов электро- и магнитометрии, было возможно не менее, чем за 4 часа до его реализации (обычно за 6 - 8 часов). Это положение соблюдается, если событие происходит после периода некоторого сейсмического спокойствия продолжительностью 10 - 12 часов. Если же события следуют друг за другом через короткие промежутки времени (менее 4 часов), четко определяется только время первого события. Оценка положения эпицентров по применяемому комплексу наблюдений, возможна только способом азимутальных засечек с нескольких пунктов, расположенных на удалении не менее 200 км друг от друга. Главной здесь является проблема определения азимутального направления с пункта наблюдений на эпицентр. При использовании шести азимутальной установки ЕП, азимут на эпицентр может быть определен с погрешностью около 15 градусов, при правильном определении канала, ориентированного близко по направлению на эпицентр. В большинстве записанных эпизодов процедура определения осуществляется успешно, однако, при активизации сейсмических процессов проблема решается неоднозначно, или не решается вовсе. Дальнейшему улучшению возможности определения координат эпицентров предстоящих событий может способствовать увеличение плотности сети наблюдений и совершенствование применяемых средств наблюдения.

3.16 Развитие модели саморазвивающихся процессов перед сильными землетрясениями в Дальневосточном регионе: преодоление сингулярности решений

Богомолов Л.М., Каменев П.А., Заболотин А.Е.

Федеральное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук

Основную информацию о поведении среды перед сильными землетрясениями (в том числе на территории Дальневосточного региона России) доставляют вариации в потоке слабых и умеренных (форшоки) сейсмических событий. Для описания форшоковых и афтершоковых последовательностей разработаны кинетические модели. Одна из наиболее эффективных моделей: модель саморазвивающихся процессов позволила делать предсказания времени сильных землетрясений (ЗЛТ) на Сахалине, с упреждением от недель до месяцев. Достаточно известны математические модели, описывающие спад активности афтершоков по закону Омори Утсу. Принципиальным ограничением для дальнейшего развития моделей, в которых так или иначе реализуются режимы с обострением является сингулярность в момент разрушения. Но примеры нескольких известных землетрясений в дальневосточном регионе России (Симуширские ЗЛТ, 2006-2007 гг, Невельское ЗЛТ, 2007 г) показывают, что непосредственно перед главным событием, в течение нескольких суток, нарастание сейсмической активности прекращается. В презентации показано, что введение в модель саморазвивающихся процессов Малышева-Тихонова отрицательной обратной связи по накоплению событий позволяет описать всплеск сейсмической активности, причем нарастающий интервал (режим с обострением) сменяется интервалом замедления и стабилизации вплоть до главного события. Модель описывает наличие точки перегиба во временной зависимости активности, которая может иметь прогнозное значение. Модель позволяет унифицировать описание форшоковых и афтершоковых последовательностей.

3.17 Результаты последовательного применения методов анализа сейсмических последовательностей LURR и СРП для прогноза землетрясений на о. Сахалин

Богинская Н.В., Закупин А.С.

*Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН, г.
Южно-Сахалинск, Россия*

В последние несколько лет на Сахалине заметно активизировались несколько сейсмоактивных зон [Levin et al., 2018]. Несомненно, это вызывает обеспокоенность общества, так как ещё свежи в воспоминаниях трагедии в Нефтегорске (1995 г., $M=7.2$) и Невельске (2007 г., $M=6.2$). На фоне практически не развивающихся сетей из пунктов мониторинга ряда потенциально интересных геофизических параметров (ЭМ поле, радон, уровень грунтовых вод и др.) изучение последовательностей землетрясений остается единственным инструментом исследования сейсмического режима. Ряд успешных работ по исследованию сейсмического режима на Сахалине связывают с хорошими регистрационными возможностями сейсмологической сети СФ ФИЦ ЕГС РАН. Такие работы [Закупин, 2016; Тихонов, 2009; Тихонов, Закупин, 2016] были проведены в ИМГиГ ДВО РАН в последние 5-10 лет на основе алгоритмов LURR [Feng et al., 2012; Yin, 1995; Yin et al., 2001] и СРП [Малышев, 1991]. Эти методики, основанные на анализе сейсмических каталогов, позволяют определить основные точки перехода сейсмического режима в состояние близкое по готовности к диссипации значительной части накопленной упругой энергии, причем по времени оценки достижения пика (для разрядки) сопоставимы со среднесрочными оценками и порой составляют несколько месяцев. В работе рассмотрены результаты исследования сейсмического режима методами LURR (Load/ Unload Response Ratio) и СРП (саморазвивающиеся процессы). Для пяти самых сильных землетрясений на острове Сахалин за период с 2004 по 2018 гг. были выполнены расчеты по методу СРП в областях аномальных значений LURR, начиная со времени их появления. Совместное использование двух методов для прогноза сейсмической опасности на Сахалине на порядок улучшило точность определения времени прогнозируемого события от нескольких лет до нескольких недель.

3.18 Среднесрочные оценки сейсмической опасности на о. Сахалин методом LURR: новые результаты

Закутин А.С., Богинская Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного
отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия*

В последние несколько лет на Сахалине сотрудниками Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН) в области среднесрочных оценок сейсмической опасности для землетрясений с $M_w > 5.5$ получен ряд интересных результатов. Расчетами методом LURR (load/unload response ratio) за период с 1988 по 2019 г. в 6 районах острова были выявлены аномалии, т.е. предвестники землетрясений. В настоящей работе проведен ретроспективный анализ сейсмического режима центральной части о. Сахалин в период 1997–2005 гг. методом LURR. Расчеты для этой части острова за указанный период ранее не проводились ввиду недостаточности данных в расчетной выборке событий. В данной работе привлечена дополнительная информация из двух независимых каталогов. Исследована сейсмичность перед Углегорским землетрясением 4 августа 2000 г. ($M_w = 6.7$), которое до сих пор значилось как пропущенная цель в серии из 7 прогнозных оценок сахалинских землетрясений с магнитудой выше 5.5. Результаты расчетов параметра LURR по Региональному каталогу землетрясений острова Сахалин, 1905–2005 гг. и каталогу СФ ФИЦ ЕГС РАН указали на существование в центральной части Сахалина зоны с аномалией в феврале 2000 г., которая была предвестником для Углегорского землетрясения (август 2000 г.). Кроме того, показано, что опасные зоны в пространстве для Уангского и Онорского землетрясений (их эпицентры соседствуют с Углегорской расчетной зоной) определены по каталогу ИМГиГ ДВО РАН (период наполнения 2006–2016) с худшей точностью (отклонения до 1), чем при использовании каталога СФ ФИЦ ЕГС РАН. Успешный ретроспективный расчет параметра LURR перед Углегорским землетрясением можно добавить

к общему количеству среднесрочных оценок сейсмической опасности на о. Сахалин этим методом. За последние тридцать лет таких прогностических оценок для землетрясений с магнитудой выше 5.5 (нижний предел, установленный авторами для Сахалина в методе LURR) сделано 6 (в том числе оперативный прогноз Онорского землетрясения в 2016 г.), притом, что реальных событий, отвечающих этому условию, произошло 7. Еще один успешный прогноз методом LURR для Крильонского землетрясения ($M_w = 5.0$) в реальном времени был сделан в 2017 г., но он выбивается из общей статистики прогнозов землетрясений Сахалина тем, что магнитуда оказалась по факту меньше ожидаемого значения. На сегодняшний день результаты, полученные методом LURR, на наш взгляд, не имеют аналогов среди других методов по степени эффективности получаемых оценок. Метод, несомненно, будет востребован для среднесрочных оценок сейсмической опасности на о. Сахалин в дальнейшем.

3.19 Степенные закономерности в последовательностях статистически связанных событий

Шереметьева О.В.

*Институт космифизических исследований и распространения
радиоволн ДВО РАН*

На основании модели процессов релаксации, которые описываются фрактальным процессом Пуассона, исследуются закономерности в последовательностях статистически связанных событий. Определяются параметры функции Миттаг-Леффлёра, аппроксимирующей статистические закономерности.

Авторский указатель

- Аджиев А.Х., 13
Акбашев Р.Р., 71
Александров Д.В., 61
Атутов Е.Б., 25
- Базаров А.В., 25
Базарова А.С., 25
Балабин Ю.В., 8
Барсуков А.А., 35
Баталева Е.А., 55, 84
Башкуев Ю.Б., 25
Белов А.С., 26
Бенгин В.В., 51
Богданов В.В., 79, 86
Богинская Н.В., 92, 93
Богомоллов В.В., 51
Богомоллов Л.М., 33, 54, 89, 91
Борков Ю.Г., 17
Бочковский Д.А., 7, 14
Будников П.А., 27
Бычков В.В., 14, 22
- Веснин А.М., 15, 17
Водинчар Г.М., 11, 38, 64
Вэй Сюэ, 41
- Гаврилов В.А., 86
Гарасев И.В., 41, 72
Гарипов Г.К., 51
Гешпенер В.В., 31
Годомская А.Н., 37
Гордеев В.Ф., 67
Горовой С.В., 72
Губко Л.В., 42
- Давиденко Д.В., 27
Дейчули В.М., 21
Делемень И.Ф., 52
- Джапшуев Д.Д., 22, 24
Дмитриев А.В., 10
Добындэ М.И., 51
Долгов Д.Б., 35
Дружин Г.И., 49
Дубров М.Н., 61
- Едемский И.К., 17
- Живетьев И.В., 17
Жуков А.В., 15, 17
Жуков В.В., 76
- Заболотин А.Е., 91
Зайнетдинов Б.Г., 13
Закупин А.С., 92, 93
Золотарев И.А., 51
Зуннунов Р.Т., 48
- Иннокентьев Д.Е., 6
- Калеев В.В., 51
Каменев П.А., 91
Канониди К.Х., 22
Капустина О.В., 10
Каримов Р.Р., 24, 41, 74
Каримова А.Р., 74
Кендирбаева Дж.Ж., 63
Киселев А.В., 17
Климов П.А., 51
Ковалев А.А., 69
Козлов В.И., 6, 8, 19, 24, 34, 41
Копылова Г.Н., 77
Короченцев В.И., 41, 42, 57
Корсаков А.А., 19
Костылев Д.В., 43
Кравцов В.В., 61
Крутиков В.А., 67

Куджаев А.У., 22, 24
Кудринская Т.В., 13
Кузнецов В.В., 82
Кульков Д.С., 33
Куповых Г.В., 13

Лаврентьев Н.А., 21
Лаврентьева Н.Н., 21
Ларионов И.А., 11, 45, 61
Лидванский А.С., 22, 24
Лингала М., 56
Лобачева М.А., 49
Лобова Т.Ж., 42
Луковенкова О.О., 60, 75
Лыскова Е.Л., 58

Макаров Е.О., 46, 83
Малецкий Б.М., 17
Малкин Е.И., 49
Малышков С.Ю., 67
Мандрикова Б.С., 31
Мандрикова О.В., 39, 47, 65, 66
Марапулец Ю.В., 11, 45, 53
Маричев В.Н., 7, 14
Миронова И.А., 12, 28
Михайлов Ю.М., 10
Михайлова Г.А., 10
Мищенко М.А., 11, 43, 45, 53
Мочалов В.А., 23, 65, 70, 74
Мочалова А.В., 23, 65, 70, 74

Непеина К.С., 55
Новиков П.В., 7

Оседло В.И., 51

Павлов А.В., 79
Павлов А.Ф., 69
Павлов Е.А., 19
Пак Г.Д., 76
Панасюк М.И., 51

Папшева С.Ю., 65
Паровик Р.И., 46, 48, 81
Паровышний В.А., 89
Паровышний Д.В., 89
Пережогин А.С., 40
Перетятко О.Ю., 51
Петков В.Б., 22, 24
Петров В.Л., 51
Петрова Т.М., 21
Петросьянц В.В., 41
Пивнев П.П., 57
Подзолко М.В., 51
Поливач В.И., 67
Полозов Ю.А., 32, 66
Пулинец С.А., 27, 86

Рахмонов З.Р., 48
Родоманская А.И., 39
Розанов Е., 12
Романченко И.И., 7
Руленко О.П., 53, 62
Рябова С.А., 30, 38, 78

Салихов Н.М., 76
Санников К.Ю., 58
Свертилов С.И., 51
Семаков Н.Н., 69
Сенкевич Ю.И., 60, 87
Серебренникова С.А., 17
Середкин И.Н., 22
Сивоконь В.П., 31, 49
Сидоров Д.Н., 15, 17
Смирнов С.Э., 10, 20
Солодчук А.А., 60, 75
Сохатюк Ю.В., 89
Спивак А.А., 78
Стародубцев С.А., 8
Степанова Г.К., 34
Суворова А.В., 10
Сулакшина О.Н., 17
Сыроватский С.В., 9, 17

Сычев В.Н., 33, 43, 54
Сычева Н.А., 54

Тарабукина Л.Д., 6
Тарасов С.П., 57
Ташкун С.А., 16
Твёрдый Д.А., 46
Тертышников А.В., 80
Торопов А.А., 8
Торопов А.А., 24

Уваров В.Н., 40, 71
Узунов Д.П., 27, 86
Устинова М.В., 34

Фазлиев А.З., 21
Федотова О.И., 69
Фетисова Н.В., 47
Фещенко Л.К., 64
Фирстов П.П., 46, 49, 71, 81, 83
Фролов В.Л., 26

Хаердинов М.Н., 22, 24
Хаердинов Н.С., 22, 24
Хомутов С.Ю., 56, 65

Чен Вэньцзянь, 72
Черемисин А.А., 7
Чернева Н.В., 49, 71
Черненко В.А., 42, 72
Чешев М.Е., 43
Чжу Цзяньцзюнь, 42, 57

Шадрина Л.П., 70
Шакирова А.А., 81
Шевцов Б.М., 66
Шереметьева О.В., 37, 94
Шитов А.В., 35

Щепетов А.Л., 76
Щербина А.А., 60

Эм А.А., 41

Яковчук О., 28
Ясюкевич А.С., 9, 15
Ясюкевич Ю.В., 9, 15, 17

Содержание

1	Физика атмосферы	5
1.1	Тарабукина Л.Д., Козлов В.И., Иннокентьев Д.Е. Анализ 11-летней динамики пространственного распределения плотности молний в Северной Азии . . .	6
1.2	Черемисин А.А., Маричев В.Н., Новиков П.В., Бочковский Д.А., Романченко И.И. Анализ переноса аэрозоля, образовавшегося в результате летних пожаров 2019 года	7
1.3	Торопов А.А., Стародубцев С.А., Козлов В.И., Балабин Ю.В. Вариации гамма-излучения во время близких гроз по наблюдениям в Якутске	8
1.4	Ясюкевич А.С., Сыроватский С.В., Ясюкевич Ю.В. Вариации ошибки высокоточного позиционирования ГНСС в периоды сильных геомагнитных бурь	9
1.5	Смирнов С.Э., Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В. Влияние тропических циклонов на зимние грозы на Камчатке	10
1.6	Суворова А.В., Дмитриев А.В. Воздействие интенсивных потоков электронов и протонов с энергией 30 кэВ на низкоширотную ионосферу	10
1.7	Водинчар Г.М., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А., Ларионов И.А. Разработка модели формирования возмущений напряженно-деформированного состояния геосреды по данным акустического мониторинга на Камчатке	11
1.8	Миронова И.А., Розанов Е. Высыпания высокоэнергичных электронов и их атмосферный эффект	12
1.9	Кудринская Т.В., Куповых Г.В., Аджиев А.Х., Зайнетдинов Б.Г. Исследование проявлений солнечно-земных связей в динамике приземного атмосферно-электрического поля	13
1.10	Маричев В.Н., Бочковский Д.А., Бычков В.В. Лидарные исследования динамики вертикально-временной структуры стратосферного аэрозоля над Томском в 2016-18 гг.	14

1.11	Ясюкевич Ю.В., Жуков А.В., Ясюкевич А.С., Веснин А.М., Сидоров Д.Н. Машинное обучение для задач моделирования регулярной и нерегулярной динамики ионосферы	15
1.12	Ташкун С.А. Метод выделения базовой линии из спектральных сигналов сложной формы	16
1.13	Сулакшина О.Н., Борков Ю.Г. Моделирование излучения смеси радикалов $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ и ^{16}OH в ультрафиолетовой области спектра	17
1.14	Ясюкевич Ю.В., Киселев А.В., Живетьев И.В., Едемский И.К., Малецкий Б.М., Сыроватский С.В., Жуков А.В., Сидоров Д.Н., Серебренникова С.А., Веснин А.М. Новые возможности изучения ионосферы с использованием системы SIMuRG (System for Ionosphere Monitoring and Research from GNSS)	17
1.15	Корсаков А.А., Козлов В.И., Павлов Е.А. Особенности суточных и сезонных вариаций амплитуды и фазы радиосигнала передатчиков РСДН-20 и интенсивности радиопшума (11,9 кГц) при регистрации в Якутске в течение 2009-2017 гг	19
1.16	Смирнов С.Э. Оценка эффективности прогноза землетрясений по отрицательным аномалиям атмосферного электрического поля	20
1.17	Петрова Т.М., Дейчули В.М., Лаврентьева Н.Н., Лаврентьев Н.А., Фазлиев А.З. Параметры линий вулканических газов (CO_2 и CO): измерения и расчеты	21
1.18	Хаердинов Н.С., Джаптуев Д.Д., Канониди К.Х., Куджаев А.У., Лидванский А.С., Петков В.Б., Хаердинов М.Н. Проявления глобальных возмущений геомагнитного поля в динамике гроз	22
1.19	Бычков В.В., Середкин И.Н. Рассеяние на возбужденных компонентах атмосферы как причина роста лидарного сигнала в верхней и средней атмосфере . .	22
1.20	Мочалова А.В., Мочалов В.А. Расчет аналога DST-индекса по данным российских геомагнитных обсерваторий	23
1.21	Хаердинов Н.С., Джаптуев Д.Д., Куджаев А.У., Лидванский А.С., Петков В.Б., Хаердинов М.Н. Свечение ночного неба в «хорошую» погоду на средних широтах	24

1.22	Торопов А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р. Сезонные и годовые вариации напряженности атмосферного электрического поля в 24 цикле солнечной активности по наблюдениям в Якутске	24
1.23	Базарова А.С., Атутов Е.Б., Базаров А.В., Башкуев Ю.Б. Суточные вариации индекса рефракции на юге Витимского плоскогорья в разные сезоны года .	25
1.24	Белов А.С., Фролов В.Л. Экспериментальные исследования характеристик СНЧ сигналов, возбуждаемых при воздействии промодулированного излучения нагревного стенда EISCAT-heating	26
1.25	Пулинец С.А., Узунов Д.П., Давиденко Д.В., Будников П.А. Принципы организации прогноза землетрясений на основе данных многопараметрического сетевого мониторинга	27
1.26	Миронова И.А., Яковчук О. Высыпания энергичных частиц во время сильных геомагнитных бурь	28
2	Геофизические поля и их взаимодействие	29
2.1	Рябова С.А. 24-ый цикл солнечной активности: особенности геомагнитной активности на обсерватории «Михнево»	30
2.2	Гешпенер В.В., Мандрикова Б.С. Автоматизированный метод обнаружения и идентификации аномалий в данных космических лучей	31
2.3	Сивоконь В.П. Активное воздействие на ионосферу и вариации скоростных характеристик магнитоориентированных неоднородностей	31
2.4	Полозов Ю.А. Анализ данных IMF Vz и AE индекса за период 1999-2018 гг	32
2.5	Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Кульков Д.С. Анализ энергетических характеристик сигналов акустической эмиссии при одноосном сжатии образцов геоматериалов	33
2.6	Козлов В.И., Степанова Г.К., Устинова М.В. Влияние геомагнитной активности на показатели гемодинамики у юношей – якутов	34
2.7	Шитов А.В., Долгов Д.Б., Барсуков А.А. Влияние метеорологических характеристик на динамику объемной активности радона в г.Горно-Алтайске	35

2.8	Годомская А.Н., Шереметьева О.В. Временные закономерности смены режимов генерации магнитного поля в динамической модели $\alpha\Omega$ -динамо	37
2.9	Рябова С.А. Выделение геомагнитных джерков по данным геомагнитной регистрации на средних широтах	38
2.10	Водинчар Г.М. Двумодовое $\alpha\Omega$ -динамо как эредитарный осциллятор	38
2.11	Мандрикова О.В., Родоманская А.И. Динамика и пространственно-временное распределение геомагнитных возмущений в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь	39
2.12	Пережогин А.С. Иерархии нелинейных дифференциальных уравнений для моделирования геофизических процессов	40
2.13	Уваров В.Н. Инварианты естественного электромагнитного поля в геофизике	40
2.14	Каримов Р.Р., Козлов В.И. Исследование вариаций ОНЧ-излучений во время геомагнитной активности по наблюдениям в Якутске за период 2001-2019 гг . .	41
2.15	Короченцев В.И., Петросьянц В.В., Вэй Сюэ, Эм А.А., Гарасев И.В. Исследование канала передачи информации электрическими, электромагнитными и акустическими волнами в слоистой среде с ледовым покровом	41
2.16	Короченцев В.И., Чжу Цзяньцзюнь, Черненко В.А., Лобова Т.Ж., Губко Л.В. Исследование процесса распространения мощных акустических сигналов в слоистой среде лед-вода-дно	42
2.17	Сычев В.Н., Чешев М.Е., Мищенко М.А. К вопросу анализа сигналов сейсмоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород на Камчатке	43
2.18	Костылев Д.В. Комплексные геофизические наблюдения на острове Кунашир	43
2.19	Марапулец Ю.В., Ларионов И.А., Мищенко М.А. Комплексные литосферно-атмосферные исследования акустического излучения на Камчатке	45
2.20	Твёрдый Д.А., Паровик Р.И., Макаров Е.О., Фирстов П.П. Математическая модель накопления радона в измерительной камере с учетом эредитарности .	46

2.21	Мандрикова О.В., Фетисова Н.В. Моделирование и анализ параметров ионосферы в периоды магнитных бурь 2018-2020 гг. (по данным сети наземных станций)	47
2.22	Паровик Р.И., Рахмонов З.Р., Зуннунов Р.Т. Моделирование концентрации трещин на основе дробной динамической системы Селькова	48
2.23	Сивоконь В.П. Модификация ионосферы и топология магнитоориентированных неоднородностей ионосферы	49
2.24	Малкин Е.И., Фирстов П.П., Чернева Н.В., Дружин Г.И., Лобачева М.А., Holzworth R.H., Молниевая активность при извержении вулкана Шивелуч	49
2.25	Панасюк М.И., Свертилов С.И., Бенгин В.В., Богомоллов В.В., Гарипов Г.К., Добындэ М.И., Золотарев И.А., Калегаев В.В., Климов П.А., Оседло В.И., Перетятко О.Ю., Петров В.Л., Подзолко М.В. Мониторинг радиационных полей в околоземном пространстве и атмосфере Земли в новых космических проектах московского университета	51
2.26	Делемень И.Ф. Некоторые вулканологические аспекты сравнительного изучения атмосфер планет земной группы в системе координат «перигелий планеты – состав атмосферы – вулканизм»	52
2.27	Мищенко М.А., Руленко О.П., Марапулец Ю.В. Некоторые особенности акустического и электрического откликов приповерхностных осадочных пород при деформации сейсмическими волнами сильных землетрясений ($M_w > 6.5$)	53
2.28	Сычев В.Н., Сычева Н.А., Богомоллов Л.М. Неэкстенсивный анализ сейсмичности бишкекского геодинамического полигона (северный Тянь-Шань)	54
2.29	Баталева Е.А., Непейна К.С. О взаимосвязи экстремумов лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмических событий	55
2.30	Хомутов С.Ю., Лингала М. О некоторых проблемах использования старых магнитных данных	56
2.31	Тарасов С.П., Чжу Цзяньцзюнь, Пивнев П.П., Короченцев В.И. Низкочастотные параметрические системы в мелком море	57

2.32	Лыскова Е.Л., Санников К.Ю. Об анизотропии сейсмических волн в Карпатском регионе	58
2.33	Луковенкова О.О., Сенкевич Ю.И., Солодчук А.А., Щербина А.А. Обзор методов обработки и анализа импульсных геофизических сигналов	60
2.34	Александров Д.В., Дубров М.Н., Кравцов В.В, Ларионов И.А. Опыт синхронного наблюдения сейсмодеформационных колебаний Земли разнесенными лазерными интерферометрами	61
2.35	Руленко О.П. Отрицательные аномалии атмосферного электрического поля в сейсмоактивном регионе: связь с тектоносейсмическим процессом и нахождение источника	62
2.36	Кендирбаева Дж.Ж. Оценка взаимосвязи гидрогеохимических и гидродинамических эффектов с проявлениями сейсмичности Кыргызстана	63
2.37	Фещенко Л.К., Водинчар Г.М. Построение комплексных каскадных моделей турбулентного динамо в системах символьных вычислений	64
2.38	Папшева С.Ю., Мандрикова О.В., Хомутов С.Ю. Оценка эффективности метода обнаружения помех в данных геомагнитного поля	65
2.39	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Применение методов глубокого обучения для прогнозирования параметров ионосферы в реальном времени	65
2.40	Мандрикова О.В., Полозов Ю.А. Регрессионный анализ факторов ионосферных возмущений	66
2.41	Шевцов Б.М. Релаксационные колебания в энергоактивных зонах	66
2.42	Крутиков В.А., Гордеев В.Ф., Малышков С.Ю., Поливач В.И. Сезонное изменение частотных характеристик естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ)	67
2.43	Семаков Н.Н., Ковалев А.А., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Скользящее суточное осреднение часовых значений магнитного поля на примере обсерватории Новосибирск за 2011 год (результаты и перспективы применения)	69

2.44	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Применение долгой краткосрочной памяти и управляемых рекуррентных блоков для прогнозирования значений геомагнитных индексов	70
2.45	Шадрина Л.П. Форбуш-буревая классификация событий как аппарат для диагностики солнечного ветра	70
2.46	Уваров В.Н., Акбашев Р.Р., Чернева Н.В., Фирстов П.П. Электрическая структура эруптивных вулканических облаков	71
2.47	Черненко В.А., Чен Вэньцзянь, Горовой С.В., Гарасев И.В. Экспериментальные исследования акустических полей в шельфовой зоне моря	72
3	Физика предвестников землетрясений	73
3.1	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Применение общих знаний о разметке для анализа ионограмм различных ионозондов	74
3.2	Каримов Р.Р., Каримова А.Р. Анализ связи геомагнитной активности с количеством землетрясений в солнечных циклах	74
3.3	Солодчук А.А., Луковенкова О.О. Анализ сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии, сопутствующих землетрясению с $M_w = 7.5$	75
3.4	Салихов Н.М., Пак Г.Д., Щепетов А.Л., Жуков В.В. Аномальные вариации потока гамма-квантов, предшествующие землетрясениям в регионе Северного Тянь-Шаня	76
3.5	Копылова Г.Н. Гидрогеохимические предвестники землетрясений: обзор мировых данных	77
3.6	Рябова С.А., Спивак А.А. Исследование акустических вариаций при землетрясении, произошедшем в Иране 08 июля 2019 г.	78
3.7	Богданов В.В., Павлов А.В. Исследование влияния сейсмической активности на коэффициент полупрозрачности спорадического слоя E _s над Камчатской .	79
3.8	Тертышников А.В. Мексиканское землетрясение 1.02.2019 г. в Интернете	80

3.9	Шакирова А.А., Паровик Р.И., Фирстов П.П. Механизм движения лавового потока, сопровождающегося сейсмическим режимом «drumbeats», на вулкане Кизимен	81
3.10	Кузнецов В.В. Квантовая сцепленность протонов водородных связей литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы как основа прогноза землетрясения .	82
3.11	Фирстов П.П., Макаров Е.О. Новые данные о возможности возникновения сильного землетрясения в районе Камчатки по данным мониторинга подпочвенного радона	83
3.12	Баталева Е.А. Особенности проявления лунно-солнечных приливов в электромагнитных параметрах активных разломных зон Тянь-Шаня	84
3.13	Богданов В.В., Гаврилов В.А., Пулинец С.А., Узунов Д.П. Отклики на подготовку сильных камчатских землетрясений в системе литосфера-атмосфера-ионосфера с учетом новых данных комплексного наземного и ионосферного мониторинга	86
3.14	Сенкевич Ю.И. Поиск аномалий в импульсных потоках акустической и электромагнитной эмиссии	87
3.15	Богомолов Л.М., Паровышний В.А, Сохатюк Ю.В., Паровышний Д.В. Проблемы оперативного прогноза сейсмических событий. Попытка решения на Сахалине	89
3.16	Богомолов Л.М., Каменев П.А., Заболотин А.Е. Развитие модели саморазвивающихся процессов перед сильными землетрясениями в Дальневосточном регионе: преодоление сингулярности решений	91
3.17	Богинская Н.В., Закупин А.С. Результаты последовательного применения методов анализа сейсмических последовательностей LURR и СРП для прогноза землетрясений на о. Сахалин	92
3.18	Закупин А.С., Богинская Н.В. Среднесрочные оценки сейсмической опасности на о. Сахалин методом LURR: новые результаты	93
3.19	Шереметьева О.В. Степенные закономерности в последовательностях статистически связанных событий	94

1 Atmosphere physics

1.1 «Variations of gamma-ray during thunderstorm by observations in Yakutsk»

Toropov A.A.¹, Starodubtsev S.A.¹, Kozlov V.I.¹, Balabin U.V.²

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

² *Polar Geophysical Institute, Apatity*

The paper presents the results of a study of the increase in gamma-ray background in the surface layer of the atmosphere during near thunderstorms in Yakutsk (based on the Cosmic Ray Spectrograph, IKFIA SB RAS). To register the gamma background, scintillation detectors based on NaI (Tl) crystals with a size of 63 mm x 63 mm are used. The range of measured energies is 20-1900 keV. The detectors are closed on the sides and bottom by lead (5 cm) and placed in thermal boxes with a glass window. The detector is placed on the roof of the Cosmic Ray Spectrograph building in Yakutsk. Also, synchronous measurements of atmospheric electric field variations were carried out using a Boltek EFM-100 electrostatic fluxmeter) and the main meteorological parameters of the atmosphere (AMK-04 ultrasonic weather station). The data of continuous recording of the analog signal from the detector during the near thunderstorms of 2018 were considered. An analog signal from a gamma detector was fed to the first channel of the E20-10 ADC (L-Card) and recorded continuously on the computer's hard drive for one hour (during a thunderstorm) in series of 10 minutes. The second channel was fed a signal from the P-10 active broadband dipole antenna (9 kHz - 900 MHz bandwidth) and was also recorded in one file along with the signal of the gamma detector. This technique allows you to accurately link the signals of the gamma detector to electromagnetic signals from lightning. The sampling frequency per a channel is 5 MHz. In several thunderstorms, according to the analysis of the data obtained, strong short-term bursts were detected in the count rate of the gamma detector during a thunderstorm.

1.2 A technique to extract baseline from complex spectral signals

Tashkun S.A.

*Climate and Environmental Physics Laboratory INSMA UrFU,
Ekaterinburg, Russia*

A technique is proposed for extracting the baseline from the signal $y(x)$ measured at N equidistant points $x_i = x_0 + (i-1) \Delta x$, where Δx is the sampling step, and $i = 1, \dots, N$ is the number of points. It is assumed that the recorded signal $y_i = y(x_i)$ is a superposition of the useful signal, random noise and the baseline. The baseline, which plays the role of a slowly changing background, is caused, as a rule, by the features of the recording equipment. This signal model is very general, arising in many scientific and technical applications. The proposed method consists of three main stages. (i) Using the SNIP method, the upper and lower envelopes of the initial spectrum are constructed and M areas are selected that have a width (the difference between the upper and lower envelopes) less than a prescribed threshold. (ii) The Ljung-Box criterion is applied to the selected areas to select, with a given confidence level, M_1 areas containing only noise and a baseline. (iii) The baseline is modeled by a tension spline with automatic selection of the tension factor. The spline passes through M_1 nodes. Examples of its application to complex vibrational-rotational molecular Fourier spectra of large dimension ($N > 106$) will be given, as well as comparisons with other known methods. The limitations of the proposed method will also be discussed.

1.3 Analysis 11-years dynamics in spatial distribution of lightning density in North Asia

Tarabukina L.D., Kozlov V.I., Innokentiev D.E.

The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

In this study, we analyzed 11-year time series of lightning strokes number over two large areas with increased lightning density (more than 10 times compared with the values in the surrounding area). The so-called eastern region is 40-55 N, 110-140 E, and the western region is 47-62 N, 60-90 E. The discrete decomposition of the series (of daily resolution) using the Meyer wavelet function to fifth level (eastern) and forth level (western) showed a shift in the maximum of seasonal variation in the regions from the beginning of June to beginning of August from year to year with a period of about 3 years. The periodicity in the seasonal variations of lightning number obtained by the Fourier spectra appeared in the western region more clearly: 4, 7, 14 days. The spatial distribution of lightning density in North Asia can be described as a belt around 50 N with a more than 5 degrees latitude shift to the south in the east with significant peaks in density especially in two regions. The analytical expression is suggested in the form of a latitudinal Gaussian function varying with longitude summarized with a linear function as the background decline to the north of the general lightning activity level. The parameters included in the Gaussian function are represented by the density dependence on longitude. The latitude position parameter is sufficiently approximated by the linear longitude function, and the latitudinal distribution broadening parameter is the sum of three Gaussian functions. Their interannual change was neglected in this study. The parameter responsible for the description of the density peak is defined by the sum of two Gaussian functions, and a dependence on the year is introduced in their coefficients. It is proposed to represent interannual variations in the coefficients of secondary functions as the sum of Fourier series with two or three harmonics. Thus, estimates of the variability of the analytical expression parameters defined the latitudinal-longitudinal distribution of the lightning density on a ten-year scale were obtained. The reported study was funded by RFBR according to the research project 18-35-00215 mol A. The instrumental base is supported by the budget topic II.16.2.1. (State registration number AAAA-A17-117021450059-3).

1.4 Analysis of aerosol transport resulting from summer fires in 2019

*Cheremisin A.A.¹, Marichev V.N.², Novikov P.V.³,
Bochkovsky D.A.², Romanchenko I.I.⁴*

¹ *Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS*

² *V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

³ *Krasnoyarsk Institute of Railway Transport*

⁴ *Novosibirsk State Technical University*

Pyrocumulative clouds or pyrocumulus are formed as a result of strong fires or explosions of volcanoes. In the summer of 2019, numerous fires were recorded in Siberia in Russia, Canada, Alaska, and Kazakhstan. According to the results of lidar observations conducted in Tomsk in August 2019, noticeable aerosol scattering was found in the stratosphere at altitudes from 10 to 20 km. To confirm the origin of the aerosol layers from the pyrocumulative phenomena of fires, methods for calculating isentropic trajectories of air mass movement were used. The calculations were made for the heights from 10 to 16 km with 0.2 km step. The HYSPLIT software package with GDAS data, as well as the original software package with UK MetOffice data were used. For analysis, the fire data FIRM archive was used on the NASA website. The calculations show that the aerosol layers observed in Tomsk were occupied by air masses passing over large fires. At some altitudes, aerosol layers were mixed from several fire sources from different regions.

1.5 Asia-Pacific lightning location network (APLLN)

Ma Q.M.¹, Chen T.²

¹ *Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences*

² *National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences*

The Asia-Pacific Lightning Location Network (APLLN) is a lightning location system consisting of a series of very low-frequency signal detection sites. Since 2018, 16 detection sites have been deployed

with an average baseline longer than 1000 km. The detection site used a trigger sampling method to record the lightning signal with a duration of 2 ms and calculates the lightning arrival time based on digital filtering and the Hilbert envelope method. APLLN used a time difference location algorithm and improved Levenberg Marquardt non-linear least squares iterative algorithm to calculate and optimize the lightning location results. The analysis results of a strong thunderstorm process show that the average detection efficiency of APLLN was 55.34

1.6 Calculation of an analogue of the DST index according to Russian geomagnetic observatories

Mochalova A.V., Mochalov V.A.

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

The paper analyzes the possibility of constructing an analogue of the Dst index using data from Russian geomagnetic observatories.

A comparative analysis of the values of the Dst-index calculated by the classical method (according to data from 4 near-equatorial stations: Hermanus, Kakioka, Honolulu and San Juan) with the values of the Dst-index calculated according to data exclusively from Russian stations is carried out.

1.7 Changes in the GNSS precise point positioning accuracy during periods of strong geomagnetic storms

Yasyukevich A.S., Syrovatskii S.V., Yasyukevich Yu.V.

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS

Based on dual-frequency data from a network of receivers of global navigation satellite systems (GNSS), we analyze changes in the GNSS

positioning accuracy under conditions of strong geomagnetic storms on a global scale. The study examined 5 moderate (dst -100 nT) and 4 strong (dst -200 nT) geomagnetic storms during the 24th solar activity cycle. To analyze the positioning quality, we calculated coordinates using the precise point positioning (PPP) method in the kinematic mode. We reordered a significant degradation in the PPP positioning accuracy during the main phase of the storms. The maximum effect was observed, as a rule, in the middle and high latitudes of the US-Atlantic longitude sector. It was shown that the average PPP error during storms could be 0.5 m, which was up to 5 times higher than the values typical on quiet days. Areas with increased PPP errors were revealed to correspond to the regions with significant increase in the intensity of total electron content variations of 10-20 min period range. The study is supported by the Russian Federation President grant MK-3265.2019.5 and the Russian Foundation for Basic Research grant 20-45-383010. We used data processing techniques developed under budgetary funding of Basic Research program II.16.

1.8 Daily variations of the refractive index in the south of the Vitim plateau in different seasons of the year

Bazarova A.S., Atutov E.B., Bazarov A.V., Bashkuev Yu.B.

Institute of physical materials science SB RAS

The urgency of the problem of studying the refractive properties of the troposphere is predetermined by the increasing rate of use of radio meteorological parameters in the design and operation of GLONASS-GPS and GSM radio-electronic systems in various physical and climatic regions of the Earth, in particular in eastern Russia. Specialists are faced with an urgent need to study the laws governing the propagation of VHF-UHF radio waves taking into account the influence of all layers of the atmosphere as a medium with a variable refractive index. The report presents the calculation of the refractive index N based on meteorological data of the atmospheric-soil measuring complex APIC, located on the basis of the measuring hospital in S. Sosnovo-Ozerskoye, Eravninsky district of the Republic of Buryatia. The dependences of the refractive index on atmospheric pressure, water vapor elasticity, and

absolute air temperature are established. Keywords: refractive index, atmospheric soil measuring complex, Vitim Plateau

1.9 Diurnal and seasonal amplitude and phase variations of the radio signal of RSDN-20 transmitters and the intensity of radio noise (11.9 kHz) registered in Yakutsk during 2009-2017

Korsakov A.A.¹, Kozlov V.I.¹, Pavlov Ye.A.^{1,2}

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

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

In Yakutsk for the period 2009-2017, daily and seasonal amplitude and phase variations of the radio signals of transmitters located near Khabarovsk, Novosibirsk, Krasnodar (RSDN-20 navaid system) and the variations of radio noise intensity at a frequency of 11.9 kHz (VLF band) were detected. A correlation filter with a rectangular window is used, the narrow band is 372 Hz. Time intervals characterizing the signal amplitude and phase for the daytime and nighttime are detected for all seasons: Khabarovsk - Yakutsk radio path (the distance is 1400 km): 2-6 UT (daytime), 15-16 UT (nighttime); Novosibirsk - Yakutsk radio path (2640 km): 3-7 UT (daytime), 16: 30-17: 30 UT (nighttime); Krasnodar - Yakutsk radio path (5780 km): 5-7 UT (daytime), 18-20 UT (nighttime); radio noise registered in Yakutsk: 3-7 UT (daytime), 16: 30-17: 30 UT (nighttime). The amplitude of the VLF signal is less during the day than in night. The maximum amplitude for the signal is recorded in the middle of the radio path in summer during the Solar zenith. The summer VLF amplitude during Solar zenith almost reaches the nighttime values. The smallest signal-to-noise ratio for the Krasnodar transmitter which is further from Yakutsk is 2.5 dB. It is observed in the summer period at 6-9 UT. The period 6-9 UT is the maximum of local thunderstorm activity. The seasonal daytime amplitude variations are most pronounced. That is associated with a decreasing of the solar zenith angle over radio paths from December to June, and with an increasing of the altitude gradient of electron

concentration in the lower ionosphere. There is an asymmetry of the seasonal daytime VLF amplitude variations. The amplitude during the autumn equinox is closer to the summer solstice and the amplitude of the spring equinox is closer in its values to the winter solstice. That is consistent with the seasonal asymmetry of the altitude profiles of the electron concentration of the lower ionosphere. An increase of the received signal phase delay from day to night is noted. It is typical for nighttime increasing the effective height of the Earth - ionosphere waveguide. An exception is the nighttime phase delay decrease for the Khabarovsk-Yakutsk propagation path, which can be interpreted as the result of higher-order modes interference. The contribution of higher-order modes remains significant for a night waveguide on the short path (1400 km). The study was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation and by Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Project II.16.2.1, registration number AAAA-A17-117021450059-3). The study was partially supported by RFBR, research project No. 18-45-140028 r_a.

1.10 Evaluation of the efficiency of earthquake forecast based on atmospheric electric field negative anomalies

Smirnov S.E.

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

In fair weather conditions, electric field potential gradient in the near ground air has positive values. Field negative anomalies occur under the impact of different ionization processes such as galactic cosmic ray fluxes and radioactive gas emanations from the soil. During calm geomagnetic conditions and fair weather, negative anomalies may be applied for earthquake forecast. In the paper, we investigated the efficiency of earthquake forecast based on negative anomalies. It was obtained that the efficiency of such a forecast under any weather conditions is 10%.

1.11 Experimental investigations on the characteristics of the ELF signals generated under the influence of EISCAT-heating facility modulated emission

Belov A.S.¹, Frolov V.L.^{1,2}

¹ *Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod*

² *Kazan Federal University*

The paper presents the results of in situ measurements of ELF signal characteristics generated under the ionospheric plasma heating by high-latitude EISCAT facility at the height 660 km using on-board equipment of DEMETER French microsatellite. During the period of 2006-2010 about 50 experiments have been conducted. The impact was realized by high-power radio wave of X-polarization in the last evening hours. In the experiments the pump wave emission is used at the frequency of 4040 kHz (3950 kHz) with the effective radiation power of 180 MW. The high-power radio wave was amplitude modulated in the meander regime (modulation frequency is within 218-1178 Hz). It is shown, that the effective generation of the ELF emissions also exists in very quiet geomagnetic conditions. Position of the high-latitude ionospheric dip relative to the heating zone influences greatly on the ELF emission intensity. When the heating zone is located in the high-latitude dip region, the most intensive generation of low-frequency signals is observed. In this case specific strength limits of the ELF emission electric fields exceed the corresponding values (400 mV/m) when the high-latitude dip is located in the region of lower latitudes. - Under a power-modulated emission exposure of the heating facility the generation of a wide spectrum of ELF emission harmonics is registered. Meanwhile even and uneven harmonic components present. The harmonics are generated much less efficiently at the frequency of 1178 Hz than at lower modulation frequencies of 678 and 230 Hz. The intensity of the registered emission on the harmonic components decreases with increasing harmonic number and the drop is much sharper than for the spectrum of the modulating function.

1.12 Glow of the night sky in «good» weather at mid-latitudes

*Khaerdinov N.S., Dzhappuev D.D., Kudjaev A.U., Lidvansky A.S.,
Petkov V.B., Khaerdinov M.N.*

Institute for Nuclear Research RAS

The paper [A. Chilingarian et al. / Origin of enhanced gamma radiation in thunderclouds / Physical review research 1, 033167 (2019).] presents the results of the Aragats system [40.5N, 44.4E] recording of night observation (from September 1 to September 2, 2019) of bright continuous glow of thunderclouds, accompanied by a significant disturbance in the intensity of gamma rays generated in an electric field. During this period, the Carpet installation of the BNO INR RAS [43.3 N, 42.7 E] revealed the glow of the night sky at mid-latitudes in good weather. It arose during the formation of an electric field above the installation with a potential difference in the troposphere of 50 MV. The glow is caused by the superposition of the effect of seismic processes and the presence of interhemispheric current, the cause of which is the disturbance of the electric field of the interplanetary plasma surrounding the Earth.

1.13 High Energy Electron Precipitation and its atmospheric effect

Mironova I.A.¹, Rozanov E.^{2,1}

¹ *St. Petersburg State University*

² *Physikalisch-Meteorologisches Observatorium World Radiation
Center, Davos, IAC ETH, Zurich, Switzerland*

The impact of High Energy Electron Precipitation (HEEP) on the chemistry of the middle atmosphere is still an outstanding question. For obtaining an answer to this question correct description of ionization induced by energetic particle precipitation is required. However, till now the actual ionization rates of the atmosphere under HEEP with electron energies ranging from about tens of keV to several MeV are unknown. The obtaining progress in the understanding of precipitated electrons of high and relativistic energy into the Earth atmosphere

and the processes associated with atmospheric ionization and chemical composition changes will be discussed here. Special attention will be paid to a new yield function used for correct reconstruction ionization rates induced by HEEP as well as the study of polar atmospheric response to HEEP. Production of odd nitrogen group NO_x, hydrogen group HO_x and estimation ozone depletion caused by the HEEP is studied by a radiative-convective model with interactive neutral and ion chemistry as well as compared with MLS satellite observations.

The reported study was funded by the RFBR research project 20-55-12020.

1.14 Lidar studies of the dynamics of the vertical-temporal structure of the stratospheric aerosol over Tomsk in 2016-18

Marichev V.N.,¹ Bochkovsky D.A.,¹ Bychkov V.V.²

¹ *V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS*

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

The results of observations of the intra-annual variability of the vertical-temporal structure of the background aerosol in the stratosphere over Western Siberia in recent years (2016-2018) are presented. The experimental data were obtained at the lidar complex of the IOA SB RAS with a receiving mirror diameter of 1 M. The performed studies relate to the study of the dynamics of the background stratospheric aerosol. According to the research results, a stable intra-annual cycle of maximum aerosol filling of the stratosphere in winter, decrease in spring to a minimum, practically absent in summer and increase in autumn, is confirmed. At the same time, the dynamics of uneven stratification and filling of the aerosol averaged over months for different years was revealed. It is shown for the first time that the stratification of the stratospheric aerosol in height is largely determined by the thermal regime of the troposphere stratosphere boundary layer.

1.15 Line parameters of volcanic gases (CO_2 and CO): measurements and calculations

*Petrova T.M., Deichuli V.M., Lavrentieva N.N., Lavrentiev N.A.,
Fazliev A.Z.*

Institute of atmospheric optics SB RAS

When studying volcanic activity, knowledge of the carbon oxides dynamics in the surface layers of the atmosphere is necessary. These studies are conducted when recording solar atmospheric spectra using ground stations equipped with FTS spectrometers. To record the solar spectra, we need data on the broadening coefficients of the lines of CO , CO_2 , and H_2O broadened by the main atmospheric gases, such as nitrogen, oxygen, and carbon dioxide, the latter being released during volcanic activity. The absorption of $^{12}C^{16}O_2$ in the spectral region 9340–9650 cm^{-1} was measured on a Bruker IFS 125HR Fourier spectrometer, combined with a multi-pass measuring cell. A large array of the coefficients of broadening and shift of the lines of the 20032–00001 band was obtained. The broadening coefficients of the carbon monoxide and dioxide lines, as well as the water vapor lines were calculated. Two calculation methods were used: a semi-empirical method, based on the semiclassical impact theory of line broadening, and supplemented by the introduction of a correction factor, the parameters of which were determined using experimental data [Mol. Phys. 102 (2004) 1653], as well as the average frequencies method [Opt. Atmosphere Ocean. 28 (2015) 675]. The lines half-widths were calculated for room temperature (296 K) and for the Earth atmosphere temperature range. The calculations were performed for a wide range of rotational quantum numbers J (up to 100). For each half-width the temperature exponents were calculated. Experimental and calculated ones are in a good agreement. The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grants No. 19-03-00389a).

1.16 Machine learning for challenges from modelling the regular and disturbed state of the ionosphere

*Yasyukevich Yu.V.¹, Zhukov A.V.^{1,2}, Yasyukevich A.S.¹,
Vesnin A.M.¹, Sidorov D.N.^{1,2}*

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

² *Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Russia, Irkutsk*

Global navigation satellite systems GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou provide large data set on the ionosphere state. GNSS provide IGS calculating the regular global ionosphere maps (GIM) of total electron content (TEC). Time resolution of modern maps reaches 15 min. Such maps enable rooting estimating of regular ionosphere dynamics and ionosphere disturbance level in different time-scales. We used advances in machine learning techniques (ML) to create a model for the ionosphere regular and disturbed state. General training/test/validation set contains data from 1998 until 2019. Indexes of solar and geomagnetic activity were used as input parameters. We used gradient boosting to create models. We used principal component analysis to decrease the spatial dimension and corresponding computational costs. The models show higher performance than simple linear models based on the same input parameters. Model for regular dynamic shows better performance than commonly used NeQuick2 model (improved Galileo model) and GPS Klobuchar model. The study is supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant N 18-35-20038) and budgetary funding of Basic Research program II.16.

1.17 Manifestations of global disturbances of the geomagnetic field in the dynamics of thunderstorms

*Khaerdinov N.S.¹, Dzhappuev D.D.¹, Kanonidi K.Kh.²,
Kudjaev A.U.¹, Lidvansky A.S.¹, Petkov V.B.¹, Khaerdinov M.N.¹*

¹ *Institute of Nuclear Research RAS*

² *Institute of Earth's magnetism, ionosphere and radio wave
propagation named after N.V. Pushkova RAS*

Using the method of diagnosing the electrical state of a thunderstorm atmosphere by variations of the secondary particles of cosmic rays recorded by the Carpet installation of the BNO INR RAS, the phenomenon of the mutual influence of the magnetospheric storm and thunderstorm activity was discovered. It was established that during magnetospheric substorms of low power, at the preliminary stage and at the beginning of the development phase, the penetration of magnetospheric - ionospheric disturbances at mid latitudes (40N) above lightning centers is possible. Manifested in the form of a diffuse glow of the polar lights type with a brightness of 3 310-4 cd/m² and local perturbations of the electric field with a characteristic potential difference in the troposphere of 100 MV. A local magnetic disturbance (1 nT) was recorded, corresponding to the appearance of a local vertical current in the atmosphere, the maximum of which coincided with the beginning of the explosive phase of substorm nucleation.

1.18 Modeling of fractal dynamic processes of self organization of cloud structures

Kumykov T.S.

*Institute of Applied Mathematics and Automation of Kabardin-Balkar
Scientific Centre of RAS*

Recently scientists involved in the field of cloud physics have shown great deal of interest towards the formation and influence of the fractal dimensions in the cloud environment on various geological processes. Clouds are known to be irregular self-affine fractals and physical processes occurring in such a fractal media are described

by differential equations involving fractional-order derivatives. This approach allows additional factors to be implicitly contributed to the physical system interaction. One of these factors is the fractal nature of cloud environment. The fractal medium is a medium distributed in space, the mass dimension of which is less than the dimension of the space being filled. This fact fundamentally changes the equations describing the atmospheric dynamics processes turning them into fractional differential equations.

Many physical processes in the clouds are either completely ignored or considered very roughly. In particular, in modeling even the electric processes in the clouds are still of little consideration let alone the fractal medium effect. Laboratory studies show that most microphysical processes are different in the presence of electric fields. The electric fields and charges on the particles affect vapor condensation, capture coefficient of particles, droplets destruction, droplets freezing probability. An attraction force arises between the droplets, and their collisions become most likely if they carry charges. In this case, not only unlike particles attract but also neutral particles are attracted to charged particles.

Therefore, of great interest is the theoretical study self-organizing cloud structures in view of its fractal structure.

In this paper, we have simulated fractal-dynamic processes using the fractional integro-differentiation and self-organization of convective cloud structures considering the fractality of the environment.

1.19 Multi-lidars observe and study the middle and upper atmosphere at Yanqing station

Yang Guotao, Du Lifang

National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences

A comprehensive lidar station has been constructed since 2009 at Yanqing (40.5° N, 116.0° E), Beijing, under the support of Chinese Meridian Project. The objective of the lidar station is to detect and study middle and upper atmosphere. Until now, several different type lidars have been developed, and by using these lidar data, more than 30 papers about middle and upper atmospheric study have been published. Based the technique and study of Yanqing lidars, we started the cooperation with INPE for development lidars in Brazil. The first lidar

in Yanqing Station is a dual-wavelength lidar, which was developed in 2009. This lidar emits two lasers, with wavelength at 532nm and 589nm, respectively. The 532nm laser, with the energy of 400mJ, is used to detect atmospheric density and temperature at 30-80km, while the 589nm laser, with the energy of 60mJ, is used to detect the density of Na atom layer at 80-105km. At that time, this lidar got the best Na layer signal in China: In the night of Jan. 9, 2011, the photons of the Na layer peak reached 38000, with the resolution of 3min and 100meter. In 2010, the dual-wavelength lidar was upgraded to be a Na-K lidar (Jiao et al., JQSRT 2017). Another dye laser was added in the 532nm laser emitting channel, and then it can emit a 532nm laser or a 770nm laser optionally. The 770nm laser is used for K atom layer detection, and the simultaneously detection of Na layer and K layer can get good scientific findings (Jiao et al., JGR 2015, GRL 2017, ASR 2017; Wang et al., JGR 2017). Since 2014, a solid-state Na Doppler lidar, similar with that in Brazil, has been developed at Yanqing Station. The narrowband 589 nm pulse laser was produced by two injection seeded 1064 nm and 1319 nm Nd:YAG pulse lasers using the sum-frequency generation (SFG) technique. And we invent an all fiber system for absolute laser frequency locking and cyclic three-frequency switching, which is necessary for simultaneous temperature and wind measurements. After added all fiber system into lidar system, we made preliminary measurements of wind and temperature detection in the MLT region (Xia Yuan et al., OE 2017). In 2015, a wind measurement Doppler Lidar system was developed, in which injection seeded laser was used to generate narrow linewidth laser pulse. Frequency stabilization was achieved through absorption of iodine molecules, with long-time (44 h) frequency-locking accuracy being <0.5 MHz. Light transmittance could be obtained by the spectral response through the molecular iodine lter. The transmittance difference of backscatter and emitting lasers was then used to calculate their frequency difference, known as Doppler shift which could then be used to compute the wind radial velocity at different heights. When the temporal and spatial resolutions were respectively set to 100 s and 96 m, the wind velocity measurement error of the horizontal wind eld at the attitude of 15 35 km was within 5 m/s (Du et al., JQSRT 2017). In 2018, a full-band lidar system that simultaneously detects Ca and Ca⁺ was established. The lidar system implements a pulsed Nd:YAG laser simultaneously pumps two dye lasers, which use infrared dyes with high conversion efficiency and long life. The resonance wavelengths of Ca and Ca⁺ are generated by

frequency doubling of two infrared laser beams. The transmitting part of the lidar system makes full use of the characteristics of the dye lasers. By changing the dye and increasing the frequency doubler, the laser wavelength can be adjusted arbitrarily in the range of ultraviolet, visible and infrared. By using this full-band lidar, we successfully made the simultaneously detection of Ca and Ca⁺ layers. Recently, we developed a new lidar for Ni atom layer detection. The signal of Ni atom layer is so weak, as its absorption cross section is 250times lower than that of Na atom, and the Ni atom density is more than ten times lower than Na atom density. Also by using infrared dye laser and frequency doubling technique, we get a laser with wavelength at 341nm or 337nm, and successfully get the signal of Ni atom layer. Very large amounts data have been obtained by the above lidars, and middle and upper atmospheric study was done with these data. Until now, based upon Yanqing lidar data, more than 30 papers has been published. Here we give several examples: A set of double Na layer (DSL) events observed by Na lidar over Beijing, China. In these DSL events, the normal Na layer and secondary Na layer (SeSL) present separately. The SeSL appeared independently within the altitude range from 105 km to 130 km. All DSL events were observed in spring and summer. The density of the SeSL is very high. The maximum ratio of peak density and the ratio of column density for the SeSL to the normal Na layer are up to 60. By the cooperation with Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), we developed a Na-K lidar in Brazil in 2016, and it get very good signal of K atoms: lidar can obtained 450 photon counts at K layer peak, when the resolution is 1min and 100m. In the near future, a Na wind /temperature lidar is planned to be developed, also in INPE headquarters.

1.20 New insight on the ionosphere through System for Ionosphere Monitoring and Research from GNSS (SIMuRG)

*Yasyukevich Yu.V.¹, Kiselev A.V.¹, Zhivetiev I.V.¹,
Edemskiy I.K.^{1,2}, Maletckii B.M.¹, Syrovatskiy S.V.¹,
Zhukov A.V.^{1,3}, Sidorov D.N.^{1,3}, Serebrennikova S.A.¹, Vesnin A.M.¹*

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

² *Institute of Atmospheric Physics, Czech Academy of Science,
Prague, Czech Republic*

³ *Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Russia, Irkutsk*

System for the Ionosphere Monitoring and Researching from GNSS (SIMuRG, <https://simurg.iszf.irk.ru>) has been developed at ISTP SB RAS. The system servers as proxy for the RINEX data of global GNSS receivers network. SIMuRG automatically downloads, process and visualize GNSS data. Besides the routine processing, which is valuable by itself, the system provides newly developed and improved data products. All data products are based on total electron content (TEC) calculated from RINEX-files and global ionospheric maps (GIM). The first data product is TEC variations. We introduced new filtration technique to eliminate major unphysical artifacts that usually arise at data filtering. The TEC variations together with widely used ROTI and AATR indexes which is also implemented in the system helps to study ionospheric variability. The second data product is newly developed adjusted TEC . For that we use GIM to force all TEC series from different site-satellite line-of-sights have one reference level. Adjusted TEC broaden ionospheric maps capability near the GNSS stations improving time resolution up to 30 seconds and giving better space resolution. The third data product is implementation of D1 interferometry method to calculate velocity of ionospheric irregularities motion. SIMuRG makes it possible to study the disturbances of different physical origin. The data described above are attribute by the interactive experimental geometry plots, which might consider as one more data product. The fourth data product is global and regional electron content (GEC and REC, <https://simurg.iszf.irk.ru/gec>). There is an option to choose region for REC using geographic and geomagnetic coordinates. The database are suitable to be used for machine learning purpose. For example, we estimated an energy input in the auroral oval region based on TEC

variation data. We suggest all above newly developed and improved TEC based data products to find free application among researches. This work was performed under the Russian Science Foundation Grant No. 17-77-20005.

1.21 Scattering on excited components of the atmosphere as a cause of the increase of the lidar signal in the upper and middle atmosphere

Bychkov V.V., Seredkin I.N.

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

The data of resonance scattering in the upper and middle atmosphere of Kamchatka are analyzed. The interaction mechanism of a laser pulse with excited ions is refined. It was shown that an increase in the scattering signal at altitudes of 350-450 km at the wavelength 561 nm is due to scattering by ions of the maximum of the F2 layer excited by precipitated electrons. Large variations of the signal at these altitudes are caused by spatial inhomogeneities of the plasma in the ionosphere, which is confirmed by the data of the ionosonde. The analysis of the interaction of a laser pulse with excited ions in the stratosphere is refined, and the effect of collisions on the ion lifetime is accounting. It is shown that for the lidar used in the middle atmosphere for altitudes above 10 km, the conditions of guaranteed interaction with the radiation of each ion born in the strobe are satisfied. The results of experiments on stitching the main and attenuated signals from a single receiver are presented for the obtaining a continuous backscattering signal in the altitude range of 10-600 km. The need to use this method is caused by the large dynamic range of the backscatter signal. Satellite data on the measurement of charged particle fluxes in the upper atmosphere are discussed.

1.22 Seasonal and annual variations of the atmospheric electric field intensity in the 24th cycle of solar activity according to observations in Yakutsk

Toropov A.A., Kozlov V.I., Karimov R.R.

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

Variations in the atmospheric electric field under fair weather conditions in the 24th cycle of solar activity from 2009 to 2019 according to observations in Yakutsk are considered. An atmospheric electric field is measured using an electrostatic field mill mounted on the roof of the main building of the ShICRA SB RAS (N 62 1 ' , E129 43') in Yakutsk. The device has a range of measurements of atmospheric electric field strength ± 50 kV / m with an accuracy of ± 1 V / M. The recording complex is implemented on the basis of a netbook and analog-to-digital converter (ADC) E 14-440 L-Card. Data is written to the netbook's hard drive once per second. According to the analysis of atmospheric electric field data from 2009 to 2019 in Yakutsk, it has been established that the seasonal variation of the monthly average field strengths has maximums in the spring and autumn months and minimums that occur in the summer and winter months. Annual variations in field strength under good weather for the observation period are repeated from year to year, minima and maxima practically do not shift by months. In the variations of the monthly average values of the electric field strength, there is a trend towards a decrease in the amplitude of seasonal variations in the field strength and average annual values of the field strength.

1.23 Simulation the emission of a mixture of radicals $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ and ^{16}OH in the ultraviolet region of the spectrum

Sulakhshina O.N., Borkov Yu.G.

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

In this work, we simulated the emission spectrum of a gas mixture consisting of diatomic stable radicals $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ and ^{16}OH in the ultraviolet range of 200-400 nm. Radiation in this spectral region is due to $^2\Pi - ^2\Sigma$ and $^2\Pi - ^2\Pi$ electronic transitions. The calculation of the spectral line parameters of electronic transitions was carried out on the basis of the created SpecRad program.

1.24 Some results of the analysis of local temperatures of the earth surface and air according to measurements over the past 38 years

Volvach A., Kurbasova G., Volvach L.

Crimean astrophysical observatory RAS

We discuss the results of the time series analysis of measurements from outer space of local temperatures on the ground and in the air at a height of 2 meters, as well as the general insolation incident on the ground at Kara-Dag over the past 38 years. In order to analyze the statistical relationship between changes in local insolation of the Earth surface and the Earth rotation around its axis and its movement on its orbit, solar activity and global temperature, autoregressive models of power spectral density were calculated from which coherent oscillations between variations in the total insolation data on the surface of the Earth at Kara-Dag and variations in the data were established.

1.25 Statistical study of gravity waves and medium-scale traveling ionospheric disturbances using airglow imagers at Magadan in Russia, Athabasca in Canada, and two stations in Japan

Shiokawa K.¹, Fujinami H.¹, Otsuka Y.¹, Nakamura T.², Yamamoto M.³, Connors M.⁴, Shevtsov B.M.⁵, Poddelsky I.N.⁵

¹ *Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan*

² *National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan*

³ *Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Kyoto, Japan*

⁴ *Athabasca University, Athabasca, Alberta, Canada*

⁵ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS*

This presentation reviews our recent two journal papers (Tsuchiya et al., JGR, 2019; 2020, 10.1029/2019JA026783; 10.1029/2019JA026807) about statistical studies of atmospheric gravity waves (AGWs) and nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs) obtained by airglow imagers at Magadan (MGD), Russia (60oN, 151oE, 2008-2017), Athabasca (ATH), Canada, (55oN, 247oE, 2005-2017), and Shigaraki (SGK) (35oN, 136oE, 1999-2017) and Rikubetsu (RIK) (44oN, 144oE, 1999-2017), Japan. We used a three-dimensional spectral analysis technique of Matsuda et al. (JGR, 2014; 10.1002/2014JD021543) for airglow images at wavelengths of 557.7 nm (emission altitude: 90 100 km for AGWs) and 630.0 nm (200 300 km for MSTIDs). The power spectral densities (PSDs) of AGWs and MSTIDs are obtained as functions of phase velocities, horizontal wave numbers, and propagation directions for more than 10 years at these four stations. We discuss the cause of these PSD distribution by considering tropospheric source location of the waves, wind filtering effects during wave propagation, and features of ionospheric instabilities at different latitudes and longitudes. We also show weak positive correlations between the daily wave power of AGWs in 557.7-nm images and MSTIDs in 630.0-nm images, suggesting that the MSTIDs in the thermosphere may be partially generated by the AGWs from the mesopause region.

1.26 Storm-time electron precipitations at HEO ERG and LEO POES

Dmitriev A.V.^{1,2}

¹ *Institute of Space Science, National Central University, Jhongli, Taiwan; 2Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

² *2Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Precipitation of energetic electrons from the outer radiation belt (ORB) affects significantly the upper atmosphere and the ionosphere at middle to high latitudes. The precipitations result from effective acceleration and scattering of electrons in the ORB due to intense substorm and wave activity. The dynamics of electrons during the magnetic storms on the late declining phase of the current 24th solar cycle (2017-2019) was investigated using experimental data acquired from joint Taiwan-Japan ERG mission, the high-apogee spacecraft of low inclination (HEO), and a fleet of low-Earth's orbit (LEO) sun-synchronous NOAA POES satellites. The fluxes of precipitating electrons measured by POES are compared with those measured in the heart of ORB by ERG in order to determine the electron sources and losses.

1.27 Studying of solar-terrestrial connections in the dynamics of the surface atmospheric electric field

*Kudrinskaya T.V.¹, Kupovykh G.V.¹, Adzhiev A.Kh.²,
Zainetdinov B.G.³*

¹ *Southern Federal University*

² *High-mountain geophysical Institute*

³ *Voeikov Main Geophysical Observatory*

In the conditions of current global and regional climate changes, solar-terrestrial connections have an undeniable influence on the weather and climate of the Earth. The problem of studying the relationship of solar activity with weather events and climate, both

in the short and long term, is the mechanisms of its effects on the atmosphere that are not fully understood. One of these mechanisms that can explain the influence of solar activity on meteorological and climatological processes can be the atmospheric global electrical circuit, the characteristics of which are related to the parameters of solar activity, planetary indices, the intensity of galactic cosmic rays, etc. The behavior of the atmospheric electric field near the earth depending on the dynamics of solar activity is studied in this paper. Now, the next cycle of solar activity is being completed, the maximum of which was in 2014, and the minimum-in 2019. The following indicators of solar activity are used: the number of sunspots, the number and power of flashes, and the density of the radio emission flux at a wavelength of 10.7 cm. In addition, various types of geomagnetic field are considered, the characteristic of perturbations of which is the planetary index (Ap-index). The results of the analysis of experimental observations of the intensity (potential gradient) of the electric field of the atmosphere obtained in several observation points of the atmospheric-electric network of the Roshydromet and the High-mountain geophysical Institute (including at polar and high-mountain stations). Based on experimental data for periods of maximum and minimum solar activity the following results are obtained: regression lines of the electric field intensity are constructed depending on the values of the flash activity index and the radio emission flux; - the average values of the atmospheric electric field intensity at various degrees of the number of spots on the surface of the Sun are determined; - the features of variations in the electric field intensity of the surface atmosphere during the observation of powerful solar flares of class X and for conditions of a calm Sun are considered; - daily variations of the atmospheric electric field depending on the value of the Ap-index with increased geomagnetic activity are studied.

1.28 The impact of intense fluxes of 30 keV-energy electrons and protons on the low latitude ionosphere

Suvorova A. V.^{1,2}, Dmitriev A. V.^{1,2}

¹ *National Central University, Taiwan*

² *Moscow State University, Russia*

Experiments on board low-Earth orbit satellites show that energetic electrons and protons (tens of keV) of the Earth's radiation belt can penetrate to the equatorial ionosphere. Impact of the energetic particles on the upper atmosphere and ionosphere was studied for the case of the geomagnetic storm on 22 July 2009. We have found that local ion concentration changed in regions of injections of the 30 keV electrons and protons into the low latitude ionosphere. We showed that increase of ion concentration in the F layer at dawn related with additional ionization of neutral gas by energetic electrons. Ionospheric irregularities at night can be caused by effect of energetic protons. We present the results of solar-cycle and annual variations of occurrence rate of electrons and protons injections into the ionosphere during the period from 1998 to 2019 years.

1.29 Tropical cyclone effect on winter thunderstorm in Kamchatka

*Smirnov S.E.¹, Mikhailov Yu.M.², Mikhailova G.A.²,
Kapustina O.V.²*

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

² *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio
Wave Propagation of Russian Academy of Science*

The influence of tropical cyclones on thunderstorm activity in Kamchatka for the cases of winter thunderstorms in 2008–2018 was under the study. Time variations of quasi-static electric field and meteorological quantities at Paratunka observatory, IKIR FEB RAS, as well as the online data on solar, seismic and cyclone activities were used

as an indicator of thunderstorm activity. It was shown that for the thunderstorm activity to be formed, besides the solar flares accompanied by radiation increase in visible, infra-red spectra, a source of additional heat in the near-ground atmosphere of the peninsula is required. It may be the infrared radiation from a swarm of closely located epicenters of earthquakes of average intensity and remote tropical cyclones in the Pacific Ocean as sources of powerful fluxes of warm and humid air.

1.30 Principles of organizing earthquake forecasting based on multiparameter sensor-WEB monitoring data

Pulinets S.A.^{1,2}, Uzunov D.P.³, Davivenko D.V.^{1,4}, Budnikov P.A.⁵

¹ *Institute of applied physics RAS, Nizhni Novgorod, Russia*

² *Space Research Institute RAS, Moscow, Russia*

³ *Chapman University, Orange, California, USA*

⁴ *Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia, Korolev, Moscow region, Russia*

⁵ *Fedorov Institute of Applied Geophysics, Moscow, Russia*

The paper describes an approach that allows, basing on the data of multiparameter monitoring of atmospheric and ionospheric parameters and using ground-based and satellite measurements, to select from the data stream a time interval indicating the beginning of the final stage of earthquake preparation, and finally using intelligent data processing to carry out a short-term forecast for a time interval of 2 weeks to 1 day before the main shock. Based on the physical model of the lithosphere-atmospheric-ionospheric coupling, the precursors are selected, the ensemble of which is observed only during the precursory periods, and their identification is based on morphological features determined by the physical mechanism of their generation, and not on amplitude selection based on statistical data processing. Basing on the developed maquette of the automatic processing service, the possibility of real-time monitoring of the situation in a seismically active region will be demonstrated using the territory of the Kamchatka region and the Kuril Islands.

1.31 Energetic Particle Precipitation during strong geomagnetic storms

Mironova I.A.¹, Yakovchuk O.^{2,1}

¹ *St. Petersburg State University*

² *Institute for Environmental Systems Research, University of Osnabrück Osnabrück, Germany*

Here we provide an overview of the historical and atmospheric aspects of geomagnetic storms and the progress made over the past centuries. The Energetic Particle Precipitation (EPP) during strong geomagnetic storms can cause life-threatening power outages, communication failures, and navigation problems as well as the impact on the environment and the ozone level. Studies of historical geomagnetic storms and EPP during these storms can help build the restoration of the parameters of geomagnetic storms of past centuries and restoration of the parameters of energetic particle precipitation for large geomagnetic storms in the space era with possible extrapolation of these events to extreme geomagnetic events in the past.

The study was supported by a grant Russian Science Foundation (RSF project No. 20-67-46016)

2 Geophysical fields and their interaction

2.1 On the relationship of the extrema of lunar-solar tidal influences and seismic events

Bataleva E.A., Nepeina K.S.

Research Station RAS, Bishkek

The paper discusses experimental data obtained at stationary and regime magnetotelluric monitoring points on the territory of the Bishkek Geodynamic Proving Ground (Northern Tien Shan). The performed studies indicate the interconnection of variations in the electromagnetic and seismic fields, lunar-solar tidal effects, seismic regime with the processes of crack formation. Studies on the response in geophysical fields of processes associated with the deformation of the Earth's crust under the influence of lunar-solar influences have been carried out in the Northern Tien Shan since the end of the latest century. Gravitational tides are constantly recorded using a Scintrex CG-5 Autograf gravimeter at the Research Station RAS. We considered two main types of tidal variations of the vertical component - diurnal and semidiurnal. Good agreement was obtained between the calculated results obtained using the tide.exe program and the observed data. An analysis of the correlation relationships between variations in apparent resistance and lunar-solar tides indicates the existence of a relationship between these phenomena. The low level of correlation coefficients at a number of observation points indicates that, in addition to tidal influences, deformation processes continuously operate with tectonic sources of deformation. The causal relationship of the lunar-solar tides and the energy characteristic of the electromagnetic field of endogenous origin is shown. The results of the time-frequency analysis of the response of the geological environment to earthquakes in an electromagnetic field are also presented, the features of manifestation depending on the location of the hypo- and epicenters of seismic events and their magnitude are considered. A number of responses in geophysical fields to remote and regional earthquakes with an energy class of 8 to 12 for 2010-2020 are considered. Their relationship with the extremes of lunar-solar tidal influences is under the study. The results obtained are consistent with the hypothesis of fluid redistribution between fracture systems penetrating geological objects and having different orientations, the restructuring of which is manifested in a change in a number of environmental characteristics, in the formation of anomalies of geophysical fields, and also in the appearance of

anisotropy of rock properties. The results of a study of the relationship of lunar-solar tides with current geodynamic processes of seismically active regions are ambiguous and require further study. The work was carried out as part of the fulfillment of the state task of the Research Station RAS on the topic AAAA-A19-119020190063-2 and with financial support from the RFBR project 20-05-00475.

2.2 24th cycle of solar activity: features of geomagnetic activity at the Mikhnevo observatory

Riabova S.A.

Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences

In the course of presented studies, an analysis is made of the features of local geomagnetic activity in the 24th cycle of solar activity in order to determine the relationship with the cycles of solar activity. According to various sources, the 24th solar cycle began in December 2008 (in January 2009) and reached its maximum (the period when the Sun was most active) in April 2014. The recent appearance of spots on the Sun with reverse polarity (December 2016, April 2018, November 2018, May 2019 and July 2019) indicates the beginning of the transition process to the 25th solar cycle. In presented research, we use the results of calculating the K-index using the adaptive smoothing method according to the registration of the geomagnetic field components at the Mikhnevo Geophysical Observatory of the Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences (Moscow region, settlement Mikhnevo). Solar activity is characterized by an index of F10.7 and the number of sunspots. In the course of presented studies, the main periodicities of the geomagnetic field were determined, its seasonal variations were analyzed, and a joint analysis of geomagnetic and solar activities was carried out.

2.3 Active impact on the ionosphere and variations in the velocity characteristics of field-aligned irregularities

Sivokon V.P.

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

The creation of artificial irregulars of electron concentration in the ionosphere is one of the tasks of active influence on the ionosphere. Currently, special emphasis is placed on the formation of a specific class of heterogeneities field angled irregulars. These heterogeneities make it possible to solve a number of applied problems, but at the same time they can adversely affect the efficiency of the functioning of radio engineering systems. The speed and direction of their movement are important characteristics of these artificial heterogeneities. To determine them, we propose using multi-position SDR diagnostics. The report presents the results of observations of the active impact on the ionosphere at the EISCAT heating stand in October 2019.

2.4 Analysis of energy characteristics of acoustic emission signals during uniaxial compression of geomaterial samples

Sychev V.N.¹, Bogomolov L.M.², Kulkov D.S.¹

¹ *Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek city*

² *The Institute of marine Geology and Geophysics of the far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences*

Acoustic emission (AE) signals were recorded during the deformation process by uniaxial compression of samples of various geomaterials. Experiments on uniaxial compression were carried out on a low-noise lever installation with water flow, where the maximum load on the sample does not exceed 250 kN. All tested samples were made in the form of a rectangular parallelepiped, sandstone with a square section, dimensions of 25mm x 25mm x 60mm (L x W x H), granite and marble with a rectangular section, dimensions of L x W

x H (40cm. x 20cm. x 80cm.). To register AE signals, a SE-2MEG-P sensor (DECI, USA) was used, with an operating frequency range from 200 kHz to 2 MHz, fixed to the test sample of geomaterial. The received signals were digitized by an 8-channel USB3000 ADC unit with a 14-bit bit rate and a maximum sampling rate of 3 MHz. The energy distribution functions of AE signals have been considered. The maximum amplitude of the AE waveform was chosen as the energy characteristics of the AE signal. The subordination of the energy distribution to the Gutenberg-Richter law is estimated, and the dependences of b-value behavior throughout the experiment are constructed. The flow of AE events is considered from the standpoint of nonequilibrium thermodynamics using Tsallis statistics. To describe the energy distribution function of AE signals, we used a modified model of the stick-slip earthquake model the intermittent sliding of two plates along each other along the fault in the presence of friction and the principle of maximum entropy. The model is used to quantify the long-range correlations of earthquakes that occur in the stream. It is shown that the AE signal flow is a system with memory and long-range correlations. The analysis of the behavior of the Tsallis parameter throughout the entire experiment is carried out.

2.5 Application of deep learning methods to predict ionosphere parameters in real time

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

In paper, the previously obtained results on recognition of ionograms using deep learning are expanded to predict the parameters of the ionosphere. After the ionospheric parameters have been extracted from the ionogram using deep learning, we can in real time predict the parameters for some time ahead on the basis of the new data obtained. Examples of predicting the ionosphere parameters using long short-term memory architecture of an artificial recurrent neural network are given. The place of the block for predicting the parameters of the ionosphere in the system for analyzing ionospheric data using deep learning methods is shown.

2.6 Analysis of the data of IMF Bz and AE index for the period 1999-2018

Polozov Yu.A.

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

Solar-terrestrial relations are a part of space weather and they make significant impact on technosphere functioning. Interplanetary Magnetic Field (IMF) parameters measured at Lagrange point L1 show the beginning of possible changes in geophysical fields. The paper analyses statistically IMF Bz component (shows the level of impact on the Earth magnetic field) and AE index (used to estimate the energy contribution into magnetosphere and ionosphere). Using the apparatus of regression analysis and wavelet transform, time series were estimated. Regression models of IMF parameters and AE index were constructed for the period 1999-2018.

2.7 Assessing the relationship of hydrogeochemical and hydrodynamic effects with seismicity in Kyrgyzstan

Kendirbaeva J.Z.

*Institute of Seismology of the National Academy of Sciences, Bishkek,
Kyrgyzstan*

The paper presents the hydrogeochemical and hydrodynamic effects in TMW recorded for the periods before, during and after the strong and tangible earthquakes that occurred in Kyrgyzstan in 1970-2019. The information from Sary-Kamyshsky (1970) and Zhalanash-Tyupsky (1978), Barskaunsky (1980) and (1990), Kochkor-Ata (1992) and Suusamyrsky (1992), as well as Sary-Jazsky (2013) were used for their coverage events. The studied parameters at each observation point have their own vibration limits. In 1970, the event of Sary-Kamysh took place with a strength of 8-9 points. According

to Sredazgeominvod, it turned out that temperature and pressure anomalies appeared in the TMW Dzhzhety-Oguz and Aksu 2 month before the event: the first, rising from 6.5 to 13, reached $+26,6^{\circ}\text{C}$ when the shock occurred, and the flow rate from 0.006 to 0.077 l/s, i.e. increased by 1.5 times. Also, the content of radon was recorded, an increase of 2 times, which recovered after 1.5 months. On June 2, 1974, an earthquake occurred in Kochkor; anomalies were recorded in advance of 1.5-2 months both in the concentrations of helium and radon, and in the ratios of radium isotopes. During the tremors of the Isfara-Batken event ($M_W = 6,3$) dated 01/31/1977 sharp and various variations of radon and HCO_3 were detected, and 3 months before the earthquake in Zhalanash-Tyup with $M_W = 6,9$ (1978) also, radon and fluorine increased. The calculated dispersion and entropy values of TMW showed that they are close to each other regardless of the nature and amplitude of the jumps: at the Issyk-Ata TMW, the coefficients of variation and dispersion of chlorine, HCO_3^- and CO_3^{2-} synchronously increased over the course of six months from 0.323 to 1.639, reaching 5.666 by the time of this event and only by the end of the year decreased. In addition, according to TMW Alamedin, positive relationships were found between the strength of earthquakes and the acceleration gradient of the effects, but there is no simultaneity in the changes, on the contrary, each component acts in its own way: in our opinion, this can be explained by the chemical property of the ion. The above facts, indicating the possibility of a medium-term and short-term forecast of earthquakes with K 12.5, suggest that their approach can be caught from 10 to 15 days, and the force is about 0.5. Similar fluctuations can be expected in waters, the regime of which is characterized by both annual and long-term cycles, but the role of the epicentral distance has not been identified.

2.8 Atmospheric electric field negative anomalies in a seismically active region: relationship with tectono-seismic process and source location

Rulenko O.P.

Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

Negative anomalies of atmospheric electric field near the earth's surface, which are observed in seismically active regions in fair and close

to its weather conditions, are considered. On the basis of literature data, manifestation features of these anomalies indicating a relationship with near-surface rocks deformation during tectono-seismic process are clarified. This process constantly proceeds in seismically active regions and causes changes in the stress-strain state of rocks in tectonic deformation mode and during earthquake preparation. Earthquakes are a seismic component of the process and occur as a result of more intense rocks deformation under the influence of tectonic forces. Two existing points of view on finding the source of atmospheric electric field pre-seismic disturbances are considered: in surface layers of the earth's crust and in surface air. It is shown that the source of negative anomalies of this field during the tectono-seismic process is the negative space charge that occurs in surface air and has a deformation-emanation origin.

2.9 Automated method for detecting and identifying anomalies in cosmic ray data

Geppener V.V.¹, Mandrikova B.S.²

¹ *Saint Petersburg Electrotechnical University LETI*

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

A method for processing and analyzing neutron monitor data and detecting abnormal changes during periods of increased solar activity is proposed. The method is based on application of wavelet transform and neural networks of vector quantization. The method allows you to identify the periods of occurrence of anomalies and determine their intensity. A measure of the intensity of anomalies is the maximum amplitude of the variations (deviation from the characteristic level). The periods of high and low solar activity for 2013-2020 were analyzed. The efficiency of the proposed methods for detection of sporadic effects preceding and accompanying magnetic storms of various levels was experimentally confirmed. It was shown that the method can be applied in on-line mode. The paper was carried out within the State Assignment on the Subject Dynamics of physical processes in active zones of near space and geospheres (2018-2020), state registration No. AAAA-A17-117080110043-4. Authors appreciate the Institutes supporting the neutron monitor stations the data from which were used in the paper.

2.10 Complex lithospheric-atmospheric investigations of acoustic radiation in Kamchatka

Marapulets Yu.V., Larionov I.A., Mishchenko M.A.

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

The results of complex lithospheric-atmospheric investigations in the seismically active region, Kamchatka peninsula are presented. A laser deformograph-interferometer, a geophone, a broadband acoustic system, and a microbarometer, installed at the «Karymshina» station of IKIR FEB RAS, are used for monitoring. Deformation of rocks, acoustic radiation in near-surface rocks and in the atmosphere near the earth's surface are considered. It is established that at the final stage of earthquake preparation, as a response to deformation activation, acoustic radiation occurs in near-surface rocks. It passes through the earth - atmosphere boundary and it is registered in the air. Examples of simultaneous registration of acoustic signals with such radiation in the rocks and in the atmosphere are provided. The investigation is relevant for constructing a model of the connection of the lithosphere and atmosphere in a seismically active region.

2.11 Complex geophysical observations on Kunashir Island

Kostylev D.V.^{1,2}

¹ *Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch RAS*

² *Sakhalin Branch, Geophysical Survey, RAS*

Work has begun on the development of a methodology for the joint analysis of seismological, seismic-acoustic and other geophysical data (tidal, atmospheric, ionospheric factors) to develop short-term conclusions on the development of the seismic regime in the Kuril Islands. The main data source is a geodynamic test site based

on the Yuzhno-Kurilsk seismic station. In addition to the seismic station SB GS RAS, equipped with a Guralp CMG-6TD broadband seismometer and a Guralp CMG-5TDE accelerometer, radon and temperature monitoring, GPS observations (IMGG FEB RAS), as well as hydrogeodeformation monitoring (SakhGRE) are carried out at the test site. Radon monitoring at the South Kuril geodynamic test site is carried out by the Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg. Hydrogeodeformation monitoring is carried out by a separate structural subdivision of SakhGRE JSC Dalnevostochnoe PGO . Measurements are taken in a well with a depth of 303.3 M. In 2019, a seismic-acoustic monitoring equipment, a molecular-electronic hydrophone, was installed in the aforementioned well at a depth of 25 M. The hydrophone is made using an electrochemical transducer, which converts the movement of the working fluid into a registered current, which provides sensitivity to pressure changes in the frequency band of 0.02-200 Hz with a high conversion coefficient of at least 1.5 mV / Pa. Remote access to recorded data, as well as monitoring and control of the equipment were organized. To analyze the correlation of hydrophone records with other factors (atmospheric pressure, ionospheric and tidal activity, etc.) before seismic events, graphs of the envelope of the hydrophone signal recording were constructed, which were supplemented with the following information: level of subsoil radon, atmospheric pressure values, values of tidal levels in the port of Yuzhno-Kurilsk, water level values in a well with a hydrophone installed, values of ionospheric activity levels (Kp index).

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research Project No. 18-07-00966 «Investigation of trigger deformation effects according to the data on Sakhalin Island seismicity applying seismic new-type sensors».

2.12 Construction of complex shell models of turbulent dynamo in symbolic computing systems

Feshchenko L.K., Vodinchar G.M.

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

The report describes the developed technique for constructing complex shell models. The compilation of the system of equations in this model and its exact solution are implemented using symbolic computing systems. Shell complex variables are direct analogues of field spectra, more precisely, spectra integrated at a fixed wave vector length in all its directions. The technique allows one to vary the sizes of nonlocality of nonlinear interaction in the space of scales, expressions for shell analogues of conservation laws, and the nature of stationary solutions of power in scale.

2.13 The use of long short-term memory and gated recurrent unit for predicting the values of geomagnetic indices

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

In this work, with the help of deep learning, predicting the values of the following geomagnetic indices (GI) is considered: Dst, Kp, AE and Ap. For forecasting we use the architectures are long short-term memory (LSTM) and gated recurrent unit (GRU). For various GI indices, the loss function is analyzed depending on the periodicity of the source data. It has been established that forecasting accuracy increases with decreasing periodicity of the initial data of geomagnetic indices. For the analysis, the following periods of the initial GI data were used: hour, 3 hours, day. For the analysis we used hour, 3 hours and day periods of the initial GI source data.

2.14 Dynamics and spatio-temporal distribution of geomagnetic disturbances during periods of increased solar activity and magnetic storms

Mandrikova O.V., Rodomanskay A.I.

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

A detailed spatio-temporal analysis of magnetic data during the periods of magnetic storms of 2019 was carried out according to measurements of a network of stations. The developed method of magnetic data analysis was used, based on the use of wavelet transform and adaptive thresholds. The features of the occurrence and propagation of geomagnetic disturbances in the auroral zone and meridionally located stations are studied. The dynamic spectra of perturbations of different intensities and durations were obtained. The assumption of the possibility of short-period weak geomagnetic disturbances at stations from high latitudes to the equator, which precede magnetic storms and correlate with fluctuations of the southern Bz-component of the interplanetary magnetic field and increased auroral activity is confirmed.

2.15 Evaluation of the effectiveness of the method of noise detection in magnetic data

Papsheva S.Yu., Mandrikova O.V., Khomutov S.Y.

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

The results of the ongoing work on the development and use of the method of interference detection in magnetic data based on the wavelet-transformation are presented. However, the main focus is on assessing the effectiveness of the proposed method on the extended experimental material of the Observatory Paratunka (Kamchatka, IKIR FEB RAS) for 2009-2019. The impact of threshold function values on the error of the method used is shown.

2.16 Experience in synchronous observation of seismic-strain oscillations of the Earth by the spaced laser interferometers

Aleksandrov D.V.¹, Dubrov M.N.¹, Kravtsov V.V.¹, Larionov I.A.²

¹ *Fryazino Branch of the Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Russian Academy of Sciences*

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

The first results of unique experiments on the synchronous registration of seismic-strain oscillations of the earth's surface by three laser interferometers-deformographs spaced 6740 km apart are presented in the report. Two 100-meter laser deformographs are installed at the Fryazino Beamwaveguide testing ground in the Moscow Region, the third 18-meter deformograph is located at the observation point of Karymshina on the Kamchatka Peninsula. Two laser deformographs in Fryazino were built according to the Michelson interferometer scheme: 1) an equal-arms interferometer, the length of each measuring arm is about 100 m and 2) an unequal-arms (asymmetric) interferometer - the length of the measuring arm is 100 m, and the length of the reference one is about 10 cm. Distance between the interferometers-deformographs is 400 m. The laser deformograph at the Karymshina observation point is a modified unequal-arms Michelson interferometer with a measuring arm length of 18 m. The distance between the Fryazino Beamwaveguide testing ground and the Karymshina observation point is 6740 km. The frequency-stabilized and thermally controlled lasers with a wavelength of 633 nm are used in the deformograph schemes as radiation sources. To measure the interferogram shifts, registration systems of compensation and modulation types are used, which provide an absolute instrumental resolution of 0.1-0.01 nm. The results of spectral and correlation analysis of data obtained in 2016-2020 during the sessions of synchronous operation of all three instruments are presented. The results are compared with regional and global seismic, volcanic activity, cyclones and ionospheric disturbances. It is shown that the developed method can be effective for the detection and identification of precursors of large seismic events and other dangerous natural phenomena.

2.17 Experimental studies of acoustic fields in the offshore zone of the sea

Chernenko V.A.¹, Chen Wenjian², Gorovoy S.V.¹, Garasev I.V.¹

¹ *Department of instrumentation engineering school FEFU*

² *College of Underwater Acoustic Engineerin, China*

The experimental setup developed by the authors allows creating acoustic pressure in the range from 107 to 108 PA with an effective system of matching layers bottom, water and ice. Theoretical and experimental studies have shown the possibility of transmitting information in a shallow sea under a layer of ice. The experimental receiver of the acoustic system allows one to measure in a wide frequency range from 40 to 1100 Hz. This research can be used to develop effective long-distance communication and to model the measurement of acoustic earthquake precursors.

2.18 Forbush-storm classification of the events as a device for the solar wind diagnostics

Shadrina L.P.

Academy of Sciences of Sakha (Yakutia)

The geoeffectiveness of the solar wind is usually determined on Earth by such phenomena in a geomagnetic field as storms and substorms. The second, no less significant effect is a sharp decrease in the intensity of galactic cosmic rays (GCR) Forbush effects. A joint examination of these effects in the geomagnetic field and in the GCR makes it possible to obtain additional diagnostic features, since they carry different information. The behavior of the geomagnetic field reflects changes in the magnetosphere, while the GCR intensity depends on the spatial configuration of the magnetic field in the heliosphere. To carry out such work, it is proposed to use the Forbush storm classification of a catalogue of geophysical events in a geomagnetic field and cosmic rays. The catalog shows the dates and time of the beginning of the events of a decrease in the Dst of the geomagnetic field index and GCR intensity from 1996 to 2017, for 2

cycles of solar activity. It is shown that these two types of terrestrial manifestations of interplanetary disturbances can occur simultaneously or separately.

2.19 Hierarchies of nonlinear differential equations for modeling of geophysical processes

Perezhogin A.S.

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

The report discusses examples of nonlinear mathematical models in geophysical problems. The hierarchy of Korteweg-de Vries equations is considered. The transition to a universal apparatus for constructing integrable systems is shown, a particular case of which are the hierarchies of the KdV equations. The modern mathematical apparatus of topological recursion and its relationship with integrable systems are discussed. For the presented models, issues related to the description of geophysical processes are discussed.

2.20 Identification of geomagnetic jerks according to geomagnetic registration data at mid-latitudes

Riabova S.A.

*Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of
Sciences*

Geomagnetic jerks are relatively sharp (V-shaped) changes in the speed of secular variations of one (usually eastern) or several components of the geomagnetic field. One of the problems associated with identifying geomagnetic jerks is the development of a mathematical apparatus for determining the point of change in the slope of the derivative. In this work, using segmented linear regression according to mid-latitude stations (observatories of the Russian segment of the INTERMAGNET network, Mikhnevo Geophysical Observatory of the Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of

Russian Academy of Sciences), we managed to identify 2011 and 2014 jerks in all components of the geomagnetic field.

2.21 Influence of meteorological characteristics on the dynamics of VAR in Gorno-Altai

Shitov A.V., Dolgov D.B., Barsukov A.A.

Gorno-Altai State University

For the analysis, we used data from the radon monitoring of Gorno-Altai state University for the period 2012-2018. At the same time, observations were made on the following parameters: the dynamics of radon, toron, and meteorological characteristics: temperature, humidity, and pressure. In addition, we note that to measure the volume activity of radon in the underground part of a residential building, the device was lowered into a hole in the floor, the underground cavity was deprived of ventilation for the entire time of the change. We have identified the annual dynamics of the oar, characterized by an increased value of the oar during the winter and early spring months of December March (oar 250-350 Bq/cubic meters). During the spring months, a decrease in the level of VAR from 250 to 150 Bq/cubic m. From June to September there is a minimum value of VAR up to 100 Bq/cub.m. From September to mid-November there has been a sharp increase in VAR from 150 to 220 Bq/cu m Since the beginning of December there is a further increase in VAR, which reaches 350-400 Bq/cubic meter. These seasonal changes were accompanied by sharp peaks (increases in oar), and in some cases these increases were correlated with each other over the years. The correlation coefficients of the oar by year are as follows: 2013-2014-0.24, 2014-2015-0.65, 2013-2015-0.48, (significance level 0.01, Rkrit=0.14). The most prominent increases are in January, March, May, July, September-October. Taking into account that data for 3 years is presented here, we can assume that these patterns are the result of seasonal characteristics. In this case, this may be due to ground freezing (in the climate zone of Gorno-Altai, it is about 1.5-2 m). Frozen ground prevents the free migration of radon, which can accumulate under the «cover» of frozen rocks. Therefore, finding migration routes that can act as buildings and private homes radon emanations significantly increase in comparison with other seasons of

the year. Comparing the average daily course of atmospheric pressure and radon activity, it should be noted that their anomalies do not coincide in time. It follows that in this case, most of the radon activity anomalies are not directly related to the baric field disturbances, or the influence affects after a while. Most of all, sharp changes in the VAR can be caused by geodynamic processes in the epicentral zone of the Chuya earthquake. It is noteworthy that this area is connected to the observation point by an active fault.

2.22 Two-mode $\alpha\Omega$ -dynamo as a hereditary oscillator

Vodinchar G.M.

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

A dynamic system for the two-mode Parker dynamo with hereditary quenching by helicity of the α -effect is constructed. The quenching in the system is implemented as a functional of the helicity of the field with the kernel $K(s)$ of an arbitrary form. It is shown that this system can be reduced to a nonlinear dissipative oscillator with hereditary potential.

The analysis of the system as an oscillator showed, that the possible types of dynamic regimes in the system primarily depend on the presence or absence of a delay in the kernel. The chaotic regime similar to moving along the Lorenz attractor is possible only for $K(0) \neq 0$. In this case there is a combination the vacillation with the field reversals. Otherwise, chaotic modes of inversions can occur, but without combinations with the vacillations. It is shown that in the case of «short memory» reversals do not occur.

The regions in the parametric space of the model are determined. They correspond to various dynamic regimes, that exist in real systems of the cosmic dynamo.

2.23 Invariants of the natural electromagnetic field in geophysics

Uvarov V.N.

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

The indirect relative data of the signals of the Earth's natural electromagnetic field are analyzed that are independent of the properties of the sources of this radiation. It was shown that averaging of the spectra of parameters with a time interval exceeding the characteristic lifetime of the signal source leads to the dominance of a limited influence region, which coincides with the near wave zone of the detector. This circumstance allows us to study the limited region of the lithosphere-atmosphere-ionosphere system and its interaction with global and local processes. Examples of some spectra of relative parameters and their interpretation are given.

2.24 Investigation of the information transmission channel by electric, electromagnetic and acoustic waves in a layered environment with ice cover.

*Korochentsev V.I.¹, Petrosyanc V.V.², Wei Xue³, Em A.A.¹,
Garasev I.V.¹*

¹ *School of Engineering of FEFU*

² *FEFU*

³ *College of underwater acoustic engineering, China*

Schemes of acoustic low frequency emitters based on spark discharges developed by the authors are presented. Half-wave vibrators embedded in a layer of ice are used as receiving-emitting systems of electromagnetic waves. A theoretical model for the propagation of electromagnetic waves in the ice layer has been developed. The interaction of elastic and electromagnetic fields in the ice layer is analyzed. The possibility of using the developed systems for receiving acoustic signals emitted by the ice earthquake center is discussed.

2.25 Investigation of the propagation of powerful acoustic signals in a layered ice-water-bottom environment

*Korochentsev V.I.¹, Zhu Jianjun², Chernenko V.A.³, Lobova T.J.¹,
Gubko L.V.¹*

¹ *Department of instrumentation engineering school FEFU*

² *Institute of hydroacoustics HIU, China*

³ *Department of instrumentation engineering school of FEFU*

A mathematical model for calculating the acoustic wave in a shallow sea under a layer of ice for low-frequency signals of 40-150 Hz has been developed. The authors developed an experimental installation based on a low-frequency piston electrodynamic emitter that allows conducting experimental studies in a layered environment. Experimental studies show a satisfactory agreement with theoretical research. The features of wave propagation at the water / ice interface are studied. The developed models can be used for new technical earthquake prediction systems when setting up receiving systems in the ice layer.

2.26 Low-frequency parametric systems in the shallow sea

Tarasov S.P.¹, Zhu Jianjun², Pivnev P.P.¹, Korochentsev V.I.³

¹ *Department of EGA and MT SFedU*

² *Institute of hydroacoustics HIU, China*

³ *School of Engineering of FEFU*

A theoretical model has been developed for the study of parametric acoustic signals in the ice/water layer. As a model, we offer an installation of two low-frequency emitters located on the ice surface. The possibility of studying the structure of a low-frequency signal in nonlinear interaction is demonstrated. Experimental studies conducted in the Peter the Great Bay of the sea of Japan and in the sea of Azov show satisfactory agreement with theoretical studies

2.27 Lightning activity during Shiveluch volcano eruption

*Malkin E.I.¹, Firstov P.P.², Cherneva N.V.¹, Druzhin G.I.¹,
Lobacheva M.A.², Holzworth R.H.³,*

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

² *Kamchatka Branch of the Geophysical Survey of the Russian
Academy of Sciences*

³ *University of Washington, Seattle, USA*

In recent years much attention is paid to the atmospheric-electric effects accompanying explosive eruptions. It is due to the population growth on the Earth and ash hazard for the population and urban lands, foremost for aviation. One of the local features on the Kamchatka peninsula are volcanic lightning and aero-electric structures occurring during volcano eruptions. During eruptive cloud (EC) generation and formation, electrification takes place. It causes multiple lightning. This indicates significant role of electrostatics during EC formation even for weak eruptions and demonstrates informative value of volcanic lightning for estimation of EC dimensions. The paper describes some cases of lightning activity recorded by a VLF direction finder (30Hz-40kHz) located at the distance of 475 km from the source during strong explosions of Shiveluch volcano within the period from 2017 till 2020. Lightning activity dynamics was compared with seismic and acoustic emissions accompanying the explosions. Features of development of two-stage volcanic lightning were detected. They are associated with eruptive column formation at the first stage and EC development at the second. The data of the World Wide Lightning Location Network (WWLLN) were also used to monitor strong volcanic lightning. The informative value of WWLLN network and that of VLF direction finder were compared. Monitoring of electromagnetic pulses from volcanic lightning strokes gives one additional information on eruption dynamics and EC propagation features depending on meteorological conditions. No doubt that under the current development of engineering techniques and calculation methods, VLF radiation monitoring can be including into the aviation alarm system on ash hazard along the flight routes passing along the eastern coast of Kamchatka. The work was partially supported by the RFBR Grant 19-05-00543.

2.28 Mathematical model of accumulation of radon in the measuring chamber with regard hereditarity

Tvordyy D.A.^{1,2}, Parovik R.I.³, Makarov E.O.^{4,2}, Firstov P.P.⁴

¹ *Institute of Applied Mathematics and Automation, KBSC RAS*

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

³ *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation
FEB RAS*

⁴ *Kamchatka Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of
Sciences*

Radon monitoring is recognized by many researchers as a promising method for predicting strong earthquakes, especially with a small focal depth. In order to reliably identify anomalies in the subsoil radon, preceding strong seismic events, against the background of interference of various nature, a developed network of observation points is necessary. When organizing monitoring centers for subsoil radon, it is necessary to know the value of the radon flux density (RFD) from the surface at the selected point where the storage chamber will be installed. RFD qualitatively determines the sensitivity of the selected point, which depends on the volumetric activity of radon (VA Rn) and the convective rate of its transfer. The zones of dynamic influence of the fault are characterized by areas of decompression with an increased runoff Rn, which are most suitable for the installation of sensors and are a sensitive area that responds to changes in the stress-strain state of the geomedium. All this determines the need for a rapid assessment of RFD simple and affordable method. To evaluate the RFD, it is possible to use the data of the accumulation curve Rn in the chamber. The method is based on a mathematical description of the process of changing VA Rn in time. To a first approximation, this technique makes it possible to estimate the RFD value at the installation point of the storage chamber. In the mathematical description of the process of radon accumulation in the chamber, a number of assumptions are usually used to simplify the solution of the problem, for example, the accumulation process Rn is considered stationary when there are no sharply changing conditions for the coefficient of air exchange and RFD from the surface below it. It does not take into account possible factors affecting the flow rate, primarily variations in atmospheric pressure and temperature. To more accurately describe the accumulation

process, the existing model was developed using a nonlinear function that is responsible for the mechanisms of Rn entering the chamber, as well as taking into account the hereditary properties of the medium.

2.29 Modeling and analysis of ionospheric parameters during magnetic storms in 2018-2020 (according to the data of the ground station network)

Mandrikova O.V., Fetisova N.V.

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

The paper presents the results of modeling of the ionospheric parameter time course during increased solar activity and magnetic storms (the critical frequency data of the ionospheric F2-layer were analyzed). The modeling was carried out on the basis of a generalized multicomponent model (GMCM) developed by the authors and the International Reference Ionosphere model (IRI). We analyzed the events in 2018-2020 and used the data of the ground station network located in middle and low latitudes. Based on the modeling, anomalous changes were detected in the ionospheric parameter time course. They preceded and accompanied magnetic storms. The results of comparing the GMCM with the IRI showed its efficiency for a detailed study of the dynamics of the ionospheric parameters during disturbed periods.

The work was carried out according to the Subject AAAA-A17-117080110043-4 «Dynamics of physical processes in the active zones of near space and geospheres». The authors are grateful to the organizations recording the data which were applied in the paper.

2.30 Modeling the concentration of cracks based on the Selkov fractional dynamical system

Parovik R.I.¹, Rakhmonov Z.R.², Zunnunov R.T.³

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

² *Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, Uzbekistan*

³ *Institute of Mechanics and Earthquake Resistance named after M.T.
Urazbaeva AS Uz, Uzbekistan*

Using a generalized nonlinear dynamic Selkov system, microseismic phenomena are investigated. This system is mainly used in biology to describe the glycolytic vibrations of the substrate and product. Therefore, by analogy, the Selkov dynamic system can describe the interaction of two types of cracks in an elastically brittle medium. The first type is seed cracks with lower energy, and the second type is large cracks that generate microseisms. The first type of cracks is a trigger for cracks of the second type, but a reverse transition is also possible. For example, when large cracks lose their energy and partially become seed. Further, after increasing their concentration, the process repeats, providing the self-oscillatory nature of the sources of microseisms.

In the work, a generalization of the Selkov dynamic system is understood to mean its analogue, which is based on the consideration of heredity (heredity). Heredity is studied in the framework of hereditary mechanics and indicates that a dynamic system can remember for some time the impact on it, which is typical for viscoelastic and plastic media. The generalized Selkov dynamical system will be called the Selkov fractional dynamical system since, from the point of view of the mathematical description, it can be represented as a system of differential equations with derivatives of fractional orders. The orders of fractional derivatives are related to the heredity of the system and are responsible for the intensity of energy dissipation by cracks of the first and second types.

In the work, the fractional dynamic Selkov model was solved numerically using the Adams-Bashforth-Moulton method, oscillograms and phase trajectories were constructed. It is shown that a fractional dynamic model can have relaxation and damping oscillations.

2.31 Modification of the ionosphere and the topology field-aligned irregularities of the ionosphere

Sivokon V.P.

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

The effectiveness of the applied use of the active impact on the ionosphere depends on how fully it is possible to obtain the required characteristics of the modifiable region. In experiments on the transmission of information in an ionospheric waveguide, the problem of its excitation using artificial field-aligned irregularities is solved. The efficiency of waveguide excitation depends, among other things, on the topology of these irregularities. You can determine it using our proposed method of multi-position diagnostics.

2.32 Monitoring of radiation fields in near Earth space and atmosphere in new space projects of Moscow University

*Panasyuk M.I.^{1,2}, Svertilov S.I.^{1,2}, Bengin V.V.¹,
Bogomolov V.V.^{1,2}, Garipov G.K.¹, Dobynde M.I.¹, Zolotarev I.A.¹,
Kalegaev V.V.¹, Klimov P.A.¹, Osedlo V.O.¹, Peretjatko O.Yu.¹,
Petrov V.L.¹, Podzolko M.V.¹*

¹ *Lomonosov Moscow State University, D.V. Skobeltsyn Institute of
Nuclear Physics*

² *Lomonosov Moscow State University, Physics Department*

In the frame of the Universitat-Sokrat project, multi-satellite constellation is elaborated now at Moscow University, one of the tasks of which is to monitor radiation fields in near-Earth space and Earth's atmosphere. Also, during the implementation of the project, it is supposed to monitor the magnetic-wave environment and realize atmospheric observations in a wide range of the electromagnetic spectrum - from optical to gamma. The main goal is to forecast phenomena that may pose a potential danger to aviation, sub-orbital

and orbital flights. Such phenomena include intense increases of energetic charged particle fluxes (solar cosmic rays, precipitation of electrons from radiation belts), geomagnetic disturbances, and electromagnetic transients in the atmosphere. The first stage of the program began to be implemented on July 5, 2019 after a successful launch from the Vostochny cosmodrome of three nano-satellites of the Cubsat 3U type. These satellites are equipped with instruments for monitoring space radiation, as well as a prototype device for observing the Earth's atmosphere in the ultraviolet range. The information obtained has confirmed the advantages of multi-satellite observations for the above tasks. This year, it is planned to launch two more Cubsat 6U satellites, on which charged particle and gamma ray detectors, magnetometers, and instrument for detecting of atmospheric electromagnetic transients should be installed. It is assumed that this will lay the foundations of the created space threat monitoring system.

2.33 Moving daily average of the hourly magnetic field values - the example of usage at Novosibirsk Observatory during 2011 (results and prospects)

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

¹ *Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS*

² *Novosibirsk State University*

The parameters of the equivalent central dipole were calculated using hourly values of the magnetic field elements during 2011: the angular elements were transformed to the hourly values of the geographic coordinates of the North magnetic pole and the intensity values were transformed to local magnetic constant. Next step is the calculation of the daily mean values at every hour. This method can be applied to both current digital data and historical data presented as monthly tables of hourly values obtained from analog magnetograms. The advantage of method is its ability to show the changes of the magnetic field independently from daily variation. Also the using of the "integrate" parameters (the magnetic pole coordinates and local magneto constant) allows one to detect the regional features of its variations. The smooth changes of the daily magnetic field elements

over year, decade and century are related to "secular variations". The features in the daily values can be compared with anomalous geological and geophysical events observed in the past and predicted in the near future.

2.34 Nonextensive analysis of seismicity of the Bishkek geodynamic proving ground (northern Tien Shan)

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

¹ *Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek city, Kyrgyzstan*

² *The Institute of marine Geology and Geophysics of the far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences*

Bishkek geodynamic proving ground (BGP), limited to 41.5 - 43.5 N and 73 - 77 E, lies within the central segment of the North Tien Shan seismic generating zone and represents the junction zone of the Tien Shan orogen and the Turan plate. The main tectonic structures of the study area at the neotectonic stage are the Kyrgyz meganticline (Kyrgyz ridge) and the north of the Chuy Depression. To the south of the Kyrgyz ridge are the Suusamyr, Kochkor and Dzhungal depressions, separated by small ridges. To the west are the Talas, Big and Small Karatau ranges, and to the east are the Kungei-Alatau and Terskey-Alatau ranges with the Issyk-Kul intermountain basin separating them (Fig. 1). The Bishkek geodynamic proving ground is a zone of modern intense deformations that are manifested in active seismicity. On the territory of the BGP there is a KNET seismological network, consisting of ten digital broadband stations, which allows recording local and regional seismicity. To date, the earthquake catalog obtained from the KNET network includes more than 10,000 seismic events that occurred during 1994-2019. The catalog of earthquakes is considered from the point of view of nonequilibrium thermodynamics using Tsallis statistics. To describe the energy distribution function of earthquakes, we used a modified model of the stick-slip earthquake source the intermittent sliding of two plates along each other along the fault in the presence of friction and the principle of maximum entropy. The obtained energy distribution of earthquakes is described by the

proposed model in the entire range of magnitudes and is consistent with the Gutenberg - Richter distribution in a representative range of magnitudes. The model was used to quantify the long-range correlations that occur in the earthquake flux, and also to estimate the change in long-range correlations immediately before a large earthquake. It is shown that the earthquake flux is a system with memory and long-range correlations. The Tsallis parameter value calculated for the entire catalog characterizes the studied Tien Shan region as seismically active.

2.35 On the anisotropy of seismic waves in the Carpathian region

Lyskova E.L., Sannikov K.Yu.

St. Peterburg State University

The anisotropy of seismic waves in the continental regions still belongs to the category of controversial issues, since its estimates in different areas show a different sign of the anisotropy coefficient. In contrast to studies of oceanic regions, where SH velocities always prevail over SV velocities, in the continental regions the relations between the velocities are very different. The explanation for this, first of all, is the difference in structure. The structure of the crust and upper mantle under the oceans is much more homogeneous in comparison with the structure of the continental regions. There are several approaches to the estimation of anisotropy. The most traditional method is to use the maximum amount of data separately for Love and Rayleigh waves to study the lateral distribution of speeds SH and SV, despite the fact that the density of the coverage by paths, and, consequently, the regions of best resolution can be of different shapes and sizes. It was decided to use this method as an initial approximation. This study is part of a large project in which at the next stages it is planned to use only paths with high-quality dispersion in a wide range of periods of both Love and Rayleigh waves, and perform tomography of the anisotropy coefficient itself. At the final stage, it is supposed to use only the purified dispersion of the Love wave using polarization analysis, since it is known that harmonics of different periods can have different paths to the station, and deviations from the geometric azimuth can reach 20 degrees. The Carpathian region was chosen as the object of study,

since it contains interesting contrasting features: (1) the Pannonian Basin, which is characterized by a thin crust, a thinned lithosphere, and anomalously high values of the heat flux; (2) the Tornquist-Teisseyre zone, which is parallel to the strike of the Eastern Carpathians, and represents the contact zone of the Precambrian lithosphere of the EEP and the relatively young lithosphere of Western Europe. (3) The third feature is the Vrancea zone, one of the most active seismic zones in Europe. It is located in the junction of young tectonic structures: the Southern and Eastern Carpathians, the Transylvanian Depression and the Pre-Carpathian Depression. The Vrancea zone is characterized by a relatively narrow, almost vertical seismic generating volume of the medium, steeply falling in the north-west direction; location under the thickened continental crust of the Carpathian arc; the mismatch of the position of the hypocenters with a known tectonic suture in the Carpathian orogenic system. We used the LH records from earthquakes with epicenters in Turkey, Iran, the Mediterranean, and the Atlantic at stations belonging to the GEOFON (www.geofon.gfz-potsdam.de) seismic networks. The main task was to get information on the S-wave velocity sections of the upper mantle, measurements were made for the period interval 10-100 S. The frequency-time analysis was applied to construct the dispersion curves of Rayleigh and Love waves. The group velocity lateral distributions were performed by the 2D tomography method based on smoothness of the lateral velocity variations (Yanovskaya and Ditmar 1990). The results of the study revealed that in the rear of the Eastern Carpathians to a depth of 125 km, the positive sign anisotropy coefficient prevails compared with the anisotropy coefficient in the northeast of the Carpathian arc. Thus, on the other hand, from the TTZ under the EEP, the sign changes to negative. With depth, differences in the coefficient values are aligned.

2.36 On the issue of analysis of signals of seismic acoustic emission of near-surface sedimentary rocks in Kamchatka

Sychev V.N.¹, Cheshev M.E.¹, Mishchenko M.A.²

¹ *Research Station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek city*

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

In Kamchatka, at the observation point Karymshina, using a measuring system based on a three-component piezoceramic seismic receiver, signals of seismoacoustic emission of near-surface sedimentary rocks are monitored. At the output of the measuring system, an oscillatory acceleration in the frequency range of 0.5 - 400 Hz is registered. The analysis is based on recordings of seismic and acoustic signals from several regional earthquakes in 2019 with an energy class of $K_s > 10.0$. The probability density distribution function of such a signal is not always described by the normal distribution law, so methods of statistical physics are suitable for studying such stochastic time series, in which the properties of self-similarity of these signals are considered. The method of structural functions is used to describe the inhomogeneity of the distribution on different scales of the object.

2.37 Overview of processing and analysis methods for pulse geophysical signals

Lukovenkova O.O., Senkevich Y.I., Solodchuk A.A., Shcherbina A.O.

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS

The report discusses the processing and analysis methods for the geoacoustic and electromagnetic emission pulse signals recorded for more than 20 years at the IKIR FEB RAS geodynamic proving ground (Kamchatka Peninsula). The methods for pulse detection, extraction and recovery, pulse time-frequency analysis using adaptive

sparse approximation, structural description of a pulse shape and pulse classification are proposed.

To extract pulses from the investigated geophysical signals, the adaptive threshold scheme is used. It adjusts to the noise level of a processed signal. The extracted pulses are characterized not only by different time-frequency compositions, but also by a wide variety of waveforms. One way to solve this problem is to unify a pulse description and to classify the pulses. It allows us to reduce the variety of waveforms and to identify typical and anomalous waveforms. To analyze a time-frequency composition of the pulses, the adaptive matching pursuit algorithm is used. To identify a pulse waveform, the structural description method is proposed. It encodes pulses with special image matrices. The identified pulses classification method is considered. Since the methods for pulse structure analysis are sensitive to noise and distortions, the authors propose the method for pulse waveform recovery based on wavelet decomposition.

The geophysical signal information features determined during the analysis can be used to search for anomalies in the data, and then establish a relationship between these anomalies and earthquakes.

The work was carried out according to the Subject AAAA-A17-117080110043-4 "Dynamics of physical processes in the active zones of near space and geospheres".

2.38 Prediction of the Earth's Magnetosphere State within the Framework of SINP MSU Space Weather Analysis Center

*Myagkova I.N., Kalegaev V.V., Shirokii V.R., Barinov O.G.,
Efitorov A.O., Bobrovnikov S.Yu., Shugay Yu.S., Barinova V. O.,
Eremeev V. E., Nguyen M. D., Dolenko S.A.*

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

The state of the Earth's magnetosphere is one of the most important factors of space weather. SINP MSU Space Weather Analysis Center provides operational control and prediction of geomagnetic and radiation conditions in the near-Earth space using real-time data of

space missions and ground measurements. Internet portal of Space Monitoring Data Center of Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University (SINP MSU) provides possibilities of short- and middle-term forecasting of the flux of electrons in the outer radiation belt of the Earth and of the geomagnetic indexes in real time mode.

The forecasts are based on the parameters of the solar wind and interplanetary magnetic field measured at Lagrange point L1 within the Advanced Composition Explorer (ACE) spacecraft experiment using machine learning methods - artificial neural networks, random forest algorithm, gradient boosting.

The medium-term forecast of daily electron fluences of the Earth's outer radiation belt is carried out using the images of the Sun in the ultraviolet range. The forecast of the electron fluxes three or four days ahead became possible due to adding the predicted values of solar wind velocity at the Earth's orbit, obtained by processing images of the Sun in the UV range from AIA instrument, SDO Observatory, to the input parameters of the forecasting model.

2.39 Relaxation oscillations in energy active zones

Shevtsov B.M.

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

Relaxation oscillations in energy active natural zones are considered as causes of sudden catastrophes. A general approach to the study of dynamical systems of a fast-slow type is proposed, the relaxation oscillations of which give an adequate description of catastrophic events. The general properties of such systems are discussed using the example of solar activity and geomagnetic dynamo. The analogies between magnetic dynamos, laser systems, charge particles precipitation in the ionosphere, lightning discharges and earthquakes are considered. It is shown that these analogies are based on the presentation of various natural phenomena using dynamic systems of a fast-slow type.

2.40 Regression analysis of ionospheric disturbance factors

Mandrikova O.V., Polozov Yu.A.

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

Investigation of interactions of the near-planet space parameters, Earth magnetic field and ionospheric parameters are of interest in the tasks of solar-terrestrial physics and applied researches related to space weather. Ionosphere is one of the important factors of space weather. Functioning of modern ground- and satellite-based engineering facilities depends much on its state. The paper makes a statistical estimate and analyzes complex effect from interplanetary magnetic field parameters, solar radiation and geomagnetic data on ionospheric disturbance development. Ionospheric disturbances were estimated on the basis of the method developed by the authors. The method applies wavelet transform and adaptive thresholds. The most significant factors of ionospheric disturbance occurrences were detected during the investigation and their significance was evaluated.

2.41 Research of variations of VLF radiation during geomagnetic activity based on observations in Yakutsk for the period 2001-2019

Karimov R.R., Kozlov V.I.

*The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences*

Since 2001, continuous digital recording of the intensity of VLF radiation in the frequency range of 0.4-8.7 kHz has been carried out at the radiophysics station "Oibenko". Based on the results of statistical analysis, seasonal and cyclical distributions of various types of variations of the intensity of VLF radiation during geomagnetic activity were obtained for the period 2001-2019.

2.42 Seasonal variations of frequency parameters of Earth's natural pulsed electromagnetic field ENPEMF

Krutikov V.A., Gordeev V.F., Malyshkov S.Yu., Polivach V.I.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS

IMCES SB RAS has several stations for ongoing monitoring of temporal variations of Earth's natural electromagnetic field (ENPEMF) in very low frequency band as well as meteorological environmental parameters. In 2019 three observation points were available in Tomsk region: Kireyevsk station, Polynianka station, Tomsk airport station, the latter two are located 70 km from the first one in opposite directions along the West-East axis. Each point applied multichannel geophysical recorders (MGR-02-16) developed and manufactured in the Institute as a result of many years research of ENPEMF parameters.

At the first stage of the research all the recorders were set to receiving resonance frequency of 17.5 0.5 kHz, identical amplification coefficients and signal discrimination level. In such conditions, temporal variations of ENPEMF signals intensity show obviously visual level of similarity between all the recording points, and diurnal variations correspond to typical patterns of April diurnal variations, obtained by averaging 10 year long observations over different regions of Northern hemisphere.

In June of 2019 amplification paths parameter of recorders were altered. The recorder at Kireyevsk station retained receiving frequency of 17.5 kHz, Polynianka station recorder frequency was set to 5 kHz, airport station recorder was set to 25 kHz. Amplification coefficients were recalibrated taking into account recorders amplitude-frequency response unevenness to the same values of return difference. Alterations did not lead to considerable differences in temporal variations forms, diurnal variations correspond to average diurnal variation for June in Northern hemisphere. That situation persisted until the month of October.

In October 2019 5 kHz signal intensity sharply decreased and diurnal variation demonstrated considerable change, while diurnal variations of 17.5 kHz and 25kHz signals still corresponded to October diurnal variations in the Northern hemisphere. That situation persisted up to March 2020 and only by the end of April the signals of all the recorded frequencies started to concur again, and diurnal variations of ENPEMF

pulse flow intensity became totally identical in the first half of May 2020.

As a result of the experiment, we have recorded for the first time the seasonal change in frequency parameters of Earth's natural pulsed electromagnetic field (ENPEMF). This effect once studied thoroughly should allow to further advance a physical model of ENPEMF lithosphere component formation and would help to formulate additional stress-strained state of the rock estimation criteria for geodynamic survey methods.

Based on the mechanism of dynamoelectric conversions in rocks we can suggest, that the alterations in lower frequency component of ENPEMF in average diurnal variations could be connected to the alterations in physico-mechanical properties and lithosphere structure.

The research was carried out within state budget project No. AAAA-A17-117013050036-3 and with financial support from RFBR grant No. 18-47-700005p_a.

2.43 Some features of near-surface sedimentary rocks acoustic and electric responses during deformation by seismic waves of strong earthquakes ($M_w > 6.5$)

Mishchenko M.A.¹, Rulenko O.P.², Marapulets Yu.V.¹

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

² *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

Acoustic and electric responses of near-surface sedimentary rocks, recorded during deformation by longitudinal and transversal waves of six Kamchatka earthquakes with the magnitudes of 6.6–7.7 at the epicentral distances of 131–728 km are considered. The measurements are carried out at the Karymshina station (52.83°N, 158.13°E) of IKIR FEB RAS. The features of these responses during ground displacement, changes in its velocity and acceleration are analyzed. The analysis uses wide-band recording fragments of three components of these parameters from the Karymshina seismic station of the Kamchatka Branch of the Geophysical Survey, RAS. The station is

located 250 m from the response registration point. It was found that intensity and manifestation features of both responses depend on earthquake magnitude and location of its focus. The obtained results are of interest to study mechanoelectric properties of widespread near-surface sedimentary rocks and the geoacoustic and geoelectric responses that occur during their deformation.

2.44 Some problems with old magnetic data processing

Khomutov S.Y.¹, Lingala M.²

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

² *CSIR-National Geophysical Research Institute, Hyderabad, India*

Continues magnetic measurements at the IKIR FEB RAS observatories Magadan (MGD), Paratunka (PET), Yuzhno-Sakhalinsk (YSS), Cape Schmidt (CPS) and Khabarovsk (KHB) and CSIR-NGRI observatories Hyderabad (HYB) and Choutuppal (CPL) have been started almost since their formation. A significant part of the results obtained is presented in the WDC and INTERMAGNET databases. However, a large amount of raw data remains unprocessed and unavailable for using by scientific community. In the past few years, institutes has been making efforts to process and reprocess old magnetic data. Digital images of analog magnetograms of the Observatory Paratunka since 1967 were obtained and the possibility of their use for calculation hourly and minute values of magnetic field elements was evaluated. Old digital data that was available during the conversion from analog to digital magnetometers is processed. The main problem of processing or re-processing archived data is the lack of information (metadata) about the measurement conditions. First of all, these are the results of absolute observations, which are necessary to obtain the values of the elements of the total field vector. In this paper, some technologies are proposed that allow to use the data obtained during processing of analog magnetograms to adjust the digital magnetometers records. A significant problem is the lack or inaccuracy of information about the temperature conditions in the variation pavilion, about magnetometers or support equipment maintenance or about works in and near the pavilions. As we accumulate the experience during the

processing of old magnetic data, a "catalog" of noise and its typical images is formed. This makes it more reliable and efficient to identify and remove this noise from records.

This work was supported by projects NoAAAA-A17-117080110043-4 and MLP-6404-28(KA).

2.45 Some volcanological aspects of the comparative study of the terrestrial planets atmospheres in the coordinate system «planet perihelion - atmospheric composition - volcanism»

Delemen I.F.

Institute of Volcanology FEB RAS

Exoplanetary studies in recent years have revealed a large number of terrestrial planets with atmospheres outside the solar system. In the composition of their atmospheres, gases were released by volcanoes into the Earth's atmosphere. However, in the solar system, the composition of the atmospheres on the terrestrial planets is very different. Although modern and ancient manifestations of volcanism are known on Earth, Mercury, Venus, Mars, and on some satellites of giant planets, disputes about the relationship of the role of volcanism with other physical and chemical processes of atmospheres formation are still ongoing. Recently published astronomical research results (Krai, Davoult and Charnay, 2020) have revealed gas discs consisting of carbon, oxygen and carbon monoxide around main sequence stars. It is believed that these gas disks coexist protoplanetary with planetesimal belts (similar to our Kuiper belt). The planet is a consequence of the development of such a gas-dust and planetesimals belt. The consequence of such processes is a change in the primary composition of planetary atmospheres as the distance from the central part of the belt in which the star is formed increases. To test this hypothesis, we analyzed the trends in the average composition of terrestrial planets in the solar system in the coordinate system composition - perihelion of the planet."

2.46 Study of the lower ionosphere effects caused by Space weather events and phenomena

*Solovieva M.S.*¹, *Rozhnoi A.A.*¹, *Kopylova G.N.*², *Chebrov D.V.*²,
*Korkina G.M.*², *Budilova E.A.*², *Fedun V.*³, *Boudjada M. Y.*⁴,
*Schwingenschuh K.*⁴, *Eichelberger H. U.*⁴

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

² *Kamchatka Branch of Geophysical Survey, RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

³ *University of Sheffield, Sheffield, United Kingdom*

⁴ *Space Research Institute of AAS, Graz, Austria*

We present a short review of studies of the lower ionosphere effects caused by Space weather events and phenomena. The analysis is based on measurements from a network of Very Low and Low Frequency (VLF/LF) receivers. We analyse the electromagnetic narrow-band signals from ground-based navigational transmitters and transmitters of time service (in range 10-50 kHz) which are deployed all over the world. The propagation of subionospheric VLF/LF signals over distances of thousands of kilometers enables remote sensing over large regions of the lower ionosphere (D region) in which ionospheric modifications lead to changes in the received amplitude and phase. Presented here are the results of effects of solar eclipses, solar flares, geomagnetic storms, proton bursts and relativistic electron fluxes. The solar flares are one of the main Space weather events. As an example of solar X-ray flares influence on the lower ionosphere we consider here X9.3 flare occurred on 6 September 2017. Sudden Phase Anomalies (SPAs) were observed in all middle-latitudes paths under consideration with length from 350 km to 7000 km and different orientation. The change in effective height of reflection due to the lowering of reflecting layer during a flare was found to be about 12 km. Spectral analysis of the filtered in the range 5 sec-16 min X-ray and LF data was shown that spectra of the LF signal are very similar to spectra of X-ray. Maximum both X-ray and LF spectra was in interval 2-16 min. Effects in the lower middle-latitude ionosphere caused by magnetic storms were investigated for 24 wave paths in Europe and in the Far East of sub-ionospheric signals. It was found that magnetic storms with $-150 < \text{Dst} < -100$ nT do not influence considerably on variations of the VLF/LF signals. In middle latitude, effects in VLF/LF signals during the recovery stage of magnetic storms (post storm effects) are the

most important. The anomalies can be observed during several days, up to week or more. To examine the sensitivity of VLF/LF signals in the middle-latitude paths to the relativistic electron fluxes ($> 2\text{MeV}$) and proton bursts (0.6-2.4 MeV) the correlation method was applied to the period of 2012. Data series of daily maximum characteristics recorded by satellite the GOES were used for cross-covariance functions calculation. Correlation with outer-zone particles fluxes was found for almost half of the paths under analysis. Correlation with particle fluxes was about 40 % in the vicinity of the events. As an example of the response of the lower ionosphere during the total solar eclipse we consider here the case of eclipse on 20 March 2015 in North Europe. In total 22 paths have been investigated. The paths crossed areas of obscuration from 40 to 100

2.47 Temporal regularities of changing magnetic field generation modes in the model of the $\alpha\Omega$ -dynamo

Godomskaya A.N.¹, Sheremetyeva O.V.²

¹ *Municipal Budgetary Institution for Supplementary Education
«Center «Luch»»*

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

The dynamic model of the $\alpha\Omega$ -dynamo is considered under the assumption of axial symmetry of the liquid core velocity field and magnetic field. The velocity field is zero at the inner and outer boundaries of the spherical shell of the liquid core. The magnetic permeability of the inner and the outer core is the same, the medium outside the core is not conductive. The α -effect is antisymmetric relative to the equator, therefore, we take the scalar parameterization of the α -effect in the form of the function $\alpha(r, \theta) = \alpha_0 a(r) \cos \theta$, where the radial component $a(r) = r$, the coefficient $\alpha_0 > 0$ determines the intensity of the α -effect. In this model, the intensity change of the α -generator is considered as a result of the higher modes synchronization of the velocity field and the magnetic field and is regulated by the function $Z(t)$ with the exponentially power kernel

$J(t)$. The choice of the exponent and the scale coefficient of the kernel determine its temporal characteristics: waiting time and influence time. The question of changing the modes of magnetic field generation depending on the temporal characteristics of the function's kernel is under the investigation.

2.48 The electrical structure of eruptive volcanic clouds

Uvarov V.N.¹, Akbashev R.R.², Cherneva N.V.¹, Firstov P.P.²

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

² *Kamchatka Branch of the Geophysical Survey, Russian Academy of
Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006 Russia*

It is shown that the data of measurements of the electrostatic field of the atmosphere and wind speed make it possible to determine the characteristics of compact regions of increased charge density (volcanic globule) that form this field their charge and extent parameter. A model of the electrostatic field of the atmosphere formed by several volcanic globules with various charge and extent parameters has been developed. An algorithm and program for restoring the charges structure of the electrostatic field of the atmosphere according to the registration of a daylight surface fluxmeter have been developed. The parameters of volcanic globules were determined and the field was approximated using field measurements of several volcanic eruptions. The conclusion is made about the possibility of restoring the history of the eruption based on the use of the proposed model.

2.49 The influence of geomagnetic activity on hemodynamics in young men - Yakuts

Kozlov V.I.¹, Stepanova G.K.², Ustinova M.V.²

¹ *Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

² *Institute of Medicine of the North-Eastern Federal University*

In the northern latitudes, adverse environmental factors are combined with changes due to new technologies and increase the number of people with disharmonious physical development and functional deviations in the Russian North and among the Inuit of Alaska, Canada and Greenland. The Earth's magnetic field serves as protection against the solar wind, but part of the charged particles and the associated magnetic disturbances are able to penetrate the Earth's magnetosphere. The penetration of charged particles of the solar wind occurs mainly at high latitudes and the energy of these particles leads to changes in the ionosphere and atmosphere. Indicators of the human cardiovascular system change under the influence of factors of terrestrial and space weather. Significant variability of the amplitudes and even signs of the detected effects is due to their dependence on the current state of both the person himself and the environmental conditions, which does not currently allow us to build a fairly complete consistent model of the reaction of the human body to a complex of factors of terrestrial and space weather. Note that the development of normative indicators for the temporal characteristics of fluctuations in hemodynamics of indigenous people of the Far North who have lived for more than one generation under these conditions is one of the important directions for studying heart rate variations. Practically healthy young men, mainly students of the Medical Institute of the North-Eastern Federal University (Yakutsk), aged 18-25 years (Yakuts), were examined. Monitoring was carried out in separate months of different seasons of the year for 28 years from 1983 to 2009. Changes in interannual hemodynamic parameters, such as heart rate, systolic and diastolic blood pressure, depending on the magnitude of the magnetic disturbance, changing in the eleven-year solar cycle, over these 36 years do not exceed the magnitude of interannual fluctuations. In most of the young men examined in the Asian North of Russia, heart rate variability indicators are within the mid-latitude standard. Over a 20-year observation period, students experienced a significant

increase in systolic and pulse blood pressure values, with the highest increase observed among students with a hypersthenic constitution. The observed trend of changes in hemodynamic parameters from 1983 to 2019 in young men, Yakuts, can be explained by a change in the parameters of their physique. At the same time, it was found that the impact of extreme environmental factors of the Far North - a strongly disturbed magnetic field, significant sharp fluctuations in the temperature of atmospheric air cause statistically significant reactions of hemodynamic parameters in practically healthy young Yakuts. The moderately disturbed state of the magnetic field (moderate and severe storms) did not significantly affect the functional state of the body of practically healthy young northerners. For very strong storms, September 11-15, 2005 and December 15, 2006, a significant increase in heart rate and blood pressure was observed.

3 Physics of earthquake precursors

3.1 Features of the manifestation of lunar-solar tides in the electromagnetic parameters of the active fault zones of the Tien Shan

Bataleva E.A.

Research Station RAS, Bishkek

When conducting monitoring studies in such seismically active regions as the Tien Shan, it is necessary to have an idea of the patterns of behavior of active fault zones, including how a fluid-saturated environment is affected by seismic events. Currently, in the Bishkek Geodynamic Proving Ground, the main experimental studies are aimed at studying zones of increased fracturing and fluid saturation. The geological environment as a whole, and the fracture structure, in particular, is subject to the periodic influence of lunar-solar tides, as a result of which its parameters also periodically change (electrical conductivity, fluid saturation, elasticity, etc.). In turn, variations of these parameters reflect the dynamics of geophysical fields in the upper layers of the crust. The results of the analysis of causal relationships between variations in electromagnetic parameters and lunar-solar tides are very important in solving the fundamental problem associated with the establishment of mechanisms for converting geophysical fields. A comparative analysis of the dynamics of the behavior of the parameters of the electromagnetic field and lunar-solar tides was carried out on the basis of materials obtained during experimental observations at the monitoring site of sounding in the Kochkor depression Ukok-2 (South Kochkorsky fault), stationary observation points - Ak-Suu (Issyk-Ata Fault) and Chon-Kurchak and on the monitoring profiles of the Kentor minipolygon (Shamsi-Tyunduk Fault). Based on the analysis performed, the following conclusions can be drawn: - there is a stable relationship between the anisotropy of electrical resistance, lunar-solar tidal effects and seismicity; - the maximum amplitude of the vertical component by lunar-solar tidal effects corresponds to an increase in κ , the minimum corresponds to a decrease; - the variations κ , to the gradient zones of which seismic events are attributed, are most pronounced in the upper part of the section, that is, sharp changes in the stress-strain state occur at shallow depths of not more than 10 km. As a result of the analysis of the electromagnetic parameters of the environment for the relationship with the lunar-solar tidal influences, it was found that variations of the reactive

component of electrical resistance (imaginary parts of impedances) associated with changes in capacitive and inductive characteristics of rock masses during deformation processes respond to tidal influences and deformations no less actively than variations of the active component of electrical resistance (real parts of impedances). The work was carried out as part of the implementation of the state task of the Research Station RAS on the topic AAAA-A19-119020190063-2.

3.2 Problems of operative prediction of seismic events. Sakhalin approach to solution

*Bogomolov L.M., Parovyshnyi V.A., Sokhatyuk Yu.V.,
Parovyshnyi D.V.*

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS

The research aimed to develop a method for operative prediction of seismic events has been carried out at geophysical testing sites in the southern part of Sakhalin Island. The research started on the ground of the effect of instability of natural geophysical fields (gravitational, thermal) above a natural gas deposit. The presentation shows the results of registration of the natural electric field and the geomagnetic field obtained in IMGG FEB RAS, which are relevant to two components of seismic event predictions: determining the time of the expected event (1) and the position of the epicenter (2). Determining the time of expected events by the data obtained from the comprehensive electro - and magnetometry methods appears to be possible at least 4 hours before their implementation (usually 6 -8 hours). This statement is valid when the event occurs after a period of some seismic gap lasting 10 to 12 hours. But the time of the first event only may be determined clearly if events follow each other at short intervals (less than 4 hours). The estimation of the epicenters positions based on the applied set of observations is possible in frames of the applied surveys only using the technique of azimuthal serifs from several points located at a distance of at least 200 km from each other. The main problem here is to determine the epicenter azimuth from the observation point. This azimuth can be determined with an error of nearly 15 degrees when a six-point azimuth setting of EF is used, and the channel oriented closely towards the epicenter is identified correctly. The detection procedure is successful in the most recorded episodes,

but during the activation of seismic processes the problem is solved controversially, or not solved at all. The densification of the observation network and modernization of applied monitoring tools are proper to further improvement of detectability of the epicenters coordinates of expected events.

3.3 Analysis of coupling of geomagnetic activity with the number of earthquakes in solar cycles

Karimov R.R.¹, Karimova A.R.²

¹ *The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

² *Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics*

Statistical analysis of the coupling between the number of earthquakes with magnitude greater than or equal to 5 and solar activity for the period 1996 to 2018 showed a negative correlation. The geomagnetic activity, described by Kp and Dst indices, has a maximum 9-10 days before earthquakes with magnitude greater than or equal to 5. Earthquake data was taken from the USGS Earthquake Hazard Program database for the whole World. The same character of the coupling between geomagnetic activity and earthquakes for different time samples and for different regions provide the statistical significance of the results.

3.4 Analysis of geoacoustic and electromagnetic emission signals accompanying earthquake with magnitude $M_w = 7.5$

Solodchuk A.A., Lukovenkova O.O.

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

The report is devoted to the analysis of a frequency composition and a variety of pulse waveforms of the geoacoustic emission and the

electromagnetic VLF radiation recorded on the Kamchatka Peninsula at "Karymshina" site (52.83° N, 158.13° E) during seismically quiet and active periods.

The signal preprocessing includes pulse detection and their waveforms recovery. A frequency composition is analyzed using the adaptive matching pursuit method. To study the variety of waveforms, each pulse is described by a special image matrix. Then clustering of pulses based on similarity of their waveforms is carried out. It is assumed that the geophysical system generates a limited set of pulse waveforms, and the clustering allows us to identify this set. As a result of processing, qualitative composition of the pulse geophysical signals is evaluated.

The authors analyzed the geophysical signals recorded before, during and after the earthquake with the magnitude $M_w = 7.5$ that occurred on March 25, 2020 at 02:49:21 UTC at the epicenter distance of 430 km (NEIC, <https://earthquake.usgs.gov>). The obtained estimates of the frequency composition and the set of pulse waveforms are compared with the analysis results of signal recorded during a seismically quiet period (a few days before the earthquake).

The work was carried out according to the Subject AAAA-A17-117080110043-4 "Dynamics of physical processes in the active zones of near space and geospheres".

3.5 Applying general markup knowledge to analyze ionograms of various ionosondes

Mochalov V.A., Mochalova A.V.

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

In order to improve the quality of recognition of ionograms, the use of general knowledge about the reference marking of ionograms at various points of installation of ionosondes of the same type is considered. On the basis of reference markings from two ionosondes, deep neural networks were trained to highlight reflection traces from different layers of the ionosphere. The resulting deep neural networks have been successfully applied to recognize ionograms of another type of ionosonde. The results of recognition are presented.

3.6 Gamma ray flux anomalies prior to earthquakes in Northern Tian Shan

Salikhov N.M.¹, Pak G.D.¹, Shepetov A.L.², Zukhov V.V.²

¹ *Institute of Ionosphere*

² *P.N.Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences*

A comprehensive experiment is at Tien Shan Mountain Scientific Station (N43.04351 E76.94139, 32km from Almaty city) which is aimed to search for characteristic anomalies in behavior of various geophysical phenomena in lithosphere, atmosphere and ionosphere during the periods of increased seismic activity before earthquakes. The report will provide an analysis of abnormal behavior, which was observed in gamma ray variations in subsoil rock layers (in dry well at a depth of 39m) and in the surface layer of atmosphere prior to M4.2 - 6.4 earthquakes (n=7). In Almaty city these seismic events were felt of 2 to 5 on MCK-64 scale. Note that epicenters of these earthquakes were within the Dobrovolsky radius. For measurement of the background radiation flux in our experiment it is used a pulse counting technique from a scintillation gamma detector on a NaI(Tl) scintillator crystal. Output signals of this detector are registered separately in four amplitude channels which correspond to the different ranges of radiation energy, from 30keV and up to 1500keV. The pulse count accumulation time in each measurement is 10s. Approximately 3-7 days before the M5.1 6.4 earthquakes (n=6), a similar-bay depression was revealed at the records of gamma rays within the well. A day before the mainshock the decrease has been replaced by a restoration trend to its initial level. Practically simultaneously, anomalous changes of radiation intensity were detected in the surface layer of atmosphere as well. An opposite effect was found in the case when M4.2 earthquake epicenter was located very close, at 5.3km only, to the well. It was found there an abrupt surge of gamma radiation which preceded the earthquake by 7 days, and a decreasing trend which lasted up to the mainshock. Within the well the effects of seismologic origin on the gamma radiation revealed themselves more distinctly than in near surface atmosphere. This can be explained by the fact that both the background radiation flux and temperature at the 39-40m deep level in the well do not practically change day to day and are not affected by weather precipitation and temperature, as it is observed in the near-surface atmosphere. This circumstance

makes it probable to detect even small changes of radiation within the well. In some cases together with anomalies in gamma ray variations, similar irregularities were revealed in the environmental flux of thermal neutrons, as well as ionospheric disturbances which were detectable by electromagnetic signals of VLF radio frequency range (1.5 -11.5 kHz) and by the Doppler frequency shift measurements.

3.7 Hydrogeochemical precursors of earthquakes: a review of global data

Kopylova G.N.

*Kamchatka branch of the Geophysical Survey of the Russian
Academy of Sciences*

Anomalous changes in the ion-salt and gas composition of groundwater before earthquakes with magnitudes M_w in the range of 5 - 8, discovered during long-term regular observations on self-flowing wells in seismically active regions, are considered as hydrogeochemical precursors (HGCP). Such work was carried out in Japan, Uzbekistan, Iceland, in Russia on the Kamchatka Peninsula and in other countries. Studying the spatio-temporal patterns of HGCP manifestation and their relationship with the parameters of subsequent earthquakes allows us to determine the significance of the hydrogeochemical method for predicting strong earthquakes and to consider the processes of HGCP formation in groundwater systems. In the report global data on HGCP from a unified standpoint are considered in comparison with the updated parameters of subsequent earthquakes and observation conditions. It is shown that HGCP occur mainly in the near and intermediate fields of earthquake sources, for which the ratio between the epicenter distance to observation wells and the maximum linear size of the earthquake source is from 1 to 7-8. The typical times of HGCP development before earthquakes are from less than one month to nine months. Separate examples demonstrate the process of the HGCP formation in aquifer systems of wells due to changes in the mixing conditions of ground waters with contrasting composition during the development of fissure dilatancy at the earthquake preparation. This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project 18-05-00337

3.8 Imminent estimation of earthquake hazard by regional network monitoring the near surface vertical atmospheric electrostatic field

Chen T.

State Key Laboratory of Space Weather, National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing

An imminent precursor mechanism has been presented by earthquake case studies. It is reported that when a major earthquake is forthcoming, the critical change of the crusts in the region of epicenter lead to a great number of rocks being cracked and torn microscopically, possibly some gases passages connected each other, and these passages open to the air through the soil. The special geological movement will significantly release the gases which include micro amount of isotope such as radon. In turn, these radioactive gases undergo α particle decay, then a α particle with MeV energy will nearly ionize million ion pairs, so many positive and negative particles will be departed by the vertically downward normal fair weather atmospheric electrostatic field, thermal convection and gravity force before recombination. Finally, these overdose positive and negative ions will generate a unique reverse vertical atmospheric electric field. The analytical results have been based on research that many earthquake cases have been studied carefully. A very useful method has been proposed in this paper that utilize the anomalous near the surface vertical atmospheric electrostatic field signals under fair weather condition to estimate the probability of earthquake occurrence, determine possible location of epicenter, hazard degree, the duration in which the shock may begin.

3.9 Investigation of the influence of seismic activity on the translucency coefficient of the sporadic Es layer over Kamchatka

Bogdanov V.V., Pavlov A.V.

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

Small-scale turbulization of the sporadic Es layer (tens of meters) is estimated by the translucency coefficient $\Delta f_b E_s$, and large-scale turbulization (hundreds of meters) is expressed in Es scattering. It is known that before large earthquakes with magnitudes $M > 5.0$, the formation of abnormal sporadic layers in the E region can be observed: an increase in the electron concentration and translucency coefficient at the interval from 14 to 3 days before the earthquake and a subsequent sharp decrease in the values of these parameters 1 day before the earthquake. The increase in the translucency coefficient of the Es layer is the result of an increase in small-scale turbulization of the sporadic layer, and its decrease is associated with heating of the lower layers of the ionosphere.

This paper analyzes changes in the translucency coefficient of the sporadic Es layer preceding the onset of earthquakes with a magnitude $M \geq 5.0$ that occurred in the Kamchatka region during the period 2015-2019. The prognostic efficiency of the parameter $\Delta f_b E_s$ was evaluated using the methods of A. A. Gusev and G. M. Molchan.

3.10 Mechanism of lava flow movement accompanied by a seismic mode «drumbeats» on the Kizimen volcano

Shakirova A.A.¹, Parovik R.I.², Firstov P.P.¹

*¹ Federal Research Center Unified geophysical service of the Russian
Academy of Sciences, Kamchatka branch*

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

Drumbeats mode is an unusual seismic mode consisting of volcanic earthquakes with monotonous wave forms (multiplets) that are recorded from tens of minutes to months. Due to the well-defined quasiperiod between the earthquakes and the almost stable dynamic range of magnitudes ($M < 2$), the mode is called drumbeats. This mode was recorded when individual blocks were squeezed out on the extrusive domes of andesite and dacite volcanoes of the world and occurred at a stable equilibrium state in the channel-magma system during an eruption. The drumbeats mode was recorded during the eruption of the andesite volcano Kizimen during the movement of a viscous lava flow along the volcano's slope in 2011-2012. At the same time, multiplets lasting from tens of minutes to months with the energy class $KS < 6.3$ ($KS = \lg E, j$) were registered, forming the drumbeats mode. The paper considers the possibility of explaining its mechanism based on the stick-slip effect, which is studied in the framework of the mechanical movement of a load on a spring along a surface that has falling friction. The qualitative coincidence of the results of mathematical modeling with experimental data suggests the possibility of generating a seismic mode drumbeats as a result of the movement of the lava flow along the slope with the inclusion of the stick-slip mechanism.

3.11 The internet-community response to the Mexican earthquake of February 1, 2019

Tertyshnikov A.V.

*Fryazino branch of the state budgetary institution of science V.A.
Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics*

The concept of environment includes both natural environment and its anthropogenic surroundings, which are interrelated. The social medium as an element of anthropogenic surroundings strongly affects the state of environment and is a biological indicator of its variations. Advances in social networks, internet, and artificial-intelligence technologies furnish a unique opportunity to diagnose variations in the social behavior of different groups of people on a time scale close to real for concrete seismically hazardous regions. Solution of this problem, it is necessary to regularly collect and analyze available information on characteristics associated with foreshocks. Both linguistic-search and data-analysis programs have been developed for word processing in the Internet search systems. These programs use sets of queries associated with the ontology of the processes under study. It was proposed to use Air, Crash, Health, Radioactivity, and Water as keywords that follow from an analysis of earthquake-development processes and the features of the manifestation of predictive geophysical-field disturbances. The messages found by search systems and limited by the georeferenced region under study were inserted into a table. On February 1, 2019, 16:14:12.2 UTC, in southeastern Mexico (14.86 N; 92.20 W), an earthquake ($M_w=6.6$) occurred (CHIAPAS, MEXICO). Its seismic center was in the Chiapas State in the vicinity of the Guatemala border, and its hypocenter was at a depth of 67.9 km. Earthquake shocks were pronounced in many regions of Mexico, Guatemala, El Salvador, and Belize. The day of February 2, 2019 was seismically active. The curve of variations in the sum of recurrences of enquiry words («Air», «Water», «Health») normalized to minimal maxima has been obtained for this earthquake. This graph is considered as an illustration of the sequence of the stages of development of a strong earthquake. On the eve of the earthquake the recurrence of key enquiries rapidly increases. Such an increase follows a period of seismic calm. The earthquake start is marked by two strong signals. The hypothesis of the constancy of variances for periods before and after the earthquake according to the Fisher ratio test with a significance

level of $\alpha < 0.05$ is not fulfilled, i.e., the time series under analysis is nonstationary. Therefore, in further studies, the methods of parametric statistics should be used with great caution. This is also true for testing the hypothesis of the equality of expected values of the periods under consideration. Three fragments—before and after the earthquake and the stage of its calm approximately a week after its occurrence—have morphologically been revealed in the calculated amplitudogram of the time series obtained using a sliding window 16 days wide with the aid of the fast Fourier transform. This is a visual evidence of the response of the internet community to such a disastrous event. An analysis of the activity of both regional and local networks will make it possible to refine the results of the seismic-hazard diagnostics. Estimates of the internet-community response to the catastrophic earthquake and the period of its development have been obtained for the first time.

3.12 Mid-term evaluation of seismic hazard on the Sakhalin Island using the LURR method: new results

Zakupin A.S., Boginskaya N.V.

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

A number of interesting results have been obtained during the last few years on Sakhalin island by the scientists of the Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS (IMGG FEB RAS) in the field of medium-term seismic hazard assessments for earthquakes with $MW > 5.5$. LURR (load/unload response ratio) calculations for the period from 1988 to 2019 revealed anomalies in 6 areas of the island, i.e. precursors of earthquakes. In this paper, a retrospective analysis of the seismic regime of the central part of the Sakhalin island in the period 1997-2005 using the LURR method is carried out. Calculations for this part of the island for the specified period were not previously performed due to insufficient data in the calculated sample of events. This paper uses additional information from two independent catalogues. Seismicity was studied before the Ulegorsk earthquake on August 4, 2000. ($MW = 6.7$), which has so far been listed as a missed target in a series of 7 forecast estimates of Sakhalin earthquakes with a magnitude

greater than 5.5. The results of calculations of the LURR parameter for the "Regional catalog of Sakhalin island earthquakes, 1905-2005" and the catalog of the Geophysical Survey of Federal Research Center of Russian Academy of Science (GS FRC RAS) indicated the existence of a zone in the Central part of Sakhalin with an anomaly in February 2000, which was a precursor for the Ulegorsk earthquake (August 2000). In addition, it is shown that the "danger zones" in the space for the Uang and Onor earthquakes (their epicenters are adjacent to the Ulegorsk settlement zone) are determined according to the IMGG FEB RAS catalog (filling period 2006-2016) with worse accuracy (deviations up to 1) than when using the catalog of the GS FRC RAS. A successful retrospective calculation of the LURR parameter before the Ulegorsk earthquake can be added to the total number of medium-term seismic hazard estimates on the Sakhalin island by this method. Over the past thirty years, 6 such predictive estimates have been made for earthquakes with a magnitude greater than 5.5 (the lower limit set by the authors for Sakhalin in the LURR method) (including the operational forecast of the Onor earthquake in 2016), despite the fact that 7 real events meeting this condition occurred. Another successful LURR forecast for the Krillon earthquake ($M_w = 5.0$) in real time was made in 2017, but it is out of the general statistics of Sakhalin earthquake forecasts because the magnitude was actually less than the expected value. Presently, the results obtained by the LURR method, in our opinion, have no analogues among other methods in terms of the effectiveness of the obtained estimates. The method will undoubtedly be in demand for medium-term seismic hazard assessments on the Sakhalin island in the future.

3.13 New data on the possibility of a strong earthquake in the Kamchatka region according to monitoring of subsoil radon

Firstov P.P.¹, Makarov E.O.^{1,2}

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

² *Vitus Bering Kamchatka State University*

Since 2000, a network of monitoring points for subsoil radon (SRn) has been operating on the Kamchatka Peninsula in order to search for precursors of strong earthquakes. At the Paratunka reference point (PRTR), one of the sensors in the moisture saturation zone is installed in an area with increased strain sensitivity to changes in the stress-strain state of the geoenvironment. The second SRn sensor, the data of which was used in this work, is located in the area of the NIS-1 research well in the aeration zone (INSR point). Observation points are located in various geostructural elements of South Kamchatka, at a distance of 27 km from each other. The behavior of the dynamics of the volume activity of radon (VA Rn) over a long period for both sensors suggests that there is a definite relationship between the variations of VA Rn and strong earthquakes with a magnitude of $M > 7.5$ in the northwestern edge of the Pacific Ocean. To construct a series of VA Rn and compare it with the seismicity of the specified region, the initial data with a sampling of 10-30 min were subjected to barocompensation, and then they were decimated in half-day intervals, followed by smoothing with a moving average in a five-day window in order to filter the high-frequency component. For a more reliable identification of precursors of strong earthquakes, the seasonal annual component was subtracted from the obtained time series of VA Rn. The course of the obtained curve was compared with the most powerful earthquakes in the northwestern margin of the Pacific Ocean. In the PRTR point in the zone of full moisture saturation, three cases of occurrence of precursors lasting from 1 year to 3 years were identified in the form of an uptrend followed by a decrease in VA Rn before earthquakes with $M > 7.5$ with epicenters at a distance of less than 1000 km. Elements of a similar behavior of the dynamics of VA Rn are identified in the point INSR. The linear dependences approximating the VA Rn trends turned out to be very close, which indicates a uniform process that arises in the region of the observation point before strong

earthquakes. Currently, in the dynamics of VA Rn at both points, the three-year uptrend has been replaced by a decrease, and in paragraph PRTR the values of VA Rn have reached the minimum values for the entire observation period. This suggests that in the area of the Kamchatka Peninsula at a distance of up to 500 km from the PRTR point until February 2021, an earthquake with M 7.5 is most likely to be expected. This work was partially supported by the RFBR project No. 20-05-00493.

3.14 Power regularities in the sequences of the statistically related events

Sheremetyeva O.V.

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

The regularities in the statistically related events sequences are investigated based on the model of relaxation processes, which are described by the Poisson fractal process. The parameters of the Mittag-Leffler function to approximate the statistical laws are defined.

3.15 Quantum entanglement of protons in hydrogen bonds of the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere is suggested to give rise to an earthquake prediction

Kuznetsov V.V

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

Quantum entanglement of protons in hydrogen bonds at lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere appears as phenomena called quakes (shaking). An earthquake as its foreshocks are quakes.

Indistinguishably small in the lithosphere the foreshocks are often clearly observable in hydrosphere, atmosphere and biosphere. Manifesting as lights and sounds in atmosphere and oceans, changes in atmospheric electric and magnetic fields, protein quakes in biosphere and so on, the earthquake precursors are obviously discussed for short-term forecasting.

3.16 Responses to the preparation of strong Kamchatka earthquakes in the lithosphere–atmosphere–ionosphere system, based on new data from integrated ground and ionospheric monitoring

Bogdanov V.V.¹, Gavrilov V.A.², Pulinets S.A.³, Uzunov D.P.⁴

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

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

³ *Institute of Space Research RAS, Russia*

⁴ *Chapman University, Orange, USA*

The experience of short-term forecasting of Kamchatka earthquakes based on complex well measurements at the Petropavlovsk-Kamchatsky geodynamic polygon (PGP) shows that, as a rule, the preparation of strong Kamchatka earthquakes is fairly reliable in the medium-term time scale (months or years before the earthquake). However the determination of the stage beginning immediately preceding an earthquake (weeks or days before the main event) is a very difficult task.

At present time, the solution of this problem is largely associated with the involvement in the preparation of forecast conclusions of data from continuous monitoring of the ionosphere, carried out by ground-based means of vertical radiosonding and measurements of total electronic content (TEC) using the global navigation satellite system GLONASS and GPS. This is due to the fact that significant changes in a number of ionospheric parameters occur mainly 1-5 days before the Kamchatka earthquakes. The results of the comparison of the data of daily monitoring of the ionosphere, including information on TEC, with the data integrated downhole measurements showed a

rather high correlation of occurrence of anomalies in the ionosphere before strong earthquakes with changes in the complex parameters in borehole measurements. As one example, the report presents the results of ionospheric and borehole monitoring obtained in the time neighborhood of the strong ($M_W = 7.7$) the earthquake that occurred on March 25, 2020 in the area of the Northern Kurils. The results show a high correlation between changes in the specific electrical resistivity of the Geomedia in the area of the PGP with variations in the TEC and the formation of a number of other anomalies in the ionosphere a few days before the earthquake. These results indicate that it is possible to determine fairly reliably the beginning of the final stage of preparation for a strong earthquake. Currently, methods based on atmospheric parameters monitoring are used quite successfully for predictive estimates of the epicenter and magnitude of an earthquake: the method of chemical potential corrections for measurements at an altitude of 100 m, as well as data from measurements of outgoing long-wave infrared radiation (OLR) at the level of the upper edge of clouds (heights of 10 -15 km).

3.17 Search for anomalies in pulsed acoustic and electromagnetic emission flows

Senkevich Yu.I.

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

Acoustic Research Laboratory of IKIR FEB RAS searches for signal anomalies in the signal of geoaoustic emission (GAE) and electromagnetic emission (EME), which indirectly reflect the characteristics of processes occurring in the surface layer of the lithosphere and the atmosphere. GAE signals are elastic vibrations that occur during dynamic rearrangements in the structures of surface sedimentary rocks, which are characterized by low strength and high ductility. The most famous works in this field are restricted to the analysis of energy characteristics of this signals using spectral and correlation methods which did not show stable relationships with seismic events. [G. Druzhin 2017]. In the presented study, an attempt was made to consider the flows of impulses from the standpoint of

a coding theory. To encrypt each pulse in a stream, its pattern is describe by the ratio of values of local extrema between each other according to the rules: if $x_i > x_j$, $j = 1, \dots, N$, then the result of the comparison is 1, otherwise it is 0, where x_i is a set of local extrema belonging to a concrete pulse. Based on the comparison results, a square binary matrix of amplitude relations is formed. To take into account the phase relations inside the pulse, time intervals between its local extremums are measured. Based on the comparison results, a square matrix is also formed. Matrix have of redundant information, because they are skew-symmetric. Zeroing out the redundant elements, we turn the first matrix into a upper-triangular one and the second one into a lower-triangular. Adding an additional zero row and a column to the second matrix we obtain equal-sized matrices. When putting together the both matrices, we get a resultant binary matrix, a template which contains the information on amplitude-phase relations inside the pulse and fully characterizes the structural morphology of its pattern. Then, at the given stage of analysis, we search for matrix templates which, according to the similarity criterion constructed by the value of intersection of matrix element sets, are structured into clusters. In each of the generated clusters, a template matrix closest to the cluster center is designated by a symbol, and a combination of selected symbols makes up an alphabet for the period of observations. The initial signal is rewritten in alphabetical symbols. An obtained sequence is considered as an encoded message. Structural-linguistic processing and analysis of messages are carried out in two directions to detect anomalies in GAE and EME pulse signals flows [Yu. I. Senkevich 2017, 2019]. The first is the assessment of changes in the alphabet symbol content and statistics. Significant changes in the alphabet indicates changes in the environment generating a signal and changes in the propagation conditions of electromagnetic waves in the near-surface layer of the atmosphere. The second direction of the analysis is carried out using entropy analysis of messages [Tsvetkov O.V. 2015]. Calculation of the relative entropy at equally spaced observation time intervals allowed us to trace the changes in distribution function for pulse activity probabilities. The estimates of conditional entropy made it possible to evaluate the relation between GAE and EME anomalies. Comparison of the detected deviations, based on the results of linguistic analysis with the Catalog of Kamchatka earthquakes, resulted in the formation of probabilistic markers of seismic events. As a result of research, it became possible to develop a methodology for

linguistic processing and analysis of GAE and EME signal pulse flows. Application of the information approach to the analysis of geophysical signals allowed us to study deeper the physical nature of their relation to seismic events, to obtain a number of new signs of changes in the medium of GAE and EME propagation. The developed algorithms for structural-linguistic processing and analysis of messages were implemented in a hardware-software complex constructed in the course of the work under the RSF grant 18-11-00087. The complex is capable of processing and analyzing the pulse signal fluxes arriving from field observation site receivers in online mode. The analysis results provide timely solutions for seismic event occurrences within the near-field zone of seismic activity in Kamchatka within the radius of 600 km from the field site for GAE and EME signal recording, Karymshino site of IKIR FEB RAS.

3.18 Study of acoustic variations during an earthquake in Iran on July 08, 2019

Riabova S.A., Spivak A.A.

Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences

A series of major earthquakes occurred in western Iran on July 8, 2019. The hypocenter of the most powerful oscillations (magnitude 5.7 - 5.9) lies at a depth of 10 km, the epicenter was located 28 km southeast of the city of Meszdede-Soleiman. The report presents the results of processing and analysis of acoustic records at significant distances from the seismic event center (more than 2700 km): Mikhnevo Geophysical Observatory (2731 km), Center for Geophysical Monitoring in Moscow of IDG RAS (2812 km), and acoustic monitoring in Zvenigorod (2832 km). The baric disturbances are identified in the form of acoustic vibrations of the infrasonic frequency range propagating in the stratospheric waveguide and caused by seismic waves arriving at the acoustic monitoring points. The energies of the acoustic source and the seismic event are estimated from the spectrum of the acoustic signal propagating in the stratospheric waveguide.

3.19 The results of the sequential application of the methods of analysis of seismic sequences LURR and SDP for the prediction of earthquakes on Sakhalin

Boginskaya N.V., Zakupin A.S.

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

In the past few years, several seismically active zones have noticeably become more active on Sakhalin [Levin et al., 2018]. Undoubtedly, this causes public concern, as they are still fresh in the recollections of the tragedy in Neftegorsk (1995, M=7.2) and Nevelsk (2007, M=6.2). Against the background of practically non-developing networks from monitoring points of a number of potentially interesting geophysical parameters (EM field, radon, groundwater level, etc.), the study of earthquake sequences remains the only tool for studying the seismic regime. A number of successful studies of the seismic regime in Sakhalin are associated with the good registration capabilities of the seismological network of the Sakhalin Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences. Such works [Zakupin, 2016; Tikhonov, 2009; Tikhonov, Zakupin, 2016] were conducted at the Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of Russian Academy of Science in the last 5-10 years based on LURR algorithms [Feng et al., 2012; Yin, 1995; Yin et al., 2001] and SDP [Malyshev, 1991]. These methods, based on the analysis of seismic catalogs, make it possible to determine the main points of transition of the seismic mode to a state that is close in readiness for dissipation of a significant part of the accumulated elastic energy, and the time to estimate peak achievement (for discharge) is comparable to medium-term estimates and sometimes takes several months. The paper discusses the results of the study of the seismic regime by LURR (Load/ Unload Response Ratio) and SDP (self-developing processes). For the five strongest earthquakes on Sakhalin island from 2004 to 2018, SDP calculations were performed in the regions of abnormal LURR values, starting from the time of their occurrence. The combined use of the two methods for predicting seismic hazard on Sakhalin improved the accuracy of determining the time of the predicted event by an order of magnitude from several years to several weeks.

3.20 Upgrade of the model of self-developing processes before strong earthquakes in the Far East Region: to overcome the singularity

Bogomolov L.M., Kamenev P.A., Zabolotin A.E.

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS

The variation of the seismic events flow (forshocks, in particular) provides the main information about Earth Crust processes before strong earthquakes (EQs), including those occurring in the Russian Far East Region. The kinetic models have been already developed to describe forshock and aftershock consequences. It is self-developing processes model that allows predictions of times of strong earthquakes (Eq) on the Sakhalin territory with the expectation period from few weeks to first months. The models describing decay of aftershock activity by Ohmori Utsu law are well known. But a fundamental problem of singularity prevents the further development and adjustment of models with a scenario of so-called blow up regime (explosive mode, growth faster than exponential). However, examples of well-known earthquakes in the Far Est region of Russia (two Simushir EQs, 2006-2007, Nevelsk EQ, 2007) have demonstrated that the seismicity activation is suspended in some days before the mainshoks. It has been demonstrated in the presentation that the negative feedback by accumulation of events amount being included to self-developing process model allows the following pattern of activity outburst. The pattern involves the interval of seismic activity rapid growth (blow up regime) followed by activity retardation and stabilization up to the time of mainshock. The model describes that a temporal dependence of activity has the inflection point, being possibly significant for predictions. The model is unified, since it describes forshock and aftershock consequences by the same kinetical equation.

3.21 Very low and low frequency signals method to study the lower ionosphere response to the lithosphere and atmosphere events

Rozhnoi A.A.¹, Solovieva M.S.¹, Kopylova G.N.², Chebrov D.V.², Korkina G.M.², Budilova E.A.², Levin B.W.³, Shevchenko G.V.³, Loskutov A.V.³, Hayakawa M.⁴, Fedun V.⁵

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

² *Kamchatka Branch of Geophysical Survey, RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

³ *Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

⁴ *Advanced Wireless Communications Research Center and Research
Station on Seismo Electromagnetics, Tokyo, Japan; University of
Electro-Communications, Tokyo, Japan*

⁵ *University of Sheffield, Sheffield, United Kingdom*

Measurements from a network of Very Low and Low Frequency (VLF/LF) receivers were used for investigation of such natural hazard events as earthquakes, volcanic eruptions, tsunamis propagation, cyclones and tropical cyclones. Our network consists of 11 receivers that give us possibility to control high seismic active regions of the Far East, Alpine - Himalayan belt and Central America. The recent development of the VLF/LF observation systems in Europe, Asia and North America can allow us to improve the accuracy and reliability of the information about properties and position in the ionosphere of perturbed region. As a case in point we consider the anomalies in the amplitude of VLF signals in connection with two strong earthquakes in Nepal (2015). It was found that the two crossing paths have shown the anomalous signal behavior during several days before the first larger earthquake. The crossing of the paths has shown good coincidence with the epicenter of earthquake. Paths which were entirely in the area of possible appearance of Data from four VLF receivers have been used to study the response of the lower ionosphere to the January 2011 Mt. Kirishima (South Japan) volcanic eruption. A major explosive eruption was preceded by several small eruptions. Perturbations of nighttime subionospheric VLF signals have been detected in all paths on the day of the first small eruption. The nighttime signal remained disturbed during the subsequent pre-eruptive and eruptive activity of Mt. Kirishima. The frequency of the maximum spectral amplitude was

found to be in the range of periods of 6-30 min, which corresponds to the periods of internal gravity waves. We investigated the lower ionosphere response driven by tsunamis caused by 2004 Sumatra, 2006 Kuril, 2011 Tohoku and 2010 Chile earthquakes. In this work we consider the tsunami triggered by the 2011 Tohoku earthquake based on data from two receiving stations. We compare our VLF data with the measurements from the Deep-ocean Assessments and Reporting of Tsunamis (DART) bottom pressure stations. In both stations during tsunami propagation signal exhibits a significant decrease in amplitude (about 10-15 db) together with phase variations of up to 40 degrees relative to the monthly averaged signal. The frequency of the maximum spectral amplitude was in the range of 8-60 min for the amplitude of the signal and in the range of 10-40 min for the phase. These periods correspond to the range of periods for internal gravity waves and they are also in compliance with the periods of sea level oscillations. The data from three stations, sited in the Russian Far East was used to study the disturbances in the lower ionosphere caused by cyclones and by tropical cyclones (typhoons in Pacific). VLF/LF signal variations during 8 typhoons have been analysed. Negative nighttime anomalies in the signal amplitude were found for 6 events. Those anomalies are observed during 1-2 days when typhoons moved inside the sensitivity zones of the subionospheric paths. Perturbations of the VLF signal observed during 2 typhoons could be caused by both the typhoons influence and seismic activity.

Author Index

- Adzhiev A.Kh., 129
Akbashev R.R., 172
Aleksandrov D.V., 146
Atutov E.B., 112
- Balabin U.V., 107
Barinova V. O., 163
Barinov O.G., 163
Barsukov A.A., 149
Bashkuev Yu.B., 112
Bataleva E.A., 135, 176
Bazarova A.S., 112
Bazarov A.V., 112
Belov A.S., 115
Bengin V.V., 157
Bobrovnikov S.Yu., 163
Bochkovsky D.A., 110, 117
Bogdanov V.V., 183, 190
Boginskaya N.V., 186, 194
Bogomolov L.M., 137, 159, 177, 195
Bogomolov V.V., 157
Borkov Yu.G., 127
Boudjada M. Y., 170
Budilova E.A., 170, 196
Budnikov P.A., 132
Bychkov V.V., 117, 125
- Chebrov D.V., 170, 196
Chen Wenjian, 147
Chen T., 110, 182
Cheremisin A.A., 110
Chernenko V.A., 147, 152
Cherneva N.V., 153, 172
Cheshev M.E., 162
Connors M., 128
- Davivenko D.V., 132
- Deichuli V.M., 118
Delemen I.F., 169
Dmitriev A.V., 129, 131
Dobynde M.I., 157
Dolenko S.A., 163
Dolgov D.B., 149
Druzhin G.I., 153
Du Lifang, 121
Dubrov M.N., 146
Dzhappuev D.D., 116, 120
- Edemskiy I.K., 124
Efitorov A.O., 163
Eichelberger H. U., 170
Em A.A., 151
Eremeev V. E., 163
- Fazliev A.Z., 118
Fedotova O.I., 158
Fedun V., 170, 196
Feshchenko L.K., 144
Fetisova N.V., 155
Firstov P.P., 153, 154, 172, 184, 188
Frolov V.L., 115
Fujinami H., 128
- Garasev I.V., 147, 151
Garipov G.K., 157
Gavrilov V.A., 190
Geppener V.V., 141
Godomskaya A.N., 171
Gordeev V.F., 166
Gorovoy S.V., 147
Gubko L.V., 152
- Hayakawa M., 196
Holzworth R.H., 49

- Holzworth R.H., 153
- Innokentiev D.E., 109
- Kalegaev V.V., 163
- Kamenev P.A., 195
- Kanonidi K.Kh., 120
- Kapustina O.V., 131
- Karimova A.R., 178
- Karimov R.R., 126, 165, 178
- Kendirbaeva J.Z., 139
- Khaerdinov M.N., 116, 120
- Khaerdinov N.S., 116, 120
- Khomutov S.Y., 145, 168
- Kiselev A.V., 124
- Klimov P.A., 157
- Kopylova G.N., 170, 181, 196
- Korkina G.M., 170, 196
- Korochentsev V.I., 151, 152
- Korsakov A.A., 113
- Kostylev D.V., 142
- Kovalev A.A., 158
- Kozlov V.I., 107, 109, 113, 126, 165, 173
- Kravtsov V.V., 146
- Krutikov V.A., 166
- Kudjaev A.U., 116, 120
- Kudrinskaya T.V., 129
- Kulkov D.S., 137
- Kumykov T.S., 120
- Kupovykh G.V., 129
- Kurbasova G., 127
- Kuznetsov V.V., 189
- Kalegaev V.V., 157
- Larionov I.A., 142, 146
- Lavrentieva N.N., 118
- Lavrentiev N.A., 118
- Levin B.W., 196
- Lidvansky A.S., 116, 120
- Lingala M., 168
- Lobacheva M.A., 153
- Lobova T.J., 152
- Loskutov A.V., 196
- Lukovenkova O.O., 162, 178
- Lyskova E.L., 160
- Makarov E.O., 154, 188
- Maletckii B.M., 124
- Malkin E.I., 153
- Malyshkov S.Yu., 166
- Mandrikova B.S., 141
- Mandrikova O.V., 145, 155, 165
- Marapulets Yu.V., 142, 167
- Marichev V.N., 110, 117
- Ma Q.M., 110
- Mikhailov Yu.M., 131
- Mikhailova G.A., 131
- Mironova I.A., 116, 133
- Mishchenko M.A., 142, 162, 167
- Mochalova A.V., 111, 138, 144, 179
- Mochalov V.A., 111, 138, 144, 179
- Myagkova I.N., 163
- Nakamura T., 128
- Nepeina K.S., 135
- Nguyen M. D., 163
- Novikov P.V., 110
- Osedlo V.O., 157
- Otsuka Y., 128
- Pak G.D., 180
- Panasyuk M.I., 157
- Papsheva S.Yu., 145
- Parovik R.I., 154, 156, 184
- Parovyshnyi D.V., 177
- Parovyshnyi V.A., 177
- Pavlov Ye.A., 113
- Pavlov A.F., 158
- Pavlov A.V., 183

- Peretjatko O.Yu., 157
 Perezhogin A.S., 148
 Petkov V.B., 116, 120
 Petrosyanc V.V., 151
 Petrova T.M., 118
 Petrov V.L., 157
 Pivnev P.P., 152
 Poddelsky I.N., 128
 Podzolko M.V., 157
 Polivach V.I., 166
 Polozov Yu.A., 139, 165
 Pulinets S.A., 132, 190

 Rakhmonov Z.R., 156
 Riabova S.A., 136, 148, 193
 Rodomanskay A.I., 145
 Romanchenko I.I., 110
 Rozanov E., 116
 Rozhnoi A.A., 170, 196
 Rulenko O.P., 140, 167

 Salikhov N.M., 180
 Sannikov K.Yu., 160
 Schwingenschuh K., 170
 Semakov N.N., 158
 Senkevich Yu.I., 191
 Senkevich Y.I., 162
 Serebrennikova S.A., 124
 Seredkin I.N., 125
 Shadrina L.P., 147
 Shakirova A.A., 184
 Shcherbina A.O., 162
 Shepetov A.L., 180
 Sheremetyeva O.V., 171, 189
 Shevchenko G.V., 196
 Shevtsov B.M., 128, 164
 Shiokawa K., 128
 Shirokii V.R., 163
 Shitov A.V., 149
 Shugay Yu.S., 163
 Sidorov D.N., 119, 124

 Sivokon V.P., 137, 157
 Smirnov S.E., 114, 131
 Sokhatyuk Yu.V., 177
 Solodchuk A.A., 162, 178
 Solovieva M.S., 170, 196
 Spivak A.A., 193
 Starodubtsev S.A., 107
 Stepanova G.K., 173
 Sulakshina O.N., 127
 Suvorova A.V., 131
 Svertilov S.I., 157
 Sycheva N.A., 159
 Sychev V.N., 137, 159, 162
 Syrovatskii S.V., 111
 Syrovatskiy S.V., 124

 Tarabukina L.D., 109
 Tarasov S.P., 152
 Tashkun S.A., 108
 Tertyschnikov A.V., 185
 Toropov A.A., 107, 126
 Tvordyy D.A., 154

 Ustinova M.V., 173
 Uvarov V.N., 151, 172
 Uzunov D.P., 132, 190

 Vesnin A.M., 119, 124
 Vodinchar G.M., 144, 150
 Volvach A., 127
 Volvach L., 127

 Wei Xue, 151

 Yakovchuk O., 133
 Yamamoto M., 128
 Yang Guotao, 121
 Yasyukevich Yu.V., 111, 119, 124
 Yasyukevich A.S., 111, 119

 Zabolotin A.E., 195

XI Международная конференция
**СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА
ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Тезисы докладов

Научный редактор: д.ф.-м.н. Марапулец Ю.В.

Ответственный редактор: к.ф.-м.н. Чернева Н.В.

Редактор: к.ф.-м.н. Ларионов И.А.

Технические редакторы: к.т.н. Мочалова А.В., к.ф.-м.н. Солодчук А.А., Ларионова А.В.

Верстка оригинала-макета: к.т.н. Мочалова А.В.

Научный комитет: Kazuo Shiokawa (Япония), Мандрикова О.В. (Россия), Xue Wei (Китай), Сивоконь В.П. (Россия), Uzunov D.P. (США), Шевцов Б.М. (Россия), Zahra Bouya (Australian), Сенкевич Ю.И. (Россия), Рахронов З.Р. (Узбекистан), Богданов В.В. (Россия), Хомутов С.Ю. (Россия), Дмитриев А.В. (Тайвань).

Издательство Института космофизических исследований и
распространения радиоволн ДВО РАН.
684034, Камчатский край, Елизовский район,
с. Паратунка, ул. Мирная, д. 7.
Тел.: 8 (41531) 33193

Подписано в печать 18.09.2020 г.
Формат 60x84/16, бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12.21. Тираж 300 экз.
Отпечатано в типографии ООО «Камчатипресс».
Заказ №КП00-004821.