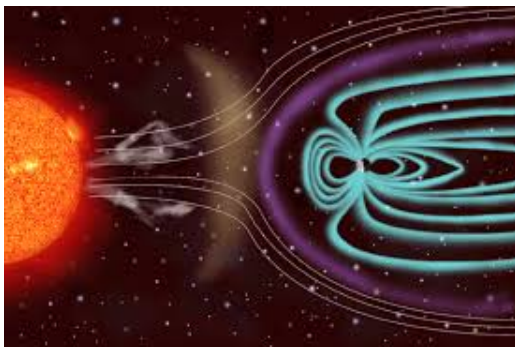


Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт космических исследований и распространения  
радиоволн  
Дальневосточного отделения Российской академии наук



## СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ И ФИЗИКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сборник тезисов докладов  
X Юбилейной международной конференции



Петропавловск-Камчатский  
2019



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

X ANNIVERSARY INTERNATIONAL CONFERENCE

v. Paratunka Kamchatsky kray

01 - 05 October 2019

COLLECTION OF THE REPORTS

Petropavlovsk-Kamchatsky  
2019

УДК 551.509.336 + 550.344.37

**Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений:** X международная конференция, с. Паратунка, Камчатский край, 01 - 05 октября 2019 г. : сб. тез. докл. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2019. – 206 с.

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

Тезисы печатаются в авторской редакции.

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

© ИКИР ДВО РАН, 2019

Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors: X International Conference, Paratunka, Kamchatka, October 01-05, 2019: Book of Abstracts. – Petropavlovsk-Kamchatkiski: IKIR FEB RAS, 2019. – 206 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.

© IKIR FEB RAS, 2019

# 1 Физика атмосферы

## **1.1 Атмосферный отклик на высыпания высокоэнергичных электронов и электронов релятивистских энергий**

*Миронова И.А., Голубенко К.С.*

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Вопрос о воздействии высыпаний высокоэнергичных электронов и электронов релятивистских энергий ( $> 30$  кэВ до нескольких МэВ) на химию и динамику средней полярной атмосферы до сих пор открыт. Для понимания атмосферных эффектов требуется точное описание скоростей ионизации атмосферы, вызванной осаждением энергичных частиц. В данном докладе будет обсуждаться достигнутый прогресс в понимании высыпаний высокоэнергичных электронов и электронов релятивистских энергий в атмосферу Земли. Отдельное внимание будет уделено процессам связанным с ионизацией атмосферы и изменениями химического состава и озона в полярной атмосфере.

## **1.2 Вариации параметров грозовой активности тропических циклонов в стадии максимального развития в августе 2016 г**

*Шабазанова С.Н.<sup>1</sup>, Тарабужкина Л.Д.<sup>2</sup>, Козлов В.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Политехнический институт (филиал) СВФУ  
и.м. М.К. Аммосова*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований и аэронавтики  
и.м. Ю.Г. Шафера СО РАН*

На Дальний Восток в августе 2016 года оказывали влияние 5 тропических циклонов, которые достигали территории России в стадии разрушающегося циклона. Из них тропические циклоны Lionrock (дата зарождения: 16.08.2016 г.) и Mindulle (дата зарождения: 17.08.2016 г.) достигли стадии тайфуна 24.08.16 (03 LT) и 19.08.16 (15 LT) соответственно со скоростью ветра порядка 36 м/с. Максимальная стадия развития тропических циклонов Omais, Conson и Chanthu сильный тропический шторм. Проанализированы

данные системы регистрации WWLLN в зонах действия тропических циклонов на территории 10 35 град. с. ш., 125 145 град. в. д. в стадиях их максимального развития. Исследованы пространственные распределения плотностей грозовых разрядов в зоне действия каждого из тропических циклонов в стадии максимального развития. Плотность распределения грозовых разрядов в радиусе действия тропических циклонов (до 1000 км), достигших стадии тайфуна, характеризуется двумя локальными максимумами. Плотность распределения грозовых разрядов в радиусе действия тропических циклонов, достигших сильного тропического шторма, характеризуется одним максимумом. Время жизни грозовых ячеек составляет в среднем 40 50 мин. Анализ формы ячеек показал, что максимальное значение эксцентриситета эллипса, описывающего форму ячейки, до 0,8 соответствует максимальному значению ветра 43 м/с, и наблюдается у коротких по времени жизни ячеек грозового очага в радиусе действия тропических циклонов. До стадии тайфун площадь грозовых ячеек росла, а далее, возросли количество ячеек, интенсивность разрядов в ячейке, а их время жизни и площадь уменьшились. Исследование выполнено при частичной 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-А17-117021450059-3).

### 1.3 Вариации уровня ионизирующей радиации в приземной атмосфере под влиянием снежного покрова

*Нагорский П.М.<sup>1</sup>, Пустовалов К.Н.<sup>1</sup>, Яковлева В.С.<sup>2</sup>,  
Смирнов С.В.<sup>1</sup>, Беляева И.В.<sup>3</sup>, Яковлев Г.А.<sup>4</sup>, Зелинский А.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

<sup>2</sup> *Томский политехнический университет*

<sup>3</sup> *Томский государственный архитектурно-строительный университет*

<sup>4</sup> *МБОУ лицей при Томский политехнический университет*

Цель работы исследование динамики полей  $\beta$ - и  $\gamma$ - излучений в приземном слое атмосферы во время установления, роста и схода снежного покрова.

Согласованный мониторинг НИ ТПУ и ИМКЭС СО РАН метеорологических, актинометрических, атмосферно-электрических величин, радиоактивности и ионизирующих излучений ведется с конца 2008 г.

В результате по данным мониторинга установлено следующее. Между высотой снежного покрова, давлением и уровнем атмосферного  $\beta$ -,  $\gamma$ - фона существуют явные зависимости. Увеличение высоты снежного покрова приводит к образованию провала в годовом ходе  $\beta$ - и  $\gamma$ - фона. Глубина провала определяется высотой снежного покрова. В периоды стабилизации высоты снежного покрова дисперсия уровней  $\beta$ -,  $\gamma$ - фона значительно возрастает. Сравнение вариаций уровней  $\beta$ -,  $\gamma$ - фона и нейтронной компоненты космических лучей с изменением высоты снежного покрова показало, что на нейтронную компоненту, в отличие от  $\beta$ -,  $\gamma$ - фона, этот фактор влияет слабо. Для  $\beta$ -,  $\gamma$ - фона изменение атмосферного давления оказывает влияние только в случае малых высот снежного покрова.

Заключение. Проведены исследования динамики полей  $\beta$ - и  $\gamma$ - излучений в приземном слое атмосферы. Установлены зависимости характеристик полей  $\beta$ - и  $\gamma$ - излучений от высоты снежного покрова и вариаций атмосферного давления.



## 1.4 Диагностика характеристик потоков авроральных электронов по данным оптических наблюдений

*Козелов Б.В., Дашкевич Ж.В., Иванов В.Е.*

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

На основе данных триангуляционных наблюдений проведена диагностика энергетических спектров высыпающих электронов, ответственных за лучистые формы полярных сияний. Параметры электронных потоков были получены по высотным профилям интенсивностей авроральных эмиссий с помощью алгоритма, основанного на ранее созданной численной модели прохождения потоков авроральных электронов в атмосфере Земли. Приведены примеры восстановленных спектров.

## 1.5 Зимние грозы на Камчатке

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

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

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

Зимние грозы на Камчатке редкое метеорологическое явление. Тепловой энергии, приносимой циклонами, не всегда достаточно для зарождения грозовой активности и необходимо наличие дополнительного источника теплового излучения в приземной атмосфере, способного вызвать грозовую активность. Для исследования природы этого явления в работе использованы временные вариации квазистатического электрического поля и метеорологических величин в obs. Паратунка ИКИР ДВО РАН и данные о солнечной, сейсмической и циклонической активностях. Показано, что дополнительным источником тепла в приземной атмосфере

Камчатки могут быть мощные солнечные вспышки, сопровождаемые усилением излучения в видимом и инфракрасном спектрах, а также инфракрасное излучение Земли, поступающее в атмосферу перед землетрясениями с магнитудой  $M > 8$ .

## **1.6 Инструментальное наблюдение активности свистящих атмосфериков на радиофизическом полигоне «Ойбенкель» ИКФИА СО РАН**

*Готовцев М.Р., Каримов Р.Р.*

*ИКФИА СО РАН*

Научные направления исследований и инструментальные наблюдения лаборатории радиоизлучений ионосферы и магнитосферы:

1. Очень низкочастотное излучение: исследование вопросов распространения ОНЧ радиоизлучений в магнитосфере и выхода к земной поверхности (свистящие атмосферики), исследование связи ОНЧ радиоизлучений с вариациями солнечной активности, параметрами солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, исследование проявлений в ОНЧ излучении сейсмических процессов и грозовой активности и изучение вопросов распространения ОНЧ излучений в волноводе "земля-ионосфера" на примере сигналов ОНЧ радиостанций и электромагнитных излучений грозовых разрядов;
2. Грозовая активность: мониторинг грозовой активности на востоке Сибири; связь грозовой активности с солнечными и космофизическими параметрами;
3. Атмосферное электричество: вариации электрического поля во время "хорошей" погоды и во время грозовой активности, связь вариации космических лучей и атмосферного электрического поля

Основные наблюдения, ведущиеся лабораторией проводятся на стационарном экспедиционном пункте, радиофизическом полигоне

Ойбенкель , основанном в 1972 г. и расположенном в тайге на удалении 25 км от г. Якутска. Энергоснабжение полигона автономное - от солнечных панелей и ветрогенератора большую часть года и дополнительно от дизель-генераторов в зимние дни. Таким образом индустриальные помехи слабо влияют на прием сигналов. Прием ОНЧ сигналов осуществляется на радиофизическом полигоне на следующие приемно-регистрационные комплексы:

1. многоканальный ОНЧ регистратор, работающий с 1972 года, частотный диапазон до 10 кГц. Прием на рамочную антенну, эффективная площадь 770 кв.м., ориентирована в направлении восток-запад;
2. пункт регистрации SSAN (сети анализа сигналов датчиков) с ноября 2017 года, частотный диапазон до 96 кГц, прием на штыревую антенну;
3. пункт регистрации AWDANET с сентября 2018 года, частотный диапазон до 20 кГц, прием также на штыревую антенну.

## **1.7 Лазерный дистанционный газоанализ атмосферы ПГС-лидарной системой**

*Романовский О.А., Романовский Я.О., Садовников С.А., Харченко О.В., Яковлев С.В.*

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

Проведена серия лабораторных экспериментов по измерению поглощения ПГС-лазерного излучения метаном в составе калиброванной молекулярной смеси  $CH_4: N_2$  в газовой кювете. Эксперименты проведены в спектральном диапазоне 3.30-3.43 мкм, в котором находится достаточно сильная полоса поглощения метана и отсутствует мешающее поглощение парами воды и углекислым газом. Представлены результаты измерения поглощения лазерного излучения на выбранных длинах волн зондирования и их сравнение с расчетными данными. С использованием разработанной ПГС-лидарной системы осуществлены приём и

обработка обратно рассеянных сигналов в диапазоне спектра 3.30-3.43 мкм для горизонтальной трассы зондирования атмосферы. На основе полученных экспериментальных данных проведены оценка коэффициентов поглощения и восстановление концентраций  $CH_4$  в исследуемом спектральном диапазоне на приземной атмосферной трассе 800 м с пространственным разрешением 100 м.

## 1.8 Анализ зависимости значений Dst-индекса, рассчитанных с помощью двух методик, от уровня солнечной и геомагнитной активности

*Мочалова А.В., Мочалов В.А., Мандрикова О.В.*

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

В работе анализируется два способа вычисления Dst-индекса:

- с помощью автоматизированного подхода, базирующегося на использовании данных приэкваториальных станций Hermapus, Kakioka, Honolulu и San Juan (алгоритм и результаты расчета приведены на сайте Киото <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/aedir/>),
- с помощью автоматизированного метода расчета, использующего вейвлет-преобразование для расчета Sq-вариаций.

Произведен анализ зависимости значений Dst-индекса, рассчитанных с помощью двух вышеописанных методик, от уровня солнечной и геомагнитной активности.

## 1.9 Моделирование спектра излучения молекулы $^{14}N^{16}O$ в диапазоне 200-400 нм

*Сулакшина О.Н., Борков Ю.Г.*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения РАН*

В работе проведено моделирование спектра излучения двухатомного стабильного радикала  $^{14}N^{16}O$  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"

## 1.10 Математическое моделирование верхних атмосферных процессов

*Медведев В.В., Еремичева В.Е., Колин А.Д.*

*Калининградский государственный технический университет*

Построена математическая модель верхней атмосферы и ионосферно-магнитосферных процессов для высот 50-500 км. Модель включает в себя набор магнито-гидродинамических уравнений (непрерывность, импульса и энергии) для электронов и ионов и нейтральных компонентов. Модель численно решает уравнения для температуры нейтрального газа ( $T_n$ ), ионов ( $T_i$ ) и электронов ( $T_e$ ), макроскопические средние ветры скоростей  $V_{nx}, V_{ny}, V_{az}$  нейтралов. В этой статье мы описываем наши расчеты для следующих компонентов:  $N_2, O, O_2, O_3, O(^1D), O(^1S), O_2(^1\Delta_g), O_2(\Sigma_g^+), N_2^{(\nu)}, O_2^{(\nu)}, H, H_2, OH, H_2, H_2O, H_2O_2, N(^4S), N(^2D), NO, NO_2, CO, CO_2, H^+, O^+, O_2^+, NO^+$ .

В уравнении теплового баланса учитываются следующие источники и стоки тепла: Нагрев фотоионизацией, поглощения солнечной радиации в Шуман-Рунге континуум  $1\ 135 \leq \lambda \leq 175$ ; химические реакции, охлаждение колебательно-вращательных полос  $CO_2, NO, O_3, OH, CO$  в 1.27 мк  $O_2$  и 63 мк  $O(^1D)$ ; молекулярной теплопроводности; нагрев и охлаждение за счет суточного сжатия и расширения атмосферы. Для функции  $K_h^{(z)}$ , которая является вихревой теплопроводностью (предполагается равным вихревого коэффициента диффузии), используется аналитическая аппроксимация. Высота  $z_m$  из и  $K_h$  максимума ( $K_h^{max}$ ) варьировался в диапазоне 90-110 км, со значением ( $K_h^{max}$ ) от  $10^5$  до  $2 \cdot 10^7$  см<sup>2</sup>/с.

Верхние граничные условия для температуры заданы в виде нулевых градиентов на высоте 500 км, а нижние граничные условия в виде нулевого потока на высоте 50 км. Основным входным параметром модели являются: коэффициенты химических реакций, коэффициент турбулентной диффузии, сечения, поглощения и иони-

зации, поток солнечной EUX. Мы провели ряд вычислений с использованием различных высотных профилей коэффициента турбулентной диффузии с целью изучения одновременного действия на теплопроводность и диффузию. Аналитическая модель высотного распределения  $[NO]$  и  $[N]$ , получена на численных результатах и зависит от основных атмосферных параметров плотности  $N_2$  и  $O_2$  и нейтральной температуры газа. Распределение по высоте плотности  $[N_e]$  было получено из выражения для  $NO$ . Полученные аналитические выражения для  $NO$  и  $[N_e]$  легко объясняют зимние превышения  $NO$  и  $[N_e]$  над летними значениями и зимнюю аномалию в ионосфере D-области.

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

### 1.11 О связи интенсивности выпадающих жидких осадков с эволюцией уровня $\beta$ -, $\gamma$ - фона ионизирующей радиации в приземной атмосфере

Нагорский П.М.<sup>1</sup>, Яковлева В.С.<sup>2</sup>, Пустовалов К.Н.<sup>1</sup>,  
Смирнов С.В.<sup>1</sup>, Яковлев Г.А.<sup>3</sup>, Беляева И.В.<sup>4</sup>, Зелинский А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

<sup>2</sup> *Томский политехнический университет*

<sup>3</sup> *МБОУ лицей при Томский политехнический университет*

<sup>4</sup> *Томский государственный архитектурно-строительный университет*

Почвенные радиоактивные газы и атмосферные радионуклиды являются отличными трассерами различных атмосферных и геофизических процессов.

Цель работы - оценка интенсивности жидких атмосферных осадков с помощью радиационных маркеров, в качестве которых использована величина аномального всплеска мощности дозы  $\gamma$ -излучения и плотность потока  $\beta$ -излучения.

Проанализированы зависимости мощности дозы  $\gamma$ -излучения и плотности потока  $\beta$ -излучения от высоты дождевых облаков, плотности и турбулентности атмосферы. При моделировании учитывались пространственная (в вертикальном направлении) и временная динамика мощности дозы -излучения, формируемая короткоживущими дочерними продуктами распада радона и торона в приземной атмосфере, осаждаемыми при выпадения осадков.

В результате оценки вкладов отдельных атмосферных радионуклидов в суммарную мощность дозы, были определены радионуклиды, вносящие основной вклад в суммарный  $\gamma$ -фон. Произведено сравнение рассчитанных значений радиационного фона и динамики интенсивности осадков с экспериментальными данными. Получено хорошее соответствие расчетных и экспериментальных результатов.

## 1.12 Об аномалиях температуры воздуха перед сильными землетрясениями

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

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

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

Детально исследованы суточные вариации электрических (квазистатического электрического поля и электропроводности), метеорологических (температура, давление, относительная влажность атмосферы и скорость ветра) величин и потоков уходящего от земли инфракрасного излучения, измеренных одновременно перед сильными Курильскими землетрясениями: 15 ноября 2006 г.,  $M = 8.3$ ; 13 января 2007 г.,  $M = 8.1$ ; 30 января 2016 г.,  $M = 7.2$ . Получено, что в течение 6 – 7 дней до момента землетрясений

наблюдался последовательно аномальный рост температуры, вопреки отрицательному регулярному тренду в эти зимние месяцы. Показано, что потоки излучения на уровне земли, измеренные на спутниках над эпицентром землетрясений и над обсерваторией, совпадают между собой и по величине, и по характеру изменения их во времени. Измеренные величины температуры в обсерватории и оцененные температуры по результатам спутниковых наблюдений на уровне земли различаются по величине, но совпадают между собой по характеру изменения во времени. Обнаруженный рост температуры, вопреки отрицательному регулярному тренду в это время года, вызван включением дополнительного источника тепла, поступающего в приземную атмосферу. Этот результат в совокупности с результатами исследований вариаций различных геофизических величин перед сильными землетрясениями, ранее выполненных на Камчатке, позволил сделать вывод о том, что дополнительный источник тепла находится в земной коре.

### **1.13 Орографический эффект при наблюдении космических лучей**

*Балабин Ю.В.*

*Полярный геофизический институт, Апатиты*

Баксанский нейтронный монитор (НМ) установлен на Баксанской нейтронной обсерватории на Северном Кавказе, расположенной на дне Баксанского ущелья на высоте около 1700 м над у.м. Координаты расположения НМ следующие: 43° 16' 22.81" N и 42° 41' 06.04" E. Поток космических лучей, регистрируемый на поверхности земли, зависит от количества вещества, которые проходят частицы от самых верхних слоев атмосферы до прибора. Для атмосферы суммарное количество вещества пропорционально давлению. Поэтому на станции космических лучей помимо данных потока космических лучей производится запись давления, при этом периодичность записи показаний датчика давления составляет 1 мин, как и космических лучей. Анализ многолетних барометрических данных показал, что на станции Баксан часто наблюдается суточная вариация давления, связанная с особенностями местности. Обычно локальные условия (ветер, локальный орографический эффект), создают вариации давления,



которые не проявляются в космических лучах, поскольку не приводят к изменению толщины атмосферы, а являются эффектом приземного слоя. Обнаруженная барометрическая вариация, хоть и не слишком велика (около 1 мб), синхронно наблюдается и в космических лучах. Здесь НМ выступает как детектор количества вещества в атмосфере и показывает, что изменения давления происходят не из-за динамических причин (эффект Бернулли), а реально изменяется вся толща атмосферы над НМ. Следовательно, данный орографический эффект захватывает значительную часть тропосферы, вызывая изменение толщи атмосферы над НМ. На других НМ такой вариации давления не наблюдается.

## **1.14 Отражение сейсмических и солнечных неоднородностей в гидрогеологических полях Кыргызстана**

*Кендирбаева Дж.Ж.*

*Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики*

Одним из перспективных регионов для прогноза землетрясений является Кыргызский Тянь-Шань, где выделена глубинная неоднородность, с которой связаны блоки земной коры, отличающиеся по мощности (от 20 до 40 км), плотности (2,75-2,85 г/см<sup>3</sup>) и вещественному составу. С учетом этого, в Кыргызстане с 1979 года действует гидрогеосейсмологическая сеть, состоящая из 8 скважин с глубинами от 125 до 1500 м. Основой для анализа гидрогеологических материалов для решения задач приняты теория пульсирующей земли и теория отражения, а также многофакторность гидрогеологических полей. Выделены в режиме наблюдаемых вод два типа перестройки- закономерный и случайный. Первый обязан климатическим и сезонным условиям, второй в первом приближении периодам до, во время и после реализации землетрясений, но аномалии не повторяются от одного подземного толчка к другому. Для объективности обоснования их в качестве источника учитываются морфологические признаки структур, особенно глубинных разломов, представленных разнонаправленной сетью тектонических блоков. Из некоторых выходят одиночные источники, а иногда в виде аazonальных гидрогеологических линий, у которых физико-химические показатели, характеризуются экзотическим набором.

Так, параметры Тескейской гидротермальной линии, циркулирующие практически в идентичных геологических образованиях, изменяются с запада на восток- температура от 320 С до 50-560 С, рН- от 7,8 до 8,8, а окислительно-восстановительные условия (mВ)- от окислительной до восстановительной. Выяснилось, что их индифферентность к стратиграфической принадлежности и литолого-геохимической приуроченности водовмещающей среды, находит отражение в причинноследственной связи с характером и интенсивностью неотектонических движений: они, находясь длительное геологическое время в условиях устойчивого растяжения, достигли на востоке наибольшего размаха, где сосредоточены эпицентры подземных толчков с  $K \geq 12-14$ , именно в районах естественных выходов гидротерм с температурой  $\geq 500$  С, что на западе меняется от 20 до 36-370 С, причем здесь преобладают слабые сейсмические толчки. Это определенные закономерности об обнаружении пространственной взаимосвязи, но таковые имеют место и в вертикальном разрезе, т.е. по многочисленным данным, полученным в результате гидрогеологического опробования скважин с глубинами до 5-6 км, пробуренных на нефть, газ и термальные воды. Для температуры, рН и Eh, а также концентраций ионов в гидротермах, проходящих независимо от характера водовмещающей среды, выявлены общие корни изменчивости, которые графически четко представлены ломаными кривыми, на которых наибольший приток приходится на геологические этапы, связанные с максимумом тектонической активизации. К примеру, в них фоновые значения определяемых параметров отклоняются к наибольшим порциям на границе контактов верхнеэоценовых и палеоген-неогеновых пород, когда активизированы внутри земные напряжения, приведшие к обновлению древних и появлению новых разломов в этом регионе. Участие экзогенных составляющих в этих гидровсплесках свидетельствует также обстановка взаимосвязи по числам Вольфа (W)- среднегодового индекса солнечной активности, выявленного в условиях 11-летней цикличности: по имеющимся данным, ее максимумам нередко соответствуют снижение активности землетрясений с  $MW \geq 8$ . Это подтверждено и в наших работах коэффициентами корреляции, вычисленными между температурой и расходом воды Сопу-Курган, сейсмичностью и индексом солнечной активности: так, за 2015 г.- в относительно сейсмически активной период имеют отрицательные значения (-0,3), в 2016 г.- становятся положительными (0,2), а

в 2017 г. поднимаются до 0,4, что одновременно также высок между каждым изучаемым параметром и индексом солнечной активности, но снижаясь от положительного 0,64 (2015 г.) до отрицательного через -0,12 (2016 г.), достигнув минимума -1 (2017 г.).

### **1.15 Оценка антропогенного воздействия на грозовую активность над урбанизированными территориями северо-востока Азии**

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

*ФИЦ Якутский научный центр СО РАН, Институт  
космофизических исследований и аэронавтики  
им. Ю.Г. Шафера СО РАН*

Проявление антропогенного влияния на грозовую активность может выражаться в увеличении плотности молний в местах скопления продуктов техногенного происхождения в воздухе и в появлении дополнительного недельного периода во временных вариациях. В данной работе проводится сравнительный анализ плотности грозовых разрядов в черте города (с разрешением 0,25 градуса долготы-широты) и окружающих территорий (до 0,5 градусов вокруг городской центральной ячейки). Наименьший временной срез 6 часов (по метеорологическому сроку). Наблюдения ведутся с помощью мировой многопунктовой сети World Wide Lightning Location Network (WWLLN), один из датчиков которой установлен в г. Якутск в 2009 г. Рассматриваются города в пределах 60-180 в.д., 40-80 с.ш. Выбирались города в Сибири и на Дальнем Востоке с численностью населения свыше 50 тыс. человек 57 городов. В связи с высокой плотностью населения в северо-восточной части Китая выбирались только крупные города с численностью в пределах центра свыше 400 тыс. человек 23 города. Также проводится спектральный анализ вариаций количества грозовых разрядов в каждой ячейке выделяемой площади города и прилегающих территорий. Исследование выполняется 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-А17-117021450059-3).

## 1.16 Оценка состояния ионосферы в системе оперативного анализа данных Аурога

*Полозов Ю.А.<sup>1,2</sup>, Фетисова Н.В.<sup>1</sup>*

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

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

Представлены результаты выделения ионосферных аномалий в оперативном режиме по данным ионозонда станции Паратунка, Камчатский край (ИКИР ДВО РАН). Разработанные алгоритмы реализованы в системе оперативного анализа геофизических данных Aroga (<http://lsaoperanalysis.ikir.ru:9180/lsaoperanalysis.html>) и позволяют в динамике ионосферных параметров выделять внезапные аномальные изменения различной интенсивности, а также оценивать их параметры. На примере событий 2018 г. показана эффективность работы системы и возможность ее применения в задачах прогноза космической погоды.

## 1.17 Радиационные характеристики перистых облаков: влияние ориентации кристаллов льда

*Самохвалов И.В.<sup>1</sup>, Зуев С.В.<sup>2</sup>, Брюханова В.В.<sup>1</sup>,  
Брюханов И.Д.<sup>1</sup>, Животенюк И.В.<sup>1</sup>, Пустовалов К.Н.<sup>2</sup>, Ни Е.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет*

<sup>2</sup> *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

Обсуждаются результаты комплексного эксперимента по исследованию радиационных характеристик перистых облаков, ведущегося с 2016г. Оценка ориентации кристаллических частиц в облаках производилась по данным измерения матрицы обратного рассеяния света поляризационным лидаром. Потоки солнечной радиации измерялись по стандартным методикам с помощью актинометра и пиранометра. Показано, что при определённых

метеоусловиях на высоте образования перистых облаков, кристаллики льда способны ориентироваться горизонтально, что существенно влияет на пропускание солнечной радиации.

### **1.18 Резонансное распространение лазерного излучения в верхней ионосфере**

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

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

Представлен краткий обзорный доклад по материалам исследования резонансного распространения лазерного излучения в ионосфере, возбужденной высыпаниями заряженных частиц. Обсуждаются результаты исследований и перспективы развития научного направления. Предложено решение проблемы распространения волн в случайных резонансных средах с учетом особенностей обратного рассеяния, которые могут быть использованы для дистанционного зондирования характеристик возбужденной ионосферы.

### **1.19 Резонансное рассеяние на возбужденных ионах как возможная причина регистрации мнимых аэрозольных образований в стратосфере и мезосфере**

*Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н.*

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

Представлены результаты двухчастотного (532 и 561 нм) лидарного зондирования атмосферы в области высот 25-500 км, и метод зондирования на частоте 532 нм с регистрацией сигнала на двух приемных каналах, позволяющий расширить диапазон доступных высот и получить профиль сигнала в нижней стратосфере от высоты 10-12 км. Показана возможность восстановления N<sub>h</sub>-профиля

отношения рассеяния в области высот 12-80 км и выделения сигнала молекулярного рассеяния. Обсуждается возможность выделения сигнала резонансного рассеяния и формирования мнимых аэрозольных образований в средней атмосфере, расчета спектров выпавшихся заряженных частиц.

## **1.20 Сопоставление вариаций внутренних гравитационных волн в области мезопаузы по измерениям на станции Маймага с температурными данными EOSMLS (Aura)**

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

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

Исследованы данные температуры области мезопаузы, полученные за период 2013-2018 гг. на станции Маймага (63.04 N, 129.51 E). В зимний период сезона наблюдений 2014-2015 характеристика активности внутренних гравитационных волн (ВГВ) gw имеет более низкие значения, а температура области мезопаузы превышает аналогичные значения в другие сезоны. Для сопоставления приведены спутниковые данные температурных профилей полученные EOSMLS (Aura). После выделения и вычитания вклада гравитационной составляющей из температурных профилей EOSMLS для области над станцией Маймага заметно отличие в зимней стратосфере сезона 2014-2015. В этот сезон зимняя стратосфера имеет более низкие температуры, чем в остальные сезоны, с учетом вычета вклада флуктуаций температуры обусловленных ВГВ.

## 1.21 Спектроскопические базы данных для моделирования радиационных процессов в атмосфере

*Тащкун С.А.*

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

Радиационные свойства атмосферы земли в диапазоне от микроволн до ультрафиолета определяются, в основном, спектроскопическими свойствами молекул, входящих в ее состав. Мониторинг состояния атмосферы, а также прогнозирование климатических изменений требуют все более полного и точного учета их свойств. В настоящее время основные параметры спектральных линий этих молекул собраны в спектроскопические базы данных, которые регулярно обновляются и пополняются.

В постере дан обзор как баз данных общего назначения, таких как

HITRAN Spectroscopic Database, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, USA GEISA Spectroscopic Database, Laboratoire de Meteorologie Dynamique, FRANCE Millimeter and Submillimeter Molecular Spectroscopy Catalog, Jet Propulsion Laboratory, USA The Cologne Database for Molecular Spectroscopy (CDMS), University of Cologne, GERMANY

так и специализированных, посвященных отдельным молекулам

PNNL Vapor Phase Infrared Spectral Library, Pacific Northwest National Laboratory, USA Ames Molecular Spectroscopic Data for Astrophysical and Atmospheric Studies, SETI, USA SMPO Spectroscopy and Molecular Properties of Ozone, IAO, Tomsk, Russia CDSD-296 Carbon Dioxide Spectroscopic Databank, IAO, Tomsk, Russia

Будут представлены их сравнительные характеристики и рекомендации по применению.



## 1.22 Спектроскопия импеданса в геофизических исследованиях

*Уваров В.Н.*

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

Кратко рассмотрены принципы метода спектроскопии импеданса в технике, биофизике, физической химии. Проанализированы возможности применения в геофизике с использованием естественного электромагнитного излучения КНЧ-СНЧ диапазона и качественное отличие метода в радио-геофизике КНЧ-СНЧ диапазона.

Рассмотрены возможные основные параметры анализа с учетом базовой модели ионосфера-атмосфера-литосфера, дана их физическая интерпретация и оценены интервалы осреднения при анализе. Приведены примеры диаграмм Найквиста и Боде естественного электромагнитного излучения для различных интервалов усреднения и сделаны выводы о свойствах геофизической среды распространения. Сделан вывод о перспективности использования метода в радиофизических исследованиях в геофизике.

## 1.23 Сценарии развития вариаций атмосферно-электрических величин приземной атмосферы во время сильных морозов на территории Сибири

*Козлов В.И.<sup>1</sup>, Нагорский П.М.<sup>2</sup>, Пустовалов К.Н.<sup>2</sup>,  
Торопов А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт космофизических исследований  
и аэронавтики СО РАН*

<sup>2</sup> *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

Формирование антициклонического режима погоды на территории Сибири зимой тесно связано с взаимодействием антициклонов, образующихся в Карском море и перемещающихся в южном направлении, с Сибирским антициклоном (Азиатский максимум).

Установление при этом сильных морозов, когда минимальная температура воздуха  $-40^{\circ}$  и ниже в течение 3 суток и более, характеризуется как опасное метеорологическое явление. К неблагоприятным явлениям относится образование, при значительном понижении температуры, ледяных туманов, которые ограничивают дальность видимости  $Sd$ . Цель работы исследовать во время зимних туманов в гг. Якутск и Томск эволюцию вариаций напряженности поля  $E$  при понижении температуры до экстремальных значений.

Для Якутска понижение  $T$  до  $\sim -40^{\circ}$  и ниже приводит к образованию ледяного тумана, ограничению дальности видимости. В отсутствие тумана спектр колебаний  $E$  можно разделить по периодам на три участка: горизонтальный (периоды менее 1 мин); линейного роста, обусловленный турбулентным перемешиванием, и участок, связанный с насыщением, нижняя граница которого более 10 минут. Во время ледяных туманов верхняя граница диапазона электростатических шумов (белый шум), возрастает более чем на порядок и составляет не менее 10-60 минут. Нижняя граница участка спектра, связанного с насыщением, возрастает до сотен минут. Сравнение данных Томска и Якутска показало, что при понижении  $T$ , уменьшении  $Sd$  величина напряженности электрического поля во время тумана уменьшается, а полярные электропроводности  $L_{+/-}$  возрастают. Эти изменения указывают на то, что основную роль в трансформации спектра вариаций  $E$  играет обезвоживание тропосферы, а удаление влаги из атмосферы связано, по-видимому, со спонтанной кристаллизацией, которая при  $T \sim -39 \div -41^{\circ}$  значительно ускоряется.

По данным, зарегистрированным в г. Томске, возможен иной вариант развития электрических процессов в приземном слое при понижении  $T$  до  $-20 \div -30^{\circ}$ , когда величина  $E$  возрастает, а полярные электропроводности  $L_{+/-}$  падают до минимальных значений. В обоих случаях, по-видимому, ключевая роль принадлежит процессам, регулирующим сток легких ионов на аэрозоль, что обеспечивает изменение электропроводности приземного слоя и, следовательно, напряженности электрического поля  $E$ .

Выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России, ФЦП ИР (соглашение 14.607.21.0205, уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI60718X0205).

## 1.24 Физико-химические взаимодействия в авроральной ионосфере: нестационарная модель

*Дашкевич Ж.В.<sup>1</sup>, Иванов В.Е.<sup>1</sup>, Козелов Б.В.<sup>1</sup>, Сергиенко Т.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

<sup>2</sup> *Шведский институт космической физики, Кируна, Швеция*

Процессы взаимодействия основных возбужденных и ионизированных компонент атмосферы во время электронных высыпаний описаны с помощью физико-химической модели возбужденной полярной ионосферы. Численная модель позволяет рассчитать: высотные профили концентрации ионосферных компонент N2+, O2+, O+(4S), O+(2D), O+(2P), O(1D), O(1S), N(4S), N(2D), N(2P), NO, NO+, N+, N2(A3), N2(B3), N2(W3), N2(B 3), N2(C3) и электронов в авроральной ионосфере; временную динамику концентраций ионосферных компонент; высотные профили интенсивности основных авроральных эмиссий, в том числе 427.8 нм, 557.7 нм, 630.0 нм. Входными параметрами модели являются энергетический спектр электронов на верхней границе ионосферы, концентрации нейтральных составляющих и температура атмосферы. Модель составлена на основе имеющихся литературных данных и включает в себя 56 физико-химических реакций, участвующих в перераспределении энергии высыпаящихся частиц и оказывающих влияние на концентрации перечисленных компонент. Модель ионосферы апробирована на результатах координированного ракетно-спутникового эксперимента. Достигнуто наилучшее в настоящее время согласие результатов моделирования с экспериментальными данными.

## 1.25 Цикличность солнечной активности и аварийные запуски ракет, выводящих на орбиту космические аппараты

Козлов С.И.<sup>1</sup>, Нагорский П.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт Динамики Геосфер РАН*

<sup>2</sup> *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН*

С 1957 по 2014 гг. относительное количество неудачных запусков изделий ракетно-космической техники (*PKT*)  $N$  составило  $\sim 6,4\%$ . Несмотря на общий рост надежности *PKT* в целом, исключить возникновение аварийных ситуаций при её эксплуатации, по-видимому, не удастся. Цель работы анализ частоты аварийных запусков изделий *PKT* в зависимости от фазы цикла солнечной активности (*СА*).

Создание средств *PKT* и освоение космического пространства в СССР и США развивалось практически параллельно, а между коллективами разработчиков изделий *PKT* в этих странах практически отсутствовали какие-либо контакты. До 1991 года эти страны принадлежали к различным общественно-политическим системам. Эти обстоятельства являются очень важными при поиске внешних факторов, приводящих к увеличению аварийности *PKT*: они позволяют выявить те факторы, которые определяют особенности функционирования *PKT* вне зависимости от процессов разработки *PKT*, стран и общественно-политического строя.

Для *N* РФ и США выявлены общие закономерности: рядом  $N$ , исключая начальный участок (1957-1968 гг.), присущ розовый цвет шума; показатели Хёрста практически совпадают. Отсюда следует: а) вариации  $N$  определяются законами функционирования сложных динамических систем; б)  $N$  не зависит от страны, общественно-политического строя и коллектива разработчиков *PKT*; в) *СА*ми системы являются антиперсистентными.

Неожиданным результатом является то, что  $N$  выше на ветви роста *СА*, в то время как наиболее интенсивные солнечные вспышки и возбуждаемые ими геомагнитные возмущения регистрируются на ветви спада и вблизи максимума *СА*. Предположено, что при воздействии факторов космической погоды на систему человек-машина наиболее уязвимым звеном этой системы является человек,

негативное влияние на которого факторов космической погоды по неизвестным пока причинам оказывается выше на ветви роста *С.А.*

## **1.26 Эффективный коэффициент рекомбинации в авроральной ионосфере**

*Иванов В.Е., Дашкевич Ж.В.*

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

Исследовано влияния параметров потоков авроральных электронов на эффективный коэффициент рекомбинации  $\alpha$  в ионосфере. Исследования проводились методом численного моделирования в рамках нестационарной физико-химической модели авроральной ионосферы. Показано, что в E области ионосферы величина определяется физико-химическими свойствами среды. В F1 области ионосферы эффективный коэффициент рекомбинации становится зависимым как от величины потока энергии, так и от средней энергии аврорального потока электронов.

## **1.27 Эффекты магнитной бури в вариациях атмосферного электрического поля на обсерватории «Михнево»**

*Рябова С.А.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт динамики геосфер Российской академии наук*

Временные вариации атмосферного электрического поля определяются состоянием глобальной электрической цепи. В настоящее время к основным генераторам электрических полей и токов в атмосфере Земли относят молниевые разряды в мировых центрах гроз, расположенных в центральной Америке, Африке и Азии, а также изменение токовых систем в результате взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. Солнечная активность, проявляющаяся на Земле в виде магнитных бурь и суббурь, также

может оказывать значительное влияние на величину атмосферного электрического поля. Следует отметить, что результатов исследований эффектов солнечной активности и связанных с ней геомагнитных бурь в атмосферном электричестве на высоких и средних широтах пока не достаточно много, к тому же они довольно противоречивы. В настоящей работе выполняется анализ данных инструментальных наблюдений за вариациями вертикальной компоненты атмосферного электрического поля на среднеширотной Геофизической обсерватории Михнево Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер Российской академии наук в условиях хорошей погоды. В ходе настоящих исследований установлены особенности суточного хода атмосферного электричества на обсерватории Михнево, в период магнитных бурь выявлены значительные возмущения в атмосферном электрическом поле.

## 1.28 Свистовые характеристики в периоды возмущений ионосферы

*Михайлов Ю.М.<sup>1</sup>, Капустина О.В.<sup>1</sup>, Дружин Г.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ИЗМИРАН

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

Представлены результаты наблюдений активности свистов на станции Карымшина (Камчатка) в период ноябрь-декабрь 2008г. Этот период характеризовался превышением значений foF2 и уменьшением hF2 по сравнению с обычным уровнем. Наиболее отчетливо этот эффект наблюдался в Иркутске, однако проявлялся и на Камчатке, хотя был выражен слабее. Такое событие объясняют как изменением состава термосферы, так и возникновением западной составляющей электрического поля и градиента электронной концентрации в максимуме возмущений. Последнее также связывают с изменением направления северной компоненты межпланетного магнитного поля. В обычных условиях показатель преломления ОНЧ-волн в дневных условиях выше, чем в ночных, а число свистов, напротив, ночью выше, чем днем. 18-19 декабря на Камчатке наблюдалось появление свистящих атмосфериков (СА) днем в таком же количестве, как и ночью, порядка 10 1/мин. В то же время

в периоды, следующие за максимумом изменения характеристик ионосферы (23, 24, 27, 29, 30 декабря), наблюдалось резкое возрастание количества свистов в дневное время до 50 1/мин. Возможно, что в данном случае источником свистов являются атмосферные разряды, инициируемые в тайфуне, который наблюдается вблизи сопряженной области в южном полушарии. Увеличение числа свистов связано с изменением условий захвата на силовой линии  $L=2,4$ .

Работа выполнена при поддержке РФФИ, Грант 19-05-00543.

## **1.29 Фрактально-динамическая модель накопления зарядов в грозовых облаках**

*Кумыков Т. С.*

*Институт прикладной математики и автоматизации  
КБНЦ РАН*

К природным объектам с нетривиальной фрактальной структурой относятся конвективные облака, в которых в основном развиваются грозовые процессы. Одним из важнейших электрических параметров грозовых облаков является напряженность электрического поля, который после грозового разряда ослабевает, а потом восстанавливается. Процесс восстановления нейтрализованных зарядов и соответственно электрического поля в результате грозового разряда, является предметом оживленной дискуссии многих ученых. Как известно, центральное место в явлении грозового электричества занимает проблема генерации и разделения зарядов в конвективных облаках. К настоящему времени известно около двух десятков механизмов, приводящих к генерации зарядов в грозовых облаках, которые можно разделить на две группы. Первая группа связана с элементарными процессами, протекающими в облаках: электризация в среде ионов, электризация при контакте и трении ледяных частиц, электризация при замерзании воды и ее растворов, электризация при разрушении кристаллизующихся капель и др. Вторая группа – индукционные механизмы электризации, обусловленные наличием электрического поля, происхождение которого должно быть объяснено. Сюда относятся электризация при контакте в электрическом поле, электризация при разрушении капель, соударяющихся с градинами в электрическом поле,

электризация при таянии градин и др. Ни один из этих механизмов электризации в настоящее время не может считаться доминирующим. Некоторые авторы полагают, что в грозовом облаке одновременно могут протекать несколько процессов, приводящих к электризации гидрометеоров. При этом эффективность действия того или иного механизма электризации зависит от стадии развития облака; некоторые из них действуют лишь в различных частях облака. Во всех предложенных механизмах не учитывалось, что облако представляет собой фрактальную среду со специфическими фрактально-динамическими свойствами. Учет фрактально-динамических свойств в исследовании грозового электричества позволит адекватное описание процесса накопления заряда и восстановления напряженности электрического поля. В связи с этим в данной работе предлагается фрактально-динамическая модель накопления заряда в грозовых облаках с применением аппарата дробного интегро-дифференцирования.



## 2 Геофизические поля и их взаимодействие

## **2.1 Автоматическая очистка геомагнитных вариаций от техногенных помех для расчета ULF-индекса**

*Кудин Д.В.<sup>1,2</sup>, Добровольский М.Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Геофизический центр РАН*

<sup>2</sup> *Горно-Алтайский государственный университет*

Волновой индекс ULF характеризует уровень вариаций магнитного поля Земли в диапазоне 2-7 мГц. Индекс оперативно рассчитывается и применяется при исследовании магнитосферы и космической погоды. Расчет индекса производится по данным наземных магнитных станций северного полушария. На некоторых станциях магнитные вариации регистрируются со значительными помехами техногенной природы. Зачастую, для наблюдения за магнитным полем, используются магнитометры, имеющие значительные дрейф базисной линии и сильные температурные зависимости. Работа посвящена разработке автоматизированного пакета программ, позволяющего выполнять очистку разнородных магнитных вариаций для последующего использования при расчете ULF-индекса.

## **2.2 Алгоритмы выделения параметров ионосферы в ионограммах**

*Мочалов В.А., Мочалова А.В.*

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

В работе предлагается алгоритм для распознавания в ионограммах следов отражений от различных слоев ионосферы. В основе алгоритма лежит применение глубоких нейронных сетей (ГНС). Обучение ГНС происходит на основе эталонных разметок, созданных операторами. Для распознавания следов отражений от каждого из слоев E, F1 и F2 ионосферы была обучена отдельная ГНС для каждого слоя. На основе автоматически распознанных следов отражений от слоев ионосферы осуществляется выделение параметров ионосферы с помощью предложенных в работе

алгоритмов. Анализируется точность автоматического выделения параметров ионосферы в ионограммах и пути улучшения качества автоматического анализа и интерпретации ионограмм. Показывается место полученных в работе результатов в разрабатываемой интеллектуальной системе поддержки анализа ионограмм.

### **2.3 Амплитуда суточных изменений скорости движения магнитных полюсов в спокойные дни**

*Семаков Н.Н.<sup>1,2</sup>, Ковалев А.А.<sup>2</sup>, Павлов А.Ф.<sup>1,2</sup>, Федотова О.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Новосибирский государственный университет*

<sup>2</sup> *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН*

Для ряда магнитных обсерваторий из различных регионов земного шара было сделано сопоставление параметров движения расчетных (виртуальных) магнитных полюсов. Положение магнитного полюса в каждую минуту выбранных спокойных суток вычислялось по минутным значениям склонения и наклонения и географическим координатам основного столба обсерватории. Полученные значения средних скоростей движения магнитного полюса по наблюдениям в тропических широтах существенно ниже, чем в полярных. Различие в средних и максимальных значениях скоростей движения магнитного полюса в арктических обсерваториях связано с их расположением относительно истинного северного магнитного полюса, область блужданий которого вытянута вдоль дуги большого круга, соединяющей эпицентры Канадской и Сибирской мировых магнитных аномалий.

## 2.4 Анализ вынужденных колебаний нелинейных дробных осцилляторов

*Паровик Р.И.*

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

В работе проведен анализ вынужденных колебаний нелинейного дробного осциллятора, который обладает свойством памяти или эрeditарности. Эффект памяти в динамической системе обусловлен зависимостью ее текущего состояния от конечного числа предыдущих состояний и его математическое описание дается с помощью интегро-дифференциальных уравнений или уравнений в дробных производных. Модель нелинейного дробного осциллятора представляет собой задачу Коши для нелинейного уравнения с производными дробных порядков в смысле Герасимова-Капуто и является обобщением классического нелинейного осциллятора. Порядки дробных производных связаны со свойствами среды, в которой протекает эрeditарный колебательный процесс. Однако интерес представляет исследование вопроса о взаимосвязи порядков дробных производных и характеристик колебательного процесса, например, добротностью.

Поэтому в работе с помощью амплитудно-частотных (АЧХ) и фазово-частотных характеристик (ФЧХ) вынужденных колебаний нелинейного дробного осциллятора обосновывается их связь с порядками дробных производных, которые входят в его модельное уравнение. АЧХ и ФЧХ были рассчитаны на основе явной нелокальной конечно-разностной схемы, которая была реализована в компьютерной программе. С помощью компьютерной программы была проведена визуализация результатов моделирования, были построены расчетные кривые АЧХ и ФЧХ. Было показано, с помощью компьютерного моделирования, что порядки дробных производных связаны с добротностью колебательной системы. Уменьшение старшего порядка, отвечающего за "дробную" инерцию, приводит к уменьшению добротности, а уменьшение младшего порядка, отвечающего за "дробное" трение, приводит к увеличению добротности. Поэтому мы приходим к двум механизмам управления добротностью эрeditарной колебательной системы, где порядки дробных производных играют роль управляющих параметров. Этот результат позволяет утверждать,

что в условиях вынужденных колебаний математическая модель нелинейного дробного осциллятора без трения эквивалентна классической математической модели нелинейного осциллятора с трением.

## **2.5 Анализ динамики геомагнитных возмущений в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь (по измерениям сети станций INTERMAGNET)**

*Мандрикова О.В.<sup>1</sup>, Родоманская А.И.<sup>1</sup>, Зайцев А.Н.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Россия*

Описан автоматизированный метод анализа магнитных данных и выделения геомагнитных возмущений, основанный на вейвлет-преобразовании. Параметры вычислительных алгоритмов позволяют оценивать характеристики разномасштабных особенностей в вариациях геомагнитного поля, возникающих в периоды повышения геомагнитной активности. На основе метода по данным сети наземных станций проведен анализ геомагнитных данных накануне и в периоды магнитных бурь. Выделены периоды повышения геомагнитной активности, предшествующие и сопутствующие магнитным бурям. Детально рассмотрена динамика вариации геомагнитного поля в авроральной зоне.

## 2.6 Анализ динамики космических лучей и параметров ионосферы в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь

*Мандрикова О.В.<sup>1</sup>, Полозов Ю.А.<sup>1,2</sup>, Мандрикова Б.С.<sup>3</sup>*

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

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

<sup>3</sup> *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина)*

В работе выполнен анализ данных космических лучей и ионосферных параметров в периоды экстремальных солнечных событий и магнитных бурь. Используемый подход основан на применении вейвлет-преобразования, нейронных сетей векторного квантования и регрессионных методов. Изучены особенности возникновения ионосферных возмущений и показана их корреляция с аномальными процессами в околоземном космическом пространстве. В динамике интенсивности космических лучей выделены аномальные изменения, предшествующие и сопутствующие сильным и умеренным магнитным бурям. Результаты исследования представляют интерес в задачах прогноза космической погоды.

## 2.7 Вариации амплитуды и фазы НЧ сигналов радиостанции NRK принимаемых в Якутске и Тикси в период солнечного затмения 11 августа 2018 года

*Корсаков А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р.*

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

При солнечном затмении Луна перекрывает потоки ультрафиолетового и рентгеновского излучений Солнца основных источников дневной ионизации нижней ионосферы. Электромагнитные сигналы низких и очень низких частот (НЧ: 30-300 кГц, ОНЧ: 3 - 30 кГц) особенно чувствительны к таким изменениям. Первый контакт лунной полутени состоялся 11 августа 2018 г в 8:02 UT (57,78 N 54,82 W). 0,737 наибольшая линейная фаза частного затмения (9:46 UT) зарегистрирована в районе Восточно-Сибирского моря 70,44 N 174,70 E. В г. Якутске (62,02 N, 129,70 E) и на территории Полярной геофизической обсерватории (ПГО) Тикси (71,60 N, 128,90 E) проводится регистрация ОНЧ и НЧ сигналов радионавигационных станций. Получены устойчивые суточные вариации фазы и амплитуды сигнала NRK (Исландия, 37,5 кГц, 63,9 N, 22,5 W). Протяженности радиотрасс NRK-Тикси и NRK-Якутск составляют 4800 и 5800 км соответственно. По данным регистратора Тикси максимальное повышение фазовой задержки радиосигнала NRK 11 августа относительно медианных значений 9-13 августа составило 0,419 радиан, повышение амплитуды: 2 дБ (09:41 UT). По данным регистратора Якутск повышение фазовой задержки: 0,297 радиан (09:56 UT). Проведена оценка эффективной высоты волновода Земля ионосфера. На основе бесселевых элементов затмения 11.08.2018 получены распределения отношений площадей открытой части Солнца к полной вдоль радиотрасс NRK Тикси и NRK Якутск с разрешением 200 км и временным разрешением 126 секунд. Приняв соотношение интенсивностей ионизирующего излучения ночью к дневной равным 0,01, а соотношение интенсивностей излучения короны Солнца к дневному излучению равным 0,1, методом наименьших квадратов, по данным о вариациях фазы во время затмения определен нормировочный коэффициент, связывающий изменение эффективной высоты волновода Земля-ионосфера и логарифм отношения потока солнечного излучения

во время затмения к полному потоку в дневное время. Нормировочные коэффициенты равны 4,01 км (трасса NRK-Тикси) и 1,91 км (трасса NRK-Якутск). В период максимального затенения на участке трассы NRK Тикси 80 N 107 E (09:43:48 UT, линейная фаза затмения 0,635) изменение эффективной высоты волновода Земля-ионосфера составило 2,72 км. На участке трассы NRK Якутск 75 N 114 E (09:56:24 UT, линейная фаза затмения 0,651) максимальное изменение эффективной высоты волновода составило 1,37 км.

При частичной поддержке РФФИ 18-45-140028 р-а, Министерства образования и науки Российской Федерации бюджетной темы П.16.2.1. (номер госрегистрации АААА-А17-117021450059-3).

## 2.8 Взаимодействие упругих волн со слоем льда в шельфовой зоне

*Инь Ц.<sup>1</sup>, Короченцев В.И.<sup>2</sup>, Виланд А.В.<sup>3</sup>, Шабанов Г.А.<sup>4</sup>,  
Корчака А.В.<sup>2</sup>, Сошина Н.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Харбинский инженерный университет, Колледж подводной акустической техники, Китай*

<sup>2</sup> *Дальневосточный федеральный университет, Россия*

<sup>3</sup> *Дальневосточное территориальное управление Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Россия*

<sup>4</sup> *Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, Россия*

Разработана теоретическая модель распространения упругих волн в слое льда произвольных волновых размеров от 0,5 до 20 единиц. Расчеты основаны на теории функции Грина для уравнения Гельмгольца. Введены специальные направленные функции Грина, позволяющие провести анализ волновых полей в замкнутых объемах, ограниченных различными по углу импедансами. Разработанные алгоритмы расчета позволяют провести анализ полей на компьютерах средней мощности в течение 1-5 минут. Предложенные методы позволяют оценить взаимодействие упругих волн с различными импедансами в морских бухтах, озерах и других объемах с ограниченными волновыми размерами.



## 2.9 Взаимодействие электромагнитных волн в слое льда

*Сюз В.<sup>1</sup>, Короченцев В.И.<sup>2</sup>, Эм А.А.<sup>2</sup>, Шпак Ю.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Харбинский инженерный университет, Китай*

<sup>2</sup> *Дальневосточный федеральный университет, Россия*

Разработана математическая модель распространения сферических волн вблизи слоя льда. Предложенная математическая модель основана на направленных функциях Грина с граничными условиями неоднородными по углу. С помощью предложенной модели проведен анализ поля сферического источника, излучающего электромагнитные волны в двух случаях: источник находится в воздухе и излучает волны вдоль поверхности морского льда; источник находится в слое льда и излучает волны. Приведены результаты моделирования при разных частотах и разной толщине льда. Показано, что внутри льда увеличивается амплитуда волны приблизительно в два раза по сравнению со свободным пространством. Амплитуда электромагнитной волны, распространяющаяся вдоль поверхности морского льда, увеличивается на 50% по сравнению с волной распространяющейся в свободном пространстве.

## 2.10 Выделение и структурный анализ помех в данных геомагнитного поля

*Патшева С.Ю., Мандрикова О.В., Хомутов С.Ю.*

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

Предложен способ выделения помех в геомагнитных данных, основанный на вейвлет-преобразовании и пороговых функциях. Эффективность способа показана на примере анализа результатов измерений с помощью вариационного феррозондового магнитометра FGE-DTU (обсерватория Паратунка, Камчатский край, ИКИР ДВО РАН). Рассмотрены некоторые виды помех от естественных источников, например, при землетрясениях на Камчатке, и техногенных помех, связанных с работой ионозонда. Детально

изучена частотно-временная структура помех в вариациях Z- и D-составляющих магнитного поля (частота измерений 2 Гц). С целью автоматизации предлагаемого метода для рассмотренного вида помех определены информативные масштабные уровни вейвлет-преобразования и оценены параметры пороговых функций.

## **2.11 Диагностика геомагнитно-индуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач**

*Сивоконь В.П., Чернева Н.В., Малкин Е.И.*

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

Актуальность защиты энергетической инфраструктуры от геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) в полной мере проявилась в директиве президента США Executive Order on Coordinating National Resilience to Electromagnetic Pulses подписанной 26 марта 2019 года. Действенность защиты от ГИТ зависит, в том числе, от эффективности их диагностики в электроэнергетических системах. Наличие геомагнитно-индуцированных токов можно обнаружить прямыми измерениями или по косвенным признакам. В Институте космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН используется второй подход. На примере локальной энергетической сети Камчатки показана эволюция и результаты применения этого способа диагностики геомагнитно-индуцированных токов. Работа выполнена при поддержке РФФИ, Грант 19-05-00543.

## 2.12 Динамо эффекты в гравитации

*Шевцов Б.М.*

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

Рассматриваются нелинейные осцилляции в динамической системе гравитационных и материальных полей. Обсуждаются проблемы сингулярностей и каустик в гравитации, расширения и барионной асимметрии Вселенной, волнового запрета на коллапс в Черные дыры и несостоятельности концепции Большого взрыва. Предполагается, что эффекты расширения Вселенной создаются обратными коллапсу движениями материи. Эта гипотеза используется для обоснования вихревых и фрактальных структур в распределении материи. Предлагается система уравнений для описания турбулентных и флуктуационных процессов в гравитационных и материальных полях. Сделаны оценки диффузионных параметров такой системы в сопоставлении с фундаментальными мировыми константами.

## 2.13 Искусственные магнитоориентированные неоднородности ионосферы и эффективность радиотехнических систем

*Сивожонь В.П.*

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

Неоднородности электронной концентрации ионосферы, как правило, снижают эффективность радиотехнических систем. Это в полной мере относится и к специфической форме неоднородностей магнитоориентированным. Однако, они могут быть использованы для решения ряда прикладных задач, например возбуждения ионосферного волновода. Наблюдения за формированием искусственных магнитоориентированных неоднородностей, показали вариации интенсивности рассеянной на них нагревной волны, что может сказаться на эффективности возбуждения ионосферного волновода. Для уменьшения этого эффекта предлагается использовать специфические модуляционные схемы нагревной волны.

## 2.14 Исследование изменений геодинамических, гелиогеофизических и климатических характеристик Крыма с помощью измерительных средств геодинамического полигона «Симеиз-Кацивели»

*Вольвач А.Е.<sup>1</sup>, Курбасова Г.С.<sup>1</sup>, Канониди К.Х.<sup>2</sup>,  
Боборыкина О.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБУН Крымская астрофизическая обсерватория РАН*

<sup>2</sup> *ФГБУН Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова*

<sup>3</sup> *ФГБУН Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН*

Горный район Крыма является зоной опасных геодинамических процессов (землетрясений, оползней, обвалов, интенсивных карстовых процессов и др.). Эпицентры землетрясений сосредоточены основным образом в Черном море у юго-восточного побережья - между Ялтой и Гурзуфом, а также на юго-западе от Севастополя. Созданный в Крыму геодинамический полигон Симеиз-Кацивели составил основу наземных и космических временных рядов наблюдений климатических и геофизических характеристик Крыма, особенно его Горной части. Применен принципиально новый подход - геодинамический полигон Симеиз-Кацивели включает три взаимодополняющих друг-друга технологии наблюдений: РСДБ, лазерную локацию ИСЗ и глобальную навигационную спутниковую систему. По данным геодинамических наблюдений станциями полигона определено с точностью в несколько миллиметров горизонтальную и вертикальную составляющую скорости движения Крымского полуострова и Евразийской тектонической плиты. Для обеспечения мониторинга масштабных тектонических процессов и контроля быстрых деформаций в локальных сейсмо- и оползнеопасных зонах Крымского полуострова, по результатам геодинамических измерений определена локальная скорость и направление движения побережья Южного берега Крыма в районе населенных пунктов Симеиз - Кацивели. Анализ климатических характеристик полуострова Крым, проведенный по среднесуточным и среднегодовым спутниковым измерениям климатических параметров дал возможность получить информацию об инсоляции и прогреве поверхности земли в Крым, температуре поверхности земли на полуострове в целом, а также аномальное понижение

температуры поверхности земли в крайнем восточном пункте полуострова. Индикатором экстремальных событий (землетрясений, вулканов, селей) также служат локальные изменения не только параметров атмосферы, но и вариации локального геомагнитного поля. С целью исследования литосферных деформаций, причин их вызывающих, поиск прогностических признаков, готовящихся региональных сейсмических событий природного и техногенного происхождения в Крымском регионе, в 2018 году геодинамический полигон Симеиз-Кацивели был расширен наклономерной и магнитовариационной станциями, входящими во всероссийскую сеть наблюдений.

## **2.15 К вопросу о взаимосвязи вариаций геофизических полей, лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмических событий**

*Баталева Е.А.*

*Научная станция РАН в г. Бишкеке*

Начиная с 2003 года на территории Бишкекского геодинамического полигона (БГП) проводятся мониторинговые исследования электромагнитных параметров методом магнитотеллурического (МТ) зондирования. Импульсом к развитию исследований послужил Камбаратинский эксперимент, подтвердивший взаимосвязь изменений напряженно-деформационного состояния блоков земной коры и вариаций электропроводности. Характерной особенностью выявленных аномалий являлось резкое изменение кажущегося сопротивления в ортогональных направлениях. В качестве модели, объясняющей такие аномалии, была предложена модель перераспределения флюида в порово-трещинном пространстве горных пород. В дальнейшем это предположение нашло подтверждение при проведении исследований на стационарных, режимных и профильных мониторинговых пунктах. Была создана методика азимутального МТ мониторинга, на основе которой получены частотно-временные ряды и исследована корреляционная связь между лунно-солнечными приливными воздействиями, сейсмическим режимом и изменениями кажущегося сопротивления, и дру-

гими электромагнитными параметрами. Для всех пунктов МТ мониторинга на территории БГП рассчитаны оценки коэффициентов корреляции вариаций модуля кажущегося сопротивления и фаз импеданса с лунно-солнечными приливными воздействиями, определенными с помощью программы Tide.exe. Для сопоставления частотно-временных рядов электромагнитных параметров с гравитационными приливными воздействиями в различных геолого-тектонических условиях нами предлагается способ представления результатов в виде корреляционных полярных диаграмм. На основе анализа поведения электромагнитного и гравитационного полей в сопоставлении с геолого-тектоническим строением пунктов мониторинга дана оценка их тензочувствительности с целью организации там пунктов повторных мониторинговых измерений. Установлено, что под воздействием лунно-солнечных приливов максимальные вариации кажущегося сопротивления происходят в тензочувствительных зонах, приуроченных к разломным структурам. Теоретические расчеты верифицируются путем наблюдений с помощью гравиметра Scintrex CG-5 Autograf, который установлен в штольне с постоянной температурой +8 на территории ИС РАН (в 30 км от города). Наблюдения проводятся с интервалом 12 с, а затем при обработке они осредняются с интервалом, который необходим для поставленных задач и нужной дискретизации данных. Следует отметить очень высокое качество наблюдаемых данных (около 0,001 мГал). Помехами в данном случае являются сейсмические события, которые четко фиксируются гравиметром (маятник Голицина).

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 17-05-00654 и Госзадания ИС РАН

## 2.16 Комплекс для экспериментальных исследований взаимодействия упругих волн со слоем льда

Чен В.<sup>1</sup>, Черненко В.А.<sup>2</sup>, Петросьянц В.В.<sup>2</sup>, Рыбченко А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харбинский инженерный университет, Китай

<sup>2</sup> Дальневосточный федеральный университет, Россия

<sup>3</sup> Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, Россия

Созданы излучающие и приемные широкополосные системы для экспериментальных исследований взаимодействия упругих волн

низкого диапазона в пределах от 10 до 100 Гц, распространяющихся в слое льда. Излучающие системы сконструированы на основе пневматических излучателей, которые позволяют регулировать давление упругих волн в широком диапазоне. Приемные системы созданы на базе магнестрикционных материалов с переходными слоями из пассивных материалов. Получена численная оценка коэффициента связи упругих волн с границами раздела лед-атмосфера и лед-морская среда. Предложены методы использования комплекса для изучения эмиссии упругих волн от очагов землетрясения.

## **2.17 Космические лучи, как индикатор геоэффektivности магнитных облаков**

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

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

Геомагнитные бури инициируются упорядоченными магнитными структурами солнечного ветра. Интенсивность бурь определяется произведением величины южной компоненты магнитного поля и интервала времени, в течение которого структура находится вблизи Земли: чем больше произведение, тем выше интенсивность бури. Для определения локальных свойств структур используют прямые измерения характеристик плазмы и магнитного поля на космических аппаратах. Интерес могут представлять также глобальные свойства структур. Такие сведения можно получить с использованием измерений космических лучей мировой сетью нейтронных мониторов. Примером структур, вызывающих магнитные бури, являются магнитные облака. Около 30% магнитных бурь обусловлены магнитными облаками. В нашей теории формирования Форбуш-понижения в магнитном облаке установлено, что временная зависимость компонент векторной анизотропии определяется типом магнитного облака. Таким образом, имеется возможность на основе метода космических лучей установить связь между типом магнитного облака и интенсивностью магнитной бури. Аналогичные связи можно установить для магнитных структур другого рода.

## 2.18 Магнитное поле горячей Земли. Инверсии, магнитные аномалии и физика дрейфа магнитных полюсов

*Кузнецов В.В.*

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

Изложена принципиально новая модель генерации магнитного поля горячей Земли. Суть модели горячей Земли заключается в том, что в отличие от общепринятого подхода т.н. холодной модели, в которой при образовании температура вещества Земли не возрастает, а время образования растягивается на 100 млн. лет с тем, чтобы выделяющееся при самогравитации тепло успевает отводиться за счет излучения.

В случае горячей Земли её вещество оказывается нагретым до температуры 30 000 К и представляет собой перегретый и пересжатый пар исходного вещества, состоящего из окиси кремния, воды и водорода.

Вещество Земли охлаждалось и при этом конденсировалось с выделением удельной энергии порядка 15 кДж/г. В целом система остывала, адиабатически расширяясь и определяя характер расширения Земли. В основе функционирования этой системы положена работа фазового перехода (ФП) "конденсация-испарение" при преимуществе конденсации. ФП является источником тепла, геодинамики расширения и магнитного поля Земли (МПЗ).

Высокая температура вещества приводит к его термоионизации, а функционирование ФП, связанное с массопереносом, к разделению зарядов и формированию двойного электрического слоя (ДЭС). Суточное вращение ДЭС вызывает появление начального слабого МПЗ, которое усиливается за счет холловского динамо (холловского тока), возникающего в зоне ФП. Превалирование режима ФП от конденсации к испарению (и обратно) вызывает изменение динамики Земли от расширения к сжатию и, соответственно, к изменению полярности (инверсиям) МПЗ. В настоящее время на Земле реализуется режим сжатия.

Согласно нашей модели, такие явления как инверсии, экскурсы и джерки это тепловые явления, возникающие при функционировании ФП и проявляющиеся в МПЗ. Принципиальным отличием нашей модели от общепринятых является то, что кроме осевого



момента главного поля, на Земле реализуются четыре радиальных диполя -магнитные аномалии, которые отбирают небольшую часть тока генерации МПЗ и поддерживают магнитное поле в течение 10 тыс. лет во время его инверсии, что играет роль при дрейфе магнитных полюсов, внезапное увеличение скорости одного из них (северного) вызвало некоторое недоумение у магнитологов.

Развиваемый нами подход позволяет найти объяснение практически всем особенностям магнитного поля планет и спутников Солнечной системы.

## **2.19 Медленные вариации магнитного поля Земли: технические, методические, организационные особенности измерений**

*Холутов С.Ю.*

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

Вариации магнитного поля Земли с характерными временами от нескольких лет и более отражают процессы внутри планеты и вызывают огромный научный интерес. Практически единственной экспериментальной основой для изучения таких вариаций за последние 100 лет являются регулярные наблюдения на магнитных обсерваториях и пунктах векового хода, в последние десятилетия дополненные спутниковыми измерениями, позволяющим частично решить проблему пространственно крайне неоднородной глобальной сети наземных пунктов. Для получения данных о полном векторе напряженности магнитного поля на обсерваториях проводятся абсолютные наблюдения. До настоящего времени эти измерения выполняются вручную, они трудоёмки и подвержены множеству факторов, во многих случаях слабо контролируемых и снижающих достоверность результатов, прежде всего на длительных интервалах времени (годы и десятилетия), в том числе:

- систематические приборные погрешности используемых магнитометров;
- магнитное загрязнение абсолютного павильона и его окрестностей (на расстоянии в первые сотни метров);
- нестабильность постаментов и удалённого репера, необходимого

для определения магнитного склонения;

- смена магнитологов-наблюдателей и их недостаточная квалификация.

Значительные методические проблемы возникают при плохо организованном переносе обсерватории на новое место или при изменении её инфраструктуры (павильонов или постаментов).

Для обеспечения долговременной стабильности и надёжности измерений магнитные обсерватории были объединены в сети IAGA, а затем INTERMAGNET, в рамках которых определены требования и стандарты, проводятся сверки абсолютных магнитометров и тренинг наблюдателей. Современные аппаратные технологии частично позволяют решать такие вопросы как автоматизация абсолютных наблюдений, автокалибровка вариационных магнитометров, контроль за магнитной обстановкой на обсерваториях и др., а также расширение наземной сети обсерваторий за счёт создания полностью автоматических систем измерений.

## 2.20 Метод выделения импульсов геоакустической эмиссии

*Гапеев М.И., Сенкевич Ю.И.*

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

Рассматривается задача очистки сигнала геоакустической эмиссии от естественных и искусственных помех с использованием априорных знаний характеристик выделяемых импульсов. Сложность выделения обусловлена широким динамическим диапазоном (от 10 до 100 дБ), изменчивости длительности (от 0,1 до 10 мс), а также большим многообразием форм огибающей полезного сигнала, который воспринимается на фоне нестационарной помехи. Последние два обстоятельства не позволяют организовать оптимальный в статистическом смысле прием и выделение импульсов. Количество ошибок можно значительно уменьшить, если использовать некоторые эмпирические правила полученные в ходе длительных наблюдений. Предлагается метод выделения импульсов геоакустической эмиссии, с использованием адаптивного порога, рассчитываемого на основании дисперсии

скользящего окна, и последующей селекции с применением последовательного многопроходного ранжирования участков сигнала, на которых уровень аддитивной смеси сигнала и помехи в окнах фиксированной длины превышают значение порога. Отобранные импульсы проверяются на состоятельность применением правила логического включения определенного количества локальных экстремумов, число которых зависит от ранга импульса и размаха его амплитуды. Результаты вычислительного эксперимента показали возможность понижения значения порога выделения импульсов на 3-6 дБ при практическом исключении ошибок первого рода вплоть до значений SNR порядка 0-3 дБ.

## **2.21 Методы нелинейной акустики в исследованиях взаимодействия упругих волн в океане**

*Чен В.<sup>1</sup>, Короченцев В.И.<sup>2</sup>, Тарасов С.П.<sup>3</sup>, Пивнев П.П.<sup>3</sup>,  
Дуров Д.С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Харбинский инженерный университет, Китай*

<sup>2</sup> *Дальневосточный федеральный университет, Россия*

<sup>3</sup> *Южный федеральный университет, Россия*

Рассмотрены гидроакустические параметрические системы и методы нелинейной акустики в исследованиях океана и арктического шельфа. Приведено краткое описание наиболее перспективных направлений развития гидроакустических систем с параметрическими антеннами. Рассматриваются результаты применения для решения задач гидроакустики для прогноза землетрясений.

## **2.22 Мобильный комплекс для регистрации нескольких компонент ВКЛ**

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

*Полярный геофизический институт, Апатиты*

Представленная работа посвящена исследованию вариаций различных компонент вторичных космических лучей (ВКЛ). Их

постоянный мониторинг выполняется в лаборатории космических лучей ПГИ (г. Апатиты) с использованием интегрированной установки, объединяющей детекторы для всех основных компонент ВКЛ. Помимо стационарного оборудования был разработан и изготовлен портативный комплекс, включающий в себя сцинтилляционный спектрометр, детектор заряженной компоненты (ДЗК) на основе счетчиков Гейгера-Мюллера и детектор нейтронной компоненты ( $E < 1$  МэВ) на гелиевых счетчиках СНМ-18. Портативный комплекс был введен в эксплуатацию с начала текущего года, он работает параллельно с основной аппаратурой для регистрации ВКЛ. Сравнение данных показывает, что мобильный комплекс регистрирует те же вариации, что и стационарные детекторы. Небольшие габариты, малое энергопотребление и возможность записи данных на флэш-накопители позволяют использовать этот комплекс для мониторинга ВКЛ в труднодоступных и уединенных местах, а также на судах в дальних плаваниях и экспедициях.

## **2.23 Может ли солнечная вспышка инициировать землетрясение? Анализ полевых наблюдений, теоретическая модель и лабораторные эксперименты**

*Новиков В.А.<sup>1</sup>, Ключкин В.Н.<sup>1</sup>, Ружин Ю.Я.<sup>2</sup>, Сорокин В.М.<sup>2</sup>, Яценко А.К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Объединенный институт высоких температур РАН*

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

Представлены результаты комплексных исследований возможности инициирования землетрясений солнечными вспышками, включающих теоретический анализ воздействия ионизирующего излучения солнечной вспышки на очаг землетрясения, анализ отклика сейсмичности Земли на мощную солнечную вспышку 6 сентября 2017 г. класса X.3, лабораторные эксперименты по изучению инициирования землетрясения импульсом электрического тока в имитаторе разлома на пружинно-блочной модели, а также экспериментальное определение концентрации тока в модельном разломе. Разработана физическая и математическая модель взаимодей-

ствия ионизирующего излучения солнечной вспышки с ионосферой и литосферой. Расчетами показано, что солнечные вспышки могут вызвать вариации плотности теллурических токов в сейсмогенных разломах, сопоставимые с плотностями тока, генерируемого в земной коре искусственными импульсными источниками, вызывающими пространственно-временное перераспределение региональной сейсмичности, на основании чего можно сделать вывод о том, что инициирование землетрясений возможно не только искусственными источниками, но и ионосферными возмущениями, генерируемыми солнечными вспышками. Для проверки гипотезы о возможном инициировании землетрясений конкретной солнечной вспышкой проведен анализ сейсмической активности Земли после сильнейшей за последние 12 лет солнечной вспышки класса X9.3 6 сентября 2017 г. Установлено, что число землетрясений с магнитудой 4,1-8,2 по каталогу USGS в течение 10 суток после солнечной вспышки возросло в 1,65 раза по сравнению с аналогичным периодом до вспышки. Полученные результаты подтверждаются экспериментами на пружинно-блочной модели, имитирующей сейсмогенный разлом, когда подача электрического тока в разлом при уровне сдвиговых напряжений 0,98-0,99 от критического значения, приводит к резкому росту акустической эмиссии (трещинообразованию), лавинообразно переходящему в динамическую подвижку борта модельного разлома (лабораторное "землетрясение"). С учетом того, что плотность тока, инициирующего подвижку в лабораторных экспериментах, на несколько порядков превышает оценки плотности тока на глубине расположения очагов землетрясений, проведено экспериментальное изучение концентрации тока в проводящем разломе, сопротивление которого на порядок ниже вмещающих пород. Показано, что за счет концентрации тока в разломе его плотность может быть в несколько раз выше плотности тока, протекающего в однородной среде. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-05-00962.

## 2.24 Наблюдение глобальных атмосферных и литосферных возмущений пространственно разнесенными деформографами, гравиметрами и наклономерами

*Дубров М.Н.<sup>1</sup>, Волков В.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН*

<sup>2</sup> *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН*

Обобщаются результаты исследования и применения нового инструментального метода прецизионного геофизического мониторинга напряженно-деформированного состояния среды, выполняемого с помощью системы пространственно разнесенных лазерных измерителей деформаций и гравиинерциальных измерительных инструментов - маятниковых сейсмогравиметров и наклономеров. Лазерные интерферометры-деформографы обеспечивают точность регистрации взаимных смещений участков среды порядка  $10(-2)$ - $10(-3)$  нм на базах 1-400 м. Емкостные сейсмогравиметры при измерении вариаций силы тяжести обладают разрешающей способностью 0,5 мкГал, а сеймонакломеры - соответственно 0,1 мс дуги в приливном диапазоне и 0,01 мс дуги в сейсмическом диапазоне периодов соответственно. Расстояние между отдельными компонентами системы пространственно разнесенных инструментов составляет  $10(2)$ - $10(3)$  км. Исследуются линейные и пространственные деформации земной поверхности, вызываемые сейсмическими явлениями, и их взаимосвязь с мощными процессами в атмосфере, ионосфере и магнитосфере Земли. Показано, что увеличение амплитуды вариаций регистрируемых сигналов в диапазоне частот  $10(-6)$ - $10(-3)$  Гц, как правило, сопровождается ростом сейсмической активности Земли и предшествует крупным землетрясениям  $M=7-9$ . Анализируется применимость этих результатов для оценки риска при возникновении мощных сейсмических и других природоопасных явлений.

## 2.25 О возможности нарушения динамического равновесия Земли техногенным фактором

*Виляев А.В., Стихарный А.П.*

*Институт ионосферы г.Алматы, Казахстан*

Рассматривается гипотеза взаимосвязи между природными и техногенными процессами, которые могут нарушить динамическое равновесие Земли. На основе спутниковых данных показано, что вследствие замедления океанического течения Гольфстрим в результате климатических изменений за последние 150 лет, а также техногенной катастрофы в Мексиканском заливе 2010 г. произошло изменение траектории движения течения. Предложена математическая модель и выполнены расчёты изменения температуры и плотности океанических масс в локальных областях Атлантического океана. Перераспределение плотности в значительных объемах могло вызвать смещение центра масс Земли на 0,0001 м и отклонение оси её вращения на  $3.4 \times 10^{-6}$  arcs. Продемонстрировано, что процесс нарушения динамического равновесия Земли сопровождался возрастанием количества относительно слабых землетрясений (в диапазоне магнитуд от 4.2 до 4.8 на 41.5 процент) и возрастанием интенсивности сейсмического шума (тремора) по данным сетей широкополосных сейсмостанций и спутниковой GPS навигации. При этом суммарная величина сейсмической энергии оставалась практически неизменной. Выдвинутая гипотеза о нарушении динамического равновесия Земли соответствует постулату об изменении механизмов взаимодействия различных геофизических полей вследствие воздействия случайных процессов.

## 2.26 Опыт использования компонентного Оверхаузеровского магнитометра POS-3 на пунктах векового хода магнитного поля Земли

*Черепанова Е.А.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геофизики имени Ю.П. Булашевича Уральского  
отделения Российской академии наук*

В 2018 г. были проведены повторные абсолютные наблюдения модуля вектора и Z-компоненты геомагнитного поля на пунктах векового хода (ПВХ) в районе обсерватории Арти. Для измерения векового хода на точках ПВХ использовался компонентный Оверхаузеровский магнитометр POS-3 (ZT-POS), изготовленный в лаборатории квантовой магнитометрии УрФУ. Цель наблюдений элементов геомагнитного поля на ПВХ: а) контроль обсерваторских наблюдений векового хода магнитного поля Земли б) выделение аномальной составляющей векового хода на площади Манчажской аномалии относительно величины, полученной в обсерватории Арти в стационарных условиях. В результате работ получены абсолютные значения модуля (F) и вертикальной (Z) компоненты на каждом пункте наблюдений. Построена карта значений разности Z компоненты вектора геомагнитного поля на ПВХ и в обсерватории Арти на геологической основе и карта аномальной составляющей  $dZ/dt$  векового хода вертикальной компоненты геомагнитного поля эпохи 2018 г. В геологическом отношении максимум векового хода приходится на контакт Лекской и Лемазинской свит Кунгурского яруса нижнего отдела Пермской системы. Лекская свита представлена здесь ритмично чередующимися песчаниками, глинистыми сланцами средними линзами и прослоями и конгломератами, и известняками. Лемазинская свита сложена брекчиевидными известняками. Эти породы являются слабомагнитными и, видимо, не могут оказать существенного влияния на вековой ход геомагнитного поля. В связи с этим различия в значениях векового хода обусловлены, предположительно, неоднородным строением источника Манчажской аномалии, который залегает в кристаллическом фундаменте архейских и раннепротерозойских магматических и метаморфических пород на глубинах от 4-6 (верхняя кромка источника) до 30 км (нижняя кромка источника). Такое явление, как разница векового



хода в пределах аномалии установлена нами впервые, и это может представлять интерес для дальнейшего изучения аномального поля.

## **2.27 Особенности вариаций мягкого гамма-излучения в атмосфере**

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

*Полярный геофизический институт*

Мониторинг мягкого гамма-излучения (20-400 кэВ), приходящего из атмосферы, проводится в ПГИ на нескольких станциях от Шпицбергена до Кавказа. В Апатитах и на Шпицбергене он ведется уже десять лет. Используются однотипные детекторы с выходными интегральными каналами  $>20$  кэВ и  $>100$  кэВ. На всех станциях регулярно отмечаются возрастания потока гамма-излучения, достигающие иногда 100

## **2.28 Особенности проявления электрического и акустического отклика приповерхностных осадочных пород на сейсмические волны от землетрясений**

*Муратов П.В.<sup>1</sup>, Руленко О.П.<sup>2</sup>, Маранулец Ю.В.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия*

В пункте "Карымшина" ( $52.83^\circ$  N,  $158.13^\circ$  E), расположенном в районе Верхне-Паратунской гидротермальной системы Южной Камчатки, одновременно измерялись две ортогональные горизонтальные компоненты электрического поля и акустическая эмиссия в приповерхностном слое осадочных пород. Диапазон регистрируемых частот был 0.1 Гц – 11 кГц. При прохождении сейсмических

волн от некоторых землетрясений магнитудой 4.0 – 7.3 на расстоянии 80 – 500 км от эпицентра зарегистрирован совместный электрический и акустический отклик этих пород, обусловленный их интенсивным деформированием. Представлены результаты частотно-временного анализа откликов, рассмотрены особенности их проявления в зависимости от местонахождения эпицентров землетрясений и магнитуды. Обнаружено, что верхняя частота электрического отклика достигает при сильном землетрясении 30 Гц и больше, а акустического — 11 кГц. Это превышает частоты механического воздействия сейсмических волн на породы и несет информацию об особенностях механизмов генерации данных откликов. Исследование сейсмoeлектроакустического преобразования в широко распространенных приповерхностных осадочных породах актуально для понимания формирования возмущений различных приповерхностных полей во время деформирования этих пород при сеймотектоническом процессе.

## **2.29 Оценка масштабов дальних корреляций по сигналам сейсмоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород на Камчатке**

*Сычев В.Н.<sup>1</sup>, Мищенко М.А.<sup>2</sup>, Имашев С.А.<sup>1</sup>, Чешев М.Е.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке*

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

На Камчатке в пункте комплексных геофизических наблюдений ИКИР ДВО РАН «Карымшина» для регистрации сигналов сейсмоакустической эмиссии на поверхности земли установлен измерительный комплекс. В качестве датчика сигналов используется трехкомпонентный пьезоkerамический сейсмоприемник, который регистрирует колебательное ускорение в частотном диапазоне от 0.2 до 400 Гц. Рассмотрен ряд сейсмоакустических откликов на региональные землетрясения 2017-2018 гг. с энергетическим классом  $K_s > 11.0$ . При помощи статистических методов установлено самоподобие их структуры в ограниченном интервале временных масштабов. Это, в свою очередь, указывает на наличие дальних

корреляций в рассматриваемой системе и позволяет получить оценку масштабов корреляций.

## **2.30 Поиск геофизических сигналов по их математическим моделям и образцам**

*Мочалов В.А., Мочалова А.В.*

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

При анализе геофизических данных очень часто появляется задача поиска сигналов по их образцам и математическим моделям. Для поиска и выделению форм геофизических сигналов предлагается использовать глубокие нейронные сети (ГНС). При этом в качестве обучающей выборки выступают как сами образцы сигналов, так и синтезированные образцы сигналов по их математическим моделям. На основе разработанных в работе алгоритмов, архитектуры поиска геофизических сигналов, а также полученных результатов анализа реальных геофизических данных делается вывод об эффективности применения предложенных в работе подходов по применению глубокого обучения в задачах анализа геофизических сигналов. Приводятся сквозные демонстрационные примеры выделения форм сигналов в ОНЧ-спектрограммах с помощью применения ГНС. Каждая ГНС обучается выделять в спектрограмме конкретный тип низкочастотного ОНЧ-сигнала на основе подготовленной базы данных шаблонов сигналов, которая может быть создана как вручную путем выделения в ОНЧ-спектрограммах требуемых сигналов, так и автоматически путем создания модели сигнала с варьируемыми параметрами и генерации необходимого количество шаблонов путем наложения синтезируемого сигнала на не содержащую требуемый сигнал ОНЧ-спектрограмму. Приводится статистический анализ результатов выделения форм различных сигналов в ОНЧ-спектрограммах.

## 2.31 Применение систем компьютерной алгебры для автоматизированного построения каскадных моделей МГД-турбулентности

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

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

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

Каскадные модели турбулентности позволяют воспроизводить реалистичные распределения пространственных спектров полей. При построении таких моделей основная задача заключается в расчете таких коэффициентов при нелинейных членах, которые обеспечивали бы выполнение сохранения определенных квадратичных форм. Все такие формы являются аналогами известных в гидродинамике (магнитной гидродинамике) сохраняющихся величин. Эти аналоги определяются неоднозначным образом, что приводит к большому разнообразию каскадных моделей. Кроме этого, дополнительные ограничения на коэффициенты могут давать требования о существовании стационарных решений со степенной зависимостью от пространственного масштаба. В результате построение каскадной модели сводится к составлению системы линейных уравнений с рациональными коэффициентами большой размерности. Эта система обычно недоопределенная. Для построения модели решать ее приходится точно. Безошибочное составление такой системы и последующее решение «вручную» очень сложно. В докладе описывается разработанная методика построения каскадных моделей, в которой составление системы уравнений и ее точное решение реализуется с помощью систем символьных вычислений. Методика позволяет варьировать размеры нелокальности нелинейного взаимодействия в пространстве масштабов, выражения для каскадных аналогов законов сохранения и характер степенных по масштабу стационарных решений.

### **2.32 Принципы создания локальной сети наблюдений за грозовыми разрядами на активных вулканах полуострова Камчатка**

*Дружин Г.И.<sup>1</sup>, Малкин Е.И.<sup>1</sup>, Фирстов П.П.<sup>2</sup>, Чернева Н.В.<sup>1</sup>,  
Уваров В.Н.<sup>1</sup>, Санников Д.В.<sup>1</sup>, Стасий И.Е.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Камчатский филиал ФИЦ Единая геофизическая служба РАН, Россия*

Для исследования очагов грозовой активности по данным регистрации электромагнитных излучений предлагается создать локальную сеть наблюдений, пункты которой будут расположены вблизи вулканов Ключевская Сопка, Шивелуч, Толбачик. В пунктах наблюдений будут установлены ОНЧ-пеленгаторы, датчики электрического поля, система синхронизации, вспомогательное оборудование. На основе анализа волновых форм и спектрально-временных характеристик будут определяться местоположения источников излучений, их принадлежность к определенному классу, определяются параметры, по которым вулканические молнии отличаются от обычных. Приводятся примеры электромагнитных излучений, возникших вблизи вулкана Шивелуч. Информацию можно будет в дальнейшем использовать для мониторинга грозовой и вулканической активности. Работа выполнена при поддержке РФФИ, Грант 19-05-00543.

### **2.33 Пространственно-временные изменения геомагнитного склонения D для геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за 1963-2018 годы**

*Малимбаев А.М., Соколова О.И., Ким А.С., Мукашева С.Н.*

*Институт ионосферы, Национальный центр космических исследований и технологий, г. Алматы, Казахстан*

Геомагнитное поле непостоянно и меняется по величине и направлению со временем. Так называемый вековой ход геомагнитного поля мы можем исследовать при помощи многолетних наблюдений за геомагнитными параметрами в специальных обсерваториях,

которые расположены в разных точках Земли. Для получения реальных значений склонения  $D$  за период 1963-2018 гг. были выбраны две пространственно разнесенные геомагнитные обсерватории "Алматы" (AAA) [43.25 N; 76.92 E] Институт ионосферы, г. Алматы, Казахстан и "Ключи" (NVS) [54.85 N; 83.23 E] Российской академии наук (РАН), г. Новосибирск, Россия. Пространственно-временные изменения геомагнитного склонения  $D$  показали, что для обсерватории AAA за 55 лет величина геомагнитного склонения  $D$  увеличилась на 16.4 мин, средняя скорость изменения геомагнитного склонения  $D$  1.9 мин/год. Для обсерватории NVS за 55 лет произошло уменьшение геомагнитного склонения  $D$  на 45.8 мин, средняя скорость изменения геомагнитного склонения  $D$  2.08 мин/год. Приведены также результаты расчетов изменений геомагнитного склонения  $D$  для шести сейсмоактивных областей Казахского региона за 2018 год, выполненных по международной справочной модели геомагнитного поля IGRF15. Показано, что по площади магнитное склонение имеет тенденцию к увеличению в западном направлении для Восточно-Казахстанской, Алматинской и Жамбылской областей, для Южно-Казахстанской и Кызылординской областей геомагнитное склонение увеличивается в северо-западном направлении, для Мангистауской области геомагнитное склонение увеличивается в северном направлении, что свидетельствует о неоднородном распределении геомагнитного склонения на территориях этих областей. Работа выполнена при поддержке программно-целевого финансирования научно-технической программы О.0799 Аэрокосмическим комитетом Министерства цифрового развития, оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, проект No 0118PK00799.

## 2.34 Разностная схема для дробного обобщения реологической модели Кельвина-Фойгта

*Водинчар Г.М., Пережогин А.С.*

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

Деформационный процесс в земной коре, имеющей сложную неоднородную структуру с фрактальной геометрией, носит характер пластических деформаций. Один из возможных формальных подходов к введению фрактальности в реологические модели вязкоупругих сред заключается в замене классических дифференциальных операторов их дробными обобщениями. Возникающие дробные уравнения требуют разработки специфических разностных схем.

В докладе рассматривается одна разностная схема для дробного обобщения модели Кельвина-Фойгта, исследуются ее свойства.

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

## 2.35 Режимы генерации магнитного поля в модели $\alpha\Omega$ -динамо с $\alpha$ -генератором степенного типа

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

<sup>1</sup> *Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Центр «Луч»»*

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

В работе рассматривается генерация магнитного поля в модели  $\alpha\Omega$ -динамо, где поле скорости  $\mathbf{v}$  и магнитное поле  $\mathbf{B}$  аксиально симметричны в сферической оболочке вязкой несжимаемой жидкости, вращающейся вокруг оси  $Oz$  с постоянной угловой скоростью  $\Omega$ . Поле скорости вязкой жидкости  $\mathbf{v}$  нулевое на внутренней

$r = r_1$  и внешней  $r = r_2$  сферических границах оболочки. Магнитная проницаемость внутреннего и внешнего ядра одинаковы, среда вне ядра ( $r > r_2$ ) не проводящая. Среднее течение  $\bar{\mathbf{v}}$  в рамках рассматриваемой модели носит характер дифференциального вращения, которому соответствуют моды  $\mathbf{v}_{k,1,0}^T$  из линейной оболочки  $\{\mathbf{v}_{k_1,1,0}^T, \mathbf{v}_{k_2,2,0}^P, \mathbf{v}_{k_3,3,0}^T, \mathbf{v}_{k_4,4,0}^P, \dots\}$  инвариантной относительно кориолисова сноса. Любая такая мода порождает остальные по цепочке. Магнитное поле представляется минимальным количеством низших собственных мод  $\mathbf{B}_{0,1,0}^P, \mathbf{B}_{0,2,0}^T, \mathbf{B}_{0,3,0}^P$ , достаточных для получения осциллирующего динамо. Физические параметры жидкости считаем неизменными, турбулентность в ядре изотропной и используем скалярную параметризацию  $\alpha$ -эффекта в виде функции  $\alpha(r, \theta) = \alpha(r) \cos \theta$ , где  $\max |\alpha(r, \theta)| = 1$ . Используются два варианта вида радиальной части  $\alpha$ -эффекта:  $\alpha(r) = r$ ,  $\alpha(r) = -\sin(\pi(r - r_1))$ .

В описанной динамической модели  $\alpha\Omega$ -динамо моделируются инверсии магнитного поля с изменяющейся интенсивностью  $\alpha$ -генератора при помощи функции, определяемой интегралом

$$Z(t) = \int_0^t J(t - \tau) B^2 d\tau$$

со степенным ядром вида  $J(t) = t^k \exp(-bt) \cos(at)$  или  $J(t) = t^k \exp(-bt)$ . Такого рода изменения интенсивности считаем следствием синхронизации высших отброшенных мод поля скорости и магнитного поля. Исследуются режимы динамо в зависимости от изменения интенсивности генератора и параметров модели.

## 2.36 Резонанс Шумана и его воздействие на здоровье человека

*Назаров И.*

*Энерджи Тулз Интэрнэшнл, США*

Резонанс Шумана (РШ) это природное явление, проявляющее себя в виде стоячих электромагнитных волн низкой частоты в полости между поверхностью Земли и ионосферой. Основной поставщик энергии для этих волн - интенсивная грозовая активность в



разных регионах Земли. Стоячие волны РШ проявляются как стабильный набор частот с усредненной основной гармоникой в 7,8 Гц и остальными гармониками, приблизительно лежащими в области 14, 20, 26, 32 Гц и так далее. Эти частоты соответствуют различным ритмам мозга альфа, бета, гамма, дельта и пр., ответственным за различные ментальные состояния и функциональные проявления. Предполагая, что такое соответствие частот РШ различным ритмам мозга не есть простое совпадение, а также учитывая тот факт, что такого рода электромагнитные волны не могут вызывать колебания в мозге человека напрямую, как возможный механизм такого рода синхронизации приняты во внимание ионосферные эффекты. Ионосфера Земли представляет собой смесь ионов и электронов, низкотемпературную плазму. Электромагнитные волны РШ вызывают колебания этой плазмы. Эти колебания в свою очередь являются ответственными за поток в том числе и неэлектромагнитного излучения, которое воздействует как на Землю, так и на все, что находится на ее поверхности. Это излучение взаимодействует с мозгом человека, обеспечивая нейрофидбэк (neuro-feedback) между мозгом и РШ, тем самым способствуя эволюции человеческого сознания, предоставляя гармоника РШ как определенные ориентиры. В качестве возможного механизма, стоящего за явлением синхронизации ритмов мозга и частот РШ, предлагается рассмотреть многочастичное квантовое запутывание (МКЗ), предложенное в 2014 году д.т.н. В.В.Кузнецовым как объяснение корреляции между поведением штормгласса и активностью циклонов на Камчатке. Для проверки этой гипотезы низкочастотная плазма газового разряда модулировалась пропускаемым через него током, воспроизводящим частоты ШР. Результирующий поток излучения неэлектромагнитной природы записывался соответствующим устройством, усиливался, а затем переизлучался на диэлектрический образец. Этот образец тестировался людьми с повышенной чувствительностью к электромагнитному излучению. Как правило, эти люди не переносят не только прямое использование сотовых телефонов, но даже нахождение рядом с телефонами или другими излучающими электромагнитные волны устройствами вызывало у них болезненные ощущения. С прикрепленным к сотовому телефону обработанным вышеуказанным образом диэлектрическим образцом (куском пластика) они были в состоянии использовать телефон без проблем. Устройства, использующие МКЗ, синхронизованную с РШ, могут

помочь противодействовать нежелательным эффектам электромагнитного излучения.

## **2.37 Результаты атмосферно-литосферных наблюдений акустического излучения на Камчатке**

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

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

На Камчатке в пункте наблюдений «Карымшина», расположенном в зоне разноранговых тектонических разломов, для проведения атмосферно-литосферных акустических наблюдений установлены лазерный деформограф-интерферометр, сейсмоакустический приёмник и микробарометр. Ранее было показано, что данная система регистрирует одновременные сигналы в породах и у поверхности земли при прохождении волн от землетрясений. В периоды активизации деформационного процесса, в частности при подготовке землетрясений, в приповерхностных осадочных породах при взаимодействии их микрофрагментов генерируются импульсные сигналы геоакустической эмиссии. В работе с помощью методики, разработанной для выделения геоимпульсов, выявлены одновременные сигналы в литосферном и атмосферном акустических полях. Это подтверждает предположение, что акустические сигналы, генерируемые в осадочных породах, могут проникать в атмосферный приповерхностный слой.

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

## 2.38 Сезонные вариации естественных электрических потенциалов над таликами в центральной Якутии

*Козлов В.И., Балшев Д.Г.*

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

Расположение трех пар измерительных линий длиной по 100 м в наших измерениях, ориентированно по компасу, С - Ю и В - З. Две пары линий расположены над таликами. Талики составляют около 0,2 площади криолитозоны. Измерения на первой из них производятся с сентября 2016 г по май 2019 г, а на второй с октября 2017 г по май 2019 г. Третья пара линий расположена в стороне от таликов. Измерения на ней производятся с сентября 2018 г по май 2019 г. Сезонная вариация на ней составляет от -10 до 15 мВ/100 м. Зимой на этих линиях разность потенциалов мало меняется, от -5 до 5 мВ/100 м. В отсутствии магнитных возмущений вариации естественных потенциалов имеют характерный суточный ход, описываемый одним периодом волны, который меняется от лета к зиме. В сезонных колебаниях электрических потенциалов для всех трех пар линий переход от летних значений к зимним происходит в ноябре. Обратный переход значений естественных электрических потенциалов от зимних условий к летним по нашим наблюдениям происходит в конце апреля начале мая. Эти весенний и осенний переходы обусловлены промерзанием верхнего слоя грунта, оттаивающего в летних условиях и соответствующих изменений электрических свойств грунта. Над таликами размах сезонного хода составляет от -150 мВ/100 м до 150 мВ/100 м. Зимой разность потенциалов мало меняется, составляя на отдельных линиях от -70 мВ/100 м до -20 мВ/100 м, меняясь в пределах 10-20 мВ/100 м. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ 18-45-140028 ра и бюджетной темы П.16.2.1. (номер госрегистрации АААА-А17-117021450059-3).

## **2.39 Солнечные космические лучи по наземным наблюдениям**

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

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

Сильные вспышки на Солнце сопровождаются испусканием в пространство потоков энергичных частиц, называемых солнечными космическими лучами (СКЛ). В отдельных случаях энергия частиц достигает единицы и десятки ГэВ. Если такой поток достигает Земли, наземные детекторы космических лучей отмечают возрастание счета, называемое Ground Level Enhancement (GLE). Амплитуда возрастания, отсчитываемая от фона галактических космических лучей, порой достигает тысяч процентов. Подобное событие СКЛ представляет грозное и глобальное явление, поскольку радиационный фон на уровне земли, создаваемый СКЛ, возрастает в десятки раз по всей Земле. Число таких событий с начала регулярных наблюдений за СКЛ составило более семидесяти. Основным инструментом для регистрации событий GLE является мировая сеть нейтронных мониторов (НМ). Используя данные мировой сети НМ, несколько десятков событий GLE были обработаны по единой методике, основывающейся на решении обратной задачи СКЛ. Получены энергетические и пространственные характеристики потоков СКЛ. Их анализ показывает некоторые общие закономерности их динамики, указывающие на схожесть как условий генерации СКЛ, так и условий распространения.

## **2.40 Степенные закономерности в форшоковых последовательностях статистически связанных событий**

*Шереметьева О.В.*

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

В работе исследуются цепочки статистически связанных событий с целью выделения форшоковых последовательностей и определения закономерностей, которым они подчиняются.

## 2.41 Стохастическая модель 6-струйного кинематического динамо

*Водинчар Г.М., Фещенко Л.К.*

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

Исследуется маломодовая модель кинематического геодинамо. Структура стационарного поля скорости соответствует 6-струйной конвекции в жидком ядре Земли. Магнитное поле представлено 8 модами свободной диссипации с наименьшими собственными значениями, которые генерируются 6-струйным крупномасштабным течением и  $\alpha$ -эффектом. Интенсивность  $\alpha$ -эффекта возбуждается стохастическим процессом. Реализации процесса представляют собой последовательности прямоугольных импульсов случайной длительности. Импульсы возникают в случайные моменты времени. Процесс интерпретируется как влияние когерентных структур, спонтанно возникающих в мелкомасштабной турбулентности. Приводятся результаты численного моделирования последовательности инверсий в данной модели.

## 2.42 Структурные особенности сложных гидрохимических систем

*Шевцова О.В.*

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН*

Совокупность неконсервативных гидрохимических параметров рассматривается как сложная система, демонстрирующая коллективное поведение. Установлено, что оно описывается степенной связью между временной изменчивостью  $s$  и средними концентрациями  $\langle P \rangle$  различных химических параметров в интервале 100-0.0001 мг/кг:  $\log(s) = \gamma \log \langle P \rangle + \log(\xi)$ , где  $\gamma$  показатель степени,  $\xi$  – нормировочный коэффициент. Наиболее вероятные значения для  $\gamma$  – 0.7-0.9, для  $\xi$  – 0.06-0.23. Каждая система неконсервативных параметров имеет структуру, которая характеризуется определенными величинами  $\gamma$  и  $\xi$ , единичными отклонениями и общим разбросом всех химических параметров

относительно степенной регрессии. Все химические параметры проявляют определенные флуктуации и нелинейные колебания, которые являются общим результатом их неконсервативного поведения и динамического перемешивания вод. На конкретных примерах показано, что изменения характеристик структуры гидрoхимической системы – результат проявления биогеохимических процессов на фоне динамики вод.

## **2.43 Учет реальной формы спектра протонов при расчете прохождения солнечных космических лучей через атмосферу Земли**

*Германенко А.В.*

*Полярный геофизический институт*

Во время расчета прохождения протонов галактических космических лучей через атмосферу Земли при помощи программного комплекса RUSCOSMICS одним из важнейших входных параметров является значение жесткости геомагнитного обрезания. Если речь идет о солнечных космических лучах, то, вследствие анизотропии первичного потока протонов, необходимо также вычислять направление прихода частиц, называемые конусами приема. В представленной работе рассматривается использование специализированного программного обеспечения для интеграции функции питч-углового распределения в расчет прохождения первичных солнечных космических лучей через атмосферу Земли во время события GLE61. Как результат представлены полученные спектры для нескольких значений географических координат, которые являются входными параметрами для генератора частиц. Также приводятся типовые характеристики потоков вторичного излучения, полученные во время расчетов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-32-00626

## 2.44 Хаотические режимы в двумодовой модели $\alpha\omega$ -динамо с эредитарным подавлением $\alpha$ -эффекта

*Водинчар Г.М.<sup>1,2</sup>, Казаков Е.А.<sup>2</sup>*

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

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

Исследуются динамические режимы в 2-модовой интегродифференциальной системе, которая является феноменологической моделью  $\alpha\omega$ -динамо. Фазовые переменные соответствуют тороидальной и полоидальной компонентам магнитного поля. Интегральный член системы моделирует эредитарное динамическое подавление  $\alpha$ -эффекта квадратичной формой от компонент поля. Исследованы условия возникновения хаотических режимов в различных областях пространства параметров с помощью расчета ляпуновских показателей. Изучена статистика времен ожидания инверсий поля, оценена фрактальная размерность ряда инверсий.

## 2.45 Численные методы в исследовании угловых и энергетических характеристик вторичных космических лучей в атмосфере Земли

*Михалко Е.А., Маурчев Е.А.*

*Полярный геофизический институт*

Проходя через атмосферу Земли, первичные космические лучи взаимодействуют с ее веществом. Создавая каскады частиц различного типа. Одной из наиболее интересных задач астрофизики космических лучей является детальное исследование характеристик вторичного излучения (интенсивность, угловые распределения и энергетические спектры). В представленной работе рассматривается возможность применения программного комплекса RUSCOSMICS для получения таких данных. В качестве источника первичных частиц используется генератор протонов со спектром, соответствующим спектрам галактических космических лучей, а

значение жесткости геомагнитного обреза берется равным географическим координатам г. Апатиты. Как результат представлены типовые графики энергетических спектров протонов, электронов, мюонов, нейтронов и гамма-квантов для высот 100 метров, 5, 10 и 30 километров. Также приводится угловая характеристика этих частиц в каскаде относительно направления движения первичного протона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-32-00626

## **2.46 Разномасштабные аномалии естественного импульсного электромагнитного поля Земли, их связь с геодинамическими процессами**

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

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт мониторинга климатических и экологических систем  
Сибирского отделения Российской академии наук*

Предложен аппаратно-программный комплекс для мониторинга временных вариаций интенсивности импульсного потока естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). На оползневом участке трассы магистрального газопровода «Уренгой – Помары – Ужгород», создан и в настоящее время действует полигон по оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород по параметрам ЕИЭМПЗ. На полигоне размещены 12 многоканальных геофизических регистраторов «МГР-01», 11 из которых находятся на оползневом склоне в местах геодинамических аномалий, а один реперный (вариационный) вне зоны активизации геологических процессов для оценки временных вариаций регионального уровня. Принцип работы метода заключается в определении относительных изменений интенсивности ЕИЭМПЗ в пунктах режимных наблюдений контроля НДС оползневого склона к вариационному регистратору, с целью прогноза геодинамических проявлений горного массива. Ночью 5 сентября 2018 года в 1:58 московского времени (3:58 местного) в Челябинской области произошло землетрясение. Очаг его располагался в семи километрах



на северо-запад от населенного пункта Катав-Ивановска в Челябинской области. Ближайший к очагу населенный пункт Орловка находится в 1,5 километрах от места события. По данным Европейского средиземноморского сейсмологического центра магнитуда достигла 5,5 на глубине 10 км. Это означает, что толчки были достаточно ощутимые. Следует отметить, что эпицентр землетрясения находился на расстоянии 300 км от полигона с азимутом 120 градусов, а интенсивность импульсного потока ЕИЭМПЗ во время проявления аномального снижения, как признака готовящегося землетрясения наблюдался у всех регистраторов. Однако в точках регистрации зон с активной геодинамикой на оползневом склоне, это снижение менее значительно и при этом проявлялся суточный ход. Этот факт можно объяснить тем, что в данных точках наблюдения проявлялась аномалия связанная не только с предвестником готовящегося землетрясения, но и с местной геодинамикой оползневого склона. Основываясь на механизмах подготовки землетрясений можно предположить, что волна механических напряжений от эпицентра распространяясь во все стороны подавляет источники механоэлектрических преобразований в местах регистрации ЕИЭМПЗ, но величина энергии этих волн иногда не достаточна для подавления напряженнодеформированного состояния горных пород, обусловленных местными геодинамическими процессами. Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы № АААА-А17-117013050036-3 и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-47-700005p\_a.

## 2.47 Вращение Земли и изменения гравитационного поля

*Зотов Л.В.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *МИЭМ НИУ ВШЭ*

<sup>2</sup> *ГАИШ МГУ*

Под действием центробежного потенциала Земля стремится принять гидростатически равновесную форму, однако твердой планете это не вполне удастся. Сжатие планеты и неравновесность ее фигуры находят отражение в гравитационном поле. Распределение масс, определяющее тензор инерции, задаёт режим вращения, а

перераспределения масс, связанные с процессами, протекающими в оболочках, приводят к неоднородностям во вращении Земли. Если отбросить моменты внешних сил, приводящие к прецессии и нутации земной оси, и сосредоточить внимание на геофизических факторах, то они определяют колебания полюса Земли и изменения скорости ее вращения в широком диапазоне частот. В докладе представлено современное состояние дел в области наблюдений за параметрами вращения Земли и за глобальным гравитационным полем со спутников GRACE. Делается обзор геофизических процессов, которые их вызывают. Особое внимание уделено вопросам изменений климата, которые индуцируют перераспределения масс и могут вести к наблюдаемым смещениям оси вращения Земли.

### **3 Физика предвестников землетрясений**

### **3.1 Автокластеризация многообразия радиоимпульсных сигналов на основе их символического описания**

*Сенкевич Ю.И.*

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

В ряде прикладных исследований по геофизике, медицине, космофизике, атомной физике и в других областях знаний полезная информация во многих случаях скрыта в характере поведения потока частотно-модулированных импульсов, которые представлены большим многообразием форм, значительным до нескольких порядков разбросом амплитуд и длительностей, при этом импульсы часто наблюдаются на фоне широкополосного шума. В этих условиях возникает проблема выделения как отдельных импульсов, так и групп импульсов для оценки связи их динамических характеристик с состоянием системы их порождающей. Для решения проблемы разработан метод, включающий очистку сигнала от помех, операцию выделения и преобразования импульсов в код, представляющий последовательность инвариантную амплитудной и временной трансформации однотипных импульсов, объединяемых единым графическим шаблоном символом, выделения множества символов - составляющих алфавит кодирования. Показана процедура сужения размерности алфавита, которая позволяет автоматически разделять его на кластеры по степени совпадения кода. Представлены результаты практического применения разработанного метода для выделения базовых классов сигналов геоакустической эмиссии, связанных с объективными данными изменения состояния порождающей сигнал среды под действием перемещения тектонических плит. В исследовании использованы данные архивов наблюдений ИКИР ДВО РАН.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 18-11-00087).

### 3.2 Вариации сейсмической активности, вызываемые чандлеровским качанием полюса

Благовещенская Е.Э.<sup>1</sup>, Лыскова Е.Л.<sup>2</sup>, Санников К.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> СПбФ ИЗМИРАН

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

Проблема корреляции глобального динамического явления чандлеровское колебание с локальной динамикой земной коры и литосферы все еще далека от решения. В этом исследовании была сделана попытка приблизиться к решению путем анализа временных вариаций локальной сейсмической активности в ограниченных объемах геосреды (geospace volumes, GSV) в однородных сейсмоактивных регионах. Сейсмические данные (1965-1990,  $M = 2-7$ ) были взяты из каталога USGS (<http://earthquake.usgs.gov>).

Колебание Эйлера или Чандлера это одна из мод вращения твердой Земли. Его причины связаны с высокой жесткостью средней и нижней мантии твердого и самого массивного слоя Земли, чье большое значение тензора инерции способно поддерживать Чандлеровскую моду в течение длительного времени. В геоцентрической системе координат, где суточное вращение отсутствует, колебания Чандлера представляют собой очень медленное вращение Земли (как целого) вокруг текущей экваториальной оси (полюс которой обозначен как EP14). Именно это медленное вращение влияет на состояние геоматериала и, соответственно, на сейсмические события в нем. Это влияние мы характеризуем статистическим параметром EP14gsv, который указывает наиболее типичное положение EP14 на экваторе в моменты времени, когда происходят землетрясения в данном GSV. Полюс EP14 (t) в своем движении вдоль экватора на восток проходит весь цикл 0-360 град. за время около 14 месяцев (430 дней). Для каждого времени  $t_i$  можно указать положение экваториальной оси EP14 ( $t_i$ ) =  $\lambda_i$ . Таким образом, для данного GSV можно определить количество сейсмических событий на разных фазах цикла EP14. Замечено, что для некоторых GSV распределение указывает на определенные долготы, где количество сейсмических событий оказывается максимальным, и долготы, где количество событий минимально.

На интервале времени 25 лет для некоторых GSV, удовлетворяющих условиям: 1) расположение в зоне Срединно-океанических

хребтов (от 5 до 50 ю.ш.) в Южном полушарии; 2) субмеридиональное простирание, выявлено преобладание в спектре вариаций сейсмической активности в полосе 0,5-2 года периода Чандлера (430 дней). Однако, значения EP14gsv для них оказались разными. Объединенный GSV (Тихий океан + Индийский океан) демонстрирует отсутствие значительных максимумов в спектре на периоде Чандлера. Вероятно, потому, что их значения EP14gsv имеют максимумы на противоположных меридианах. Для объединенного GSV, обрамляющего юг Африканской плиты, суммарный EP14gsv определяет меридиан 17 з.д., близкий к полюсу вращения Африканской плиты (Minster and Jordan, 1978).

### **3.3 Воздействие сейсмической активности на диапазон полупрозрачности спорадического слоя Es**

*Алимов О.А., Калашникова Е.М.*

*Институт астрофизики Академии наук Республики  
Таджикистан*

На основе изучения мелкомасштабных неоднородностей ночного спорадического слоя Es, возникших в периоды подготовки землетрясений за август 1986 г. с магнитудой  $4.0 < M < 5.5$  и эпицентральной дистанцией  $R < 250$  км, были разработаны критерии больших диапазонов полупрозрачности спорадического слоя Es  $f_0E_s$   $2f_bE_s$ . Показано, что длительность существования интенсивных непрерывных мелкомасштабных неоднородностей спорадического слоя Es в сейсмоактивный период с критерием полупрозрачности  $f_0E_s$   $2f_bE_s$  составляет от 2 до 6 часов за 1-2 суток до землетрясения.

### 3.4 Гидрогеодинамические эффекты подготовки и возникновения сильных землетрясений

*Копылова Г.Н.*

*Камчатский филиал Федерального исследовательского центра  
Единая геофизическая служба РАН, Петропавловск-Камчатский,  
Россия*

При проведении мониторинговых исследований в сейсмоактивных регионах необходимо иметь представления о закономерностях поведения флюидонасыщенной среды при воздействии землетрясений. Диагностики гидрогеосейсмических вариаций в изменениях уровня/давления подземной воды (ГГСВ) и их моделирование с учетом свойств водовмещающих пород и строения скважин дают возможность рассматривать гидрогеодинамические процессы в системе "скважина водовмещающая порода" на стадиях подготовки и возникновения землетрясений. КФ ФИЦ ЕГС РАН проводит многолетние наблюдений за вариациями уровня воды в двух скважинах с периодичностью 5 минут с использованием цифрового оборудования. В результате были обнаружены разнообразные ГГСВ в связи с сильными местными и сильнейшими удаленными землетрясениями. При местных землетрясениях с  $M \geq 6$  на эпицентральных расстояниях  $d_e$  до первых сотен км проявлялись гидрогеодинамические предвестники, косейсмические скачки давления и разнообразные эффекты вибрационного воздействия сейсмических волн.

В скважине ЮЗ-5 зарегистрированы четыре типа вибрационных эффектов при 19 землетрясениях с  $= 6.8 - 9.0$ ,  $d_e = 80 - 14600$  км: I- колебания, II- колебания с кратковременным повышением, III- кратковременные повышения, IV- длительные понижения. Установлена зависимость проявления выделенных типов ГГСЭ от интенсивности сейсмического воздействия, определяемого по соотношению величин  $M$  и  $d_e$ , расчетным величинам удельной плотности сейсмической энергии в волне и максимальной скорости движения земной поверхности, а также от амплитудно-частотного состава максимальных фаз движений земной поверхности на ближайшей сейсмостанции. С ростом интенсивности сейсмического воздействия, происходит смена типов ГГСВ от I к IV. Исследование процессов формирования вибрационных ГГСВ проводилось путем сопоставления наблюдаемых вариаций уровня воды с их расчетным поведением по известным математическим моделям. Рассмотрены

гидрогеодинамические процессы формирования ГГСВ I-IV типов и получены количественные критерии их возникновения.

В докладе также рассматриваются данные о гидрогеодинамических предвестниках на стадиях подготовки Кроноцкого (05.12.1997 г.,  $M_w = 7.8$ ) и Жупановского (30.01.2016 г.,  $M_w = 7.2$ ) землетрясений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 18-05-00337.

### **3.5 Исследование Литосферно-Атмосферно-Ионосферных связей на примере землетрясения 30 декабря 2017 г. M4.2**

*Салихов Н.М., Пак Г.Д.*

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

Распространение возмущений в различных геофизических полях от литосферы до высот ионосферы было прослежено в период подготовки и во время землетрясения 30 декабря 2017 г. магнитудой  $M_{pv}=4.2$  (43.10 N, 76.90 E). Гипоцентр землетрясения находился на глубине 10 км (some.kz). Уникальность этого события заключалась в том, что комплекс измерительного оборудования оказался практически над очагом землетрясения, всего в 5,3 км от эпицентра, (что бывает очень редко). Следовательно, регистрация возмущений была выполнена в ближней зоне радиуса Добровольского, где деформационные процессы в литосфере при активизации сейсмических процессов наиболее выражены. За 6 дней до землетрясения в сухой скважине на глубине 39 м произошло резкое повышение интенсивности потока гамма-квантов, одновременно со значительным увеличением геоакустической эмиссии и температуры. Повышение интенсивности потока гамма-квантов было отмечено также на поверхности земли рядом со скважиной. Дуплеровским ионозондом зарегистрировано возмущение в ионосфере, появление которого совпало по времени с резким повышением интенсивности потока гамма-квантов и геоакустической эмиссии. Точка отражения радиоволны находилась над эпицентром землетрясения. Геомагнитная обстановка в период наблюдений была



спокойной, что является важным условием для выявления сейсмогенных эффектов в ионосфере. Повышение интенсивности потока гамма-квантов, как фактора способствующего ионизации и изменению проводимости приземных слоев атмосферы, согласно концепции литосферно-атмосферно-ионосферных связей (С.А.Пулинец и соавт., 2013, 2015), может рассматриваться в ряду основных причин появления возмущений в ионосфере и аномальных эффектов в записях доплеровского сдвига частоты ионосферного сигнала над областью подготовки землетрясения. Перспективы проведения подобных исследований связаны с экспериментальным подтверждением литосферно-атмосферно-ионосферных связей и разработкой комплексной методики обнаружения аномальных явлений в геофизических полях накануне землетрясений.

### **3.6 Исследование локальной сейсмичности в зоне Центрально-Сахалинского разлома**

*Богинская Н.В., Закупин А.С.*

*Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН*

Землетрясение является самой опасной из всех природных катастроф. Оно разрушает города, порой сопровождается огромным количеством жертв. Разрушения происходят в считанные минуты, люди не успевают спастись из разрушающихся зданий. Исследование сейсмичности Сахалина, как одного из самых сейсмоопасных регионов, не теряет своей актуальности. Три разрушительных землетрясения на Сахалине (Нефтегорское 1995 г.,  $M_w=7.2$ ; Углегорское 2000 г.,  $M_w=7.0$  и Невельское 2007 г.,  $M_w=6.2$ ) указали на высокий уровень сейсмической опасности этого региона. Особенно важным является изучение южной части Сахалина, где самая высокая плотность населения, а населенные пункты расположены вблизи активных разломов. В последние несколько лет на Сахалине сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН были достигнуты значительные успехи в области среднесрочных оценок по основным сейсмическим зонам острова с умеренным потенциалом ( $M=6-7$ ). Основным методом для оценки среднесрочной сейсмической опасности является метод LURR (load-unload response ratio), который позволяет обнаружить угрозу сильного землетрясения

в период до двух лет. С 2017 года в дополнение к LURR также используется метод СРП (метод саморазвивающихся процессов), разработанный А.И. Малышевым (ИГГ УрО РАН) и адаптированный к данным наблюдений в различных сейсмоактивных регионах. По методу LURR применяется запатентованный программный комплекс Seis-ASZ. Расчеты LURR проводятся с выбором стандартных для наших работ параметров: окно 360 дней, сдвиг 30 дней, диапазон магнитуд от 3.3 до 5. Для работы с алгоритмом СРП применяется программный комплекс SeisDynamicsView, который был предоставлен А.И. Малышевым. Метод позволяет выделять форшоковые последовательности посредством решения нелинейного дифференциального уравнения второго порядка (уравнение саморазвивающихся процессов). Авторами метод СРП применяется для расчетов в выбранной области на основе каталога землетрясений с  $M$  от 1.5 до 4.5. Проведен анализ сейсмичности в зоне Центрально-Сахалинского разлома с 2015 по 2019 гг. по данным автоматизированных цифровых сейсмических станций СФ ФИЦ ЕГС РАН. Проведены расчеты параметра LURR и СРП. Определены периоды аномальных значений параметра LURR во взаимосвязи с имеющимися решениями по методу СРП. Установлен период сейсмической опасности (землетрясения с  $M$  5.5) для данного района исследований по двум методам до 2020 года.

### **3.7 Квазипериодические вариации амплитуды электромагнитных сигналов от грозových разрядов в период сейсмической активности**

*Аргунов В.В., Готовцев М.Р.*

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

Рассмотрены особенности методики радиопросвечивания нижней ионосферы над эпицентрами землетрясений при помощи низкочастотных электромагнитных сигналов грозových источников атмосфериков. В амплитудных характеристиках атмосфериков проявляются эффекты не глубокофокусных землетрясений с магнитудой более 4.0 и их предвестники. Предполагается, что вариации характеристик сигналов связаны с возмущениями в нижней ионосфере. Поперечные размеры возмущенных областей, как следует

из результатов азимутального сканирования, обычно соответствуют размерам первых двух зон Френеля для сигналов на частоте 10 кГц. Азимутальное сканирование показало также, что расположение области возмущения как в период землетрясения, так и в период его подготовки может иметь определенную динамику и не совпадать с проекцией на эпицентр землетрясения. Детально рассмотрены вариации амплитуда сигналов грозových разрядов, проходящих над эпицентрами землетрясений. Было получено, что период модуляции амплитуды составляет 2-3 часа, т.е. в D-слое ионосферы регистрируются такие же значения периодов волновых явлений, какие наблюдаются в более высокой F-области ионосферы. Полученные в ходе работы результаты указывают, что по крайней мере в части событий, сейсмические возмущения в ионосфере могут быть обусловлены ВГВ, распространяющимися вверх от эпицентральной области.

### **3.8 Комплексный анализ предсейсмических сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии**

*Луковенкова О.О., Солодчук А.А., Маранулец Ю.В.,  
Тристанов А.Б., Малкин Е.И.*

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

Представлены результаты комплексного анализа сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии, зарегистрированных в пункте наблюдения «Карымшина» на Камчатке. Проведено исследование сигналов, зарегистрированных в фоновые периоды и в периоды подготовки землетрясений. Методика комплексного анализа включает в себя этапы выделения участков полезного сигнала, содержащих импульсы; их структурного анализа методами системного подхода; частотно-временного анализа с использованием методов разреженной аппроксимации и преобразования Вигнера-Вилля. Проведена статистическая обработка результатов вычислительного эксперимента. Рассмотрены характерные особенности фоновых и предсейсмических сигналов геоакустической

и электромагнитной эмиссии. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №18-11-00087).

### **3.9 Новый пункт комплексных геофизических и сейсмологических наблюдений на Сахалине**

*Костылев Д.В.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт Морской Геологии и Геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

<sup>2</sup> *Сахалинский филиал Федерального исследовательского центра Единая геофизическая служба Российской академии наук (СФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Южно-Сахалинск*

Рассмотрена концепция создания пункта комплексных геофизических наблюдений. Представлена реализация этой концепции на примере нового пункта наблюдений в районе Центрально-Сахалинского разлома. Пункт наблюдений расположен с. Петропавловское Анивского района Сахалинской области. Для мониторинга сейсмического процесса установлены широкополосный молекулярно-электронный и группа механических короткопериодных велосиметров, образующих треугольник с расстояниями от 20 до 30 км друг от друга, что позволяет регистрировать локальные события в исследуемой зоне с уверенным определением их эпицентрии. Гидроакустическая часть системы наблюдений пункта содержит молекулярно-электронный гидрофон с полосой пропускания 0.02 - 200 Гц. Развернута сеть пунктов наблюдения за изменением содержания радона и метеорологических параметров. Приведены примеры, показывающие эффективность обеспечения перекрытия регистрационных возможностей различных уровней системы, что гарантирует надежность определения параметров сейсмических событий. Разработана и внедрена система связи и централизованного управления, позволяющая собирать данные со всех уровней системы мониторинга. Систематизированы основные технические требования к системе мониторинга, установке и настройке оборудования, систем передачи данных, системе сбора данных и управления, первичной обработке сейсмологических данных. Представлен макет ГИС-проекта, в котором содержатся данные о расположении пунктов геофизических наблюдений, их характеристиках, геологотектонических и сейсмических условиях.

Сделаны выводы о необходимости комплексирования различных видов геофизических наблюдений для повышения эффективности методов мониторинга и краткосрочного прогноза землетрясений.

### **3.10 Обусловленные землетрясениями эффекты в магнитоволновой активности, наблюдавшиеся в эксперименте рэлек на спутнике «Вернов»**

*Панасюк М.И.<sup>1</sup>, Свертилов С.И.<sup>1</sup>, Климов С.И.<sup>2</sup>, Ружин Ю.Я.<sup>3</sup>,*

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований РАН*

<sup>3</sup> *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН*

В декабре 2014 г. в ходе наблюдений на космическом аппарате Вернов при пролете над сейсмоактивными регионами (Камчатка) были зарегистрированы необычные электромагнитные сигналы: на спектральных диаграммах (сонограммах) наблюдались свистящие атмосферерики со специфической редкой частотно-временной структурой типа ласточкин хвост . Подобная структура свидетельствует о расширении спектра зарегистрированного ОНЧ-сигнала в область более высоких ( 15 кГц) частот. Это может быть результатом уменьшения проводимости ионосферы вследствие повышенной сейсмической активности. Проведен анализ землетрясений, зарегистрированных вблизи подспутниковой точки (между Командорскими и Алеутскими островами) в течение 5 суток после наблюдений на спутнике Вернов . Совпадение места и времени регистрации необычного вистлера и землетрясений дает основания рассматривать подобные электромагнитные сигналы в качестве возможных предвестников сейсмической активности

### 3.11 Особенности геомагнитной активности в двадцать четвертом одиннадцатилетнем цикле по данным обсерватории «Михнево»

*Рябова С.А.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт динамики геосфер Российской академии наук*

Геомагнитная активность связана с изменениями магнитосферно-ионосферной токовой системы. Основными проявлениями геомагнитной активности являются сильные возмущения - магнитные суббури и магнитные бури, а также слабые возмущения - разнообразные типы магнитных пульсаций. Динамические процессы на Солнце, такие как солнечные вспышки, выбросы корональной массы, являющиеся источниками быстрых потоков солнечного ветра, влияют на геомагнитную активность. Геомагнитные возмущения во многих циклах достигают максимальной частоты появления не в максимуме чисел солнечных пятен, а с некоторым сдвигом по времени. В настоящей работе была поставлена задача установить особенности локальной геомагнитной активности в 24-ом цикле солнечной активности с целью определения взаимосвязи с циклами солнечной активности. Все данные о состоянии магнитного поля Земли, используемые в работе, получены на Геофизической обсерватории Михнево Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер Российской академии наук (Московская область). По данным регистрации магнитного поля вычислялся К-индекс с помощью метода адаптивного сглаживания. Солнечная активность в рассматриваемом 24-ом цикле характеризовались индексом F 10,7 и числом солнечных пятен. В работе определены основные периодичности геомагнитного поля, проанализированы ее сезонные вариации. Также приводятся результаты совместного анализа геомагнитной и солнечной активностей в двадцать четвертом одиннадцатилетнем цикле.

### **3.12 Применение ежедневного мониторинга состояния ионосферы и комплексных скважинных измерений для изучения сейсмической опасности Камчатского региона**

*Богданов В.В.<sup>1</sup>, Гаврилов В.А.<sup>2</sup>, Бусс Ю.Ю.<sup>2</sup>, Морозова Ю.В.<sup>2</sup>,  
Павлов А.В.<sup>1</sup>, Гашева О.В.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В данном докладе представлены результаты совместного рассмотрения данных скважинных измерений, проводимых ИВиС ДВО РАН на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне, с данными мониторинга ионосферы средствами вертикального радиозондирования, проводимых ИКИР ДВО РАН за период с 01.01.2018 по 31.12.2018 гг. Данный подход позволяет значительно повысить эффективность краткосрочного прогноза сильных камчатских землетрясений.

Работа выполнена при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований Дальневосточного отделения РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг.: проект 18-5-095 «Разработка новых методов комплексного геофизического мониторинга в целях прогноза сильных тектонических землетрясений и предупреждения аварий в промышленных электроэнергетических системах (Раздел 1)».

### **3.13 Пространственный анализ сигналов геоакустической эмиссии в мелком водоеме оз. Микижа Камчатского края**

*Щербина А.О., Солодчук А.А.*

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

Представлены результаты локации источников геоакустической эмиссии точечной приемной системой на основе комбинированного приемника, установленной у дна природного водоема. Определены направления прихода геоакустических сигналов в горизонтальной и вертикальной плоскостях в сейсмически спокойные периоды и перед землетрясениями, произошедшими в 2008-2016 гг. Установлено, что источники эмиссии располагаются в осадочных породах на глубинах от 1 до 5 м. Рассмотрены особенности применения векторно-фазовых методов для локации источников геоакустических сигналов в мелких водоемах.

### **3.14 Разработка методики оценки области и временного периода ожидания сильных камчатских землетрясений на основе сейсмических и ионосферных прогностических признаков**

*Богданов В.В., Павлов А.В.*

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

В данной работе предпринята попытка объединить традиционные (сейсмологические) и нетрадиционные (ионосферные) предвестниковые прогностические признаки, сопутствующие формированию землетрясений, с целью разработки методики оценки области и временного периода ожидания сильных камчатских землетрясений. На основе вероятностной модели [Богданов, 2006; Богданов и др., 2010] определён параметр  $\xi_P$ , на основе которого исследовались изменения сейсмического режима, предшествующие наступлению сильных землетрясений с  $K_S \geq 13.5$  в 12 областях  $S_i$  с размерами  $150 \times 150$  км, расположенных вдоль восточного побережья



Камчатки. Параметр  $\xi_P$  представляет собой статистически значимые отклонения текущих вероятностей  $P_k(S_i)$  попадания сейсмических событий с энергетическим классом  $K_S \geq 9.0$  в области  $S_i$  от долговременных (фоновых) значений вероятностей  $P_T(S_i)$ . Текущие значения  $P_k(S_i)$  вычислялись во временном окне  $\Delta T_k = 1$  год с шагом  $\Delta t = 1$  сутки, долговременные значения  $P_T(S_i)$  вычислялись за весь период наблюдения  $T = 1962 - 2018$  гг. Периоды активизации и затишья рассматривались как аномалии сейсмического режима и определялись соответственно моментами появления значений  $\xi_P \geq 2$  и  $\xi_P \leq -2$ . Для каждой площади  $S_i$  оценивалось среднее время ожидания  $T_i^{\text{ож}}$  землетрясения с прогнозируемым энергетическим классом  $K_S \geq 13.5$  как для аномалий сейсмической активизации, так и для аномалий сейсмического затишья. Произведена оценка прогностической эффективности параметра  $\xi_P$  по методикам А.А. Гусева и Г.М. Молчана. Область ожидания  $S_{\text{ож}}$  землетрясения с  $K_S \geq 13.5$  определялась как группа областей  $S_i$ , в которых по параметру  $\xi_P$  были идентифицированы аномалии сейсмического режима. Вероятность  $P_{3T}$  наступления землетрясения с  $K_S \geq 13.5$  в области ожидания  $S_{\text{ож}}$  оценивалась на основе метода Байеса. Так как сейсмологический параметр  $\xi_P$  является среднесрочным предвестником, для уточнения периода наступления прогнозируемого землетрясения применялись краткосрочные ионосферные предвестники с периодом ожидания землетрясения до нескольких суток. Для Камчатского региона наиболее информативными ионосферными предвестниками являются следующие параметры: критическая частота  $foF2$  ионосферного слоя F2, К-слой, расслоение F2 по частоте и спорадический слой Es типа r. При появлении в течение 5 суток трёх из четырех ионосферных предвестников объявлялся период ожидания землетрясения равный 5 суткам. За период с 2010 по 2018 гг. было проанализировано 26 землетрясений и их групп с  $K_S \geq 13.5$ . Из всех выбранных сейсмических событий 21 попали в область ожидания  $S_{\text{ож}}$ , а 5 событий в фоновую область (пропуск цели). Средняя вероятность  $P_{3T}$  наступления землетрясения в области ожидания  $S_{\text{ож}}$  составила 0.76. При этом 12 землетрясениям, произошедшим в области ожидания  $S$ , и одному событию, произошедшим вне  $S_{\text{ож}}$ , предшествовало появление комплекса ионосферных предвестников.

### 3.15 Нестационарные процессы электромагнитного излучения литосферы в сейсмически активной области. Сравнительный анализ результатов наземных измерений

*Нгуен С.А.<sup>1</sup>, Луценко В.<sup>2</sup>, Иян Л.<sup>3</sup>, Уваров В.Н.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Институт геофизики Вьетнамской академии наук и технологий, Вьетнам*

<sup>2</sup> *Институт радиофизики и электроники им. А.Я.Усикова НАН Украины*

<sup>3</sup> *Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, Украина*

<sup>4</sup> *Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Россия*

Важность исследований электромагнитных сигналов литосферного происхождения обусловлена тем, что они являются еще одним источником информации о геодинамическом состоянии литосферы, которая может быть использована в различных областях геофизики. Однако до настоящего времени отсутствуют полноценные методы выделения этих сигналов, что в значительной степени обусловлено проблемой их выделения из мощного маскирующего фона грозового, магнитосферного излучения.

Целью настоящих исследований являлось изучение распределения характеристик выбросов низкочастотной электромагнитной эмиссии их количества, частоты появления, формы в каналах приема как магнитной так и электрической компонент поля в течении суток. Использовались данные измерений, полученных на СНЧ-ОНЧ антенном комплексе экспедиционной базы ИКИР ДВО РАН Карымпина. Исходные данные содержат цифровую запись 24-часового сигнала за 22 декабря 2017 года, через два дня после землетрясения в районе Охотского моря 20 декабря магнитудой 7,2 балла.

Для изучения суточных вариаций записанный сигнал был разделен на две части существенно отличающиеся по уровню: дневной период, длившийся по мировому времени с 5 часов до 20 часов GMT и ночной период, состоящий из двух частей, первая из которых была с 0 часов до 5 часов утра, и вторая часть с 20 часов до 0 часов GMT.

Изучалось распределение количества отклонений сигнала (выбросов) от величины различных порогов, выраженных в единицах среднеквадратичного отклонения ( $\sigma$ ), для различных временных областей и каналов приема. Установлено, что в дневной период выбросы имели большую амплитуду и частоту следования.

Исследовалась волновая форма максимальных значений сигнала путем применения метода накопления эпох к максимальным значениям волновых форм сигналов на интервале 15 мин. Установлено, что как форма, так и длительность импульсов в различных каналах существенно отличаются и изменяются в течение суток.

При плотности мощности тектонического потока импульса, превосходящей пороговую мощность диссипации импульса в горной породе, движение приобретает турбулентный в пространстве и импульсный во времени характер. При этом электромагнитные проявления диссипации потока импульса имеют импульсный характер.

Поэтому проявления, отражающие характер потока тектонического импульса, позволяет оценить геодинамическую обстановку и использоваться при прогнозе землетрясений, исследовании структуры недр, разведке и эксплуатации природных ресурсов. К числу важных характеристик проявлений тектонического потока импульса относится интенсивность выбросов и средний интервал между ними, которые можно использовать в качестве информативного признака предвестника землетрясения.

Установлено, что частота появления выбросов, их амплитуда и форма существенно изменяются в течение суток.

Полученные результаты могут использоваться при создании имитационных моделей процессов электромагнитной эмиссии литосферного происхождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-05-00543, Механизмы грозообразования в условиях активной вулканической деятельности на полуострове Камчатка и при участии Министерства промышленности и торговли Вьетнама.

### 3.16 Наблюдение сейсмического режима "drumbeats" на андезито-дацитовых вулканах мира

Шакирова А.А.<sup>1</sup>, Фирстов П.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал ФИЦ ЕГС РАН

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Движение магмы в постройке вулкана, а также выжимание вязких лавовых потоков и отдельных блоков на экструзивных куполах во время извержений андезито-дацитовых вулканов сопровождается роевыми последовательностями вулканических землетрясений (ВЗ). Это наблюдалось на вулканах: Сент-Хеленс, Северная Америка, Каскадные горы, извержения 1984 г., 2004-2005 гг.; Редаут, Алеутские острова, 1989 г.; Суфриере Хиллс, малые Антильские острова, остров Монтсеррат, 1995-1997 гг.; Пичинча, Южная Америка, Западные Кордильеры, 1999 г.; Кизимен, полуостров Камчатка, 2010-2013 гг. Последовательности ВЗ (мультиплеты) имели хорошо выраженный квазипериод между землетрясениями длительностью от долей до нескольких минут, а также подобные волновые формы и небольшие вариации динамического диапазона с магнитудами  $M < 3$ . За хорошо выраженный квазипериод возникновения ВЗ такой режим был назван "drumbeats" (барабанный бой). Подобный режим часто предвещает эксплозивные извержения. По современной классификации ВЗ, волновые формы дают основание отнести их к гибридным и длиннопериодным (LP) землетрясениям. В работе рассмотрены особенности сейсмического режима "drumbeats" на андезито-дацитовых вулканах мира и приведены некоторые представления о механизме его возникновения.

### 3.17 Метод пошаговой адаптации ширины измерительного интервала к параметрам сигнала

*Терехов Л.С., Лаврухин А.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Омский государственный университет путей сообщения*

Показано, что известные методы измерений исходного сигнала приводят к погрешностям, если ширина измерительных интервалов пошагово не адаптируется к меняющимся параметрам сигнала. Алгоритм пошаговой адаптации измерительного интервала основан на постулированном динамическом соотношении неопределенностей (ДСН). Впервые ДСН было построено в результате коренного преобразования радиолокационного соотношения неопределенностей (РСН) и позволило объяснить не находивший ранее приемлемого объяснения результат эксперимента вертикального радиозондирования ионосферного слоя плазмы одновременно с Земли и со спутника (в максимуме электронной концентрации слоя расхождение измеренных снизу и сверху высот, согласно оценке РСН, ожидалось в пределах 0,25–0,5 км, в то время как эксперимент показал расхождение в 50 км). Предложенный алгоритм раскрывает единую физическую основу измерения и инструментального вычисления. Алгоритм позволяет определять оптимальную, локально определяемую ширину интервала усреднения, обеспечивающую при измерении или решении вычислительной задачи уменьшение погрешности изменяющейся величины. Выявленное родство подходов вычислительной математики и классической физики привело к объединению анализа и обработки данных с решением вычислительной задачи в единый и одновременный процесс. Обработка и анализ данных измерений в реальном времени, можно ожидать, окажутся полезными для обнаружения предвестников землетрясений.

## Авторский указатель

- Алимов О.А., 77  
Аммосов П.П., 22  
Аммосова А.М., 22  
Аргунов В.В., 81  
Баишев Д.Г., 66  
Балабин Ю.В., 16, 50, 56, 67  
Баталева Е.А., 44  
Беляева И.В., 8, 14  
Бычков В.В., 21  
Благовещенская Е.Э., 76  
Боборыкина О.В., 43  
Богданов В.В., 86, 87  
Богинская Н.В., 80  
Борков Ю.Г., 12  
Брюханов И.Д., 20  
Брюханова В.В., 20  
Бусс Ю.Ю., 86  
Чен В., 45, 50  
Черепанова Е.А., 55  
Черненко В.А., 45  
Чернева Н.В., 41, 60  
Чешев М.Е., 57  
Дашкевич Ж.В., 9, 26, 28  
Добровольский М.Н., 33  
Дружин Г.И., 29, 60  
Дубров М.Н., 53  
Дуров Д.С., 50  
Еремичева В.Е., 13  
Эм А.А., 40  
Федотова О.И., 34  
Фещенко Л.К., 59, 68  
Фетисова Н.В., 20  
Фирстов П.П., 60, 91  
Гапеев М.И., 49  
Гашева О.В., 86  
Гаврилов В.А., 86  
Гаврильева Г.А., 22  
Германенко А.В., 50, 56, 67, 69  
Годомская А.Н., 62  
Голубенко К.С., 6  
Гордеев В.Ф., 71  
Готовцев М.Р., 10, 81  
Гвоздевский Б.Б., 56, 67  
Харченко О.В., 11  
Хомутов С.Ю., 40, 48  
Имашев С.А., 57  
Иннокентьев Д.Е., 19  
Инь Ц., 39  
Иванов В.Е., 9, 26, 28  
Иян Л., 89  
Калашникова Е.М., 77  
Канониди К.Х., 43  
Капустина О.В., 9, 15, 29  
Каримов Р.Р., 10, 38  
Казаков Е.А., 70  
Кендирбаева Дж.Ж., 17  
Ким А.С., 60  
Климов С.И., 84  
Ключкин В.Н., 51  
Колин А.Д., 13  
Колтовской И.И., 22  
Копылова Г.Н., 78  
Корчака А.В., 39  
Короченцев В.И., 39, 40, 50  
Корсаков А.А., 38  
Костылев Д.В., 83  
Ковалев А.А., 34  
Козелов Б.В., 9, 26  
Козлов С.И., 27  
Козлов В.И., 6, 19, 24, 38, 66  
Крутиков В.А., 71  
Кудин Д.В., 33  
Кумыков Т. С., 30  
Курбасова Г.С., 43

Кузнецов В.В., 47  
 Ларионов И.А., 65  
 Лаврухин А.А., 92  
 Лыскова Е.Л., 76  
 Луценко В., 89  
 Луковенкова О.О., 82  
 Мальшков С.Ю., 71  
 Малимбаев А.М., 60  
 Малкин Е.И., 41, 60, 82  
 Мандрикова Б.С., 37  
 Мандрикова О.В., 12, 36, 37, 40  
 Марапулец Ю.В., 56, 65, 82  
 Маурчев Е.А., 50, 56, 67, 70  
 Медведев В.В., 13  
 Михайлов Ю.М., 9, 15, 29  
 Михайлова Г.А., 9, 15  
 Михалко Е.А., 50, 56, 67, 70  
 Миронова И.А., 6  
 Мищенко М.А., 57, 65  
 Мочалов В.А., 12, 33, 58  
 Мочалова А.В., 12, 33, 58  
 Морозова Ю.В., 86  
 Мукашева С.Н., 60  
 Муратов П.В., 56  
 Нагорский П.М., 8, 14, 24, 27  
 Назаров И., 63  
 Нгуен С.А., 89  
 Ни Е.В., 20  
 Новиков В.А., 51  
 Пак Г.Д., 79  
 Панасюк М.И., 84  
 Папшева С.Ю., 40  
 Паровик Р.И., 35  
 Павлов А.Ф., 34  
 Павлов А.В., 86, 87  
 Пережогин А.С., 21, 62  
 Петросьянц В.В., 45  
 Петухов И.С., 46  
 Петухов С.И., 46  
 Петухова А.С., 46  
 Пивнев П.П., 50  
 Поливач В.И., 71  
 Полозов Ю.А., 20, 37  
 Пустовалов К.Н., 8, 14, 20, 24  
 Рыбченко А.А., 45  
 Родоманская А.И., 36  
 Романовский О.А., 11  
 Романовский Я.О., 11  
 Руленко О.П., 56  
 Ружин Ю.Я., 51, 84  
 Рябова С.А., 28, 85  
 Садовников С.А., 11  
 Салихов Н.М., 79  
 Самохвалов И.В., 20  
 Санников Д.В., 60  
 Санников К.Ю., 76  
 Семаков Н.Н., 34  
 Сенкевич Ю.И., 49, 75  
 Середкин И.Н., 21  
 Сергиенко Т.И., 26  
 Сычев В.Н., 57  
 Сивцева В.И., 22  
 Сивоконь В.П., 41, 42  
 Смирнов С.Э., 9, 15  
 Смирнов С.В., 8, 14  
 Соколова О.И., 60  
 Солодчук А.А., 82, 87  
 Сорокин В.М., 51  
 Сошина Н.С., 39  
 Стасий И.Е., 60  
 Стихарный А.П., 54  
 Сулакшина О.Н., 12  
 Свертилов С.И., 84  
 Сюэ В., 40  
 Шабаганова С.Н., 6  
 Шабанов Г.А., 39  
 Шакирова А.А., 91  
 Шереметьева О.В., 62, 67  
 Шевцов Б.М., 21, 42  
 Шевцова О.В., 68

Шпак Ю.В., 40  
Щербина А.О., 87  
Щур Л.И., 56  
Тарабукина Л.Д., 6, 19  
Тарасов С.П., 50  
Ташкун С.А., 23  
Терехов Л.С., 92  
Торопов А.А., 24  
Тристанов А.Б., 82  
Уваров В.Н., 24, 60, 89  
Виланд А.В., 39  
Виляев А.В., 54  
Водинчар Г.М., 59, 62, 68, 70  
Волков В.А., 53  
Вольвач А.Е., 43  
Яковлев Г.А., 8, 14  
Яковлев С.В., 11  
Яковлева В.С., 8, 14  
Ященко А.К., 51  
Зайцев А.Н., 36  
Закупин А.С., 80  
Зелинский А.С., 8, 14  
Зотов Л.В., 72  
Зуев С.В., 20  
Животенюк И.В., 20



# Содержание

<b>1</b>	<b>Физика атмосферы</b>	<b>5</b>
1.1	Миронова И.А., Голубенко К.С. Атмосферный отклик на высыпания высокоэнергичных электронов и электронов релятивистских энергий . . . . .	6
1.2	Шабаганова С.Н., Тарабукина Л.Д., Козлов В.И. Вариации параметров грозовой активности тропических циклонов в стадии максимального развития в августе 2016 г . . . . .	6
1.3	Нагорский П.М., Пустовалов К.Н., Яковлева В.С., Смирнов С.В., Беляева И.В., Яковлев Г.А., Зелинский А.С. Вариации уровня ионизирующей радиации в приземной атмосфере под влиянием снежного покрова . . . . .	8
1.4	Козелов Б.В., Дашкевич Ж.В., Иванов В.Е. Диагностика характеристик потоков авроральных электронов по данным оптических наблюдений . . . . .	9
1.5	Смирнов С.Э., Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В. Зимние грозы на Камчатке . . . . .	9
1.6	Готовцев М.Р., Каримов Р.Р. Инструментальное наблюдение активности свистящих атмосфериков на радиофизическом полигоне «Ойбенкель» ИКФИА СО РАН . . . . .	10
1.7	Романовский О.А., Романовский Я.О., Садовников С.А., Харченко О.В., Яковлев С.В. Лазерный дистанционный газоанализ атмосферы ПГС-лидарной системой . . . . .	11
1.8	Мочалова А.В., Мочалов В.А., Мандрикова О.В. Анализ зависимости значений Dst-индекса, рассчитанных с помощью двух методик, от уровня солнечной и геомагнитной активности . . . . .	12
1.9	Сулакшина О.Н., Борков Ю.Г. Моделирование спектра излучения молекулы $^{14}N^{16}O$ в диапазоне 200-400 нм . . . . .	12
1.10	Медведев В.В., Еремичева В.Е., Колин А.Д. Математическое моделирование верхних атмосферных процессов . . . . .	13

1.11	Нагорский П.М., Яковлева В.С., Пустовалов К.Н., Смирнов С.В., Яковлев Г.А., Беляева И.В., Зелинский А.С. О связи интенсивности выпадающих жидких осадков с эволюцией уровня $\beta$ -, $\gamma$ - фона ионизирующей радиации в приземной атмосфере . . . . .	14
1.12	Смирнов С.Э., Михайлова Г.А., Михайлов Ю.М., Капустина О.В. Об аномалиях температуры воздуха перед сильными землетрясениями . . . . .	15
1.13	Балабин Ю.В. Орографический эффект при наблюдении космических лучей . . . . .	16
1.14	Кендирбаева Дж.Ж. Отражение сейсмических и солнечных неоднородностей в гидрогеологических полях Кыргызстана . . . . .	17
1.15	Тарабукина Л.Д., Козлов В.И., Иннокентьев Д.Е. Оценка антропогенного воздействия на грозовую активность над урбанизированными территориями северо-востока Азии . . . . .	19
1.16	Полозов Ю.А., Фетисова Н.В. Оценка состояния ионосферы в системе оперативного анализа данных Аурога . . . . .	21
1.17	Самохвалов И.В., Зуев С.В., Брюханова В.В., Брюханов И.Д., Животенюк И.В., Пустовалов К.Н., Ни Е.В. Радиационные характеристики перистых облаков: влияние ориентации кристаллов льда . . . . .	21
1.18	Шевцов Б.М., Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н. Резонансное распространение лазерного излучения в верхней ионосфере . . . . .	22
1.19	Бычков В.В., Пережогин А.С., Середкин И.Н. Резонансное рассеяние на возбужденных ионах как возможная причина регистрации мнимых аэрозольных образований в стратосфере и мезосфере . . . . .	22
1.20	Сивцева В.И., Аммосов П.П., Гаврильева Г.А., Колтовской И.И., Аммосова А.М. Сопоставление вариаций внутренних гравитационных волн в области мезопаузы по измерениям на станции Маймага с температурными данными EOSMLS (Aurora) . . . . .	23
1.21	Ташкун С.А. Спектроскопические базы данных для моделирования радиационных процессов в атмосфере	24
1.22	Уваров В.Н. Спектроскопия импеданса в геофизических исследованиях . . . . .	25

1.23	Козлов В.И., Нагорский П.М., Пустовалов К.Н., Торопов А.А. Сценарии развития вариаций атмосферно-электрических величин приземной атмосферы во время сильных морозов на территории Сибири . . . . .	25
1.24	Дашкевич Ж.В., Иванов В.Е., Козелов Б.В., Сергиенко Т.И. Физико-химические взаимодействия в авроральной ионосфере: нестационарная модель . . . . .	27
1.25	Козлов С.И., Нагорский П.М. Цикличность солнечной активности и аварийные запуски ракет, выводящих на орбиту космические аппараты . . . . .	28
1.26	Иванов В.Е., Дашкевич Ж.В. Эффективный коэффициент рекомбинации в авроральной ионосфере . . . . .	29
1.27	Рябова С.А. Эффекты магнитной бури в вариациях атмосферного электрического поля на обсерватории «Михнево» . . . . .	29
1.28	Михайлов Ю.М., Капустина О.В., Дружин Г.И. Свистовые характеристики в периоды возмущений ионосферы . . . . .	30
1.29	Кумыков Т. С. Фрактально-динамическая модель накопления зарядов в грозовых облаках . . . . .	31
<b>2</b>	<b>Геофизические поля и их взаимодействие</b>	<b>33</b>
2.1	Кудин Д.В., Добровольский М.Н. Автоматическая очистка геомагнитных вариаций от техногенных помех для расчета ULF-индекса . . . . .	34
2.2	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Алгоритмы выделения параметров ионосферы в ионограммах . . . . .	34
2.3	Семаков Н.Н., Ковалев А.А., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Амплитуда суточных изменений скорости движения магнитных полюсов в спокойные дни . . . . .	35
2.4	Паровик Р.И. Анализ вынужденных колебаний нелинейных дробных осцилляторов . . . . .	36
2.5	Мандрикова О.В., Родоманская А.И., Зайцев А.Н. Анализ динамики геомагнитных возмущений в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь (по измерениям сети станций INTERMAGNET)	37

2.6	Мандрикова О.В., Полозов Ю.А., Мандрикова Б.С. Анализ динамики космических лучей и параметров ионосферы в периоды повышенной солнечной активности и магнитных бурь . . . . .	38
2.7	Корсаков А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р. Вариации амплитуды и фазы НЧ сигналов радиостанции NRK принимаемых в Якутске и Тикси в период солнечного затмения 11 августа 2018 года . . . . .	39
2.8	Инь Ц., Короченцев В.И., Виланд А.В., Шабанов Г.А., Корчака А.В., Сошина Н.С. Взаимодействие упругих волн со слоем льда в шельфовой зоне . . . . .	40
2.9	Сюэ В., Короченцев В.И., Эм А.А., Шпак Ю.В. Взаимодействие электромагнитных волн в слое льда . . . . .	41
2.10	Папшева С.Ю., Мандрикова О.В., Хомутов С.Ю. Выделение и структурный анализ помех в данных геомагнитного поля . . . . .	41
2.11	Сивоконь В.П., Чернева Н.В., Малкин Е.И. Диагностика геомагнитно-индуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач . . . . .	42
2.12	Шевцов Б.М. Динамо эффекты в гравитации . . . . .	43
2.13	Сивоконь В.П. Искусственные магнитоориентированные неоднородности ионосферы и эффективность радиотехнических систем . . . . .	43
2.14	Вольвач А.Е., Курбасова Г.С., Канониди К.Х., Боборыкина О.В. Исследование изменений геодинамических, гелиогеофизических и климатических характеристик Крыма с помощью измерительных средств геодинамического полигона «Симеиз-Кацивели» . . . . .	44
2.15	Баталева Е.А. К вопросу о взаимосвязи вариаций геофизических полей, лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмических событий . . . . .	45
2.16	Чен В., Черненко В.А., Петросьянц В.В., Рыбченко А.А. Комплекс для экспериментальных исследований взаимодействия упругих волн со слоем льда . . . . .	46
2.17	Петухова А.С., Петухов И.С., Петухов С.И. Космические лучи, как индикатор геоэффективности магнитных облаков . . . . .	47
2.18	Кузнецов В.В. Магнитное поле горячей Земли. Инверсии, магнитные аномалии и физика дрейфа магнитных полюсов . . . . .	48

2.19	Хомутов С.Ю. Медленные вариации магнитного поля Земли: технические, методические, организационные особенности измерений . . . . .	49
2.20	Гапеев М.И., Сенкевич Ю.И. Метод выделения импульсов геоакустической эмиссии . . . . .	50
2.21	Чен В., Короченцев В.И., Тарасов С.П., Пивнев П.П., Дуров Д.С. Методы нелинейной акустики в исследованиях взаимодействия упругих волн в океане . . . . .	51
2.22	Михалко Е.А., Балабин Ю.В., Маурчев Е.А., Германенко А.В. Мобильный комплекс для регистрации нескольких компонент ВКЛ . . . . .	51
2.23	Новиков В.А., Ключкин В.Н., Ружин Ю.Я., Сорокин В.М., Яценко А.К. Может ли солнечная вспышка инициировать землетрясение? Анализ полевых наблюдений, теоретическая модель и лабораторные эксперименты . . . . .	52
2.24	Дубров М.Н., Волков В.А. Наблюдение глобальных атмосферных и литосферных возмущений пространственно разнесенными деформографами, гравиметрами и наклономерами . . . . .	54
2.25	Вилиев А.В., Стихарный А.П. О возможности нарушения динамического равновесия Земли техногенным фактором . . . . .	55
2.26	Черепанова Е.А. Опыт использования компонентного Оверхаузеровского магнитометра POS-3 на пунктах векового хода магнитного поля Земли . . . . .	56
2.27	Балабин Ю.В., Михалко Е.А., Маурчев Е.А., Германенко А.В., Гвоздевский Б.Б., Щур Л.И. Особенности вариаций мягкого гамма-излучения в атмосфере . . . . .	57
2.28	Муратов П.В., Руленко О.П., Марапулец Ю.В. Особенности проявления электрического и акустического отклика приповерхностных осадочных пород на сейсмические волны от землетрясений . . . . .	57
2.29	Сычев В.Н., Мищенко М.А., Имашев С.А., Чешев М.Е. Оценка масштабов дальних корреляций по сигналам сейсмоакустической эмиссии приповерхностных осадочных пород на Камчатке . . . . .	58
2.30	Мочалов В.А., Мочалова А.В. Поиск геофизических сигналов по их математическим моделям и образцам . . . . .	59

2.31	Водинчар Г.М., Фещенко Л.К. Применение систем компьютерной алгебры для автоматизированного построения каскадных моделей МГД-турбулентности . . .	60
2.32	Дружин Г.И., Малкин Е.И., Фирстов П.П., Чернева Н.В., Уваров В.Н., Санников Д.В., Стасий И.Е. Принципы создания локальной сети наблюдений за грозowymi разрядами на активных вулканах полуострова Камчатка . . . . .	61
2.33	Малимбаев А.М., Соколова О.И., Ким А.С., Мукашева С.Н. Пространственно-временные изменения геомагнитного склонения D для геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за 1963-2018 годы . . . . .	61
2.34	Водинчар Г.М., Пережогин А.С. Разностная схема для дробного обобщения реологической модели Кельвина-Фойгта . . . . .	63
2.35	Годомская А.Н., Шереметьева О.В. Режимы генерации магнитного поля в модели $\alpha\Omega$ -динамо с $\alpha$ -генератором степенного типа . . . . .	63
2.36	Назаров И. Резонанс Шумана и его воздействие на здоровье человека . . . . .	64
2.37	Ларионов И.А., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. Результаты атмосферно-литосферных наблюдений акустического излучения на Камчатке . . . . .	66
2.38	Козлов В.И., Байшев Д.Г. Сезонные вариации естественных электрических потенциалов над таликами в центральной Якутии . . . . .	67
2.39	Балабин Ю.В., Михалко Е.А., Германенко А.В., Маурчев Е.А., Гвоздевский Б.Б. Солнечные космические лучи по наземным наблюдениям . . . . .	68
2.40	Шереметьева О.В. Степенные закономерности в форшоковых последовательностях статистически связанных событий . . . . .	68
2.41	Водинчар Г.М., Фещенко Л.К. Стохастическая модель 6-струйного кинематического динамо . . . . .	69
2.42	Шевцова О.В. Структурные особенности сложных гидрохимических систем . . . . .	69
2.43	Германенко А.В. Учет реальной формы спектра протонов при расчете прохождения солнечных космических лучей через атмосферу Земли . . . . .	70

2.44	Водинчар Г.М., Казаков Е.А. Хаотические режимы в двумодовой модели $\alpha\omega$ -динамо с эрeditарным подавлением $\alpha$ -эффекта . . . . .	71
2.45	Михалко Е.А., Маурчев Е.А. Численные методы в исследовании угловых и энергетических характеристик вторичных космических лучей в атмосфере Земли . . . . .	71
2.46	Гордеев В.Ф., Крутиков В.А., Малышков С.Ю., Поливач В.И. Разномасштабные аномалии естественного импульсного электромагнитного поля Земли, их связь с геодинамическими процессами . . . . .	72
2.47	Зотов Л.В. Вращение Земли и изменения гравитационного поля . . . . .	73
<b>3</b>	<b>Физика предвестников землетрясений</b>	<b>75</b>
3.1	Сенкевич Ю.И. Автокластеризация многообразия радиоимпульсных сигналов на основе их символического описания . . . . .	76
3.2	Благовещенская Е.Э., Лыскова Е.Л., Санников К.Ю. Вариации сейсмической активности, вызываемые чандлеровским качанием полюса . . . . .	77
3.3	Алимов О.А., Калашникова Е.М. Воздействие сейсмической активности на диапазон полупрозрачности спорадического слоя Es . . . . .	78
3.4	Копылова Г.Н. Гидрогеодинамические эффекты подготовки и возникновения сильных землетрясений . . . . .	79
3.5	Салихов Н.М., Пак Г.Д. Исследование Литосферно-Атмосферно-Ионосферных связей на примере землетрясения 30 декабря 2017 г. М4.2 . . . . .	80
3.6	Богинская Н.В., Закупин А.С. Исследование локальной сейсмичности в зоне Центрально-Сахалинского разлома . . . . .	81
3.7	Аргунов В.В., Готовцев М.Р. Квазипериодические вариации амплитуды электромагнитных сигналов от грозových разрядов в период сейсмической активности . . . . .	82
3.8	Луковенкова О.О., Солодчук А.А., Марапулец Ю.В., Тристанов А.Б., Малкин Е.И. Комплексный анализ предсейсмических сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссии . . . . .	83
3.9	Костылев Д.В. Новый пункт комплексных геофизических и сейсмологических наблюдений на Сахалине . . . . .	84

3.10	Панасюк М.И., Свертилов С.И., Климов С.И., Ружин Ю.Я., Обусловленные землетрясениями эффекты в магнитоволновой активности, наблюдавшиеся в эксперименте рэлек на спутнике «Вернов» . . . . .	85
3.11	Рябова С.А. Особенности геомагнитной активности в двадцать четвертом одиннадцатилетнем цикле по данным обсерватории «Михнево» . . . . .	86
3.12	Богданов В.В., Гаврилов В.А., Бусс Ю.Ю., Морозова Ю.В., Павлов А.В., Гашева О.В. Применение ежедневного мониторинга состояния ионосферы и комплексных скважинных измерений для изучения сейсмической опасности Камчатского региона . . . . .	87
3.13	Щербина А.О., Солодчук А.А. Пространственный анализ сигналов геоакустической эмиссии в мелком водоеме оз. Микижа Камчатского края . . . . .	88
3.14	Богданов В.В., Павлов А.В. Разработка методики оценки области и временного периода ожидания сильных камчатских землетрясений на основе сейсмических и ионосферных прогностических признаков . . .	88
3.15	Нгуен С.А., Луценко В., Иян Л., Уваров В.Н. Нестационарные процессы электромагнитного излучения литосферы в сейсмически активной области. Сравнительный анализ результатов наземных измерений . .	90
3.16	Шакирова А.А., Фирстов П.П. Наблюдение сейсмического режима "drumbeats" на андезито-дацитовых вулканах мира . . . . .	92
3.17	Терехов Л.С., Лаврухин А.А. Метод пошаговой адаптации ширины измерительного интервала к параметрам сигнала . . . . .	93



# 1 Atmosphere physics

## 1.1 Air temperature anomalies before strong earthquakes

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

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

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

Diurnal variations of electric (quasi-electric fields and electrical conductivity), meteorological (air temperature, pressure, atmospheric relative humidity and wind velocity) quantities and Earth infrared radiation fluxes were investigated in detail. These quantities were measured simultaneously before strong Kuril earthquakes occurred on November 15, 2006 ( $M = 8.3$ ), on January 13, 2007 ( $M = 8.1$ ), and on January 30, 2016 ( $M = 7.2$ ). It was obtained that anomalous growth of temperature is observed 6–7 days before the earthquakes in spite of the negative regular trend in these winter months. It was shown that radiation fluxes at the ground level, which are measured at satellites over earthquake epicenters and over the observatory, coincide in value and in time behavior. The air temperature measured at the observatory and the temperature estimated by the results of satellite observations for the ground level differ in value but coincide in the time behavior. The discovered temperature increase, in spite of the negative regular trend during this season, is caused by the inclusion of an additional source of heat penetrating into the near-ground atmosphere. This result together with the results of investigations of different geophysical quantities before strong earthquakes, which had been carried out in Kamchatka before, allowed us to make the conclusion that the additional source of heat is located in the Earth crust.

## **1.2 Atmospheric response to high and relativistic energy electron precipitation**

*Mironova I.A., Golubenko K.S.*

*Saint Petersburg State University*

The question of the effect of precipitations of high and relativistic energy electrons ( $> 30$  keV to several MeV) on the chemistry and dynamics of the middle polar atmosphere is still open. To understand atmospheric effects, an accurate description of the ionization rates of the atmosphere caused by the deposition of energetic particles is required. This paper will discuss the progress made in understanding the high and relativistic energy electron precipitation into the Earth's atmosphere. Special attention will be paid to the processes associated with ionization of the atmosphere and changes in the chemical compositions and ozone layer in the polar atmosphere.

## **1.3 Comparison of internal gravity waves variations in the mesopause region derived from observations at Maimaga station with EOSMLS (Aura) temperature data**

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

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

The temperature data of the mesopause region obtained for the period 2013-2018 at the station Maimaga (63.04 N, 129.51 E) was investigated. During the winter period of the 2014-2015 observation season, the characteristic of the internal gravity waves (IGW) activity gw has lower values than in other seasons, and the average night temperature of the mesopause region, on the contrary, exceeds corresponding values in other seasons. For comparison, satellite data of temperature profiles obtained by EOSMLS (Aura) are given. After isolating and subtracting the contribution of the gravitational component from the EOSMLS temperature profiles for the region

above the Maymaga station, the difference in the winter stratopause of the 2014-2015 season is noticeable. During this season, the winter stratopause has lower temperatures than in other seasons, taking into account the deduction of the contribution of temperature fluctuations due to IGW

## 1.4 Cyclicity of solar activity and emergency launches of missiles through orbit space satellites

*Kozlov S.I.<sup>1</sup>, Nagorsky P.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Geosphere Dynamics, RAS*

<sup>2</sup> *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological System, SB RAS*

From 1957 to 2014 the relative number of unsuccessful launches of rocket and space equipment (*RSE*)  $N$  products was  $\sim 6.4\%$ . Despite the overall increase in the reliability of the *RSE* as a whole, it seems that it will not be possible to rule out the occurrence of emergency situations during its operation. The purpose of the work is to analyze the frequency of emergency launches of *RSE* products depending on the phase of the solar activity cycle (*SA*).

The creation of *RSE* facilities and the exploration of outer space in the USSR and the USA developed almost in parallel, and there were practically no contacts between teams of *RSE* products in these countries. Until 1991, these countries belonged to different socio-political systems. These circumstances are very important when searching for external factors that lead to an increase in the accident rate of the *RSE*: they make it possible to identify those factors that determine the particularities of the functioning of the *RSE*, regardless of the development processes of the *RSE*, the countries and the socio-political system.

For  $N$  of the Russian Federation and the USA, general patterns were revealed:  $N$  rows, excluding the initial segment (1957-1968), are characterized by pink color of noise; Hurst performance almost the same. This implies: a) the variations of  $N$  are determined by the laws of the functioning of complex dynamic systems; b)  $N$  does not depend on the country, the socio-political system and the team of developers of the *RSE*; c) the systems themselves are antipersistent.

An unexpected result is that  $N$  is higher on the  $SA$  growth branch, while the most intense solar flares and the geomagnetic disturbances excited by them are recorded on the decay branch and near the  $SA$  maximum. It is assumed that under the influence of space weather factors on the man-machine system, the most vulnerable element of this system is man, the negative influence of which on space weather factors for unknown reasons is higher on the  $SA$  growth branch.

## 1.5 Dynamics of energetic particles at low altitudes and its influence on the ionosphere

*Suvorova A.V.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *National Central University, Taiwan*

<sup>2</sup> *Moscow State University, Russia*

We studied the dynamics of the keV-energy electrons and protons measured by low-altitude NOAA/POES satellites during 23 and 24 solar cycles. We performed the research in following interrelated directions. 1) Global distribution of particle fluxes was investigated and occasional abrupt enhancements of energetic electrons at low latitudes were found. These electron enhancements do not coincide in time with the well-known proton enhancements, and their mechanisms are different. Results of statistical analysis of temporal and spatial variations of electron and proton fluxes in connection with solar and geomagnetic activities are presented. 2) The energetic particles at low altitudes impact on neutral gas in the upper atmosphere, altering ionospheric parameters, ionization, conductivity, and chemical content. A special attention is given to the particle-related ionospheric effects at low latitudes as a new direction of research. We found evidences of the ionizing particle effects in the topside ionosphere at low latitudes. Ionizing effects produced by electrons at low latitudes is comparable in magnitude with ionospheric positive storms. Impact of the energetic protons on the ionosphere at low-middle latitudes results in ionospheric irregularities. 3) A comprehensive study of solar wind driving parameters of particle enhancements at low-middle latitudes allows finding a new factor, which can play a key role during magnetically quiet time. The radial interplanetary magnetic field (IMF) together with IMF discontinuities can lead to

interrelated magnetospheric and ionospheric phenomena such as local magne-tospheric compressions, ULF activity in Pc1 band, electron enhancements at low latitudes and ring current proton precipitation bursts.

## **1.6 Estimation of anthropogenic impact on lightning activity over urbanized areas of North-East Asia**

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

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

The anthropogenic influence on lightning activity is revealed by an increase in the density of lightning stroke in the places with accumulation of artificial products in air and by an additional period of one week in temporal variations. In this study, a comparative analysis of the density of lightning strokes within the city (with a resolution of 0.25 degrees along longitude-latitude) and the surrounding areas (up to 0.5 degrees around the city center cell). The shortest resolution of temporal variation is 6 hours (on meteorological term). The observations are carried out using the World Wide Lightning network (WWLLN), one of the sensors of which was installed in Yakutsk in 2009. We selected cities within the territory of 60-180E, 40-80N. Selected cities in Siberia and Russian Far East have a population of more than 50 thousand 57 cities. Due to the high population density in the North-Eastern China, we selected only large cities with a metropolitan population of more than 400 thousand people 23 cities. The variations in the number of lightning strokes in each cell of the selected area of the city and surrounding areas is analyzed by its spectrum. 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).

## 1.7 Estimation of ionosphere state in Aurora online data analysis system

*Polozov Yu.A.<sup>1,2</sup>, Fetisova N.V.<sup>1</sup>*

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

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

The paper presents the results of detection of ionospheric anomalies in online mode according to the data from an ionosonde at Paratunka station, Kamchatka peninsula (IKIR FEB RAS). The developed algorithms have been implemented in Aurora online geophysical data analysis system (<http://lsaoperanalysis.ikir.ru:9180/lsaoperanalysis.html>). The algorithms allow us to detect sudden anomalous changes of different intensity in the dynamics of ionospheric parameters, as well as to estimate their characteristics. The efficiency of the system and the possibility of its application in space weather forecast tasks have been shown on the examples of events occurred in 2018.

## 1.8 Impedance spectroscopy in geophysical researches

*Uvarov V.N.*

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

The principles of the impedance spectroscopy method in engineering, biophysics, and physical chemistry are briefly considered. Analyzed the possibilities of application in geophysics using natural electromagnetic radiation of the ELF-VLF range and the qualitative difference of the method as applied to the radio-geophysics of the ELF-VLF range.

The possible basic parameters of the analysis are considered taking into account the basic model of the ionosphere-atmosphere-lithosphere, their physical interpretation is given, and the averaging intervals are estimated during the analysis. Examples of Nyquist and Baud diagrams of natural electromagnetic radiation for different averaging intervals

are given, and conclusions are made about the properties of the geophysical propagation medium. It is concluded that the use of the method in radiophysical studies in geophysics is promising.

## **1.9 Instrumental monitoring of the activity of whistlers in the radiophysical station "Oybenkel" SHICRA SB RAS**

*Gotovcev M.R., Karimov R.R.*

*SHICRA SB RAS*

Scientific research directions and instrumental observations of the Ionosphere and magnetosphere radioemission laboratory:

1. Very low frequency radio emission: investigation of magnetospheric VLF radio emissions, their propagation issues in the magnetosphere and exit to the earth's surface (whistlers), study of the relationship of VLF radio emissions with variations in solar activity, parameters of the solar wind and interplanetary magnetic field; investigation of manifestations in VLF emissions of seismic processes and thunderstorm activity; study of the propagation of VLF emissions in the earth-ionosphere waveguide using the example of VLF radiation signals and electromagnetic radiation from lightning discharges
2. Thunderstorm activity: monitoring thunderstorm activity in eastern Siberia, connection of thunderstorm activity with solar and cosmophysical parameters
3. Atmospheric electricity: variations of the electric field during "good" weather, electric field variations during thunderstorm activity, relationship between cosmic ray variations and atmospheric electric field

The main observations conducted by the laboratory are carried out at the stationary expeditionary point, the radio-physical Oybenkel polygon, founded in 1972 and located in the taiga at a distance of 25 km from Yakutsk. The power supply of the polygon is autonomous - from solar panels and a wind generator most of the year and additionally from diesel generators on winter days. Thus, industrial interference



has little effect on signal reception. The reception of VLF signals is carried out on the radiophysical test site for the following receiving and recording complexes:

1. multichannel VLF recorder operating since 1972, frequency range up to 10 kHz. Reception is carried out on a frame antenna with an effective area of 770 square meters, oriented in the east-west direction;
2. SSAN (sensor signal analysis network) registration point from November 2017, frequency range up to 96 kHz, receiving to a whip antenna;
3. registration point AWDANET (Automatic Whistler Detector and Analyzer systems network) from September 2018, frequency range up to 20 kHz, reception also to a whip antenna.

## 1.10 Laser remote gas analysis of the atmosphere by OPO lidar system

*Romanovskii O.A., Romanovskii Ya.O., Sadovnikov S.A.,  
Kharchenko O.V., Yakovlev S.V.*

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

A series of laboratory experiments out to measure the absorption of the OPO laser radiation by methane as part of a calibrated  $CH_4$ :  $N_2$  molecular mixture in a gas cell has been carried. The experiments were carried out in the spectral range of 3.30-3.43  $\mu$ m, in which there is a fairly strong absorption band of methane and there is no interfering absorption by water vapor and carbon dioxide. The results of measuring the absorption of laser radiation at selected sensing wavelengths and their comparison with the calculated data are presented. Using the developed OPO-lidar system, backscattered signals were received and processed in the range of the spectrum of 3.30-3.43  $\mu$ m for the horizontal route of atmospheric sensing. Based on the experimental data obtained, the absorption coefficients were estimated and the  $CH_4$  concentrations were restored in the spectral range under study at a 800 m atmospheric path with a spatial resolution of 100 m.

## 1.11 Magnetic storm effects in the atmospheric electric field variations at the Mikhnevo Observatory

*Riabova S.A.*

*Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences*

Temporary variations in the atmospheric electric field are determined by the state of the global electrical circuit. Currently, the main generators of electric fields and currents in the Earth's atmosphere include lightning discharges in global thunderstorm centers located in Central America, Africa and Asia, as well as changes in current systems as a result of the interaction of the solar wind with the Earth's magnetosphere. Solar activity, manifesting on the Earth in the form of magnetic storms and substorms, can also have a significant influence on the magnitude of the atmospheric electric field. It should be noted that the results of studies of the effects of solar activity and geomagnetic storms associated with it on atmospheric electricity at high and middle latitudes are still not enough. Moreover, they are rather contradictory. This research analyzes the data of instrumental observations of variations in the vertical component of the atmospheric electric field at the Mikhnevo Geophysical Observatory of Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences in fair weather conditions during magnetic storms. In the course of this study, the features of the diurnal variation of atmospheric electricity at the Mikhnevo Observatory are established; during the period of magnetic storms, significant disturbances in the atmospheric electric field are revealed.

## 1.12 Mathematical modeling of the upper atmosphere processes

*Medvedev V.V., Eremicheva V.E., Kolin A.D.*

*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia*

Numerical model for the upper atmosphere and the ionosphere-magnetospheric processes for the heights of 50-500 km is constructed. The model includes a set of magneto hydrodynamic equations

(continuity, momentum and energy) for electrons and ions, and neutral atmosphere. She relies numerical solutions the continuite, temperature neutral gas ( $T_n$ ), ion ( $T_i$ ) and electron ( $T_e$ ), macroscopic average winds of velocities  $V_{nx}, V_{ny}, V_{az}$  equations for the partially ionized plasma for the neutral, ions and electrons. In this paper we shall describe our calculations of the following species:  $N_2, O, O_2, O_3, O(^1D), O(^1S), O_2(^1\Delta_g), O_2(\sum_g^+), N_2^{(\nu)}, O_2^{(\nu)}, H, H_2, OH, H_2, H_2O, H_2O_2, N(^4S), N(^2D), NO, NO_2, CO, CO_2, H^+, O^+, O_2^+, NO^+$ .

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

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

In the experiment was calculated vibrationally excited nitrogen density. The main attention was paid to investigation of the processes with oscillatory excited state of the nitrogen molecules  $N_2^{(\nu)}, O_2^{(\nu)}$ . The density calculation of this component was made for the ten oscillating

levels ( $\nu = 1...10$ ), using by the time-depended diffuse equation. Boltzman distribution was not talking into account. The role of diffusive and photochemical processes in  $N_2^{(v)}$  dynamics was discussed.

### **1.13 On the relationship of the intensity of dropping liquid drains with the evolution of the level of $\beta$ -, $\gamma$ - background of ionizing radiation in the ground atmosphere**

*Nagorsky P.M.<sup>1</sup>, Yakovleva V.S.<sup>2</sup>, Pustovalov K.N.<sup>1</sup>, Smirnov S.V.<sup>1</sup>,  
Yakovlev G.A.<sup>3</sup>, Belyaeva I.V.<sup>4</sup>, Zelinsky A.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

<sup>2</sup> *Tomsk Polytechnic University*

<sup>3</sup> *MBOU Lyceum at Tomsk Polytechnic University*

<sup>4</sup> *Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*

Soil radioactive gases and atmospheric radionuclides are excellent tracers of various atmospheric and geophysical processes.

The aim of the work is to estimate the intensity of liquid precipitation using radiation markers, which used the magnitude of the anomalous surge of the  $\gamma$  -radiation dose rate and the  $\beta$  -radiation flux density.

The dependences of the  $\gamma$  -radiation dose rate and  $\beta$  -radiation flux density on the height of the rain clouds, the density and turbulence of the atmosphere are analyzed. The simulation took into account the spatial (in the vertical direction) and temporal dynamics of the  $\gamma$  - radiation dose rate, formed by short-lived daughter decay products of radon and toron in the surface atmosphere, precipitated during precipitation.

## 1.14 Radiation characteristics of cirrus clouds: The effect of the orientation of ice crystals

*Samokhvalov I.V.<sup>1</sup>, Zuev S.V.<sup>2</sup>, Bryukhanova V.V.<sup>1</sup>,  
Bryukhanov I.D.<sup>1</sup>, Zhivotenyuk I.V.<sup>1</sup>, Pustovalov K.N.<sup>2</sup>, Ni E.V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *National Research Tomsk State University*

<sup>2</sup> *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

The results of a complex experiment on studying the radiation characteristics of cirrus, which has been performed since 2016, are discussed. The orientation of crystalline particles in the clouds is estimated based on backscattering phase matrices obtained with a polarization lidar. Solar radiation fluxes are measured according to conventional methods with an actinometer and a pyranometer. It is shown that under certain meteorological conditions at the altitudes of formation of cirrus, ice crystals can orient horizontally, which significantly affects the transmission of solar radiation.

## 1.15 Real orographic effect in cosmic ray studying

*Balabin Y.V.*

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

Baksan neutron monitor (NM) is placed in Baksan Neutrino Observatory on Northern Caucasus. It is placed at the floor of Baksan gorge and 1700 m above sea level. The place has 43° 16' 22.81" N and 42° 41' 06.04" E coordinates. Cosmic ray flux at the surface level depends on amount of matter above NM. It is proportional to atmospheric pressure. This is a reason to fix the atmosphere pressure as fine as cosmic ray flux. Analysis of the data has shown there usually was a day pressure variation. Generating of pressure variations caused by local conditions (like a wind, local orography ect.) doesn't have influence to cosmic ray flux because these variations free of matter amount change. It would be called dynamic variations. A revealed pressure variation (about 1 mb) is synchronous to cosmic ray variation. We consider it to be special orographic effect spreading to significant part of the troposphere with changing amount of matter of NM. In this case NM is like a matter amount detector and shows real changing of matter amount above NM.

## 1.16 Reflection of seismic and solar irregularities in hydrogeological fields of Kyrgyzstan

*Kendirbaeva J. Z.*

*Institute of Seismology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*

The Kyrgyz Tien-Shan is the promising regions for earthquake prediction, where the inhomogeneous heterogeneity is highlighted, with which the crustal blocks are different in thickness (from 20 to 40 km), density (2.75-2.85 g / cm<sup>3</sup>) composition. With this in mind, since 1979, the hydrogeoseismological network has been operating in Kyrgyzstan, consisting of 8 wells with depths ranging from 125 to 1500m. The theory of pulsating earth and the theory of reflection, as well as the multifactorial nature of hydrogeological fields, are taken as the basis for the analysis of hydrogeological materials for solving problems. Two types of restructuring - regular and random in the mode of observed waters are allocated. The first is due to climatic and seasonal conditions, the second is due in the first approximation to the periods before, during and after earthquake seizures, but the anomalies do not repeat from one tremor to another. For the objectivity of their substantiation as a source, morphological features of the structures, especially deep faults, represented by a multi-directional network of tectonic blocks, are taken into account. Some come from single sources, and sometimes in the form of azonal hydrogeological lines, in which the physicochemical parameters are characterized by an exotic set. Thus, the parameters of the Teskei hydrothermal line circulating in practically identical geological formations vary from west to east the temperature varies from 320 C to 50-560 C, pH from 7.8 to 8.8, and the redox conditions (mV) - from oxidizing to reducing. It turned out that their indifference to the stratigraphic affiliation and lithologic-geochemical confinement of the aquatic environment is reflected in a causal relationship with the nature and intensity of neotectonic movements. Neotectonic movements, being a long geological time in conditions of steady stretching, reached the greatest extent in the east. There, the epicenters of earthquakes with K 12-14 and areas of natural outlets of hydrotherms with a temperature of 500 C are concentrated. In the west, the temperature varies from 20 to 36-370C and weak seismic shocks prevail. Such regularities of spatial interrelation take place in the vertical section, i.e. according to numerous data obtained

as a result of hydrogeological testing of wells with depths of up to 5-6 km drilled in oil, gas and thermal waters. For temperature, pH and Eh, as well as ion concentrations in hydrotherms, passing regardless of the nature of the water-bearing medium, common roots of variability were revealed, which are graphically clearly represented by broken curves, at which the largest inflow falls on the geological stages associated with the maximum tectonic activation. For temperature, pH and Eh, as well as ion concentrations in hydrotherms, passing regardless of the nature of the water-bearing medium, common roots of variability were revealed, which are graphically clearly represented by broken curves, at which the largest inflow falls on the geological stages associated with the maximum tectonic activation. For example, in them, the background values of the determined parameters deviate to the largest portions at the interface of the Upper Neogene and Paleogene-Neogene rocks, when the Earth stresses are activated inside, leading to the renewal of the ancient and the appearance of new faults in this region. The participation of exogenous components in these hydroplasts is also indicated by the interconnection situation according to the Wolf numbers (W) - the average annual index of solar activity detected under conditions of 11-year cyclicity: according to the available data, a decrease in earthquakes activity with MW 8 often corresponds to its maxima. This is confirmed in our work: correlation coefficients calculated between the temperature and flow rate of Sopus-Kurgan water, seismicity and solar activity index. So, in 2015, in a relatively seismically active period, the correlation coefficients have negative values (-0.3), in 2016, they become positive (0.2), and in 2017, they become positive rise to 0.4. At the same time, the correlation coefficient is also high between each studied parameter and the solar activity index, but decreased from a positive 0.64 (2015) to a negative -0.12 (2016), reaching a minimum of -1 (2017)

## **1.17 Resonant propagation of laser radiation in the upper ionosphere**

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

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

A brief overview report on the study of the resonant propagation of laser radiation in the ionosphere excited by charged particle precipitations is presented. The results of research and perspectives for the development of scientific area are discussed. A solution is proposed for the problem of wave propagation in random resonant media, taking into account the backscatter features, which can be used for remote sensing of the characteristics of the excited ionosphere.

## **1.18 Resonant scattering on excited ions as a possible reason for the registration of imaginary aerosol formations in the stratosphere and mesosphere**

*Bychkov V.V., Perezhogin A.S., Sereдкиn I.N.*

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

The results of two-frequency (532 and 561 nm) lidar atmospheric sensing in the altitude range of 25-500 km, and a sounding method at a frequency of 532 nm with recording of a signal on two receiving channels, allowing to expand the range of available heights and obtain a signal profile in the lower stratosphere from the height 10-12 km are presented. It is shown that the  $N_h$ -profile of the scattering ratio can be reconstructed at altitudes of 12-80 km and the molecular scattering signal can be extracted. The possibility of separating the signal of resonant scattering and the formation of imaginary aerosol formations in the middle atmosphere, the calculation of the spectra of precipitated charged particles is discussed.



## 1.19 Scenarios of development of variations of atmospheric-electric values of the ground-term atmosphere during the strong frost in Siberia

*Kozlov V.I.<sup>1</sup>, Nagorsky P.M.<sup>2</sup>, Pustovalov K.N.<sup>2</sup>, Toropov A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS*

<sup>2</sup> *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

The formation of the anticyclonic weather regime on the territory of Siberia in winter is closely connected with the interaction of anticyclones forming in the Kara Sea and moving southward with the Siberian anticyclone (Asian maximum). The establishment of severe frosts, when the minimum air temperature is  $-40^{\circ}\text{C}$  and lower for 3 days or more, is characterized as a dangerous meteorological phenomenon. Adverse events include the formation, with a significant decrease in temperature, of ice fogs that limit the  $Sd$  visibility range. The purpose of the work is to investigate during the winter fogs in years. Yakutsk and Tomsk evolution of variations of the field strength  $E$  with decreasing temperature to extreme values.

For Yakutsk, lowering  $T$  to  $\sim -40^{\circ}\text{C}$  and lower results in the formation of ice fog, limiting the visual range. In the absence of fog, the spectrum of oscillations  $E$  can be divided by periods into three areas: horizontal (periods less than 1 min); linear growth due to turbulent mixing, and the area associated with saturation, the lower limit of which is more than 10 minutes. During ice fogs, the upper limit of the electrostatic noise range (white noise) increases by more than an order of magnitude and is at least 10-60 minutes. The lower boundary of the portion of the spectrum associated with saturation increases to hundreds of minutes. Comparison of Tomsk and Yakutsk data showed that as  $T$  decreases and  $Sd$  decreases, the magnitude of the electric field strength decreases during fog, and the polar conductivities  $L_{+/-}$  increase. These changes indicate that the dehydration of the troposphere plays the main role in the transformation of the  $E$  variation spectrum, and the removal of moisture from the atmosphere seems to be due to spontaneous crystallization, which is significantly accelerated at  $T \sim -39 \div -41^{\circ}\text{C}$ .

According to the data recorded in Tomsk, another variant of the development of electrical processes in the surface layer is possible when  $T$  decreases to  $-20 \div -30^{\circ}\text{C}$ , when the value of  $E$  increases, and

the polar conductivities  $L_{+/-}$  fall to minimum values. In both cases, apparently, the key role belongs to the processes that regulate the flow of light ions to the aerosol, which ensures a change in the electrical conductivity of the surface layer and, consequently, the electric field intensity  $E$ .

## 1.20 Simulation of the emission spectra of the $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ molecule in the region 200-400 nm

*Sulakshina O.N., Borkov Yu.G.*

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

A simulation of the emission spectrum of a stable  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  diatomic radical in the UV range of 200-400 nm was performed. Radiation in this region of the spectrum is due to electronic transitions  $^2\Pi - ^2\Sigma$  and  $^2\Pi - ^2\Pi$ . The calculation of the parameters of the spectral lines of electronic transitions was carried out on the basis of the created program "SpecRad".

## 1.21 Spectroscopic databases for modeling atmospheric radiation processes

*Tashkun S.A.*

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

The radiation properties of the earth's atmosphere from microwaves to ultraviolet are determined mainly by the spectroscopic properties of the molecules that make up it. Monitoring the state of the atmosphere, as well as predicting climate change, requires more and more complete and accurate account of their properties. Currently, the main parameters of the spectral lines of these molecules are collected in spectroscopic databases, which are regularly updated and enlarged.

The poster provides an overview of the general purpose databases: HITRAN Spectroscopic Database, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, USA GEISA Spectroscopic Database, Laboratoire de Meteorologie Dynamique, FRANCE Millimeter and Submillimeter

Molecular Spectroscopy Catalog, Jet Propulsion Laboratory, USA The Cologne Database for Molecular Spectroscopy (CDMS), University of Cologne, GERMANY

As well as specialized dedicated to individual molecules:

PNNL Vapor Phase Infrared Spectral Library, Pacific Northwest National Laboratory, USA Ames Molecular Spectroscopic Data for Astrophysical and Atmospheric Studies, SETI, USA SMPO Spectroscopy and Molecular Properties of Ozone, IAO, Tomsk, Russia CSDS-296 Carbon Dioxide Spectroscopic Databank, IAO, Tomsk, Russia

Their comparative characteristics and recommendations for use will be presented.

## 1.22 Supersubstorms during the strong magnetic storms on 7-8 September 2017

*Despirak I.V.<sup>1</sup>, Lubchich A.A.<sup>1</sup>, Kleimenova N.G.<sup>2</sup>, Gromova L.I.<sup>3</sup>, Gromov S.V.<sup>3</sup>, Malysheva L.M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute*

<sup>2</sup> *Schmidt Institute of Physics of the Earth, RAS*

<sup>3</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS*

The term supersubstorms (SSS) is used for the extremely strong substorms with intensity higher 2000-2500 nT, i.e. an order of magnitude more the greatest values of the Dst index. The SSS are mainly observed during magnetic storms caused by magnetic clouds (MC) and SHEATH plasma compression regions ahead of MCs. Here we analyzed the appearance of two events of SSS observed during the magnetic storms on 7-8 September 2017. These storms are widely discussed in the literature. Two severe geomagnetic storms (on 7 and on 8 September 2017) have been associated with two consecutive solar wind structures: SHEATH with EJECTA and SHEATH with magnetic cloud (MC). Because the first SHEATH has the positive IMF Bz on its front edge, the substorm activity was absent in this time. After the second SHEATH arriving with the strong negative IMF Bz, the main phase of the first magnetic storm began and it was accompanied by the first supersubstorm (up to -3500 nT). The second magnetic

storm was caused by MC with the negative IMF Bz, and the second supersubstorm (up to -2500 nT) was registered in this time. Both SSSs demonstrated the global longitude expansion and were accompanied by the dayside polar magnetic bays. The SSS behavior is discussed. According to our knowledge, the possible influence of such huge local magnetic perturbations on processes in the lithosphere has not yet been studied. Probably, it would be useful to start research in this direction.

### **1.23 The analysis of dependence of the values of the Dst-index counted by means of two techniques from the level of solar and geomagnetic activity**

*Mochalova A.V., Mochalov V.A., Mandrikova O.V.*

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

In work two ways of calculation of the Dst-index are analyzed:

- by means of the automated approach which is based on use of data the priekvatorialnykh of Hermanus, Kakioka, Honolulu and San Juan stations (the algorithm and results of calculation are given in the website Kyoto <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/aedir/>),

- by means of the automated method of the calculation using veyvlet-transformation for calculation of Sq-variations.

The analysis of dependence of values of the Dst-index counted by means of two above described techniques from the level of solar and geomagnetic activity is made.

### **1.24 The diagnostic of auroral electron flux characteristics used the optical observation data**

*Kozelov B.V., Dashkevich Zh.V., Ivanov V.E.*

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

Based on the data of triangulation observations, the energy spectra of precipitating electrons responsible for the rayed forms of auroras were diagnosed. The parameters of electron fluxes were obtained from altitude profiles of auroral emissions using an algorithm based on a previously created numerical model of the transport of auroral electron fluxes in the Earth's atmosphere. Examples of the restored spectra are given.

## 1.25 The effective recombination coefficient in the auroral ionosphere

*Ivanov V.E., Dashkevich Zh.V.*

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

The effect of the precipitated electron flux parameters on the effective recombination coefficient of electron eff has been studied. The studies were performed by a numerical modeling using the time-dependent model of the auroral ionosphere. It has been demonstrated, that in the ionosphere E-region the eff value is related to the physicochemical properties of environment. However, in the ionosphere F1-region the effective recombination coefficient becomes dependent from both the energy flux and the average energy of the precipitated electrons.

## 1.26 The physicochemical interaction in the auroral ionosphere: the time dependent model

*Dashkevich Zh.V.<sup>1</sup>, Ivanov V.E.<sup>1</sup>, Kozelov B.V.<sup>1</sup>, Sergienko T.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup> *Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden*

The time dependent physicochemical model of the auroral ionosphere, occurred during electron precipitation is presented. The model computes the altitude density profiles of the excited and the neutral components of the ionosphere. These are: O<sub>2</sub><sup>+</sup>, N<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sup>+</sup>(4S), O<sup>+</sup>(2D), O<sup>+</sup>(2P), O(1D), O(1S), N(4S), N(2D), N(2P), NO,

NO+, N+, N2(A3), N2(B3), N2(W3), N2(B 3) and electrons. The energy spectrum of the auroral electrons in the upper boundary of the ionosphere, the densities of atmosphere neutral components and the atmosphere temperature are the input parameters of the model. The 56 physicochemical reactions characterizing the redistribution of electron energy form the basis of the model. The model is tested on the coordinated rocket and satellite measurements of the auroral event. The best, at present, fit between modeling and experimental data has been achieved.

## 1.27 Variations of the level of ionizing radiation in the surface atmosphere under the influence of a snow cover

*Nagorsky P.M.<sup>1</sup>, Pustovalov K.N.<sup>1</sup>, Yakovleva V.S.<sup>2</sup>, Smirnov S.V.<sup>1</sup>, Belyaeva I.V.<sup>3</sup>, Yakovlev G.A.<sup>2</sup>, Zelinsky A.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

<sup>2</sup> *Tomsk Polytechnic University*

<sup>3</sup> *Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*

The aim of the work was to study the dynamics of the fields of  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation in the surface layer of the atmosphere during the establishment, growth and descent of snow cover.

An increase in the height of the snow cover leads to the formation of a failure in the annual course of the  $\beta$ - and  $\gamma$ - background. The depth of the dip is determined by the height of the snow cover. During periods of stabilization of snow depth, the dispersion of the levels of the  $\beta$ -,  $\gamma$ - background increases significantly. Comparison of variations in the levels of the  $\beta$ -,  $\gamma$ - background and the neutron component of cosmic rays with a change in the height of the snow cover showed that this factor affects the neutron component, unlike the  $\beta$ -,  $\gamma$ - background, only slightly. For the  $\beta$ -,  $\gamma$ - background, the change in atmospheric pressure affects only in the case of small heights of snow cover.

Conclusion. A study was made of the dynamics of the fields of  $\beta$ - and  $\gamma$ -radiation in the surface layer of the atmosphere. The dependences of the characteristics of the  $\beta$ - and  $\gamma$ - radiation fields on the height of the snow cover and variations in atmospheric pressure are established.

## 1.28 Variations of the parameters of thunderstorm activity of tropical cyclones at the stage of maximum development in August 2016

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

<sup>1</sup> *Polytechnic Institute (branch) M.K. Ammosov North-Eastern Federal University*

<sup>2</sup> *Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

In August 2016, 5 tropical cyclones, which reached the territory of Russia at the stage of a decaying cyclone, affected the Far East. Of these, tropical cyclones Lionrock (date of birth: 08/16/2016) and Mindulle (date of birth: 08/17/2016) reached the typhoon stage on 08/24/16 (03 LT) and 08/19/16 (15 LT) respectively with a wind speed of the order 36 m / s. The maximum stage of development of tropical cyclones Omias, Conson and Chanthu is a strong tropical storm. The data of the WWLLN registration system in tropical cyclone zones of 10-35 degrees north latitude, 125 - 145 degrees east longitude in the stages of their maximum development. The spatial distributions of densities of lightning discharges in the zone of action of each of the tropical cyclones at the stage of maximum development are investigated. The distribution density of lightning discharges in the range of tropical cyclones (up to 1000 km) that have reached the typhoon stage is characterized by two local maxima. The distribution density of lightning discharges in the range of tropical cyclones that have reached a strong tropical storm is characterized by one maximum. The average lifetime of thunderstorm cells is 40-50 minutes on average. An analysis of the shape of the cells showed that the maximum value of the eccentricity of the ellipse describing the shape of the cell, up to 0.8, corresponds to a maximum wind value of 43 m / s, and is observed in cells of a thunderstorm center that are short in life time within a tropical cyclone's radius of action. Up to the typhoon stage, the area of thunderstorm cells increased, and further, the number of cells increased, the intensity of discharges per cell, and their lifetime and area decreased. The reported study was partially 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).

## 1.29 Winter lightning in Kamchatka

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

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

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

Winter lightning in Kamchatka is a rare meteorological phenomenon. Heat energy, brought by cyclones, is not always enough for lightning activity to be initiated. Additional source of heat radiation in the near-ground atmosphere is required that would cause lightning activity. To investigate the nature of this phenomenon, the paper applies time variations of quasistatic electric field and meteorological quantities at Paratunka observatory of IKIR FEB RAS and the data on solar, seismic and cyclone activities. It was shown that powerful solar flares, accompanied by radiation increase in visible and infrared spectra, and the Earth infrared radiation, penetrating into the atmosphere before earthquakes with  $M > 8$ , may be the additional sources of heat in the near-ground atmosphere of Kamchatka.

## 1.30 Charge accumulation in thunderstorm clouds: fractal dynamic model

*Kumykov T.S.*

*Institute of Applied Mathematics and Automation of Kabardin-Balkar  
Scientific Center of Russian Academy of Sciences*

Convective clouds inside which thunderstorm processes mainly develop are natural objects with nontrivial fractal structure. One of the most important thunderstorm parameters is the electric field intensity. Once a lightning strike have occurred, the electric field weakens and then recovers. The process of restoring neutralized charges and respectively the electric field after the thunderstorm discharge is the matter of animated debate among scientists. As is known, a central place in thunderstorm electricity occupies charge generation



and separation processes inside convective clouds. About two dozen current mechanisms are known that result in charges generation inside the thunderclouds. They can be divided into two groups. The first group is associated with elementary processes in the clouds: the electrification within the ionic environment, the electrification caused by frictional contact between two icicles, the electrification accompanying the freezing of water and its solutions, the electrification upon destruction of crystallizing droplets, etc., The second group includes the induction electrification mechanism stipulated by the electric field, whose origin is not yet clear. Here we have the contact electrification, the electrification associated with droplets colliding with hailstones, the electrification produced by the melting of hailstones, etc. None of these mechanisms can currently be considered dominant. Some authors believe that several processes may simultaneously happen in a thundercloud leading to the electrification of hydrometeors. The efficiency of each mechanism depends on the stage of the cloud development. Some mechanisms are valid only in certain parts of the cloud. Fractal nature of clouds and their specific fractal dynamic characteristics were disregarded in all proposed mechanisms. Meanwhile, the fractal-dynamic properties provide reliable description of the charge accumulation process and electric field recovery in the study of thunderstorm electricity. In this regard, this paper proposes a fractal dynamic model of the charge accumulation in thunderstorm clouds along with the fractional integro-differentiation apparatus for this phenomenon study.

### **1.31 Whistling characteristics during periods of ionospheric disturbances**

*Mikhailov Yu.M.<sup>1</sup>, Kapustina O.V.<sup>1</sup>, Druzhin G.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IZMIRAN

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

The results of observations of whistlers in obs. Karymshina (Kamchatka) in the period November-December 2008 are presented. This period was characterized by an excess of foF2 values and a decrease in hF2 compared to the usual level. This effect was most clearly observed in Irkutsk, however, it also manifested itself in

Kamchatka, although it was less pronounced. Such an event is explained by both a change in the composition of the thermosphere and the appearance of the western component of the electric field and the electron concentration gradient at the maximum of disturbances. The latter is also associated with a change in the direction of the northern component of the interplanetary magnetic field. Under normal conditions, the refractive index of VLF waves in daytime conditions is higher than at night, and the number of whistlers, on the contrary, is higher at night than during the day. On December 18-19, the appearance of whistling atmospherics in the daytime was observed in Kamchatka in the same amount as at night, about 10 1/min. At the same time, in the periods following the maximum changes in the ionosphere characteristics (23, 24, 27, 29, 30 December), there was a sharp increase in the number of whistles in the daytime to 50 1/min. It is possible that in this case the source of whistles is atmospheric discharges initiated in a typhoon, which is observed near the conjugate region in the southern hemisphere. The increase in the number of whistlers is associated with a change in the conditions of capture on the force line  $L = 2.4$ .

The work is executed at support of RFBR, Grant 19-05-00543.

### 1.32 Current status of the PWING project for investigation of the plasma and field dynamics in the inner magnetosphere

*Kazuo Shiokawa<sup>1</sup>, PWING Team<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, Japan*

<sup>2</sup> *PWING Team:*

*[http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/PWING/en/pdf/ERG\\_ground\\_collaborators\\_PWING\\_list\\_171217.pdf](http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/PWING/en/pdf/ERG_ground_collaborators_PWING_list_171217.pdf)*

The PWING project is a 5-year project from April 2016 as the Grant-in-Aid for Specially Promoted Research of the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) (16H06286). The PWING stands for "study of dynamical variation of Particles and Waves in the INner magnetosphere using Ground-based network observations." The PWING project deploys all-sky airglow imagers, 64-Hz sampled

induction magnetometers, 40-kHz VLF receivers, and 64-Hz riometers at 8 stations at magnetic latitudes of 60 degree around the north-pole to cover longitudinal distribution of aurora and electromagnetic disturbances in the inner magnetosphere. These PWING instruments are in automatic operation at various locations from high to equatorial latitudes in Canada, US (Alaska), Russia, Norway, Finland, and Iceland. Fast-sampling EMCCD cameras were also deployed at three stations in Finland, Alaska, and Canada. Details of the PWING project can be seen at <http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/PWING/en/>. Various new scientific results have been obtain through this project, including conjugate measurements with the Arase and Van Allen Probes satellites, for longitudinal distribution of electromagnetic ion cyclotron waves and ELF/VLF waves, detachment of Stable Auroral Red (SAR) arcs from the main auroral oval, and comparison with global models of the inner magnetosphere.

## 2 Geophysical fields and their interaction

## 2.1 Accounting for the real shape of the proton spectrum when calculating the transport of solar cosmic rays through the Earth's atmosphere

*Germanenko A.V.*

*Polar Geophysical Institute*

During the calculation of the transport of the protons of galactic cosmic rays through the Earth's atmosphere using the RUSCOSMICS software package, one of the most important input parameters is the value of the geomagnetic cutoff rigidity. If we are talking about solar cosmic rays, then, due to the anisotropy of the primary proton flux, it is also necessary to calculate the direction of arrival of the particles, called reception cones. This paper presents of specialized software usage for integrate the pitch-angle distribution function into the calculation of the transport of primary solar cosmic rays through the Earth's atmosphere during the GLE60 event. As a result, the obtained spectra are presented for several values of geographic coordinates, which are input parameters for a particle generator. It also provides typical characteristics of secondary cosmic rays fluxes obtained during calculations.

## 2.2 Algorithms of ionospheric parameters detection in ionograms

*Mochalov V.A., Mochalova A.V.*

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

In this paper, an algorithm for recognizing traces of reflections from different layers of the ionosphere in ionograms is proposed. The algorithm is based on the use of deep neural networks (DNN). The training of the DNN is based on the reference markings created by the operators. To recognize traces of reflections from each of the E, F1, and F2 layers of the ionosphere, a separate DNN was trained for each layer.

On the basis of automatically recognized traces of reflections from the layers of the ionosphere, the ionosphere parameters are detected using the algorithms proposed in the work. The accuracy of automatic detection of ionospheric parameters in ionograms and ways to improve the quality of automatic analysis and interpretation of ionograms are analyzed. We show the place of the results obtained in the work in the developed intellectual support system for ionogram analysis.

### **2.3 Amplitude and phase variations of the LF radio signals of NRK transmitter received in Yakutsk and Tixie Bay during the solar eclipse on August 11, 2018**

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

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

During a solar eclipse the moon blocks the solar ultraviolet and X-ray fluxes. The fluxes are the main source of daytime ionization of the lower ionosphere. Electromagnetic signals of low and very low frequencies (LF: 30-300 kHz, VLF: 3 - 30 kHz) are sensitive to such changes. The first contact of the lunar penumbra was at 8:02 UT (57.78 N 54.82 W) on August 11, 2018. The largest linear phase of the partial eclipse was 0.737 recorded at 9:46 UT in the East Siberian Sea region (70.44 N 174.70 E). A registration of VLF and LF radio signals from navigation stations is organized in Yakutsk (62.02 N, 129.70 E) and on the territory of the Polar Geocosmophysical Observatory in Tixie Bay (71.6 N, 128.9 E). Stable diurnal phase and amplitude variations of the NRK signal (37.5 kHz, Iceland, 63.9 N, 22.5 W) were obtained. The great circle paths of NRK - Tixie Bay and NRK - Yakutsk are 4800 and 5800 km respectively. According to the data from the Tixie Bay receiver the maximum phase delay increase of the NRK radio signal on August 11 relative to the median values of August 9-13 was 0.419 radians, the amplitude increase was 2 dB (09:41 UT). According to the Yakutsk receiver, the phase delay increase was 0.297 radians (09:56 UT). The effective height of the Earth ionosphere waveguide is estimated. The distributions of ratios of the open part of the Sun to the total visible solar disc area along the NRK Tixie Bay and NRK - Yakutsk paths with

a resolution of 200 km and a time resolution of 126 seconds are obtained based on the Bessel elements of the solar eclipse on August 11, 2018. It is assumed that the ratio of the intensities of ionizing nighttime radiation to the daytime one is 0.01, and the ratio of the intensities of the solar corona to daytime radiation is 0.1. The normalization coefficient determined using the least squares method based on the LF signal phase variations data during the solar eclipse. The coefficient relates the changes the effective height of the Earth ionosphere waveguide and the logarithm of the ratio of the solar radiation flux during an eclipse to the total daytime ionizing radiation flux. The normalization coefficients are 4.01 km (path NRK-Tixie Bay) and 1.91 km (path NRK-Yakutsk). According to our estimates the maximum shadowing segment of the NRK - Tixie Bay propagation path (80 N 107 E, 09:43:48 UT, eclipse linear phase 0.635) corresponds to an increase the effective height of the Earth-ionosphere waveguide by 2.72 km. For the segment of the NRK - Yakutsk propagation path (75 N 114 E, 09:56:24 UT, eclipse linear phase 0.651) the maximum increase in the effective height of the Earth-ionosphere waveguide was 1.37 km. The study was partially 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 supported by RFBR, research project No. 18-45-140028 r-a.

## 2.4 Analysis of cosmic ray dynamics and ionospheric parameters during increased solar activity and magnetic storms

*Mandrikova O.V.<sup>1</sup>, Polozov Yu.A.<sup>1,2</sup>, Mandrikova B.S.<sup>3</sup>*

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

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

<sup>3</sup> *Saint-Petersburg Electrotechnical University*

The paper analyzes the data of cosmic rays and ionospheric parameters during extreme solar events and magnetic storms. The applied approach is based on the application of wavelet transform, neural networks of vector quantization and regression methods.

Features of ionospheric disturbance occurrences have been investigated and their correlation with anomalous processes in the near-Earth space has been shown. Anomalous changes, preceding and accompanying strong and moderate magnetic storms, have been identified in the dynamics of cosmic ray intensity. The results of investigation are of interest in the tasks of space weather forecast.

## 2.5 Analysis of forced oscillations of nonlinear fractional oscillators

*Parovik R.I.*

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

The paper analyzes the forced oscillations of a nonlinear fractional oscillator, which has the property of memory or heredity. The memory effect in a dynamic system is caused by the dependence of its current state on a finite number of previous states and its mathematical description is given using integro-differential equations or equations in fractional derivatives. In the article, the model of a nonlinear fractional oscillator is a Cauchy problem for a nonlinear equation with derivatives of fractional orders in the sense of Gerasimov-Kaputo and is a generalization of the classical nonlinear oscillator. The orders of fractional derivatives are related to the properties of the medium in which the hereditary oscillatory process occurs. However, of interest is the study of the question of the relationship of orders of fractional derivatives and characteristics of the oscillatory process, for example, Q-factor. Therefore, using the amplitude-frequency (AFC) and phase-frequency characteristics (PFC) of forced oscillations of a non-linear fractional oscillator, their connection with the orders of fractional derivatives, which are included in its model equation, is justified. The frequency response and phase response were calculated on the basis of an explicit non-local finite-difference scheme, which was implemented in a computer program. With the help of a computer program, the simulation results were visualized, the calculated frequency response and phase response curves were constructed. It was shown by computer simulation that the orders of fractional derivatives are related to the quality factor of the oscillatory system. A decrease in the higher order, which is responsible for the "fractional" inertia, leads to a decrease



in the quality factor, and a decrease in the lower order, which is responsible for the "fractional" friction, leads to an increase in the quality factor. Therefore, we come to two mechanisms for controlling the Q of the hereditary oscillatory system, where the orders of fractional derivatives play the role of control parameters. This result suggests that under conditions of forced oscillations a mathematical model of a non-linear fractional oscillator without friction is equivalent to the classical mathematical model of a non-linear oscillator with friction.

## **2.6 Analysis of the dynamics of geomagnetic disturbances during periods of increased solar activity and magnetic storms (according to the network of ground stations INTERMAGNET)**

*Mandrikova O.V.<sup>1</sup>, Rodomanskay A.I.<sup>1</sup>, Zaitsev A.N.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio  
Waves Propagation of the Russian Academy of Sciences, Russian*

We present and describe an automated method for analysis of magnetic data and the detection of geomagnetic disturbances based on wavelet transformation. The parameters of the computational algorithms allow us to estimate the characteristics of non-uniformly scaled peculiar properties in the variations of the geomagnetic field that arise during periods of increasing geomagnetic activity. Analysis of geomagnetic data before and during magnetic storms was carried out on the basis of data obtained from the network of ground stations. Periods of increasing geomagnetic activity are highlighted which precede and accompany magnetic storms. The dynamic of variation of the geomagnetic field in the auroral zone is considered in detail.

## **2.7 Artificial field - aligned ionospheric irregularities and the efficiency of radio engineering systems**

*Sivokon V.P.*

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

The heterogeneity of the electron concentration of the ionosphere, as a rule, reduces the efficiency of radio engineering systems. This fully applies to the specific form of inhomogeneity-magnetically oriented. However, they can be used to solve a number of applied problems, for example, the excitation of an ionospheric waveguide. Observations on the formation of artificial magnetically oriented inhomogeneities showed variations in the intensity of the heating wave scattered on them, which may affect the efficiency of the excitation of the ionospheric waveguide. To reduce this effect, it is proposed to use specific modulation schemes of the heating wave.

## **2.8 Automatic cleaning of geomagnetic variations from technogenic disturbances for calculation of ULF-index**

*Kudin D.V.<sup>1,2</sup>, Dobrovolsky M.N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Geophysical Center of the Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Gorno-Altai State University*

The ULF wave index characterizes the level of variations of the Earth's magnetic field in the range of 2-7 mHz. The index is operatively calculated and used in the study of the magnetosphere and space weather. The index is calculated according to the ground magnetic stations of the Northern hemisphere. At some stations, magnetic variations are recorded with significant technogenic disturbances. Often, magnetometers with significant baseline drift and strong temperature dependences are used to observe the magnetic field. The work is devoted to the development of an automated software package that allows cleaning of heterogeneous magnetic variations for subsequent use in the calculation of the ULF-index.

## 2.9 Can solar flare trigger earthquake? Analysis of field observations, theoretical model and laboratory experiments

*Novikov V.A.<sup>1</sup>, Klyuchkin V.N.<sup>1</sup>, Ruzhin Yu.Ya.<sup>2</sup>, Sorokin V.M.<sup>2</sup>,  
Yaschenko A.K.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Joint Institute for High Temperatures of RAS*

<sup>2</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio  
Wave Propagation of RAS*

Results of complex research of a possibility of earthquake triggering by solar flares are presented, which incorporate a theoretical analysis of impact of ionizing radiation of solar flare on the earthquake source, an analysis of response of the Earth's seismicity to the power solar flare of X9.3 class of September 6, 2017, laboratory experiments for a study of earthquake triggering by electric current pulse in the fault simulator of the spring-block slider, as well as experimental determination of electric current concentration in the simulated fault. A physical and mathematical model of interaction of ionizing radiation of solar flare with ionosphere and lithosphere has been developed. It was numerically shown that solar flares can induce variation of density of telluric currents in seismogenic faults comparable with the current density generated in the Earth crust by man-made pulsed power sources provided a spatio-temporal redistribution of regional seismicity. Based on this result it may be concluded that the earthquake triggering is possible both by the man-made power sources and ionosphere perturbations generated by solar flares. For verification of a hypothesis on a possible earthquake triggering by specific solar flare an analysis of the Earth's seismic activity after the solar flare of X9.3 class of September 6, 2017, the strongest flare for the last twelve years, was made. It has been shown that the earthquake number of M=4.1-8.2 (USGS catalogue) during 10 days after the solar flare was raised 1.65 times in comparison with similar period before the flare. The obtained results are supported by experiments at the spring-block slider simulated a seismogenic fault, when the electric current was injected into the fault at shear stresses of 0.98-0.99 of the critical value resulted in a sharp increase of acoustic emission from the fault (cracking in the fault), which transforms into an avalanche-like dynamic slip along the fault (an occurrence of the laboratory "earthquake"). Taking into account that the current density triggered the slip in laboratory

experiments is several orders higher than estimations of the current density at the depth of earthquake focus, an experimental study was made of the current concentration in the conductive fault, the resistance of which is lower by an order in comparison with the host rocks. It was shown that due to the current concentration in the fault, its density can be several times higher than the current density in a homogeneous medium.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No.18-05-00962.

## **2.10 Complex for experimental investigations of elastic waves interactions with ice layer**

*Chen W.<sup>1</sup>, Chernenko V.A.<sup>2</sup>, Petrosiants V.V.<sup>2</sup>, Rybchenko A.A.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> Harbin Engineering University, China*

*<sup>2</sup> Far Eastern Federal University, Russia*

*<sup>3</sup> Scientific Research Center «Arktika» FEB RAS, Russia*

Radiating and receiving broadband systems were developed to make experimental investigations of interactions of elastic waves of low range from 10 to 100 Hz propagating in an ice layer. The radiating systems were constructed on the basis of pneumatic radiators which allow one to regulate elastic wave pressure in a wide range. The receiving systems were constructed on the basis of magnetostrictive materials with transition layers from passive materials. The coefficients of the relation of elastic waves with the boundaries of ice-atmosphere and ice-marine environment were estimated. Some methods of complex application were suggested to investigate elastic wave emission from earthquake sources.

## 2.11 Cosmic rays as an indicator of the geoeffectiveness of magnetic clouds

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

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

Geomagnetic storms are initiated by organized magnetic structures of the solar wind. The intensity of magnetic storms is determined by the product of the southward component of the magnetic field and the time interval, during which the structure is located near the Earth: the larger the product, the higher the storm intensity. To determine the local properties of the structures, direct spacecraft measurements of the plasma and magnetic field characteristics are used. Global properties of the structures are also of great interest. Such information can be obtained using measurements of cosmic rays by the worldwide network of neutron monitors. Magnetic clouds are examples of these structures. About 30% of magnetic storms are caused by magnetic clouds. In our theory of the formation of Forbush decrease in a magnetic cloud, it has been found that the components of the vector anisotropy in time are determined by the magnetic cloud type. Thus, using the cosmic ray method, it is possible to determine a connection between the magnetic cloud type and the intensity of the magnetic storm. Similar connections can be made for other magnetic structures.

## 2.12 Detection and structural analysis of noise in the magnetic data

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

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

The method of detection of noise in magnetic data based on wavelet-transformation and threshold functions is considered. Efficiency is shown by the example of analysis of measurements of 3-axis fluxgate magnetometer FGE-DTU (the Observatory Paratunka, Kamchatka, IKIR FEB RAS). The some of noise is resulted of natural sources, for

example, earthquakes in Kamchatka region, and some of artificial noise is due to the work of the ionozonde near Observatory are considered. Detailed time-frequency structure of noise in 2 Hz records of Z and D components is investigated. To automation the method for considered examples of noise the informative scale levels of wavelet-transformation are determined and parameters of threshold functions appreciated.

### **2.13 Development of MAGDAS project: Search for global electromagnetic coupling from polar to equatorial ionosphere**

*Yoshikawa A.*

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

The equatorial ionosphere is a final destination of electromagnetic energy brought about by energy incidence to the polar ionosphere. Distribution of geomagnetic disturbance accompanying such a coupling phenomenon shows strong asymmetry. Such an aspect suggests that the magnetosphere-ionosphere form a unique transmission and / or propagation system depending on each event. The MAGDAS project investigates such a global electromagnetic coupling system by combining global geomagnetic field network observation with electric field observation using ionosonde installed at low and dip-equator region. Recently, by using 250Hz sampling and 10Hz averaged MAGDAS 9 magnetometer data, we found that when the auroral substorm were enhanced during geomagnetic storm, together with enhancement of Pc1 wave at the polar region, the global Pc2 type disturbances (period range from 5 to 20 sec) can be captured from polar to equatorial region. In this talk, we will present recent update of MAGDAS project and of which scientific results.

## 2.14 Diagnostics of geomagnetically induced high-voltage power lines

*Sivokon V.P., Cherneva N.V., Malkin E.I.*

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

It was "the Executive Order of National Resilience Electromagnetic Pulses" signed on March 26, 2019. depends on, among other things, on the electric power systems. The effectiveness of protection against GIT depends, among other things, on the effectiveness of their diagnosis in electric power systems. The presence of geomagnetic-induced currents can be detected by direct measurements or by indirect evidence. The Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the FEB RAS uses the second approach. On the example of the local energy network of Kamchatka, the evolution and results of applying this method for diagnosing geomagnetic-induced currents are shown. The work is executed at support of RFBR, Grant 19-05-00543.

## 2.15 Difference scheme for fractional generalization of the Kelvin-Voigt model

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

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

The deformation process in the Earth's crust, which has a complex non-uniform structure with fractal geometry, has the character of plastic deformations. One of the possible formal approaches to introducing fractality into rheological models of visco-elastic media is to replace classical differential operators with their fractional generalizations. The resulting fractional equations require the development of specific difference schemes.

The report discusses a single difference scheme for fractional generalization of the Kelvin-Voigt model, examines its properties.

This work was carried out with partial support from the Integrated Program for Fundamental Scientific Research of the Far Eastern

Branch of the Russian Academy of Sciences «Far East» for 2018-2020:  
project 18-5-002 «Information Computing System for Simulating the  
Propagation of Geoacoustic and Nonlinear Deformation Disturbances  
in the Earth's Crust (Section 1)»



## 2.16 Dynamo effects in gravity

*Shevtsov B.M.*

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

Nonlinear oscillations in the dynamic system of gravitational and material fields are considered. The problems of singularities and caustics in gravity, expansion and baryon asymmetry of the Universe, wave prohibition of collapse into black holes, and failure of the Big Bang concept are discussed. It is assumed that the effects of the expansion of the Universe are created by the reverse collapse of matter motions. This hypothesis is used to substantiate the vortex and fractal structures in the distribution of matter. A system of equations is proposed for describing turbulent and fluctuation processes in gravitational and material fields. Estimates of the diffusion parameters of such a system are made in comparison with the fundamental world constants.

## 2.17 Estimation of long-range correlation scales by seismoacoustic emission signals of near-surface sedimentary rocks in Kamchatka

*Sychev V.N.<sup>1</sup>, Mishchenko M.A.<sup>2</sup>, Imashev S.A.<sup>1</sup>, Cheshev M.E.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Scientific station of the Russian Academy of Sciences in Bishkek*

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

A measurement complex is installed on the ground surface at «Karymshina» complex geophysical observation site of IKIR FEB RAS (Kamchatka) to record seismoacoustic emission signals. A three-component piezoceramic seismic receiver, which records oscillatory acceleration in the frequency range from 0.2 to 400 Hz, is used as the signal sensor. A series of seismoacoustic responses on regional earthquakes of 2017-2018 with the energy class  $K_s > 11.0$  has been considered. Self-similarity of their structures has been established in a limited interval of time scales by statistical methods. That, in its turn, indicates the presence of long-range correlations in the system under consideration and allows one to estimate correlation scales.

## 2.18 Experience of using the component Overhauser magnetometer POS-3 at points of the century course of the Earth's magnetic field.

*Cherepanova E.A.*

*Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of  
Sciences*

In 2018, repeated absolute observations of the vector module and the Z-components of the geomagnetic field were conducted at points of the secular variation (PVC) in the area of the Arti observatory. To measure the secular variation at the PVC points, the component Over-Sauer POS-3 magnetometer (ZT-POS), made in the UFU quantum magnetometry laboratory, was used. The purpose of observations of the elements of the geomagnetic field on PVC: a) control of observatory observations of the secular variation of the Earth's magnetic field b) the selection of the anomalous component of the secular course on the area of the Manchazh anomaly relative to the value obtained at the Arti Observatory in stationary conditions. As a result, the absolute values of the modulus (F) and the vertical (Z) component at each observation point were obtained. A map of the values of the difference Z of the vector components of the geomagnetic field on PVC and in the Arti Observatory on a geological basis and the map of the anomalous component  $dZ / dt$  of the secular variation of the vertical component of the geomagnetic field of the 2018 epoch were constructed. In geological terms, the maximum of the secular course falls on the contact of the Lek and Lemazinsk Formations of the Kungur tier of the lower section of the Perm system. The Lek suite is represented here by rhythmically alternating sandstones, shale, medium lenses and interlayers and conglomerates, and limestone. The Lemazinsk Formation is composed of brecciated limestones. These rocks are weakly magnetic and, apparently, cannot have a significant effect on the secular course of the geomagnetic field. In this regard, the differences in the values of the secular variation are caused, presumably, by the heterogeneous structure of the Manchazh anomaly source, which lies in the crystalline basement of the Archean and Early Proterozoic igneous and metamorphic rocks at depths from 4-6 (upper edge of the source) to 30 km (lower edge of the source) . Such a phenomenon as the difference of the secular variation within the

anomaly was established by us for the first time, and this may be of interest for further study of the anomalous field.

## **2.19 Features of the soft gamma-rays variations in the atmosphere**

*Balabin Y.V., Mikhalko E.A., Maurchev E.A., Germanenko A.V.,  
Gvozdevsky B.B., Shchur L.I.*

*Polar Geophysical Institute*

Monitoring of soft gamma-rays (20-400 keV) is conducted in Polar Geophysical Institute since 2009. There are some stations from Spitsbergen up to Caucasus equipped with uniform detectors. During a year soft gamma-ray variations are observed with amplitudes up to 100

## **2.20 Indications of anomalous changes in the geomagnetic field in the Siberian and Far-East regions**

*Dmitriev A.V.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Space Science, National Central University, Jungli,  
Taiwan*

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

Latitudinal location of the outer radiation belt (ORB) was determined during last 17 years from 2001 to 2018 with using NOAA/Polar-orbiting Operational Environmental Satellite observations of energetic electrons. It was found that in the Siberian sector, ORB was displaced equatorward by more than 3 degrees that was 2 degrees larger than that predicted by the IGRF-12 model. The equatorward shift became prominent after 2012 that might be related to a geomagnetic jerk occurred in 2012 2013. The displacement of ORB to lower latitudes can contribute to an increase in the occurrence rate of mid-latitude auroras observed in the Eastern Hemisphere. We have analyzed 18 geomagnetic storms occurred from 2011 to 2018 and found that during some of them, the auroral precipitations were observed in

close vicinity of Irkutsk and Paratunka. This exceptional cases support the conclusion about anomalous changes in secular variations of the geomagnetic field in the Siberian and Far East regions.

## 2.21 Interaction of elastic waves with ice layer in shelf zone

*Yin J.<sup>1</sup>, Korochentsev V.I.<sup>2</sup>, Viland A.V.<sup>3</sup>, Shabanov G.A.<sup>4</sup>,  
Korchaka A.V.<sup>2</sup>, Soshina N.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Harbin Engineering University, College of Underwater Acoustic Engineering, China*

<sup>2</sup> *Far Eastern Federal University, Russia*

<sup>3</sup> *Far Eastern Territorial Department of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Russia*

<sup>4</sup> *Scientific Research Center «Arktika» FEB RAS, Russia*

A theoretical model of elastic wave propagation in an ice layer of arbitrary wave size from 0.5 to 20 units has been developed. The estimations are based on the Green's function theory for Helmholtz equation. Special directed Green's functions has been introduced. They allow one to analyze wave fields in enclosed volumes bounded by impedances different in angel. The developed algorithms of calculation make it possible to analyze fields within 1-5 minutes by the means of medium-powered computers. The suggested methods allow one to estimate the interaction of elastic waves with different impedances in marine bays, lakes and other volumes with bounded wave sizes.

## 2.22 Interaction of electromagnetic waves in ice layer

*Xue W.<sup>1</sup>, Korochentsev V.I.<sup>2</sup>, Em A.A.<sup>2</sup>, Shpak Iu.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Harbin Engineering University, China*

<sup>2</sup> *Far Eastern Federal University, Russia*

A mathematical model of spherical wave propagation near an ice layer was developed. The suggested mathematical model is based on directed Green's functions with boundary conditions inhomogeneous

in angle. Spherical source field, radiating electromagnetic waves, was analyzed by the proposed model for two cases: the source was in the air and radiated waves along the marine ice surface; the source was in the ice layer and radiated waves. The modeling results for different frequencies and different ice thickness are presented. It was shown that wave amplitude increases by about two times inside the ice compared to free space. Amplitude of electromagnetic wave, propagating along the marine ice surface, increases by 50

## **2.23 Magnetic field of the Hot Earth. Reversals, magnetic anomalies and mechanism of the magnetic poles drift**

*Kuznetsov V. V.*

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

Principally new model of the magnetic field of the Hot Earth is proposed. Unlike the commonly accepted approach which considers that the Earth's temperature doesn't increase because heat released under selfgravitation is removed through radiation our model assumes that early substance of the Earth heated up to 30 000 K was a superheated and overcompressed vapour consisting of silicide oxide, water and hydrogen.

Cooling the Earth substance was condensing and the specific energy of about 15 kJ/g released. Cooling the system was expanding adiabatically that governed the character of the Earth enlargement. The operation of this system origins from the phase transition (PT) condensation-evaporation under the benefit of condensation. PT provides the heat, geodynamics of expansion and the Earth's magnetic field (EMF).

The high temperature of the substance causes its thermoionization, whereas PT operation relating to mass transfer initiates charges separation and generation of the double electric layer (DEL). A diurnal rotation of DEL induces a weak initial EMF which enhances then at the expense of the Hall dynamo (Hall current) inside PT area. Shifting to the benefit of evaporation causes the Earth compression and reversal of the EMF polarity. Nowadays the Earth's compression mode is executed.

According to our model reversals, excursions and jerks as phenomena with heat nature are initiated by PT and manifesting themselves in EMF. Principally differing from accepted, in addition to the axial dipole of the main field our model considers four radial dipoles as magnetic anomalies taking a small part of the current generating EMF which retain the magnetic field during its reversals over 10 kyr that is crucial for the drift of the magnetic poles the unexpected speed increase of one of them (North one) is widely discussed now.

The approach we develop provides an insight into just all features of the magnetic field the planets and satellites of the Sun system include.

## **2.24 Manifestation features of electric and acoustic responses of near-surface sedimentary rocks on seismic waves from earthquakes**

*Muratov P.V.<sup>1</sup>, Rulenko O.P.<sup>2</sup>, Marapulets Yu.V.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Russia*

Two orthogonal horizontal components of electric field and acoustic emission in the near-surface layer of sedimentary rocks were simultaneously measured at Karymshina site (52.83° N, 158.13° E) located in the region of Verchne-Paratunskaya hydrothermal system of South Kamchatka. The recorded frequency range was 0.1 Hz – 1 kHz. Joint electric and acoustic responses of these rocks were recorded during seismic wave passage from some earthquakes with the magnitudes of 4.0 – 7.3 at the distances of 80 – 500 km from epicenters. These responses are determined by intensive deformation of rocks. Results of time-frequency analysis of the responses are presented. Manifestation features, depending on earthquake epicenter location and magnitude, are considered. It was discovered that the upper frequency of electric response reached more than 30 Hz and that of acoustic response reached 11 kHz during a strong earthquake. These exceed the frequencies of seismic wave mechanic impact on rocks and carry the information on the characteristics of the response generation

mechanisms. Investigation of seismo-electro-acoustic transformation in widely spread near-surface sedimentary rocks is topical to understand the formation of different near-surface field disturbances during rock deformation at the time of a seismotectonic process.

## **2.25 Method of extraction of geoaoustic emission pulses**

*Gapeev M.I., Senkevich Yu.I.*

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

The task of cleaning the signal of geoaoustic emission from natural and artificial interference with using prior knowledge of characteristics extracted impulses. The difficulty of the selection is due to wide dynamic range (from 10 dB to 10 dB), duration variability (from 0.1 to 10 ms) and a wide variety of forms of the envelope of the useful signal which perceived against the background of unsteady interference. The last two circumstances do not allow to organize optimal reception and selection of impulses in a statistical sense. The number of errors can be significantly reduced if we use some empirical rules obtained in the course of long-term observations. The method of allocation of pulses of geoaoustic emission, using an adaptive threshold calculated on the basis of the dispersion of the sliding window, and subsequent selection using a sequential multi-pass ranking of signal areas where the level of the additive mixture of the signal and noise in the windows of fixed length exceed the threshold is proposed. The selected pulses are checked for consistency by applying the rule of logical inclusion of a certain number of local extrema, the number of which depends on the pulse rank and the magnitude of its amplitude. The results of the computational experiment showed the possibility of lowering the threshold value of the selection pulses in the range of 3-6 dB in the practical elimination of errors of the first kind up to the value SNR of the order of 0-3 DB

## 2.26 Mobile complex for registration of some components of SCR

*Mikhalko E.A., Balabin Y.V., Maurchev E.A., Germanenko A.V.*

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

There is continuous monitoring of different components of secondary cosmic rays (SCR) in the cosmic ray laboratory of Polar Geophysical Institute. In addition to the stationary equipment on Apatity station a portable complex was developed and manufactured. It consists of scintillation spectrometer, a charged component detector (CCD) based on Geiger-Muller counters and a neutron component detector ( $E < 1$  MeV) based on helium counters SNM-18. The portable complex was set in operation from the beginning of the year. The complex works in parallel with the main equipment in the station. The small size, low power consumption and the ability to write data to flash drives are suitable to use the complex in hard-to-reach and isolated places or in expedition too.

## 2.27 Modes of magnetic field generation in a $\alpha\Omega$ -dynamo with a power type of $\alpha$ -generator

*Godomskaya A.N.<sup>1</sup>, Sheremetyeva O.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Municipal budgetary institution of supplementary education  
«Center «Luch»»*

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

In the work there is investigated the generation of the magnetic field in the  $\alpha\Omega$ -dynamo model where the velocity field  $\mathbf{v}$  and the magnetic field  $\mathbf{B}$  are axially symmetric in the spherical shell of a viscous incompressible fluid rotating around an axis  $Oz$  with constant angular velocity  $\Omega$ . The velocity field of a viscous fluid  $\mathbf{v}$  is zero on the inner  $r = r_1$  and the outer  $r = r_2$  spherical envelope boundaries. The magnetic permeability of the inner and outer nuclei is the same,



the medium outside the nucleus ( $r > r_2$ ) is not conductive. In this model we assume that the mean flow  $\bar{\mathbf{v}}$  has the character of differential rotation, corresponding to the modes  $\mathbf{v}_{k,1,0}^T$  from the linear shell  $\{\mathbf{v}_{k_1,1,0}^T, \mathbf{v}_{k_2,2,0}^P, \mathbf{v}_{k_3,3,0}^T, \mathbf{v}_{k_4,4,0}^P, \dots\}$  is invariant under the Coriolis drift. Any such mode generates the rest of the chain. The magnetic field is represented by the minimum number of lower eigenmodes  $\mathbf{B}_{0,1,0}^P, \mathbf{B}_{0,2,0}^T, \mathbf{B}_{0,3,0}^P$ , sufficient to obtain an oscillating dynamo. The physical parameters of the fluid are assumed to be unchanged, the turbulence in the core is isotropic and we use the scalar parametrization of the  $\alpha$ -effect as a function  $\alpha(r, \theta) = \alpha(r) \cos \theta$ , where  $\max|\alpha(r, \theta)| = 1$ . Two variants of the radial part of the  $\alpha$ -effect are used:  $\alpha(r) = r$ ,  $\alpha(r) = -\sin(\pi(r - r_1))$ .

Reversions of the magnetic field are simulated in the dynamic model  $\alpha\Omega$ -dimensions with a varying intensity of the  $\alpha$ -generator defining by the integral

$$Z(t) = \int_0^t J(t - \tau) B^2 d\tau$$

with power law kernel such that  $J(t) = t^k \exp(-bt) \cos(at)$  ore  $J(t) = t^k \exp(-bt)$ . We consider such changes in intensity as a consequence of the synchronization of the higher discarded modes of the velocity field and the magnetic field. Dynamo regimes are studied depending on the change of the intensity of the generator and parameters of the model.

## 2.28 Nonlinear acoustic methods in the investigations of elastic wave interactions in ocean

*Chen W.<sup>1</sup>, Korochentsev V.I.<sup>2</sup>, Tarasov S.P.<sup>3</sup>, Pivnev P.P.<sup>3</sup>,  
Durov D.S.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Harbin Engineering University, China*

<sup>2</sup> *Far Eastern Federal University, Russia*

<sup>3</sup> *Southern Federal University, Russia*

Hydroacoustic parametric systems and nonlinear acoustic methods are considered in the investigations of the Ocean and Arctic Shelf. The most perspective directions of development of hydroacoustic systems

with parametric antennas are briefly described. The application results for hydroacoustic tasks and earthquake forecast are considered.

## **2.29 Numerical methods in the study of the angular and energy characteristics of secondary cosmic rays in the Earth's atmosphere**

*Mikhalko E.A., Maurchev E.A.*

*Polar Geophysical Institute*

Passing through the atmosphere of the Earth, primary cosmic rays interact with its substance. Creating cascades of particles of various types. One of the most interesting problems of astrophysics of cosmic rays is a detailed study of the characteristics of secondary radiation (intensity, angular distributions and energy spectra). In the present paper, the possibility of using the RUSCOSMICS software package for obtaining such data is considered. The source of primary particles is a proton generator with a spectrum corresponding to the spectra of galactic cosmic rays, and the value of the geomagnetic cutoff rigidity is taken to be equal to the geocoordinates of the city of Apatity. As a result, typical graphs of the energy spectra of protons, electrons, muons, neutrons and gamma rays for heights of 100 meters, 5, 10 and 30 kilometers are presented. The angular characteristic of these particles in the cascade relative to the direction of motion of the primary proton is also given.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the research project No. 18-32-00626

## 2.30 Observation of global atmosphere and lithosphere disturbances by means of spatially distributed strainmeters, gravimeters and tiltmeters

*Dubrov M.N.<sup>1</sup>, Volkov V.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup> *Shmidt Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences*

The results of investigation and use of new instrumental method for precise geophysical monitoring of strain-stress media condition are summarized. The method is based on application a system of spatially distributed strainmeters, gravimeters and tiltmeters. Laser strainmeters ensure accuracy the order of  $10(-2)$ - $10(-3)$  nm under measuring common displacements of media parts on 1-400 m bases. Capacitive seismogravimeters have resolution of 0.5 uGal under measuring the gravity variations while seismotiltmeters have correspondently 0.1 milliarcsecond (mas) in tidal band and 0.01 mas in seismic band of periods. Distance between the separate system components of the spatially distributed instruments is  $10(2)$ - $10(3)$  km. The linear and area deformations of earth surface exited of seismic events, as well as their interrelation with powerful processes in atmosphere, ionosphere and magnetosphere of the Earth, are studied. It is shown, that increase of amplitude variations of recorded signals in the frequency range of  $10(-6)$ - $10(-3)$  Hz, as a rule, is accompanied by increase of the Earth's seismic activity and forerun large earthquakes  $M=7-9$ . Applicability of these results for hazard evaluation of powerful seismic and other natural disasters is analyzed.

## **2.31 On the possibility of disturbance for dynamic balance of Earth by technogenic factor**

*Vilayev A., Stikharny A.*

*Institute of Ionosphere*

The hypothesis of the relationship between natural and technogenic processes that may disturb the dynamic balance of the Earth is considered. Based on satellite data, it was shown that due to the slowing down of the Gulf Stream oceanic current as a result of climate change over the past 150 years, as well as technogenic disaster in the Gulf of Mexico in 2010, there has been a change in the current path. A mathematical model is proposed and calculations of changes in temperature and density of ocean masses in local regions of the Atlantic Ocean are performed. The redistribution of density in large volumes of water could cause a shift of the center of mass of the Earth by 0,0001 m and a deviation of its rotation axis by  $3.4 \times 10^{-6}$  arcs. It is shown that the process of disturbance the Earth's dynamic balance can be accompanied by an increase in the number of relatively weak earthquakes (in the range of magnitudes from 4.2 to 4.8 to 41.5 percent) and the intensity of seismic noise (tremor) according to the data of broadband seismic networks and satellite GPS navigation. At the same time, the total value of the seismic energy released remains almost unchanged. The hypothesis about the violation of the dynamic balance of the Earth corresponds to the postulate about the change in the mechanisms of interaction of various geophysical fields due to the impact of random processes.

## **2.32 On the question of the relationship of variations of geophysical fields, lunar-solar tidal effects and seismic events**

*Bataleva E.A.*

*Research Station RAS in Bishkek*

Monitoring of electromagnetic parameters by the method of magnetotelluric (MT) sounding has been carried out since 2003 in

the Bishkek geodynamic station (BGS). The urge for the development of research was the Kamarata experiment, which confirmed the interrelation of variations in the stress-strain state of the blocks of the Earth's crust and variations in electrical conductivity. A characteristic feature of the identified anomalies was a sharp change in apparent resistance in orthogonal directions. As a model to explain such anomalies, a model of fluid redistribution in the porous-fractured rock space was proposed. Further, this assumption was confirmed during the monitoring studies both at stationary monitoring stations, and at regime and profile ones. The technique of azimuthal magnetotelluric monitoring was created, on the basis of which time-frequency series were obtained and the correlation relationship between lunar-solar tidal effects, seismic mode and changes in apparent resistance, and other electromagnetic parameters was studied. For all items of MT monitoring (mode, profile, stationary) on the territory of BGS, the estimates of correlation coefficients of variations of the module of apparent resistance and impedance phases with lun-solar tidal influences, determined using the Tide.exe program, are shown in diagrams. To compare the time-frequency series of electromagnetic parameters with gravitational tidal effects in different geological and tectonic conditions, we propose a way to present the results in the form of correlation polar diagrams. Based on the analysis of the behavior of the electromagnetic and gravitational fields in comparison with the geological and tectonic structure of the monitoring points, they were assessed for their strain sensitivity in order to organize repeated (monitoring) measurement points there. The results of MT monitoring allow us to conclude that under the influence of lunar-solar tides, the maximum variations in apparent resistivity occur in stress-sensitive zones confined to fault structures. Theoretical calculations are confirmed by experimental observations for the territory of the Bishkek geodynamic station. To verify the calculated data, the Research Station of the Russian Academy of Sciences performs observations using a Scintrex CG-5 Autograf gravimeter, which is installed in a gallery with a constant temperature of + 8 C in the territory (30 km from the city). Observations are carried out at intervals of 12 s, and then during processing they are averaged at intervals that are necessary for the tasks and the required data discretization. It should be noted very high quality of the observed data (about 0.001 mGal). Interferences in this case are seismic events that are clearly recorded by a gravimeter (Golitsyn pendulum).

The work was performed in the framework of the RFBR project 17-05-00654 and the State Assignment of the RS RAS.

### **2.33 Power regularities in the foreshock sequences of the statistically related events**

*Sheremetyeva O.V.*

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

In the paper there are researched the chains of statistically related events in order to identify foreshock sequences and to determine the regularities to which they obey.

### **2.34 Principles of Creating a Local Network of Observations of Lightning Discharges on Active Volcanoes of the Kamchatka Peninsula**

*Druzhin G.I.<sup>1</sup>, Malkin E.I.<sup>1</sup>, Firstov P.P.<sup>2</sup>, Cherneva N.V.<sup>1</sup>,  
Uvarov V.N.<sup>1</sup>, Sannikov D.V.<sup>1</sup>, Stasiy I.E.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Kamchatka Branch of the Geophysical Survey RAS, Russia*

For research thunderstorm activity according to the registration data of electromagnetic radiation, it is necessary to create a local network of observers who will be located near the volcanoes Klyuchevskaya Sopka, Shiveluch, Tolbachik. VLF direction finders, electric field sensors, synchronization system, auxiliary equipment will be installed at the observation points. Based on the analysis of waveforms and spectral-temporal characteristics, the locations of radiation sources, their belonging to a certain class will be determined, the parameters by which volcanic lightning differ from ordinary ones will be determined. Examples of electromagnetic radiation arising near Shiveluch volcano are given. The information can be further used to monitor thunderstorm and volcanic activity

The work is executed at support of RFBR, Grant 19-05-00543.

## **2.35 Results of atmospheric-lithospheric observations of acoustic radiation in Kamchatka**

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

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

In order to realize atmospheric-lithospheric acoustic observations, a laser strainmeter-interferometer, a seismoacoustic receiver and a microbarometer were installed in Kamchatka at «Karymshina» observation site located in the zone of different-rank tectonic faults. It had been shown before that this system records simultaneous signals in rocks and by the ground surface during wave passage from earthquakes. During deformation process intensification, in particular, during earthquake preparation, geoacoustic emission pulse signals are generated in near-surface sedimentary rocks when their micro-fragments interact. Simultaneous signals in lithospheric and atmospheric acoustic fields were detected by the method developed to identify geopulses. That confirms the assumption that acoustic signals generated in sedimentary rocks may penetrate into the atmospheric near-surface layer.

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

## **2.36 Schumann resonance and its benefits for the human well-being**

*Nazarov I.*

*Energy Tools International, LLC, USA*

Schumann resonance (SR) is a natural phenomenon of standing, low-frequency electromagnetic waves manifesting themselves in the atmospheric gap between the surface of the Earth and the ionosphere. These waves come into existence mainly due to the intensive lightning

activity in the atmosphere. Standing electromagnetic waves of SR create a stable set of frequencies with an average base frequency observed at 7.8 Hz and harmonics at (approximately) 14 Hz, 20 Hz, 26 Hz, 32 Hz, etc. These rhythms correspond to the different brain waves alpha, beta, gamma, delta, etc. responsible for various mental states and functional characteristics of the human brain. Suggesting this accordance is not just a coincidence, and taking into account low-frequency electromagnetic waves cannot interact directly with the human brain, ionospheric effects are taken into consideration as a possible mechanism of this synchronization.

The Earth-ionosphere is, in fact, a low-temperature plasma, a mixture of electrically charged ions and electrons. Electromagnetic waves of SR force these particles to vibrate. A vibrating ionospheric plasma emits the energy flow of a particular pattern that influences the Earth and everything on its surface. This flow interacts with the human brain, providing a basis for neuro-feedback and a possibility for the human mind to evolve using SR frequencies as reference points.

One of the mechanisms behind this synchronization might be a multipartite entanglement suggested by Dr. V.V.Kuznetsov as the explanation of the correlation between storm-glasses behavior and activity of the cyclones he observed in Kamchatka in 2014.

To check the hypotheses presented above, a low-temperature plasma generator was used to vibrate a gas discharge plasma with SR frequencies. The resulting flow of energy was recorded and then embedded and enhanced into dielectric samples. Several people who are hypersensitive to the electromagnetic radiation were chosen to test these samples. While they were using their phones, they were able to pursue normal activities, which would have otherwise been compromised by the electromagnetic pollution coming from their cell phones, cell phone towers, home appliances, and other electromagnetic devices.

Devices using a multipartite entanglement with the SR could serve as a potential solution for counteracting polluting effects of the electromagnetic radiation.



## 2.37 Search for geophysical signals by their mathematical models and templates

*Mochalov V.A., Mochalova A.V.*

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

When we analyze geophysical data, the task of searching for signals by their templates and mathematical models often appears. We propose to use deep neural networks (DNN) to search and detect the forms of geophysical signals. At the same time, both the signal samples themselves and the synthesized signal samples according to their mathematical models act as a training dataset. Based on the algorithms developed in the work, the geophysical signals search architecture, as well as the results of the analysis of real geophysical data, a conclusion is made about the effectiveness of using proposed deep learning approaches in the problems of geophysical signals analysis. End-to-end demonstration examples of waveform detection in VLF spectrograms using the DNN are given. Each DNN is trained to select a specific type of low-frequency VLF signal in the spectrogram based on a prepared database of signal patterns, which can be created either manually by detection of the required signals in the VLF spectrograms, or automatically by creating a signal model with variable parameters and generating the required number of patterns by applying a synthesized signal to the VLF spectrogram not containing the desired signal. The results of detection of various signal forms in the VLF spectrograms are statistically analyzed.

## 2.38 Seasonal dependence of semidiurnal equatorial magnetic variation during quiet and disturbed periods

*Fujimoto A.<sup>1</sup>, Yoshikawa A.<sup>2</sup>, Uozumi T.<sup>2</sup>, Abe S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Kyushu Institute of Technology*

<sup>2</sup> *International Center for Space Weather Science and Education,  
Kyushu University*

The fundamental structure and features of Equatorial Electrojet (EEJ) are well known from the many studies involving the ground-based magnetometer, rocket observations, radars and simulation. These results are based on the data during the geomagnetic quiet time. The continuous observation of EEJ is most important on the studies of space weather and space climates. In 2008, International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University (ICSWSE) proposed the EE-index (Uozumi et al., 2008; Fujimoto et al., 2016), which is an index to monitor quantitatively various equatorial geomagnetic phenomena in real time. EE-index separates the magnetic disturbances in the equatorial region into the global (EDst) and local (EUEL) magnetic variations. Especially, the detail analysis of EUEL index provides the quantitative and visible information in order to reveal the electromagnetic phenomena affecting the fundamental structure of EEJ. We have already demonstrated some examples applying EE-index to the equatorial magnetic variation by using EUEL data: solar cycle variation of EEJ peak, semiannual EEJ variation (Fujimoto et al., 2016). In this paper, we will show the result from the time series analysis of the semidiurnal EUEL variation by using the data from Huancayo in Peru and Davao in Philippine during 2005-2009. We found the 5-year average of semidiurnal EUEL variation is strongly related to the lunar phase. The strong semidiurnal EUEL variation appears around full and new moons. The monthly average of 5-year semidiurnal EUEL variations show the remarkable seasonal dependence. The semidiurnal variation is stronger around January solstice and weaker around July solstice. This feature is confirmed on the data from Huancayo and Davao. The seasonal dependence of semidiurnal variation agrees with the seasonal profile of atmospheric neutral wind (2.2) mode. The quiet EEJ is well known to be associated with lunar tides. The unquiet EEJ, however, has not well examined the relationship with the lunar tides. In this paper, we will present comprehensively that the quiet and unquiet semidiurnal EUEL variations result from the lunar tide effect.

## 2.39 Seasonal variations of natural electric potentials over thawed patch in central Yakutia

*Kozlov V.I., Baishev D.G.*

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

The location of three pairs of measuring lines 100 m long in our measurements is oriented along the N S and E W compass. Two pairs of lines are located above the thawed patch in the permafrost. Thawed patch make up about 0,2 of the cryolithozone area. The first measurements are made from September 2016 to May 2019, and the second from October 2017 to May 2019. The third pair of lines is located away from the taliks. Measurements on it are made from September 2018 to May 2019. Seasonal variation on it ranges from -10 to 15 mV/100 m. In winter, the potential difference varies little from these lines, from -5 to 5 mV/100 m. In the absence of magnetic Perturbation variations of natural potentials have a characteristic diurnal variation, described by a single wave period, which varies from summer to winter. In the seasonal fluctuations of the electric potentials for all three pairs of lines, the transition from summer to winter values occurs in November. The reverse transition of the values of natural electric potentials from winter to summer conditions, according to our observations, occurs in late April - early May. These spring and autumn transitions are caused by the freezing of the upper layer of soil, which thaws in summer conditions and the corresponding changes in the electrical properties of the soil. Above taliks, the range of the seasonal variation ranges from -150 to 150 mV/100 m. In winter, the potential difference varies little, making on separate lines from -70 to -20 mV/100 m, varying within 10- 20 mV/100 m. This work was carried out with the partial financial support of the RFBR 18-45-140028 ra and II.16.2.1. (state registration number AAAA-A17-117021450059-3).

## 2.40 Slow variations of the Earth's magnetic field: technical, methodological and organizational features of measurements

*Khomutov S.Y.*

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

Variations of the Earth's magnetic field with times of several years or more reflect the processes within the planet and cause great scientific interest. Over the past 100 years the regular observations at magnetic observatories (MOs) and repeat stations are the only experimental basis for studying such variations. In recent decades, satellite measurements have complemented ground-based measurements, thus partially solving the problems of spatially highly heterogeneous global network of MOs. Absolute observations are made at MOs to get the total field intensity vector. Until now, these measurements are performed manually, they are labor intensity and subject to many factors, that are often poorly controlled and reduce the reliability of the results, especially over long periods of time (years and decades), including:

- systematic errors of used magnetometers;
- magnetic pollution of the absolute pavilion and its surroundings (at a distance of the first hundred meters);
- instability of the pillars and remote target required to determine magnetic declination;
- changes of observers and their weak qualification.

Significant methodological problems arise if MO is moved to new location without special activity or infrastructure of MO (pavilions or pillars) is changed without careful control.

For long-term stability and reliability of measurements, magnetic observatories were joined in IAGA network and then INTERMAGNET. Within these networks, requirements and standards have been defined, absolute magnetometers are compared every two years and observers are being trained. Modern hardware technologies allow to solve partially problems the automation of absolute observations, the self-calibration of the magnetometers, the checking of the MO's magnetic environment, etc. Fully automated measurement systems help to expand the MO network.

## **2.41 Solar cosmic rays on the ground level observing**

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

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

Large solar flares eject in the space energetic particles fluxes called Solar Cosmic Rays (SCR). Sometimes the particles with energy about tens GeV are observed in SCR. In the case of Earthward spreading ground level detectors show radiation increasing which is called Ground Level Enhancement (GLE). The galactic cosmic rays are the background level. An amplitude of GLE events can be reach to thousands percents. Such events are dangerous due to its global appearance: increases of the ground radiation are up to dozens of times. The number of GLE events is more than seventy. A main unit for GLE registration is a global neutron monitor (NM) network. Using data of these NM tens of GLE events were obtained by the specific methodics of the inverse problem solving of GLE. Energetic and spatial characteristics of SCR were derived. There are some common regular occurrences. They point to similar conditions both in the generation of SCR and spreading to the Earth.

## **2.42 Spatial-temporal changes of geomagnetic declination D for geomagnetic observatories AAA and NVS for 1963-2018**

*Malimbaev A.M., Sokolova O.I., Kim A.S., Mukasheva S.N.*

*Institute of the Ionosphere, National Center for Space Research and Technology, Almaty, Kazakhstan*

The geomagnetic field is unstable and changes in magnitude and direction over time. The so-called age-old course of the geomagnetic field, we can explore with the help of long-term observations of geomagnetic parameters in special observatories, which are located in different parts of the Earth. Two spatially spaced geomagnetic observatories "Almaty"(AAA) [43.25 N; 76.92 E] Institute of the ionosphere, Almaty, Kazakhstan and "Klyuchi"(NVS) [54.85 N; 83.23

E] of the Russian Academy of Sciences (RAS), Novosibirsk, Russia were selected to obtain real values of declination  $D$  for the period 1963-2018. The spatial-temporal changes of geomagnetic declination  $D$  are presented for the AAA observatory for 55 years the value of geomagnetic declination  $D$  increased by 16.4 min, the average rate of change of geomagnetic declination  $D$  1.9 min/year. For NVS observatory for 55 years, the magnitude of geomagnetic declination  $D$  decrease by 45.8 min, the average rate of change of geomagnetic declination  $D$  2.08 min/year. The results of calculations of changes in geomagnetic declination  $D$  for six seismically active regions of the Kazakhstan for 2018, made according to the international reference model of the geomagnetic field IGRF15, are also given. It is shown that in terms of area, the magnetic declination tends to increase in the western direction for the East Kazakhstan, Almaty and Zhambyl regions, for the South Kazakhstan and Kyzylorda regions the geomagnetic declination increases in the northwestern direction, for the Mangystau region the geomagnetic declination increases in the northern direction, which indicates a heterogeneous distribution of geomagnetic declination in the territories of these regions. This work was supported by the program-targeted financing of the scientific and technical program O.0799 by the Aerospace Committee of the Ministry of Digital Development, Defense and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan, project No. 0118PK00799.

## 2.43 Stochastic model of 6-jet kinematic dynamo

*Vodinchar G.M., Feshchenko L.K.*

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

The low-mode model of kinematic geodynamo is researched. The structure of the stationary velocity field corresponds to 6-jet convection in the Earth's liquid core. The magnetic field is represented by 8 modes of free dissipation with the lowest eigenvalues, which are generated by a 6-jet large-scale flow and a  $\alpha$ -effect. The intensity of the  $\alpha$ -effect is excited by a stochastic process. Process implementations are sequences of rectangular pulses of random duration. Impulses occur at random times. The process is interpreted as the influence of coherent

structures arising spontaneously in small-scale turbulence. The results of numerical simulation of the sequence of reversals in this model are given.

## **2.44 Different scale anomalies of Earth's natural pulsed electromagnetic field and their correlation to geodynamic processes**

*Gordeev V.F., Krutikov V.A., Malyshev S.Yu., Polivach V.I.*

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*

The authors suggest a hardware-software integrated solution to monitor temporal variations in pulse flow intensity of Earth's natural pulsed electromagnetic field (ENPEMF). A test site for stress-strain state (SSS) of the rocks estimation using ENPEMF parameters is established and continues to function on the landslide lot of main gas pipeline "Urengoy-Pomary-Uzhgorod". That test site allocates 12 multichannel geophysical recorders "MGR-01", 11 of those are located on the landslide slope in the areas of geodynamic anomalies and the remaining one reference (variation) recorder is located outside the geological processes activity zone to estimate temporal variation of the regional scale. The essence of the method is to determine relative changes in ENPEMF intensity between monitoring points' recorders and reference recorder, in order to predict geodynamical activity manifestations of rock masses. In the night of September 5, 2018, at 1:58 Moscow time (3:58 local time) an earthquake occurred in the Chelyabinsk region. Its seismic focus was located 7 km northeast of the town of Katav-Ivanovsk in the Chelyabinsk region. The nearest populated site to the focus, Orlovka, is within 1.5 km of the event location. According to the European Mediterranean Seismological Centre, the magnitude reached 5.5 at the depth of 10 km. That means the shock was quite strongly felt. It should be pointed out that the earthquake's epicenter was at the distance of 300km from the test site in the azimuth angle of 120 degrees, and the anomaly decrease in ENPEMF pulse flow intensity, as an upcoming earthquake precursor, was registered by all the recorders. However, that decrease was considerably smaller at the record points in the active geodynamics zone on the landslide slope and the diurnal variation was still visible

there. That could be attributed to the fact that at those points the anomaly manifested wasn't completely related to the upcoming earthquake precursor, but to the local landslide geodynamic as well. Based on earthquake preparation mechanics we could suggest that mechanical stress wave, when propagating in all directions from the epicenter, suppresses mechanoelectric transformation sources at the locations of ENPEMF recording, but sometimes those waves' energy is not sufficient to suppress stress-strain state of the rocks, caused by local geodynamic processes.

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.

## 2.45 Structural features of complex hydrochemical systems

*Shevtsova O.V.*

*Pacific Oceanological Institute FEB RAS*

The set of non-conservative hydrochemical parameters is considered as a complex system which displays collective behavior. It is found that it is described by the power relation between the temporal variability  $s$  and average concentrations  $\langle P \rangle$  of different hydrochemical parameters in the scale range 100-0.0001 mg/kg:  $\log(s) = \gamma \log \langle P \rangle + \log(\xi)$ , where  $\gamma$  is the exponent,  $\xi$  is the normalization coefficient. The most probable values for  $\gamma$  are 0.7-0.9, for  $\xi$  are 0.03-0.31. Each system of non-conservative parameters has the structure that is characterized by certain values of  $\gamma$  and  $\xi$ , single deviations and a scatter of all chemical parameters around power regression. All chemical parameters exhibit certain fluctuations and nonlinear oscillations, which are a common result of their non-conservative behavior and dynamic mixing of water. It is shown with specific examples that changes in the characteristics of the hydrochemical system structure are the result of the manifestation of biogeochemical processes against the background of the dynamics of water.



## 2.46 The amplitude of the daily changes in the speed of the magnetic poles on quiet days

*Semakov N.N.<sup>1,2</sup>, Kovalev A.A.<sup>2</sup>, Pavlov A.F.<sup>1,2</sup>, Fedotova, O.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Novosibirsk state University, Novosibirsk*

<sup>2</sup> *Institute of petroleum Geology and Geophysics SB RAS*

For a number of magnetic observatories from different regions of the globe the comparison of parameters of motion of calculated (virtual) magnetic poles was made. The position of the magnetic pole at each minute of the selected quiet day was calculated by the minute values of declination and inclination and the geographical coordinates of the main column of the Observatory. The obtained values of the average velocities of the magnetic pole motion from observations in tropical latitudes are significantly lower, than in polar latitudes. The difference in the mean and maximum values of the magnetic pole velocities in the Arctic observatories is due to their location relative to the true North magnetic pole, the region of "walks" which is stretched along the arc of a large circle, connecting the epicenters of the Canadian and Siberian world magnetic anomalies.

## 2.47 The chaotic regimes in a two-modes model of the $\alpha\omega$ -dynamo with hereditary quenching of the $\alpha$ -effect

*Vodinchar G.M.<sup>1,2</sup>, Kazakov E.A.<sup>2</sup>*

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

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

The dynamic regimes in a two-mode integro-differential system, which is a phenomenological model of  $\alpha\omega$ -dynamo, are researched. The phase variables correspond to the toroidal and poloidal components of the magnetic field. The integral term of the system models the dynamic hereditary quenching of the  $\alpha$ -effect by a quadratic form from the field components. The conditions for the occurrence of chaotic regimes in various areas of the parameter space are researched using the calculation of Lyapunov exponents. The statistics of waiting times for field reversal was studied, and the fractal dimension of a time series of reversals was estimated.

## 2.48 The influence of different types of geomagnetic disturbances on a GIC in electric power lines

*Belakhovsky V.B.<sup>1</sup>, Pilipenko V.A.<sup>2</sup>, Sakharov Ya.A.<sup>1</sup>,  
Selivanov V.N.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Polar geophysical institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup> *Institute of the Physics of the Earth, Moscow, Russia*

<sup>3</sup> *Kola Scientific Center, Apatity, Russia*

In this work it is conducted the estimations of the influence of different types of geomagnetic disturbances (SC, TCV, impulses, substorm, Pi3 pulsations) on the value of geomagnetically induced current (GIC) registered in electric power lines of Kola Peninsula and Karelia (Russia). The registration system is oriented mainly in the North-South direction. For the registration of the geomagnetic field disturbances the IMAGE magnetometer data are used. It is commonly accepted the models of GIC in which the main source of GIC is a variations of the auroral electrojet. On the base of this notion it is considered that the geomagnetic disturbances are dangerous for the technological systems oriented in the East-West direction. In this work on the base of analyses of geomagnetic field variability is shown that noticeable contribution to the growth of GIC value can have not only auroral electrojet but also small-scale vortex current systems. Thus the GIC are dangerous also for the technological systems oriented in the North-South direction. The Pi3 pulsations during a substorm with a vortex structure of the ionosphere current systems can lead to additional growth of the GIC value. It is shown that in individual cases GIC can better correlate with the geomagnetic field variations than with its derivate. So the high values of the GIC can be caused not only by the temporal variations of the geomagnetic field but also spatial variations of the vortex current systems connected with the field-aligned currents in the magnetosphere.

## 2.49 The study of changes in the geodynamic, heliogeophysical and climatic characteristics of the Crimea using the measuring instruments of the “Simeiz-Katsiveli” geodynamic test area

*Volvach A.E.<sup>1</sup>, Kurbasova G.S.<sup>1</sup>, Kanonidi K.Kh.<sup>2</sup>, Boborikina O.V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Crimean astrophysical observatory RAS*

<sup>2</sup> *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences*

<sup>3</sup> *Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS*

The mountainous region of Crimea is a zone of dangerous geodynamic processes (earthquakes, landslides, landslides, intense karst processes, etc.). The epicenters of earthquakes are concentrated mainly in the Black Sea off the southeast coast - between Yalta and Gurguz, as well as in the southwest from Sevastopol. The epicenters of past earthquakes with a large magnitude (from 6.1 to 6.7) are located on sections of the maximum steepness of the slopes in places of the most contrasting displacements of the earth's crust. The systematic work on geodynamic area allows you to identify patterns of behavior of the earth's surface before, during and after strong earthquakes. Created in the Crimea, the Simeiz-Katsiveli geodynamic test area formed the basis of the ground and space time series of observations of the climatic and geophysical characteristics of the Crimea, especially its Mountainous part. A fundamentally new approach has been used - the Simeiz-Katsiveli geodynamic testing area includes three mutually complementary observation technologies: VLBI, laser satellite location and a global navigation satellite system. According to the data of geodynamic observations by the stations of the landfill, the horizontal and vertical component of the speed of movement of the Crimean peninsula and the Eurasian tectonic plate was determined with an accuracy of several millimeters. To ensure monitoring of large-scale tectonic processes and control of fast deformations in local seismic and landslide-prone areas of the Crimean peninsula, the local speed and direction of movement of the coast of the Southern Coast of Crimea in the area of Simeiz-Katsiveli settlements was determined based on the results of geodynamic measurements. Analysis of the climatic characteristics of the Crimea peninsula, carried out on average daily and average satellite measurements of climatic parameters, made it

possible to obtain information on insolation and warming up of the ground in Crimea, on the temperature of the ground surface on the peninsula as a whole, as well as an anomalous decrease in the ground surface temperature at the extreme eastern point of the peninsula. Indicators of extreme events (earthquakes, volcanoes, mudflows) are also local changes not only of atmospheric parameters, but also variations of the local geomagnetic field. In order to study lithospheric deformations, their causes, the search for prognostic signs, upcoming regional seismic events of natural and man-made origin in the Crimea region, in 2018 the Simeiz-Katsiveli geodynamic testing area was expanded by the oblique and magnetovariation stations included in the All-Russian Observation Network.

## **2.50 The use of computer algebra systems for the automated construction of shell models of MHD turbulence**

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

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

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

Cascade models of turbulence make it possible to reproduce realistic distributions of field spectra. When constructing such models, the main task is to calculate such coefficients with nonlinear terms that would ensure the fulfillment of the conservation of certain quadratic forms. All such forms are analogues of conserved quantities known in hydrodynamics (magnetic hydrodynamics). These analogues are determined in an ambiguous manner, which leads to a wide variety of cascade models. In addition, additional restrictions on the coefficients can dictate the existence of stationary solutions with a power dependence on the spatial scale. As a result, the construction of a cascade model is reduced to the compilation of a system of linear equations with rational coefficients of high dimensionality. This system is usually underdetermined. To build a model, you have to solve it exactly. The error-free compilation of such a system and the subsequent «manual» solution is very difficult. The report describes the developed method for constructing cascade models in which the compilation of

a system of equations and its exact solution is implemented using symbolic computation systems. The technique allows one to vary the sizes of the nonlocality of nonlinear interaction in the space of scales, expressions for cascade analogues of conservation laws, and the nature of power-law stationary solutions.

## **2.51 Rotation of the Earth and variations of gravitational field**

*Zotov L. V.*

*Sternberg Astronomical Institute of Moscow State University*

Under the influence of centrifugal potential, the Earth tends to take a hydrostatically equilibrium form, but the solid planet does not quite succeed. Compression of the planet and the non-equilibrium character of her figure reflected in a gravitational field. The mass distribution, which determines the inertia tensor, sets the rotation mode, and the mass redistribution associated with the processes occurring in the shells, lead to inhomogeneities in the rotation of the Earth. If we discard the moments of external forces that lead to precession and nutation of the earth's axis, and focus on geophysical factors, they will determine the fluctuations of the earth's pole and changes in the speed of its rotation in a wide range of frequencies. The report presents the current state of Affairs in the field of observations of The earth's rotation parameters and the global gravitational field from GRACE satellites. An overview of the geophysical processes that cause them is given. Particular attention is paid to the issues of climate change, which induce mass redistribution and can lead to the observed displacement of the Earth's axis of rotation.

## 2.52 Under-ice acoustic communication in the Arctic: difficulties and experimental results

*Yin J.*

*Harbin Engineering University, College of Underwater Acoustic Engineering, China*

In Polar Regions, under the influence of perennial ice cover, it is very difficult to obtain and transmit information under the ice. Therefore, underwater acoustic technology has become the most preferable or only alternative under the ice. Many countries have set up arctic research stations. From 1999 to 2017, China has conducted eight scientific expeditions to the arctic. At the end of 2014, Harbin engineering university conducted the first cognitive study on differences of acoustic characteristics between glacial and non-glacial periods in the Bohai Sea, as well as underwater and high-speed underwater acoustic communication under ice. In 2017, China completed the eighth arctic acoustic research mission in cooperation with the three Marine research institutes, and realized the first measurement and test of data from eighth stations 22km (arctic underwater acoustic transmission, ice source noise, underwater acoustic communication). Due to the complexity of polar environment, polar acoustics research is essential. In the future, polar acoustic technology will be elaborated from the aspects of underwater acoustic foundation under the ice, ice thickness measurement and iceberg detection technology, under-ice acoustic communication, and information acquisition and transmission of cross-ice medium.

### 3 Physics of earthquake precursors

### **3.1 Application of daily monitoring of the ionosphere state and complex borehole measurements to study the seismic hazard of the Kamchatka region**

*Bogantov V.V.<sup>1</sup>, Gavrilov V.A.<sup>2</sup>, Buss Yu.Yu.<sup>2</sup>, Morozova Yu.V.<sup>2</sup>, Pavlov A.V.<sup>1</sup>, Gasheva O.V.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

This report presents the results of a joint review of borehole measurement data conducted by the IVS FEB RAS at the Petropavlovsk-Kamchatsky geodynamic test site, with ionospheric monitoring data by means of vertical radio sounding conducted by the IKIR FEB RAS for the period from 01.01.2018 to 31.12.2018. This approach allows to improve the efficiency of the short-term forecast of strong Kamchatka earthquakes.

This work was carried out with partial support from the Integrated Program for Fundamental Scientific Research of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences «Far East» for 2018-2020:project 18-5-095 «Development of new methods of integrated geophysical monitoring in order to predict strong tectonic earthquakes and prevent accidents in industrial power systems» (Session 1).

### **3.2 Auto clustering of the variety of pulse signals based on their symbolic description**

*Senkevich Yu.I.*

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

In a number of applied studies of geophysics, medicine, cosmophysics, atomic physics and other fields of knowledge, useful information is often hidden in the character of the behavior of a stream of frequency modulated pulses, which are represented by a large variety of forms, significantly different from each other up to several orders value of magnitude amplitude and durations. Noise is often present in



the signal. Under these conditions, the problem arises of identifying both individual pulses and groups of pulses to assess the connection between their dynamic characteristics and the state of system. To solve the problem by a method is proposed that includes signal cleaning from interference, the operation of extracting and converting pulses into a code representing a sequence of invariant amplitude and time transformations of similar pulses combined by a single graphic pattern - a symbol. All symbols extracted from the signal make up the alphabet. A procedure for narrowing the dimension of the alphabet is shown, which allows you to automatically divide it into clusters according to the degree of coincidence of the code. The results of the practical application of the developed method for the selection of base classes of GAE signals related to the objective data of the state of the signal-generating medium are presented. The study used data from the archives of observations IKIR FEB RAS.

The research was supported by Russian Science Foundation (project No. 18-11-00087).

### **3.3 Caused by earthquakes effects in electromagnetic activity which were observed in relec experiment on-board vernov satellite**

*Panasyuk M.I.<sup>1</sup>, Svertilov S.I.<sup>1</sup>, Klimov S.I.<sup>2</sup>, Ruzhin Yu.Ya.<sup>3</sup>,*

*<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University*

*<sup>2</sup> Space Research Institute RAS*

*<sup>3</sup> Institute of the Earth magnetism, Ionosphere and Radio-wave Propagation RAS*

During observations on the Vernov spacecraft in December 2014, when flying over seismically active regions (Kamchatka), unusual electromagnetic signals were detected: whistlers with a specific rare time-frequency structure like swallow-tail were observed on the spectral diagrams (sonograms). Such a structure indicates the expansion of the spectrum of the detected VLF signal to the higher ( 15 kHz) frequency bands. This may be the result of the ionosphere conductivity decreasing due to higher seismic activity. The analysis of earthquakes taken place near the sub-satellite point (between the Commander

and Aleutian Islands) within 5 days after observations on the Vernov satellite was carried out. The coincidence of the place and time of the detecting of an unusual whistler and earthquakes gives reason to consider such electromagnetic signals as possible precursors of seismic activity.

### **3.4 Complex analysis of pre-seismic geoacoustic and electromagnetic emission signals**

*Lukovenkova O.O., Solodchuk A.A., Marapulets Yu.V.,  
Tristanov A.B., Malkin E.I.*

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

The results of complex analysis of geoacoustic and electromagnetic emission signals registered in the observation point "Karymshina" in Kamchatka are presented. The signals recorded during background periods and earthquake preparation periods are investigated. The method of complex analysis includes the stages of extraction of useful signal fragments containing pulses; structural analysis using the methods of the system approach; time-frequency analysis using sparse approximation methods and Wigner-Ville transform. The statistical processing of the results of the computational experiment is carried out. The characteristic features of background and pre-seismic signals of geoacoustic and electromagnetic emission are considered. The research was supported by Russian Science Foundation (project No.18-11-00087).

### 3.5 Development of a methodology to estimate a region and waiting period for strong Kamchatka earthquakes based on seismic and ionospheric predictive signs

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

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

In the paper the authors make an attempt to combine the conventional (seismological) and unconventional (ionospheric) precursor predictive signs accompanying formation of earthquakes to develop a methodology of estimation of a region and waiting period of strong Kamchatka earthquakes. Based on the probabilistic model [Bogdanov, 2006; Bogdanov et al., 2010], parameter  $\xi_P$  was determined. On the basis of it the authors investigated seismic regime changes preceding strong earthquakes with  $K_S \geq 13.5$  in 12 zones  $S_i$  having the dimensions of  $150 \times 150$  km and located along the eastern coast of Kamchatka. Parameter  $\xi_P$  is statistically significant deviations of current probabilities  $P_k(S_i)$  for seismic events with the energy class  $K_S \geq 9.0$  to fall within the zones  $S_i$  from long-term (background) probabilities  $P_T(S_i)$ . Current values of  $P_k(S_i)$  were calculated in the time window  $\Delta T_k = 1$  year with the step  $\Delta t = 1$  day, long-term values of  $P_T(S_i)$  were estimated over the whole observation period  $T = 1962-2018$ . Intensification and quiescence periods were considered as seismic regime anomalies and were determined by the times of occurrences of  $\xi_P \geq 2$  and  $\xi_P \leq -2$ , respectively. For each zone  $S_i$  the authors estimated average waiting time  $T_i^{\text{wt}}$  for an earthquake with the forecasting energy class  $K_S \geq 13.5$  both for the anomalies of seismic intensification and for seismic quiescence. The predictive efficiency of parameter  $\xi_P$  was estimated by Gusev and Molchan's methods. The expectance zone  $S_{\text{exp}}$  of an earthquake with  $K_S \geq 13.5$  was determined as a group of zones  $S_i$  in which seismic regime anomalies were identified by parameter  $\xi_P$ . Occurrence probability  $P_{\text{EQ}}$  of earthquake with  $K_S \geq 13.5$  in an expected zone  $S_{\text{exp}}$  was estimated on the basis of Bayes method. As long as the seismological parameter  $\xi_P$  is a mid-term precursor, in order to check the period of a predictable earthquake occurrence, short-term ionospheric precursors with the waiting time of an earthquake up to several days were applied. For Kamchatka region, the most informative ionospheric precursors are the following parameters:

critical frequency  $f_oF2$  of ionospheric layer F2, K-layer, stratification of F2 with respect to frequency and sporadic layer Es of r type. When three out of four ionospheric precursors occur within 5 days, the expectation period is alarmed. Its duration is 5 days. The authors analyzed 26 earthquakes and their groups with  $K_S \geq 13.5$  for the period from 2010 to 2018. From all the selected seismic events, 21 hit the zone of expectation  $S_{exp}$ , and 5 events hit the background region (target drop-out). The occurrence average probability  $P_{EQ}$  of an earthquake in the zone of expectation  $S_{exp}$  was 0.76. A complex of ionospheric precursors preceded 12 earthquakes occurred in the zone of expectation  $S_{exp}$  and one event occurred out of  $S_{exp}$ .

### **3.6 Features of geomagnetic activity according to the Mikhnevo observatory in the twenty-fourth eleven-year cycle**

*Riabova S.A.*

*Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences*

Geomagnetic activity is associated with changes in the magnetosphere-ionospheric current system. The main manifestations of geomagnetic activity are strong disturbances such as magnetic substorms and magnetic storms, as well as weak disturbances are various types of magnetic pulsations. Dynamic processes on the Sun, such as solar flares, coronal mass ejections, which are sources of fast solar wind streams, affect geomagnetic activity. Geomagnetic disturbances in many cycles reach the maximum frequency of occurrence not at the maximum of sunspot numbers, but with a certain time shift. The task of this work was to specify the characteristics of local geomagnetic activity in the 24th cycle of solar activity in order to determine the relationship with the cycles of solar activity. All data used in the work on the state of the Earth's magnetic field was obtained at the Geophysical Observatory "Mikhnevo" of Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences (Moscow region). According to the registration of the magnetic field, the K-index was calculated using the adaptive smoothing method. Solar activity in the considered 24th cycle was characterized by an

F 10.7 index and the number of sunspots. In the work, the main periodicities of the geomagnetic activity are determined. Its seasonal variations are analyzed. The results of a joint analysis of geomagnetic and solar activities in the twenty-fourth eleven-year cycle are also presented.

### **3.7 Hydrogeodynamic effects of the preparation and occurrence of strong earthquakes**

*Kopylova G.N.*

*Kamchatka Branch of the Geophysical Survey RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky*

When conducting monitoring studies in seismically active regions, it is necessary to have an idea about the patterns of behaviour of the fluid-saturated environment under the influence of earthquakes. The data on water level observations in wells, in terms of diagnostics and modelling of hydrogeoseismic variations in groundwater level/pressure changes (HGSV) make it possible to consider hydrogeodynamic processes in the well-water-bearing rock system during the preparation and occurrence of earthquakes.

The KB GS RAS provides long-term water level observations in two wells. The main result of such observations is the detection of a variety of HGSV due to strong local and remote earthquakes. Local earthquakes with magnitudes  $M \geq 6$  at epicentral distances up to the first hundreds of km are accompanied by hydrogeodynamic precursors, co-seismic impulses of pressure, as well as post-seismic variations in the water level due to dynamic deformation of seismic waves. Four types of vibration effects were recorded in water level changes in the YuZ-5 well due to 19 earthquakes with  $M = 6.8 - 9.0$  at epicentral distances of 80-14600 km: I - oscillation, II - oscillations with short-term rises, III - short-term rises, IV - long-term decreases. It is established the dependency of the selected HGSV types on the intensity of seismic impact determined by the ratio of magnitude and earthquakes epicentral distance, the calculated values of the specific seismic energy density in the wave and the maximum velocity of the earth surface, as well as the amplitude-frequency composition of the maximum phases of motions at the nearest seismic station. With increasing seismic impact, there is a change of HGSV types from I to IV. The study

of the HGSV was conducted by comparing the observed variations in the water level with their calculated behaviour according to known mathematical models taking into account the parameters of water-bearing rocks and the geometric dimensions of the well. Also in the report are considered data on the hydrogeodynamic precursors in water level/pressure changes at the preparation stages of Kronotsky (12/05/1997,  $M_w = 7.8$ ) and Zhupanovsky (01/30/2016,  $M_w = 7.2$ ) earthquakes.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant 18-05-00337.

### 3.8 Investigation of Earth's crust tension degree of Almaty active region by registering cosmic rays muons of high energy

*Iskakov B.A.<sup>1</sup>, Vildanova L.I.<sup>2</sup>, Salikhov N.M.<sup>3</sup>, Piscal V.V.<sup>2</sup>, Sadykov T.Kh.<sup>4</sup>, Shepetov A.L.<sup>5</sup>, Zhukov V.V.<sup>2</sup>, Tautayev Y.M.<sup>1</sup>, Argynova K.<sup>4</sup>, Mamina S.P.<sup>2</sup>, Ryabov V.A.<sup>5</sup>, Beisenova A.D.<sup>2</sup>, Argynova V.A.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup> *Tien-Shan Mountain Research Station, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3</sup> *Institute of Ionosphere JSC National Centre Research and Technology, Almaty, Kazakhstan*

<sup>4</sup> *Institute of Physics and Technology, Satbaev University Almaty, Kazakhstan*

<sup>5</sup> *P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Radiation acoustics is a scientific multidisciplinary area, which is developing between acoustics, nuclear physics and high energy physics. Its foundation is formed by studies and application of radiation-acoustic effects that are nascent at the penetrating radiation interaction with a matter. At the turn of the 80 s and 90 s of the last century, scientists of the Physical Institute after P.N. Lebedev and Earth Physics Institute (Russia) had developed a concept of a new promising area of seismology: using a signal from elastic vibrations in the acoustic frequency band for earthquake forecasting. These elastic vibrations are generated under local ionization influence,

which is formed at the moment when passing of cosmic radiation penetrating particles happens. These particles are high-energy muons and neutrinos, which pass through seismically tense environment in the deeper layers of Earth.

### **3.9 New station of complex geophysical and seismological observations on Sakhalin**

*Kostylev D. V.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS,  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

<sup>2</sup> *Sakhalin Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences,  
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

The concept of creating a complex geophysical observation point is considered. The implementation of this concept is presented on the example of a new observation point in the area of the Central-Sakhalin fault. Point of observation is located Petropavlovskoye, Aniva District, Sakhalin Region. To monitor the seismic process, a broadband molecular-electronic and a group of mechanical short-period velocimeters are installed, forming a triangle with distances from 20 to 30 km from each other, which allows to record local events in the area under investigation with a confident determination of their epicentry. The hydroacoustic part of the observation system of the puncture contains a molecular electron hydrophone with a passband of 0.02 200 Hz. A network of observation points for changes in radon content and meteorological parameters has been developed. Examples are given showing the effectiveness of ensuring the overlapping of the registration capabilities of the various levels of the system, which guarantees the reliability of determining the parameters of seismic events. A communication and centralized control system has been developed and implemented, allowing to collect data from all levels of the monitoring system. The main technical requirements for the monitoring system, installation and adjustment of equipment, data transmission systems, data acquisition and control systems, and the primary processing of seismological data have been systematized. The model of the GIS-project is presented, which contains data on the location of geophysical observation points, their characteristics, geological and tectonic and seismic conditions. The conclusions

are made about the need to integrate various types of geophysical observations to improve the effectiveness of monitoring methods and short-term earthquake prediction.

### **3.10 Quasi-periodic variations of amplitude of lightning discharges electromagnetic signals during the period of strong seismic activity**

*Argunov V.V., Gotovcev M.R.*

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

The specific features of a method for radiosounding the lower ionosphere over earthquake epicenters using LF electromagnetic signals of thunderstorm sources (atmospherics) have been considered. The effects of shallow-focus earthquakes with magnitudes larger than 4.0 and their precursors manifest themselves in amplitude characteristics of atmospherics. It has been assumed that variations in the signal characteristics are related to disturbances in the lower ionosphere. According to the results of azimuthal scanning, cross sectional dimensions of disturbed regions, as a rule, correspond to the dimensions of the first two Fresnel zones for signals at a frequency of 10 kHz. Azimuthal scanning also indicated that the positions of disturbed regions during and before earthquakes could have a certain dynamics and differ from the projection onto the earthquake epicenter. Quasi-periodic variations of signal amplitude of lightning discharges passing over earthquake epicenters are in details considered. It has been obtained that the period of amplitude modulation makes up 2-3 hours, i.e. in the ionosphere D-layer the same values of the periods of wave phenomena are registered as which are observed in a higher F-region of the ionosphere. The results obtained during the work specify that, at least, in the part of events the seismic disturbances in the ionosphere can be caused by AGW, propagating upwards from the epicentral area.



### 3.11 Research of local seismicity in the zone of the Central Sakhalin fault

*Boginskaya N.V., Zakupin A.S.*

*Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS*

Earthquake is the most dangerous of all natural disasters. It destroys cities, sometimes accompanied by a huge number of victims. Destruction occurs in a matter of minutes, people do not have time to escape from collapsing buildings. Research of seismicity of Sakhalin, as one of the most seismically dangerous regions, does not lose its relevance. Three devastating earthquakes on Sakhalin (Neftegorskoye 1995,  $M_w = 7.2$ ; Uglegorskoye 2000,  $M_w = 7.0$  and Nevelskoye 2007,  $M_w = 6.2$ ) indicated a high level of seismic danger of this region. It is especially important to study the southern part of Sakhalin, where the population density is highest, and the settlements are located near active faults. In the past few years, on Sakhalin, members of the IMGG FEB RAS have achieved significant success in the field of medium-term assessments of the main seismic zones of the island with moderate potential ( $M = 6-7$ ). The main method for assessing the medium-term seismic hazard is the LURR method (load-unload response ratio), which allows you to detect the threat of a strong earthquake in a period of up to two years. Since 2017, in addition to LURR, using the method of SDP (self-developing processes) developed by A.I. Malyshev (IGG UB RAS) and adapted to observational data in various seismically active regions. According to the LURR method, the patented Seis-ASZ software package is used. LURR calculations are performed with a choice of standard for our work parameters: a window of 360 days, a shift of 30 days, a range of magnitudes from 3.3 to 5. To work with the SDP algorithm, the SeisDynamicsView software package is used, which was provided by A.I. Malyshev. The method allows one to isolate foreshock sequences by solving a nonlinear second-order differential equation (the equation of self-developing processes). The authors use the the method of SDP for calculations in selected area using a catalog of earthquakes with  $M$  from 1.5 to 4.5. An analysis of seismicity in the zone of the Central Sakhalin fault from 2015 to 2019 has been carried out. according to data from automated digital seismic stations of the Sakhalin Branch, Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences. The calculations of the parameter LURR and SDP are carried out. Periods of anomalous values of the LURR parameter were determined

in conjunction with the existing solutions using the method of SDP. A seismic hazard period has been established (earthquakes with M 5.5) for a given research area using two methods until 2020.

### 3.12 Search for Earthquake Precursors in regions of intraplate seismicity

*Kusumita A.<sup>1</sup>, Jayashree B.<sup>1</sup>, Prasanna S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *CSIR-National Geophysical Research Institute, India*

<sup>2</sup> *Institute for Seismological Research, India*

The Gujarat state of India is at the tri-junction of three failed rifts: Kachchh, Cambay, and Narmada, with several active faults. The northern part of this state Kachchh, is considered seismically one of the most active intraplate regions of the world; paleoseismicity record and several seismic events point to a continued tectonic activity. Historical records of earthquakes in Kachchh like the 1030 A.D. earthquake, which ruined the city of Braminabad, the earthquake of Indus delta in 1668 of magnitude 7.8, the earthquake (Mw 7.8) of 16th June 1819 near the NW international border of Kachchh, which was associated with a surface expression in the form of the roughly E-W trending Allah Bund Fault (ABF) extending for about 90 km, the April 19, 1845 earthquake of Mw 6.3 at Lakhpat with 60 strong aftershocks and earthquake of June 19, 1845, the Mw 6.0 Anjar earthquake of 1956, causing a wide spread destruction of properties and 115 fatalities bear witness to the known history of seismic hazard in this region. Last catastrophic earthquake of magnitude Mw 7.7 occurred at the region of Kachchh Mainland Fault (ISC location 23.4420N, 70.3100E) on 26th January 2001 followed by a large number of aftershocks. This marginal portion of the Indian shield forms a mobile zone characterised by block faulting. There are clear evidences that various parts of Kachchh have undergone differential movements even during Quaternary period along reactivated faults. Subsequent to 2001 Bhuj M7.7 earthquake, seismicity in Kachchh has increased significantly since 2006, which continues till today posing threats to life and property. In order to pursue the science of medium- and short-term precursors for earthquakes, the Institute of Seismological Research (ISR, Gandhinagar) established three Multiparametric Geophysical Observatories (MPGO) in Kachchh in the Wagad Fault area in

2008. Analysis of this data (2009-2017) is being carried out jointly between CSIR-NGRI and ISR, to look for signatures of precursors in characteristics of pulsations from these observatories. Our preliminary observations of the patterns are presented in this work.

### **3.13 Space and ground-based electromagnetic data - a possible source of information on earthquakes: the state of the art and future directions**

*Isac A.<sup>1</sup>, Manda M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *CNES-Centre National d'Etudes Spatiales, France*

<sup>2</sup> *Geological Institute of Romania - Surlari National Geomagnetic Observatory, Romania*

Even the civilization has reached its greatest level of technology, natural hazards are often out of human control. Among them, earthquakes (EQs) are extreme events with unpredictable consequences. Many efforts have been made for a deeper understanding of them, in terms of experimental, numerical or theoretical models but their evolution phases such as source initiation, fracture mechanisms or dynamics of the crust, are not clearly explained yet due to the unique character (geodynamical and lithological settings) of each event. Past magnetic single satellite missions and especially ESA-Swarm constellation with data taken at three different orbits and two altitudes and with sensors which represent the cutting edge technology, make possible the investigation of distinctive seismogenic signatures in the ionosphere by means of proper analysis in order to extract the correct information from non-seismic external electromagnetic signals with an unprecedented accuracy. However, the satellite data need to be merged with data collected from ground-based stations in order to describe a geophysical scenario to support the understanding of the physics of the earthquakes. Here we focus on pre-EQ lithosphere-atmosphere-ionosphere (LAI) coupling by analyzing ionospheric perturbations and magnetic data together with seismic data. The goal is not an EQ prediction, but to understand the process of earthquake preparation and the geospheres coupling. Few study-cases and different techniques showing potential EQ related pattern are presented, as well as some

possible future directions of developing.

### **3.14 Spatial analysis of geoacoustic emission signals in shallow lake Mikizha, Kamchatka region**

*Shcherbina A.O., Solodchuk A.A.*

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

The results of the location of geoacoustic emission sources by a point receiving system based on a combined receiver installed at the bottom of a natural reservoir are presented. Directions of geoacoustic signals arrival in horizontal and vertical planes during seismically quiet periods and before the earthquakes occurred in 2008-2016 were determined. It was established that the emission sources are located in sedimentary rocks at the depths from 1 to 5 m. The specific features of application of vector-phase methods to locate geoacoustic signals sources in shallow waters are considered.

### **3.15 Study of Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling on the example of the 30 December 2017 earthquake M4.2**

*Salikhov N.M., Pak G.D.*

*Institute of the Ionosphere, JSC National Center of Space Research  
and Technology, Republic of Kazakhstan*

The distribution of perturbations in various geophysical fields from lithosphere to the heights of ionosphere was traced prior to and at time the 30 December 2017 earthquake  $M_{pv} = 4.2$  (43.10 N, 76.90 E). Hypocenter of earthquake was at a depth of 10 km (some.kz). The uniqueness of this event was that complex of measuring equipment turned out to be practically above the earthquake source, only 5.3 km from the epicenter, what's happens rarely. Therefore, the registration of disturbances was performed in the near zone of Dobrovolsky radius, where deformation processes in lithosphere under the activation of

seismic processes the most expressed. Six days before the earthquake there was a sharp increase in the intensity of gamma ray flux in the dry well at a depth of 39 m occurred simultaneously with a significant increase in geoaoustic emission and temperature in the well. Perturbations in variations of gamma ray flux were also recorded on the ground surface near the well. Doppler ionozond registered perturbations in ionosphere whose emergence coincided with an increase of gamma ray intensity and geoaoustic splashes. The radio wave reflection point was above the earthquake epicenter. The geomagnetic environment during observation period was calm, that is an important condition for identifying seismogenic effects in the ionosphere. The increase of gamma ray flux intensity is a factor promotes atmospheric ionization and changes of conductivity in the surface layer of atmosphere. And according to the concept of lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling (S.A.Pulinets, et.al, 2013, 2015) it can be considered among the main causes for the appearance of disturbances in the ionosphere and anomalous effects in the records of Doppler frequency shift of ionospheric signal above the earthquake preparation area. Study perspectives are associated with the experimental confirmation of lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling and development of the comprehensive methodology for detection of anomalous phenomena in the geophysical fields on the eve of earthquakes.

### **3.16 The influence of seismic activity on the development of the formation of heterogeneities in the sporadic layer Es**

*Alimov O.A., Kalashnikova T.M.*

*Institute of astrophysics of the Academy of sciences of the Republic of Tajicistan*

Based on the study of small-scale in homogeneities in the night sporadic layer of Es, which arose in the August 1986 earthquake preparation periods with a magnitude of  $4.0 < M < 5.5$  and an epicentral distance of  $R < 250$  km, criteria for large ranges of translucency of the sporadic layer Es f0Es 2fbEs were developed. It is shown that the duration of the existence of intense continuous small-scale irregularities

of the sporadic Es layer in the seismically active period with the f0Es 2fbEs translucency criterion is from 2 to 6 hours 1-2 days before the earthquake.

### 3.17 Variations of seismic activity caused by the Chandler Wobble

*Blagoveshchenskaya E.E.<sup>1</sup>, Lyskova E.L.<sup>2</sup>, Sannikov K.Yu.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *SPbF IZMIRAN*

<sup>2</sup> *St.Petersburg State University*

The problem of the correlation of the global dynamic phenomenon «Chandler wobble» with the local dynamics in different parts of the Earth's crust and lithosphere is wide of the solution. In this study, an attempt was made to approach the solution by analyzing the temporal variations of local seismic activity in the restricted geospace volumes (GSV) within the uniform seismoactive regions. Seismic data (1965-1990, M=2-7) were taken from USGS catalog (<http://earthquake.usgs.gov>).

The Euler or Chandler wobble is free rotation mode of the rigid Earth. Its driver is the deep mantle - the most hard and most massive Earth's layer, whose large inertia tensor value is able to keep up Chandler's specific rotation of the Earth for a long time. We use the geocentric coordinate system where daily rotation is absent. In this system Chandler wobble is very slow rotation of the Earth (as the whole) around the current equatorial axis (the pole of which is denoted as EP14). Namely this slow rotation influence on the seismic events in the GSV. This influence is determined by the some statistical parameter EP14gsv which indicates the most typical position EP14 on equator when the most part of the earthquakes have occurred in the given GSV. The pole moves along the equator eastwards and EP14(t) passes the whole cycle 0-360o during the time about 14 months (430 days). For each time  $t_i$ , you can specify the position of the equatorial axis EP14 ( $t_i$ ) =  $\lambda_i$ . Thus, for a given GSV, it is possible to estimate the number of seismic events in different phases of the cycle of EP14. It is observed that for some GSV the distribution indicates certain longitudes, where the number of seismic events is maximal (or minimal).

For several GSVs satisfying the conditions: 1) located in the zone of the Mid-Ocean Ridges (from 5 to 50 S) in the Southern Hemisphere; 2) submeridional strike, the prevalence in the spectrum of seismic activity variations in the period band of 0.5 - 2 years of the Chandler period (430 days) was revealed. However, EP14gsv for them were different. The combined GSV (Pacific + Indian Ocean) demonstrates the absence of significant maxima in the spectrum at the Chandler period. Apparently, because their EP14gsv have maxima on opposite meridians. For the combined GSV around the south of the African Plate, the total EP14gsv defines a 17W meridian close to the pole of rotation of the African Plate (Minster and Jordan, 1978).

### **3.18 Transient electromagnetic radiation of the lithosphere in a seismically active region. Comparative analysis of ground measurement results**

*Nguyen X.A.<sup>1</sup>, Lutsenko V.<sup>2</sup>, Yi-yang L.<sup>3</sup>, Uvarov V.N.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Geophysics, Graduate University of Science and Technology, VAST, Vietnam;*

<sup>2</sup> *Usikov Institute for Radiophysics and Electronics, NANU, Ukraine*

<sup>3</sup> *Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

<sup>4</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia*

The importance of studies of electromagnetic signals of lithospheric origin is due to the fact that they are another source of information about the geodynamic state of the lithosphere, which can be used in various fields of geophysics. However, to date there are no full-fledged methods for isolating these signals, which is largely due to the problem of their separation from the powerful masking background of thunderstorm, magnetospheric radiation.

The purpose of these studies was to study the distribution of the characteristics of emissions of low-frequency electromagnetic emissions – their number, frequency of appearance, form in various reception channels of both the magnetic and electric field components during the day. We used the measurement data obtained at the VLF-VLF

antenna complex of the expedition base IKIR FEB RAS "Karymshina". The initial data contains a digital recording of the 24-hour signal for December 22, 2017, two days after the earthquake in the Okhotsk Sea area on December 20 with a magnitude of 7.2 points.

To study the daily variations, the recorded signal was divided into two parts significantly different in level: the day period, which lasted from 5 am GMT, and the night period, consisting of two parts, the first of which was from 0 am to 5 am and the second part is from 8 pm to 0 pm GMT.

We studied the distribution of the number of deviations of the signal (outliers) from the magnitude of various thresholds, expressed in units of the standard deviation ( $\sigma$ ), for different time domains and reception channels. It was established that during the day period, the emissions had a large amplitude and repetition rate.

The waveform of the maximum signal values was investigated by applying the method of accumulating epochs to the maximum values of the waveforms of signals over an interval of 15 minutes. It has been established that both the shape and the duration of the pulses in different channels differ significantly and change during the day.

When the power density of the tectonic pulse flow exceeds the threshold power of the momentum dissipation in a rock, the motion becomes turbulent in space and pulsed in time. In this case, the electromagnetic manifestations of the pulse flux dissipation are pulsed.

Therefore, manifestations reflecting the nature of the tectonic impulse flow make it possible to evaluate the geodynamic situation and be used in the prediction of earthquakes, the study of the structure of the subsoil, the exploration and exploitation of natural resources. Among the important characteristics of the manifestations of tectonic pulse flow is the intensity of emissions and the average interval between them, which can be used as an informative feature of an earthquake precursor.

It is established that the frequency of occurrence of emissions, their amplitude and shape change significantly during the day.

The results can be used to create simulation models of electromagnetic emission processes of lithospheric origin.

This work was supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research 19-05-00543, Thunderstorm formation mechanisms under active volcanic activity on the Kamchatka Peninsula and with the participation of the Ministry of Industry and Trade of Vietnam.



### 3.19 The seismic regime "drumbeats" on andesite-dacite volcanoes of the world

*Shakirova A.A.<sup>1</sup>, Firstov P.P.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *Kamchatka Branch of Federal Research Center of the United Geophysical Survey, RAS*

<sup>2</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FED RAS*

The movement of magma in the volcano and squeezing viscous lava flows and blocks on extrusive domes is accompanied by swarm sequences of volcanic earthquakes (VE) during eruptions of andesite-dacite volcanoes. This was observed on the volcanoes: St. Helens, North America, the Cascade Range, the eruption of 1984, 2004 2005; Redout, Aleutian Islands, 1989; Soufriere Hills, Lesser Antilles, Montserrat Island, 1995-1997; Pichincha, South America, Western Cordillera, 1999; Kizimen, Kamchatka Peninsula, 2010-2013. VE sequences (multiplets) had a well-defined quasi-period between earthquakes lasting from seconds to a few minutes with similar waveforms and small variations of the dynamic range of magnitudes  $M < 3$ . For a well-defined quasi-period of the earthquakes regime was called "drumbeats". Regime "drumbeats" often precedes explosive eruptions. Earthquakes are hybrid and long-period. The features of the seismic regime "drumbeats" on andesite-dacite volcanoes are considered in the article and some ideas about the mechanism of its occurrence are given.

### 3.20 Method of step-by-step adaptation of the width of measurement interval to the signal parameters

*Terekhov L.S., Lavrukhin A.A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Omsk state transport university*

It is shown that known methods of measuring an original signal lead to errors if the width of the measurement interval does not

adapt step-by-step to changing signal parameters. Proposed step-by-step adaptation algorithm of the measurement interval is based on a postulated dynamic uncertainty relation (DUR). For the first time, the DUR was built as a result of a radical transformation of a radilocational uncertainty relation (RUR). The DUR has allowed to explain the result of an experiment of vertical radio sounding of the ionospheric plasma layer simultaneously from the Earth and from a satellite (according to the RUR, at the maximum of the electron concentration the discrepancy between top and bottom heights was expected to be in the range of 0.25 0.5 km, while the experiment showed the discrepancy of 50 km). The proposed algorithm reveals the single physical basis of measurement and instrumental (computer) calculation. The algorithm allows to locally determine the optimal width of the averaging interval, which ensures the reduction of the error of a variable quantity when it measured or calculated. The revealed similarity of the approaches of computational mathematics and classical physics led to the unification of data analysis and processing with the solution of a computational problem into a single and simultaneous process. Processing and analysis of real-time measurement data can be expected to be useful for detecting earthquake precursors.

## Author Index

- Abe S., 161  
Alimov O.A., 189  
Ammosov P.P., 107  
Ammosova A.M., 107  
Argunov V.V., 184  
Argynova K., 182  
Argynova V.A., 182
- Baishev D.G., 163  
Balabin Y.V., 117, 147, 152, 165  
Bataleva E.A., 156  
Beisenova A.D., 182  
Belakhovsky V.B., 170  
Belyaeva I.V., 116, 126  
Blagoveshchenskaya E.E., 190  
Boborikina O.V., 171  
Boganov V.V., 176  
Bogdanov V.V., 179  
Boginskaya N.V., 185  
Borkov Yu.G., 122  
Bryukhanov I.D., 117  
Bryukhanova V.V., 117  
Buss Yu.Yu., 176  
Bychkov V.V., 120
- Chen W., 140, 153  
Cherepanova E.A., 146  
Chernenko V.A., 140  
Cherneva N.V., 158  
Cherneva N.V., 143  
Cheshev M.E., 145
- Dashkevich Zh.V., 124, 125  
Despirak I.V., 123  
Dmitriev A.V., 147  
Dobrovolsky M.N., 138  
Druzhin G.I., 129, 158  
Dubrov M.N., 155
- Durov D.S., 153
- Em A.A., 148  
Eremicheva V.E., 114
- Fedotova, O.I., 169  
Feshchenko L.K., 166, 172  
Fetisova N.V., 111  
Firstov P.P., 158, 193  
Fujimoto A., 161
- Gapeev M.I., 151  
Gasheva O.V., 176  
Gavrilov V.A., 176  
Gavrilyeva G.A., 107  
Germanenko A.V., 133, 147, 152, 165  
Godomskaya A.N., 152  
Golubenko K.S., 107  
Gordeev V.F., 167  
Gotovcev M.R., 112, 184  
Gromov S.V., 123  
Gromova L.I., 123  
Gvozdevsky B.B., 147, 165
- Imashev S.A., 145  
Innokentiev D.E., 110  
Isac A., 187  
Iskakov B.A., 182  
Ivanov V.E., 124, 125
- Jayashree B., 186
- Kalashnikova T.M., 189  
Kanonidi K.Kh., 171  
Kapustina O.V., 106, 128, 129  
Karimov R.R., 112, 134  
Kazakov E.A., 169

Kazuo Shiokawa, 130  
 Kendirbaeva J. Z., 118  
 Kharchenko O.V., 113  
 Khomutov S.Y., 141, 164  
 Kim A.S., 165  
 Kleimenova N.G., 123  
 Klimov S.I., 177  
 Klyuchkin V.N., 139  
 Kolin A.D., 114  
 Koltovskoi I.I., 107  
 Kopylova G.N., 181  
 Korchaka A.V., 148  
 Korochentsev V.I., 148, 153  
 Korsakov A.A., 134  
 Kostylev D.V., 183  
 Kovalev A.A., 169  
 Kozelov B.V., 124, 125  
 Kozlov S.I., 108  
 Kozlov V.I., 110, 121, 127, 134, 163  
 Krutikov V.A., 167  
 Kudin D.V., 138  
 Kумыков T.S., 128  
 Kurbasova G.S., 171  
 Kusumita A., 186  
 Kuznetsov V.V., 149  
  
 Larionov I.A., 159  
 Lavrukhin A.A., 193  
 Lubchich A.A., 123  
 Lukovenkova O.O., 178  
 Lutsenko V., 191  
 Lyskova E.L., 190  
  
 Malimbaev A.M., 165  
 Malkin E.I., 143, 158, 178  
 Malysheva L.M., 123  
 Malyshev S.Yu., 167  
 Mamina S.P., 182  
 Manda M., 187  
 Mandrikova O.V., 141  
 Mandrikova B.S., 135  
  
 Mandrikova O.V., 124, 135, 137  
 Marapulets Yu.V., 150, 159, 178  
 Maurchev E.A., 147, 152, 154, 165  
 Medvedev V.V., 114  
 Mikhailov Yu.M., 106, 128, 129  
 Mikhailova G.A., 106, 128  
 Mikhalko E.A., 147, 152, 154, 165  
 Mironova I.A., 107  
 Mishchenko M.A., 145, 159  
 Mochalov V.A., 124, 133, 161  
 Mochalova A.V., 124, 133, 161  
 Morozova Yu.V., 176  
 Mukasheva S.N., 165  
 Muratov P.V., 150  
  
 Nagorsky P.M., 108, 116, 121, 126  
 Nazarov I., 159  
 Nguyen X.A., 191  
 Ni E.V., 117  
 Novikov V.A., 139  
  
 Pak G.D., 188  
 Panasyuk M.I., 177  
 Papsheva S.Y., 141  
 Parovik R.I., 136  
 Pavlov A.F., 169  
 Pavlov A.V., 176, 179  
 Perezhogin A.S., 120, 143  
 Petrosiants V.V., 140  
 Petukhov I.S., 141  
 Petukhov S.I., 141  
 Petukhova A.S., 141  
 Pilipenko V.A., 170  
 Piscal V.V., 182  
 Pivnev P.P., 153  
 Polivach V.I., 167  
 Polozov Yu.A., 111, 135  
 Prasanna S., 186  
 Pustovalov K.N., 116, 117, 121,  
 126  
 PWING Team, 130

Riabova S.A., 114, 180  
 Rodomanskay A.I., 137  
 Romanovskii O.A., 113  
 Romanovskii Ya.O., 113  
 Rulenko O.P., 150  
 Ruzhin Yu.Ya., 139, 177  
 Ryabov V.A., 182  
 Rybchenko A.A., 140  
  
 Sadovnikov S.A., 113  
 Sadykov T.Kh., 182  
 Sakharov Ya.A., 170  
 Salikhov N.M., 182, 188  
 Samokhvalov I.V., 117  
 Sannikov D.V., 158  
 Sannikov K.Yu., 190  
 Selivanov V.N., 170  
 Semakov N.N., 169  
 Senkevich Yu.I., 151, 176  
 Seredkin I.N., 120  
 Sergienko T.I., 125  
 Shabaganova S.N., 127  
 Shabanov G.A., 148  
 Shakirova A.A., 193  
 Shcherbina A.O., 188  
 Shchur L.I., 147  
 Shepetov A.L., 182  
 Sheremetyeva O.V., 152, 158  
 Shevtsov B.M., 120, 145  
 Shevtsova O.V., 168  
 Shpak Iu.V., 148  
 Sivokon V.P., 138, 143  
 Sivtseva V.I., 107  
 Smirnov S.E., 106, 128  
 Smirnov S.V., 116, 126  
 Sokolova O.I., 165  
 Solodchuk A.A., 178, 188  
 Sorokin V.M., 139  
 Soshina N.S., 148  
 Stasiy I.E., 158  
  
 Stikharny A., 156  
 Sulakshina O.N., 122  
 Suvorova A.V., 109  
 Svertilov S.I., 177  
 Sychev V.N., 145  
  
 Tarabukina L.D., 110, 127  
 Tarasov S.P., 153  
 Tashkun S.A., 122  
 Tautayev Y.M., 182  
 Terekhov L.S., 193  
 Toropov A.A., 121  
 Tristanov A.B., 178  
  
 Uozumi T., 161  
 Uvarov V.N., 111, 158, 191  
  
 Viland A.V., 148  
 Vilayev A., 156  
 Vildanova L.I., 182  
 Vodinchar G.M., 143, 166, 169,  
 172  
 Volkov V.A., 155  
 Volvach A.E., 171  
  
 Xue W., 148  
  
 Yakovlev G.A., 116, 126  
 Yakovlev S.V., 113  
 Yakovleva V.S., 116, 126  
 Yaschenko A.K., 139  
 Yi-yang L., 191  
 Yin J., 148, 174  
 Yoshikawa A., 142, 161  
  
 Zaitsev A.N., 137  
 Zakupin A.S., 185  
 Zelinsky A.S., 116, 126  
 Zhivotenyuk I.V., 117  
 Zhukov V.V., 182  
 Zotov L.V., 173  
 Zuev S.V., 117

# Contents

<b>1</b>	<b>Atmosphere physics</b>	<b>105</b>
1.1	Smirnov S.E., Mikhailova G.A., Mikhailov Yu.M., Kapustina O.V. Air temperature anomalies before strong earthquakes . . . . .	106
1.2	Mironova I.A., Golubenko K.S. Atmospheric response to high and relativistic energy electron precipitation . .	107
1.3	Sivtseva V.I., Ammosov P.P., Gavrilyeva G.A., Koltovskoi I.I., Ammosova A.M. Comparison of internal gravity waves variations in the mesopause region derived from observations at Maimaga station with EOSMLS (Aura) temperature data . . . . .	107
1.4	Kozlov S.I., Nagorsky P.M. Cyclicity of solar activity and emergency launches of missiles through orbit space satellites . . . . .	108
1.5	Suvorova A.V. Dynamics of energetic particles at low altitudes and its influence on the ionosphere . . . . .	109
1.6	Tarabukina L.D., Kozlov V.I., Innokentiev D.E. Estimation of anthropogenic impact on lightning activity over urbanized areas of North-East Asia . . . . .	110
1.7	Polozov Yu.A., Fetisova N.V. Estimation of ionosphere state in Aurora online data analysis system . . . . .	111
1.8	Uvarov V.N. Impedance spectroscopy in geophysical researches . . . . .	111
1.9	Gotovcev M.R., Karimov R.R. Instrumental monitoring of the activity of whistlers in the radiophysical station "Oybenkel" SHICRA SB RAS . . . . .	112
1.10	Romanovskii O.A., Romanovskii Ya.O., Sadovnikov S.A., Kharchenko O.V., Yakovlev S.V. Laser remote gas analysis of the atmosphere by OPO lidar system . . . .	113
1.11	Riabova S.A. Magnetic storm effects in the atmospheric electric field variations at the Mikhnevo Observatory . .	114
1.12	Medvedev V.V., Eremicheva V.E., Kolin A.D. Mathematical modeling of the upper atmosphere processes	114

1.13	Nagorsky P.M., Yakovleva V.S., Pustovalov K.N., Smirnov S.V., Yakovlev G.A., Belyaeva I.V., Zelinsky A.S. On the relationship of the intensity of dropping liquid drains with the evolution of the level of $\beta$ -, $\gamma$ - background of ionizing radiation in the ground atmosphere . . . . .	116
1.14	Samokhvalov I.V., Zuev S.V., Bryukhanova V.V., Bryukhanov I.D., Zhivotenyuk I.V., Pustovalov K.N., Ni E.V. Radiation characteristics of cirrus clouds: The effect of the orientation of ice crystals . . . . .	117
1.15	Balabin Y.V. Real orographic effect in cosmic ray studying	117
1.16	Kendirbaeva J. Z. Reflection of seismic and solar irregularities in hydrogeological fields of Kyrgyzstan . .	118
1.17	Shevtsov B.M., Bychkov V.V., Perezhugin A.S., Seredkin I.N. Resonant propagation of laser radiation in the upper ionosphere . . . . .	120
1.18	Bychkov V.V., Perezhugin A.S., Seredkin I.N. Resonant scattering on excited ions as a possible reason for the registration of imaginary aerosol formations in the stratosphere and mesosphere . . . . .	120
1.19	Kozlov V.I., Nagorsky P.M., Pustovalov K.N., Toropov A.A. Scenarios of development of variations of atmospheric-electric values of the ground-term atmosphere during the strong frost in Siberia . . . . .	121
1.20	Sulakshina O.N., Borkov Yu.G. Simulation of the emission spectra of the $^{14}N^{16}O$ molecule in the region 200-400 nm . . . . .	122
1.21	Tashkun S.A. Spectroscopic databases for modeling atmospheric radiation processes . . . . .	122
1.22	Despirak I.V., Lubchich A.A., Kleimenova N.G., Gromova L.I., Gromov S.V., Malysheva L.M. Supersubstorms during the strong magnetic storms on 7-8 September 2017 . . . . .	123
1.23	Mochalova A.V., Mochalov V.A., Mandrikova O.V. The analysis of dependence of the values of the Dst-index counted by means of two techniques from the level of solar and geomagnetic activity . . . . .	124
1.24	Kozelov B.V., Dashkevich Zh.V., Ivanov V.E. The diagnostic of auroral electron flux characteristics used the optical observation data . . . . .	124

1.25	Ivanov V.E., Dashkevich Zh.V. The effective recombination coefficient in the auroral ionosphere . . .	125
1.26	Dashkevich Zh.V., Ivanov V.E., Kozelov B.V., Sergienko T.I. The physicochemical interaction in the auroral ionosphere: the time dependent model . . . . .	125
1.27	Nagorsky P.M., Pustovalov K.N., Yakovleva V.S., Smirnov S.V., Belyaeva I.V., Yakovlev G.A., Zelinsky A.S. Variations of the level of ionizing radiation in the surface atmosphere under the influence of a snow cover	126
1.28	Shabaganova S.N., Tarabukina L.D., Kozlov V.I. Variations of the parameters of thunderstorm activity of tropical cyclones at the stage of maximum development in August 2016 . . . . .	127
1.29	Smirnov S.E., Mikhailov Yu.M., Mikhailova G.A., Kapustina O.V. Winter lightning in Kamchatka . . . . .	128
1.30	Kumykov T.S. Charge accumulation in thunderstorm clouds: fractal dynamic model . . . . .	128
1.31	Mikhailov Yu.M., Kapustina O.V., Druzhin G.I. Whistling characteristics during periods of ionospheric disturbances . . . . .	129
1.32	Kazuo Shiokawa, PWING Team. Current status of the PWING project for investigation of the plasma and field dynamics in the inner magnetosphere . . . . .	130
<b>2</b>	<b>Geophysical fields and their interaction</b>	<b>132</b>
2.1	Germanenko A.V. Accounting for the real shape of the proton spectrum when calculating the transport of solar cosmic rays through the Earth's atmosphere . . . . .	133
2.2	Mochalov V.A., Mochalova A.V. Algorithms of ionospheric parameters detection in ionograms . . . . .	133
2.3	Korsakov A.A., Kozlov V.I., Karimov R.R. Amplitude and phase variations of the LF radio signals of NRK transmitter received in Yakutsk and Tixie Bay during the solar eclipse on August 11, 2018 . . . . .	134
2.4	Mandrikova O.V., Polozov Yu.A., Mandrikova B.S. Analysis of cosmic ray dynamics and ionospheric parameters during increased solar activity and magnetic storms . . . . .	135
2.5	Parovik R.I. Analysis of forced oscillations of nonlinear fractional oscillators . . . . .	136



2.6	Mandrikova O.V., Rodomanskay A.I., Zaitsev A.N. Analysis of the dynamics of geomagnetic disturbances during periods of increased solar activity and magnetic storms (according to the network of ground stations INTERMAGNET) . . . . .	137
2.7	Sivokon V.P. Artificial field - aligned ionospheric irregularities and the efficiency of radio engineering systems . . . . .	138
2.8	Kudin D.V., Dobrovolsky M.N. Automatic cleaning of geomagnetic variations from technogenic disturbances for calculation of ULF-index . . . . .	138
2.9	Novikov V.A., Klyuchkin V.N., Ruzhin Yu.Ya., Sorokin V.M., Yaschenko A.K. Can solar flare trigger earthquake? Analysis of field observations, theoretical model and laboratory experiments . . . . .	139
2.10	Chen W., Chernenko V.A., Petrosiants V.V., Rybchenko A.A. Complex for experimental investigations of elastic waves interactions with ice layer . . . . .	140
2.11	Petukhova A.S., Petukhov I.S., Petukhov S.I. Cosmic rays as an indicator of the geoeffectiveness of magnetic clouds . . . . .	141
2.12	Papsheva S.Y., Mandrikova O.V., Khomutov S.Y. Detection and structural analysis of noise in the magnetic data . . . . .	141
2.13	Yoshikawa A. Development of MAGDAS project: Search for global electromagnetic coupling from polar to equatorial ionosphere . . . . .	142
2.14	Sivokon V.P., Cherneva N.V., Malkin E.I. Diagnostics of geomagnetically induced high-voltage power lines . .	143
2.15	Vodinchar G.M., Perezhogin A.S. Difference scheme for fractional generalization of the Kelvin-Voigt model . . .	143
2.16	Shevtsov B.M. Dynamo effects in gravity . . . . .	145
2.17	Sychev V.N., Mishchenko M.A., Imashev S.A., Cheshev M.E. Estimation of long-range correlation scales by seismoacoustic emission signals of near-surface sedimentary rocks in Kamchatka . . . . .	145
2.18	Cherepanova E.A. Experience of using the component Overhauser magnetometer POS-3 at points of the century course of the Earth's magnetic field. . . . .	146

2.19	Balabin Y.V., Mikhalko E.A., Maurchev E.A., Germanenko A.V., Gvozdevsky B.B., Shchur L.I. Features of the soft gamma-rays variations in the atmosphere . . . . .	147
2.20	Dmitriev A.V. Indications of anomalous changes in the geomagnetic field in the Siberian and Far-East regions .	147
2.21	Yin J., Korochentsev V.I., Viland A.V., Shabanov G.A., Korchaka A.V., Soshina N.S. Interaction of elastic waves with ice layer in shelf zone . . . . .	148
2.22	Xue W., Korochentsev V.I., Em A.A., Shpak Iu.V. Interaction of electromagnetic waves in ice layer . . . . .	148
2.23	Kuznetsov V.V. Magnetic field of the Hot Earth. Reversals, magnetic anomalies and mechanism of the magnetic poles drift . . . . .	149
2.24	Muratov P.V., Rulenko O.P., Marapulets Yu.V. Manifestation features of electric and acoustic responses of near-surface sedimentary rocks on seismic waves from earthquakes . . . . .	150
2.25	Gapeev M.I., Senkevich Yu.I. Method of extraction of geoacoustic emission pulses . . . . .	151
2.26	Mikhalko E.A., Balabin Y.V., Maurchev E.A., Germanenko A.V. Mobile complex for registration of some components of SCR . . . . .	152
2.27	Godomskaya A.N., Sheremetyeva O.V. Modes of magnetic field generation in a $\alpha\Omega$ -dynamo with a power type of $\alpha$ -generator . . . . .	152
2.28	Chen W., Korochentsev V.I., Tarasov S.P., Pivnev P.P., Durov D.S. Nonlinear acoustic methods in the investigations of elastic wave interactions in ocean . . .	153
2.29	Mikhalko E.A., Maurchev E.A. Numerical methods in the study of the angular and energy characteristics of secondary cosmic rays in the Earth's atmosphere . . . .	154
2.30	Dubrov M.N., Volkov V.A. Observation of global atmosphere and lithosphere disturbances by means of spatially distributed strainmeters, gravimeters and tiltmeters . . . . .	155
2.31	Vilayev A., Stikharny A. On the possibility of disturbance for dynamic balance of Earth by technogenic factor . . . . .	156

2.32	Bataleva E.A. On the question of the relationship of variations of geophysical fields, lunar-solar tidal effects and seismic events . . . . .	156
2.33	Sheremetyeva O.V. Power regularities in the foreshock sequences of the statistically related events . . . . .	158
2.34	Druzhin G.I., Malkin E.I., Firstov P.P., Cherneva N.V., Uvarov V.N., Sannikov D.V., Stasiy I.E Principles of Creating a Local Network of Observations of Lightning Discharges on Active Volcanoes of the Kamchatka Peninsula . . . . .	158
2.35	Larionov I.A., Marapulets Yu.V., Mishchenko M.A. Results of atmospheric-lithospheric observations of acoustic radiation in Kamchatka . . . . .	159
2.36	Nazarov I. Schumann resonance and its benefits for the human well-being . . . . .	159
2.37	Mochalov V.A., Mochalova A.V. Search for geophysical signals by their mathematical models and templates . .	161
2.38	Fujimoto A., Yoshikawa A., Uozumi T., Abe S. Seasonal dependence of semidiurnal equatorial magnetic variation during quiet and disturbed periods . . . . .	161
2.39	Kozlov V.I., Baishev D.G. Seasonal variations of natural electric potentials over thawed patch in central Yakutia	163
2.40	Khomutov S.Y. Slow variations of the Earth's magnetic field: technical, methodological and organizational features of measurements . . . . .	164
2.41	Balabin Y.V., Mikhalko E.A., Germanenko A.V., Maurchev E.A., Gvozdevsky B.B. Solar cosmic rays on the ground level observing . . . . .	165
2.42	Malimbaev A.M., Sokolova O.I., Kim A.S., Mukasheva S.N. Spatial-temporal changes of geomagnetic declination D for geomagnetic observatories AAA and NVS for 1963-2018 . . . . .	165
2.43	Vodinchar G.M., Feshchenko L.K. Stochastic model of 6-jet kinematic dynamo . . . . .	166
2.44	Gordeev V.F., Krutikov V.A., Malyshkov S.Yu., Polivach V.I. Different scale anomalies of Earth's natural pulsed electromagnetic field and their correlation to geodynamic processes . . . . .	167
2.45	Shevtsova O.V. Structural features of complex hydrochemical systems . . . . .	168

2.46	Semakov N.N., Kovalev A.A., Pavlov A.F., Fedotova O.I. The amplitude of the daily changes in the speed of the magnetic poles on quiet days . . . . .	169
2.47	Vodinchar G.M., Kazakov E.A. The chaotic regimes in a two-modes model of the $\alpha\omega$ -dynamo with hereditary quenching of the $\alpha$ -effect . . . . .	169
2.48	Belakhovsky V.B., Pilipenko V.A., Sakharov Ya.A., Selivanov V.N. The influence of different types of geomagnetic disturbances on a GIC in electric power lines	170
2.49	Volvach A.E., Kurbasova G.S., Kanonidi K.Kh., Boborikina O.V. The study of changes in the geodynamic, heliogeophysical and climatic characteristics of the Crimea using the measuring instruments of the “Simeiz-Katsiveli” geodynamic test area . . . . .	171
2.50	Vodinchar G.M., Feshchenko L.K. The use of computer algebra systems for the automated construction of shell models of MHD turbulence . . . . .	172
2.51	Zotov L.V. Rotation of the Earth and variations of gravitational field . . . . .	173
2.52	Yin J. Under-ice acoustic communication in the Arctic: difficulties and experimental results . . . . .	174
<b>3</b>	<b>Physics of earthquake precursors</b>	<b>175</b>
3.1	Bogonov V.V., Gavrilov V.A., Buss Yu.Yu., Morozova Yu.V., Pavlov A.V., Gasheva O.V. Application of daily monitoring of the ionosphere state and complex borehole measurements to study the seismic hazard of the Kamchatka region . . . . .	176
3.2	Senkevich Yu.I. Auto clustering of the variety of pulse signals based on their symbolic description . . . . .	176
3.3	Panasyuk M.I., Svertilov S.I., Klimov S.I., Ruzhin Yu.Ya., Caused by earthquakes effects in electromagnetic activity which were observed in relec experiment on-board vernov satellite . . . . .	177
3.4	Lukovenkova O.O., Solodchuk A.A., Marapulets Yu.V., Tristanov A.B., Malkin E.I. Complex analysis of pre-seismic geoacoustic and electromagnetic emission signals	178

3.5	Bogdanov V.V., Pavlov A.V. Development of a methodology to estimate a region and waiting period for strong Kamchatka earthquakes based on seismic and ionospheric predictive signs . . . . .	179
3.6	Riabova S.A. Features of geomagnetic activity according to the Mikhnevo observatory in the twenty-fourth eleven-year cycle . . . . .	180
3.7	Kopylova G.N. Hydrogeodynamic effects of the preparation and occurrence of strong earthquakes . . . .	181
3.8	Iskakov B.A., Vildanova L.I., Salikhov N.M., Piscal V.V., Sadykov T.Kh., Shepetov A.L., Zhukov V.V., Tautayev Y.M., Argynova K., Mamina S.P., Ryabov V.A., Beisenova A.D., Argynova V.A. Investigation of Earth's crust tension degree of Almaty active region by registering cosmic rays muons of high energy . . . . .	182
3.9	Kostylev D.V. New station of complex geophysical and seismological observations on Sakhalin . . . . .	183
3.10	Argunov V.V., Gotovcev M.R. Quasi-periodic variations of amplitude of lightning discharges electromagnetic signals during the period of strong seismic activity . . .	184
3.11	Boginskaya N.V., Zakupin A.S. Research of local seismicity in the zone of the Central Sakhalin fault . . .	185
3.12	Kusumita A., Jayashree B., Prasanna S. Search for Earthquake Precursors in regions of intraplate seismicity	186
3.13	Isac A., Manda M. Space and ground-based electromagnetic data - a possible source of information on earthquakes: the state of the art and future directions	187
3.14	Shcherbina A.O., Solodchuk A.A. Spatial analysis of geoacoustic emission signals in shallow lake Mikizha, Kamchatka region . . . . .	188
3.15	Salikhov N.M., Pak G.D. Study of Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling on the example of the 30 December 2017 earthquake M4.2 . . . . .	188
3.16	Alimov O.A., Kalashnikova T.M. The influence of seismic activity on the development of the formation of heterogeneities in the sporadic layer Es . . . . .	189
3.17	Blagoveshchenskaya E.E., Lyskova E.L., Sannikov K.Yu. Variations of seismic activity caused by the Chandler Wobble . . . . .	190

3.18	Nguyen X.A., Lutsenko V., Yi-yang L., Uvarov V.N. Transient electromagnetic radiation of the lithosphere in a seismically active region. Comparative analysis of ground measurement results . . . . .	191
3.19	Shakirova A.A., Firstov P.P. The seismic regime "drumbeats" on andesite-dacite volcanoes of the world .	193
3.20	Terekhov L.S., Lavrukhin A.A. Method of step-by-step adaptation of the width of measurement interval to the signal parameters . . . . .	193

Х Юбилейная 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.

**Редакторы:** к.т.н. Мочалова А.В., к.ф.-м.н. Пережогин А.С.

**Верстка оригинала-макета:** к.т.н. Мочалова А.В., к.ф.-м.н. Пережогин А.С.

**Научный комитет:** Марапулец Ю.В. (Россия), Богданов В.В. (Россия), Гарденас Р. (Куба), Козлов В.И. (Россия), Кусумита А. (Индия), Мандрикова О.В. (Россия), Матзка Ё. (Германия), Пережогин А.С. (Россия), Сивоконь В.П. (Россия), Сю В. (Китай), Хомутов С.Ю. (Россия), Чжан Ю. (Китай), Шевцов Б.М. (Россия), Шиокава К. (Япония), Си Чж. (Китай)

---

Издательство Института космофизических исследований и  
распространения радиоволн ДВО РАН.

684034, Камчатский край, Елизовский район,

с. Паратунка, ул.Мирная, д. 7.

Тел.: 8 (41531) 33193