

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ ГЕОСФЕР
имени академика М. А. Садовского
Российской академии наук

ОТЧЕТ О НАУЧНОЙ
И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИДГ РАН В 2023 г.

Москва-2024

Отчет о научной и научно-организационной деятельности ИДГ РАН в 2023 г.

М.: ИДГ РАН. 2024. – 56 с. : ил.

Научное издание содержит информацию об основных научных результатах, полученных сотрудниками ИДГ РАН в 2023 году. Приводится библиографический список опубликованных статей в периодических изданиях, включенных в базу реферативной информации: Web of Science, Scopus, систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), Google Scholar и др. в 2023 г.

Ответственный редактор:
д.ф.-м.н., профессор *Г. Г. Кочарян*
Компьютерная подготовка
оригинал-макета: *В. В. Ежакова*

ВВЕДЕНИЕ

В 2023 году Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук провел исследования, предусмотренные планами Государственного задания Минобрнауки РФ, грантами Российского научного фонда и договорами с различными организациями.

Важнейшие научные достижения ИДГ РАН в 2023 году получены в области исследования всех геосфер Земли. В области фундаментальных исследований внутренних геосфер впервые построена карта, демонстрирующая мозаичную крупномасштабную структуру отражающих свойств внутреннего ядра в терминах разности времен пробега волн PKiKP и PcP под Евразией и Юго-Восточной Азией. Важнейшим результатом фундаментальных исследований в области верхних геосфер по проблеме астероидно-кометной опасности стала новая трехмерная численная модель разрушения и торможения крупных космических тел в планетных атмосферах. Новая модель позволяет прогнозировать разрушение космического тела и образование кратерных кластеров.

В части ориентированных фундаментальных исследований сформулирован набор критериев обрушения склонов при многократном сейсмическом воздействии. Полученные критерии могут быть использованы при оценке устойчивости откосов на отвалах вскрышных пород и устойчивости пород вскрыши в бортах карьеров при сейсмическом воздействии массовых взрывов на карьерах горнодобывающих предприятий.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ в 2023 году:

ГЕОМЕХАНИКА, СЕЙСМОЛОГИЯ И ФЛЮИДОДИНАМИКА

- ◀ Разработка прогнозных моделей реакции флюидных систем земной коры на техногенное воздействие и выявление основных закономерностей возникновения и развития асейсмического и сейсмического скольжений при закачке жидкости в скважину, находящуюся вблизи разлома.
 - ◀ Трехмерное численное моделирование возникновения и распространения трещины гидроразрыва в неоднородной среде на микромасштабе, исследование влияния геометрии макропоры на характеристики трещины: точку возникновения и направление её развития
 - ◀ Исследование структурных особенностей и динамики коры, верхней мантии и внутреннего ядра по сейсмическим данным
 - ◀ Лабораторное моделирование возникновения и развития динамической неустойчивости в зонах крупных континентальных разломов под действием природных и техногенных факторов на уникальной лабораторной установке ИДГ РАН
- ПРИПОВЕРХНОСТНАЯ ГЕОФИЗИКА:** проводились исследования геофизических эффектов падения болида, извержения вулканов Шивелуч и Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай. Группой исследователей под руководством академика РАН В. В. Адушкина выдвинута гипотеза о возможности влияния определенного класса землетрясений на геодинамо.

По направлению ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕРХНИХ ГЕОСФЕР в 2023 году разработана новая вычислительная радиационно-газодинамическая модель истечения плазмы в вакуум и методика расчета плотности потоков излучения и яркостные температуры плазменного образования в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Продолжена разработка программно-математического аппарата разрабатываемой перспективной адаптивной оптической системы для компенсации искажений светового излучения в условиях атмосферной турбулентности.

Принципиально новым направлением исследований для ИДГ РАН в 2023 году стала тема ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ГЕОФИЗИКЕ. В прошедшем году были получены первые результаты по использованию синтетических волновых форм для создания модели глубокого машинного обучения для выделения первых вступлений на сейсмических записях.

Исследования, проводимые в ИДГ РАН, сочетают экспедиционные геофизические исследования, уникальные лабораторные геофизические эксперименты, численное моделирование комплексных геофизических процессов.

Признанием авторитета ИДГ РАН является участие наших ученых в 12 грантах Российского научного фонда. ИДГ РАН уделяет большое внимание прикладным исследованиям. В 2023 году выполнялись 2 договора с Госкорпорацией «Росатом» в рамках Государственного заказа и 7 хозяйственных договоров. Результаты выполнения Государственного задания учеными Института в 2023 г. опубликованы в 131 публикации.

В 2023 году вышло 4 выпуска электронного научного журнала «Динамические процессы в геосферах», с результатами оригинальных наблюдательных, экспериментальных и теоретических исследовательских работ и обзоров по наукам о Земле как системе взаимодействующих геосфер.

В ИДГ РАН работает базовая кафедра Теоретическая и экспериментальная физика геосистем Московского физико-технического института. Программа обучения охватывает весь спектр задач геофизики. Аспирантура ИДГ РАН ведет подготовку научных кадров высшей квалификации по специальностям 1.6.9. – Геофизика и 1.6.18. – Науки об атмосфере и климате. В 2022/2023 учебном году в ИДГ РАН обучаются 11 аспирантов. Три выпускника аспирантуры успешно защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в 2023 году.

Ниже приведены краткие сведения о научной и научно-организационной деятельности ИДГ РАН в 2023 году.

А. Н. ЛЯХОВ

к.т.н., зам. директора по научной работе

Важнейшие результаты научных исследований ИДГ РАН в 2023 году

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА – КОРЫ, ВЕРХНЕЙ МАНТИИ И ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122040400015-5), рук. проекта г.н.с., д.ф.-м.н. И. А. САНИНА
Авторы: к.ф.-м.н. О. А. Усольцева, д.ф.-м.н. В. М. Овчинников

На основе совместного анализа более 1200 пар кинематических и динамических характеристик волн PKiKP, отраженных от поверхности внутреннего ядра, и волн PcP, отраженных от поверхности внешнего ядра (рис. 1а), впервые построена карта, демонстрирующая мозаичную крупномасштабную структуру (рис. 1б) отражающих свойств внутреннего ядра в терминах разности времен пробега волн PKiKP и PcP (в основном под Евразией и Юго-Восточной Азией), а для каждого элемента мозаики получены распределения мелкомасштабных латеральных неоднородностей (рис. 1в, г). Особенностями результата является использование докритически отраженных волн (при углах падения близких к нормальному), что практически полностью исключает влияние на характеристики волн PKiKP свойств вышележащих оболочек Земли – коры, мантии и внешнего ядра. Рост внутреннего ядра, сопровождающийся высвобождением скрытого тепла, лёгких элементов и формирующего мозаику поверхности внутреннего ядра, поддерживает один из самых важных геофизических процессов Земли – конвекцию в жидком ядре, которой отводят главную роль в генерации и поддержании магнитного поля Земли.

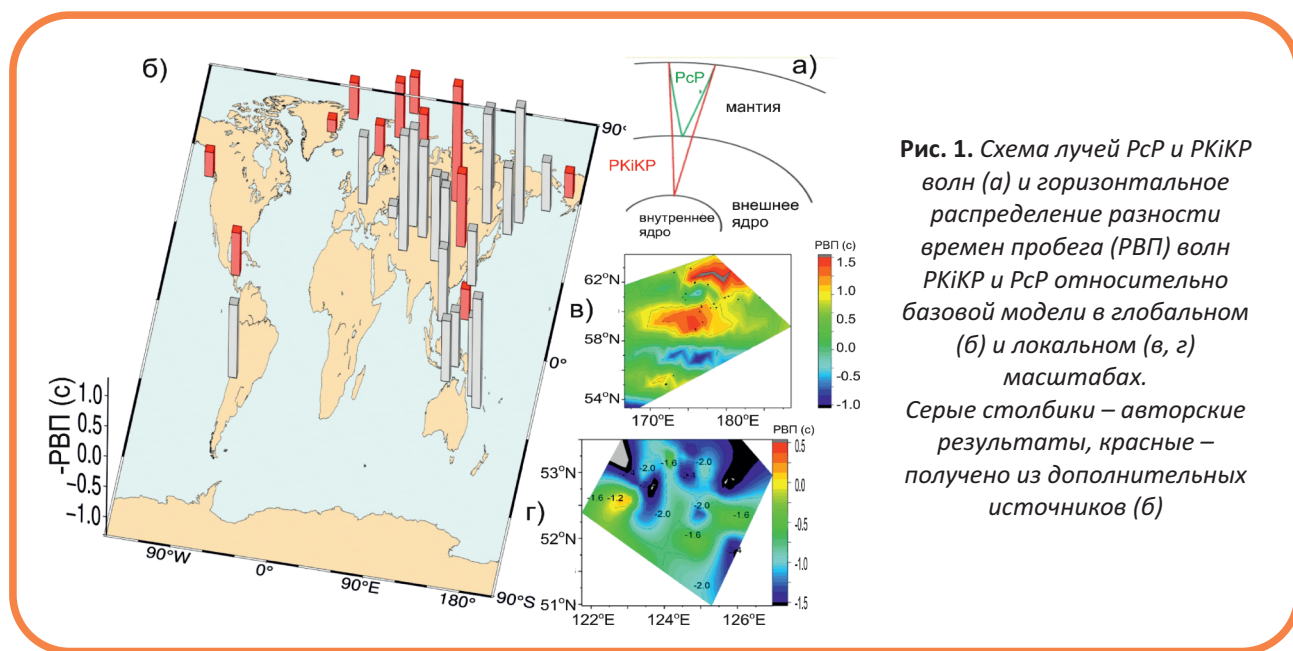


Рис. 1. Схема лучей PcP и PKiKP волн (а) и горизонтальное распределение разности времен пробега (РВП) волн PKiKP и PcP относительно базовой модели в глобальном (б) и локальном (в, г) масштабах. Серые столбики – авторские результаты, красные – получено из дополнительных источников (б)

Публикации:

1. Usoltseva O. A., Ovtchinnikov V. M. Inhomogeneity of the Earth's Inner Core Boundary from the Characteristics of Pre-critical Reflected Waves: Numerical Models and Observations. Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer Nature Switzerland AG 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4>
2. Овчинников В.М., Усольцева О.А. Об особенностях волн PcP и PKiKP под Восточной Азией и Западной окраиной Тихого океана // Динамические процессы в геосферах. 2022. Т. 14. № 2. С. 1–9. https://doi.org/10.26006/29490995_2022_14_2_1

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ ГЕОСФЕРЫ ВНЕДРЯЮЩИХСЯ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ И ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ТАКИХ ПАДЕНИЙ

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900176-3), рук. проекта г.н.с., д.ф.-м.н. В. В. ШУВАЛОВ

Авторы: **доктора физ.-мат. наук Б. А. Иванов, В. В. Шувалов**

Разработана трехмерная численная модель разрушения и торможения крупных космических тел в планетных атмосферах. В отличие от широко используемых двумерных моделей трехмерная позволяет рассматривать разрушение кометы или астероида на несколько крупных кусков, которые при столкновении с поверхностью планеты могут образовывать кратерные кластеры. Проведенные расчеты деформирования, фрагментации и торможения астероидов размером 0.5-3 км в атмосфере Венеры позволили определить долю энергии, выделяемой в атмосфере, смоделировать образование кратерных кластеров, похожих на наблюдаемые, и определить размеры астероидов, при которых такие кратерные кластеры могут образоваться. Модель может быть использована для интерпретации различных ударных структур (кратерные кластеры, пятна-плотчи и т.д.) на поверхности Венеры и других планет, обладающих атмосферой.

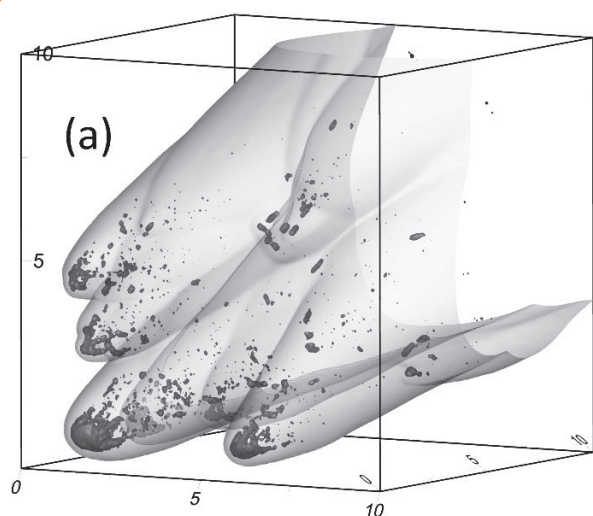
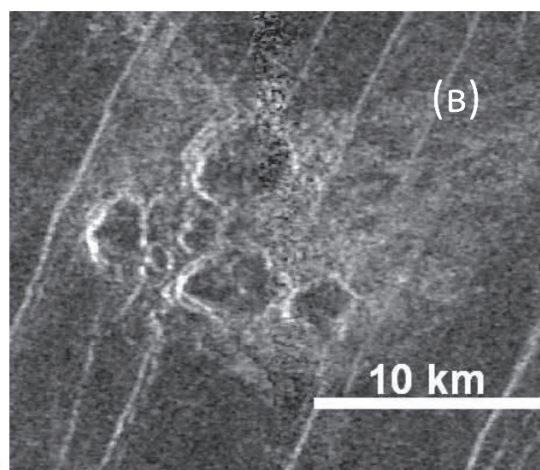
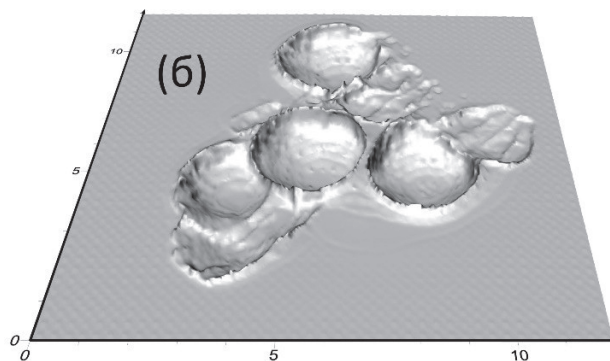


Рис. 1. (а) – разрушенный километровый астероид непосредственно перед ударом по твердой поверхности; (б)– кластер кратеров после удара разрушенного астероида, показанного на панели (а), по поверхности Венеры; (в) – радарное изображение кратерного кластера на Венере (<https://jmars.asu.edu>)



Публикации:

1. Шувалов В.В., Иванов Б.А. Трехмерное моделирование торможения астероида в атмосфере Венеры // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 1. С. 54–62. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_54
2. Shuvalov V.V., Ivanov B.A. Impact structures on Venus as a result of asteroid destruction in the atmosphere // Solar System Research (принята в печать)

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ГЕДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАЗНОГО ИЕРАРХИЧЕСКОГО УРОВНЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИНИЦИИРОВАННЫХ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

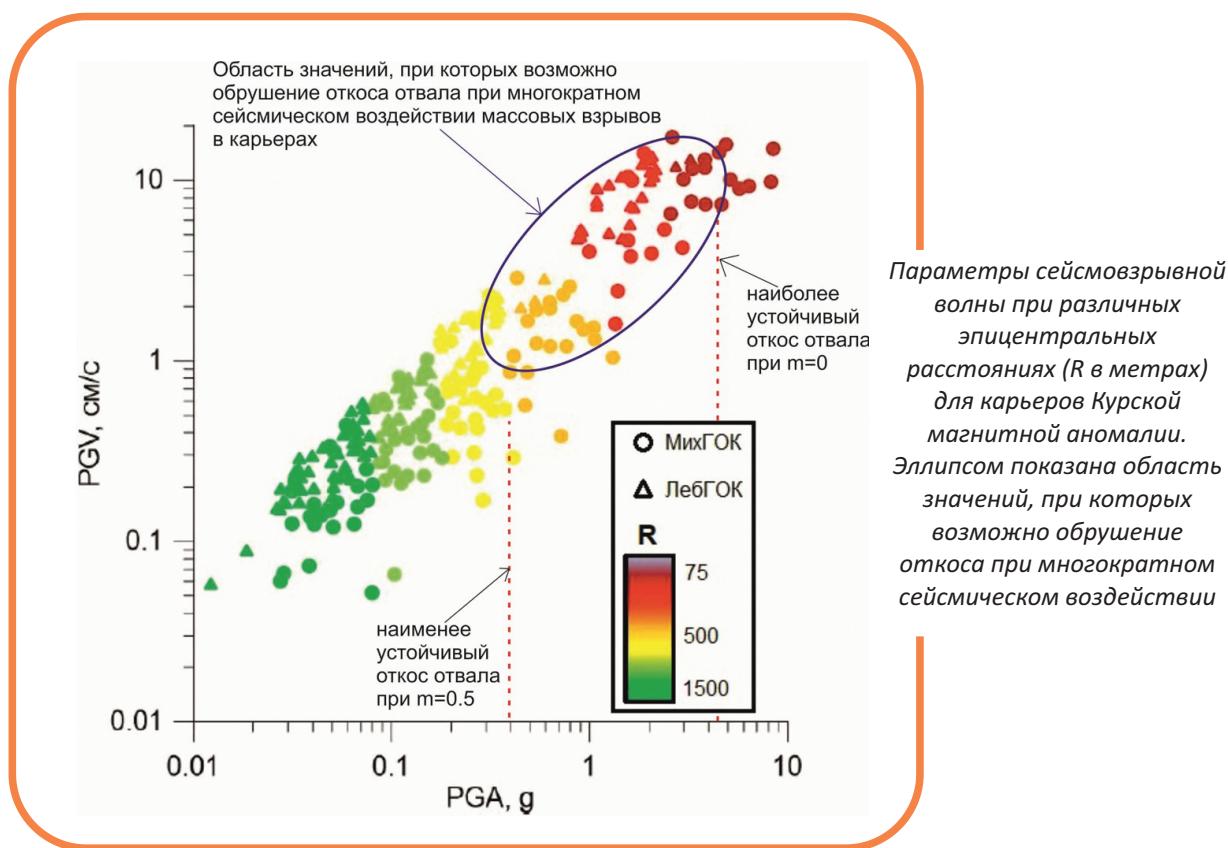
Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900172-5), рук. проекта с.н.с., к.ф.-м.н. А. Н. БЕСЕДИНА

Авторы: кандидаты физ.-мат. наук В. И. Куликов, З. З. Шарафиев

Сформулирован набор критериев обрушения склонов при многократном сейсмическом воздействии. При сейсмическом воздействии от массовых взрывов следует рассматривать лишь возможный эффект накопления повреждений. Требуется экспертная оценка опасности на основе результатов деформационных или геодезических наблюдений, а также контроль обводненности склона.

Апробация разработанных правил для оценки устойчивости отвалов вскрышных пород на карьерах Курской магнитной аномалии показала, что массовые взрывы в рассмотренных карьерах радикально не влияют на устойчивость отвалов вскрышных пород. Однако нарушение работы дренажной системы, поднятие уровня грунтовых вод в отвалах может привести к накоплению необратимых деформаций.

Полученные правила могут быть использованы при оценках устойчивости откосов на отвалах вскрышных пород и устойчивости пород вскрыши в бортах карьеров при сейсмическом воздействии массовых взрывов на карьерах горнодобывающих предприятий.



Публикации:

1. Куликов В.И., Шарафиев З.З. Феноменологическая модель для оценки устойчивости отвалов вскрышных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2023. № 5. С. 78–84. <http://doi.org/10.15372/FTPRPI20230509>

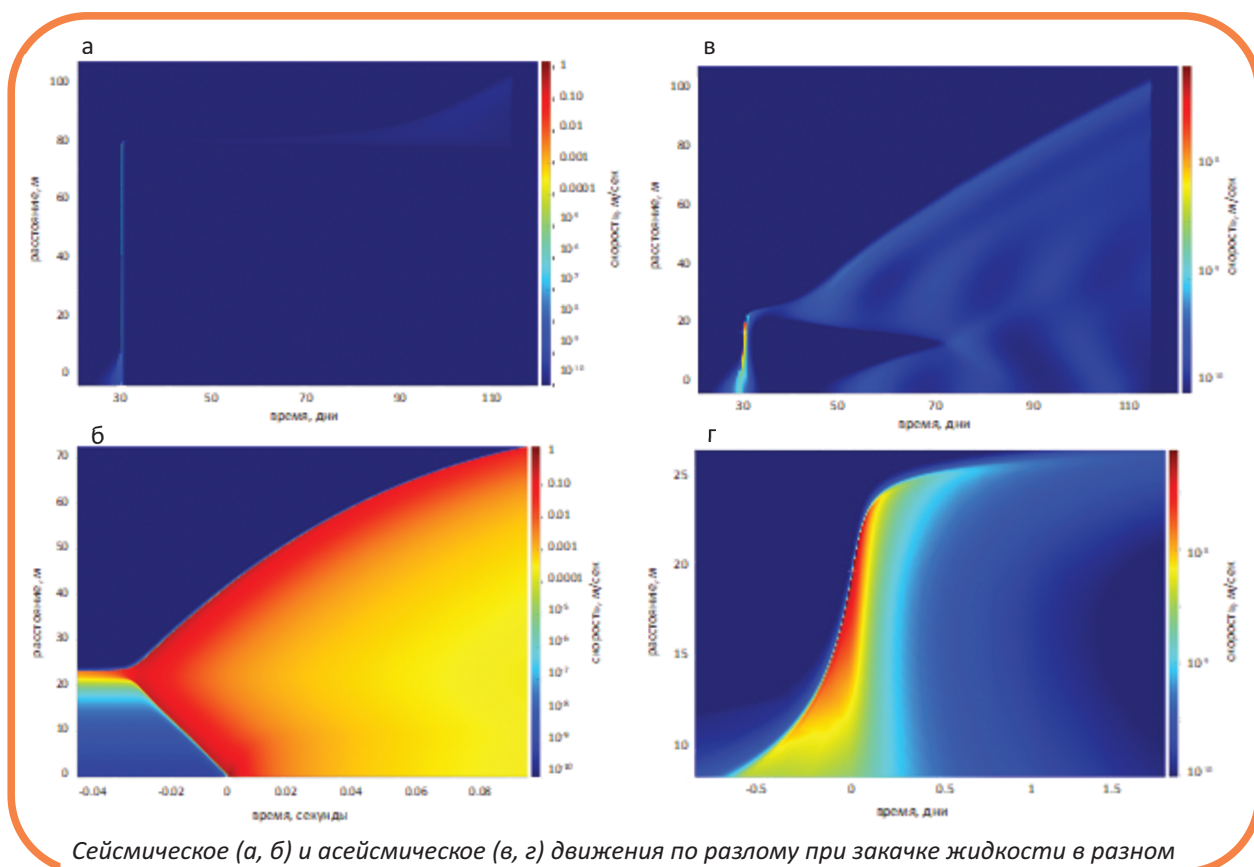
Результаты, полученные Институтом в 2023 году, по темам Государственного задания

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦИИ ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Работы выполнены в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900167-1), рук. темы зав. лаб. Геомеханики и флюидодинамики к.ф.-м.н. **Н. А. БАРЫШНИКОВ**

1. РАЗВИТИЕ АСЕЙСМИЧЕСКОГО И СЕЙСМИЧЕСКОГО СКОЛЬЖЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗЛОМА ПРИ ЗАКАЧКЕ ЖИДКОСТИ

Выявлены основные закономерности возникновения и развития асейсмического и сейсмического скольжений при закачке жидкости в скважину, находящуюся вблизи разлома. Рассмотрена 2-мерная модель пористого пласта со скважиной, расположенной рядом с разломом, подвижки по которому определяются законом трения типа *rate-and-state*. Закачка производится с постоянным расходом, равным 23 л/час, объем закачанной жидкости 60 м^3 , размер расчетной области $6 \times 10 \text{ км}$. Проницаемость разлома растет по мере увеличения порового давления. Пока рост давления за счет закачки мал, скольжение по разлому определяется скоростями изменения давления и роста области разлома, где нарушается стационарный критерий трения. При дальнейшем росте давления жидкости начинают проявляться нелинейные эффекты и динамика скольжения разлома определяется динамической частью коэффициента трения. Авторы: **В. Ю. Рига, д.ф.-м.н. С. Б. Турунтаев.**



Сейсмическое (а, б) и асейсмическое (в, г) движения по разлому при закачке жидкости в разном временном масштабе: ось *x* – время от начала закачки, ось *y* – положение точки разлома, в которой в данный момент времени достигается максимальная скорость скольжения. Цветом показано значение максимальной скорости скольжения в данном месте в данное время

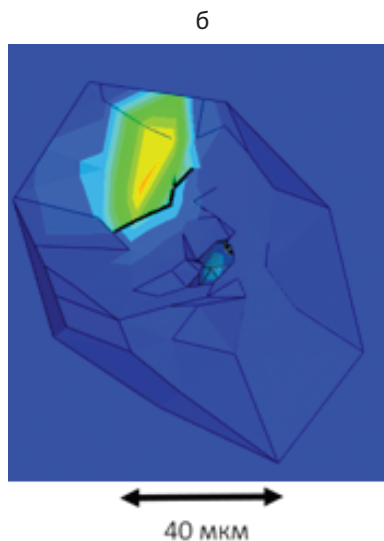
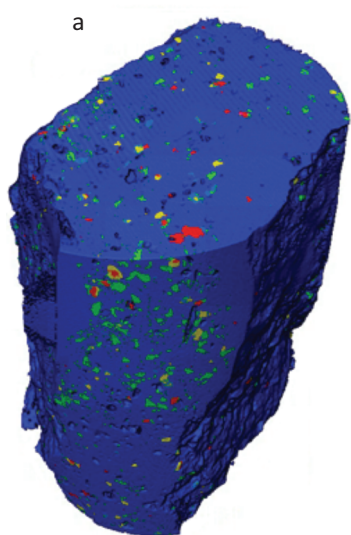
Разупрочнение разлома, ускорение расширения области скольжения за счет концентрации напряжений на ее краях приводят к уменьшению эффективной жесткости разлома, нелинейному росту скорости скольжения, смещению области максимальной скорости скольжения от центра разлома к его периферии, увеличению концентрации напряжений в этой точке. В какой-то момент происходит, практически, скачкообразный переход от асейсмического скольжения к сейсмическому: на некотором расстоянии от центра разлома начинается ускоренное скольжение, которое распространяется к центру и периферии разлома. Максимальная скорость скольжения достигается в центре разлома и составляет 0.1–1 м/сек.

Публикации:

1. *Турунтаев С.Б., Рига В.Ю.* Исследование условий перехода асейсмического скольжения по тектоническому разлому к сейсмогенерирующему при закачке жидкости. В сб. XIII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.). С.-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2023. Т. 4. С. 428-430. <https://elibrary.ru/item.asp?id=58807853>
2. *Рига В.Ю.* Сейсмичность при разработке месторождений углеводородов // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2022. Т. 9 (129). С. 32–39. <https://elibrary.ru/GMWDHV>

2. ТРЕХМЕРНОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ НА МИКРОМАСШТАБЕ

Создана численная модель развития трещины гидроразрыва на микроуровне на основе данных о структуре и механических свойствах образца горной породы. На основе данных микроКТ образца пористой породы о его структуре и минеральном составе (данные QEMSCAN) при помощи метода многофазной сегментации подготовлена трехмерная цифровая модель образца, учитывающая его минеральный состав, структуру, упругопластические свойства и условия на межзёренных контактах минералов. Полученная трёхмерная модель позволяет численно исследовать влияние механических и структурных особенностей породы на процесс возникновения и распространения трещин гидроразрыва на микроуровне. Проведено численное моделирование распространения трещины гидроразрыва в полученной цифровой модели образца. Установлено влияние геометрии макропоры на характеристики трещины: точку возникновения и направление её развития. Показано, что из-за сложной геометрии порового пространства трещина может отклоняться от направления, определяемого, исходя из напряжений на образце, и начинает ветвиться сразу после образования. Авторы: *В. А. Начев, Д. А. Тауренис, д.ф.-м.н. С. Б. Турунтаев.*

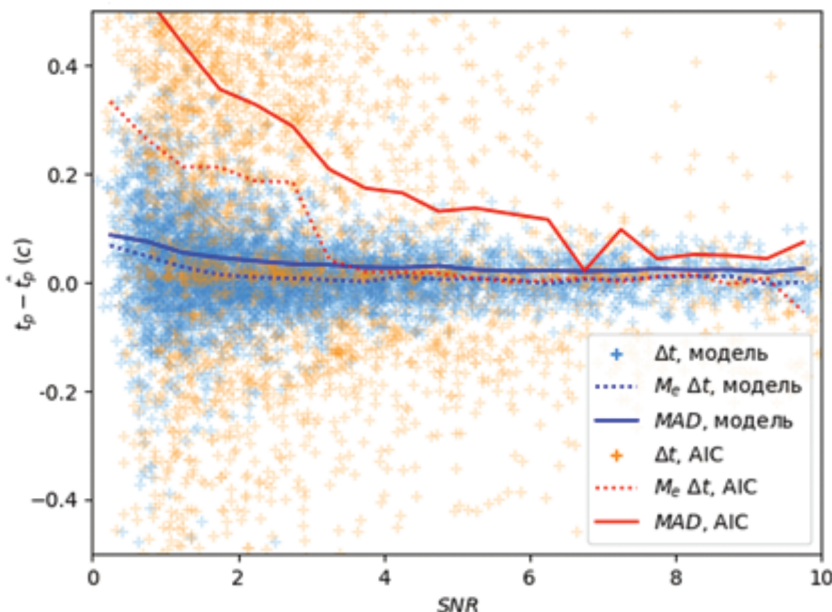


*а – трехмерная минеральная модель образца горной породы, учитывающей ее гранулированный состав и структуру.
б) распределение максимальных главных напряжений в образце в окрестности трещины гидроразрыва на микроуровне*

Публикации:

1. *Начев В.А.* Трёхмерное численное моделирование процесса фильтрации жидкости и распространения трещин ГРП в породах-коллекторах со сложным минеральным составом на микромасштабе. В сб. Разрушение горных пород и минералов: Материалы конференции и школы молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 04–07 апреля 2023 г.). Екатеринбург : Уральский государственный горный университет. 2023. С. 58–60. <https://elibrary.ru/BQMXND>
2. *Тауренис Д.А.* Трёхмерное численное моделирование многофазной фильтрации и распространения трещин ГРП в масштабах порового пространства. В сб. Труды VI Международной геолого-геофизической конференции «ГеоЕвразия-2023. Геологоразведочные технологии: наука и бизнес»: Труды VI Международной геолого-геофизической конференции (Москва 27–29 марта 2023 г.). Тверь : ООО «ПолиПРЕСС». 2023. Том III. С. 190–193. <https://elibrary.ru/UKTWIT>
3. *Начев В.А., Тауренис Д.А.* Численное моделирование фильтрации и распространения трещин ГРП в породах-коллекторах со сложным минеральным составом в масштабе пор. В сб. XIII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.). С.-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2023. Т. 4. С. 402–404. <https://elibrary.ru/item.asp?id=58807853>

3. ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛНОВЫХ ФОРМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЯХ
Предложена модель глубокого обучения для выделения вступлений отдельных фаз на записях волновых форм группы приёмных станций при проведении микросейсмического мониторинга. Для обучения модели использованы полностью синтетические данные. Новизна предлагаемого метода заключается в использовании модели Wavelet Scattering для выделения признаков и механизма самовнимания типа Transformer encoder, что позволило реализовать обмен информацией между произвольным числом принимающих станций и, тем самым, предсказывать времена вступлений на отдельных станциях на основе информации всей группы. Исследован ряд стратегий аугментации обучающей выборки путём наложения шума с целью увеличения устойчивости модели к шуму в данных. Наилучшее соотношение устойчивости к шуму и точности модели было получено при наложении Гауссовского шума со случайным стандартным отклонением, варьируемым в пределах от 0 до 0.1 от максимальной амплитуды сигнала. Авторы: *к.ф.-м.н. Н. А. Барышников, И. А. Абзалилов, д.ф.-м.н. С. Б. Турунтаев.*



Сопоставление разработанной модели и метода на основе критерия Акаике (AIC) – зависимость невязки выделения времён Δt от фактического соотношения сигнал/шум. M_e – медианные значения невязки; MAD – медианное абсолютное отклонение

Стандартная ошибка выделения времён вступлений p и s волн полученной модели составила порядка 0.03 секунды при соотношении сигнал/шум порядка 10, для записей сигналов с магнитудами от 0 до 2 и частотой дискретизации 100 Гц. Повышение точности модели может быть достигнуто за счёт использования других видов шумов для аугментации обучающей выборки, в том числе и реальных записей сейсмического шума.

Публикации:

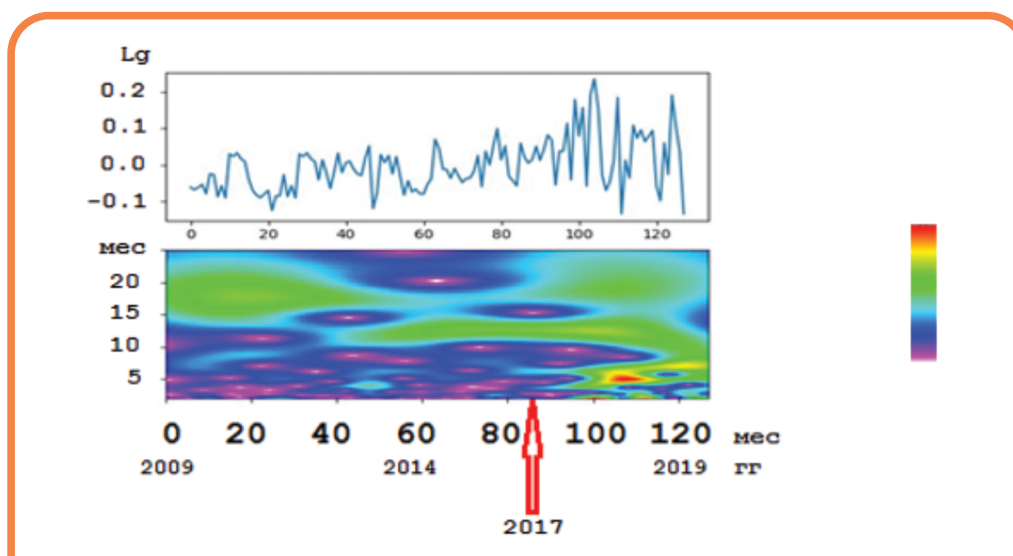
1. Барышников Н.А., Абзалилов И.А., Турунтаев С.Б. Применение синтетических волновых форм для создания модели глубокого машинного обучения с целью выделения первых вступлений на сейсмических записях // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 38–53. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_38

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ДИНАМИКА – КОРЫ, ВЕРХНЕЙ МАНТИИ И ВНУТРЕННЕГО ЯДРА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Работы выполнены в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122040400015-5), рук. темы г.н.с. лаборатории Сейсмологических методов исследования литосферы, д.ф.-м.н. И. А. САНИНА

1. ПРОВЕДЕН АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА АТОЛЛЕ МУРОРОА, зарегистрированных четырьмя сейсмическими станциями, расположенными на различных эпицентральных расстояниях. Опираясь на корреляционную схожесть сейсмограмм сделан вывод, что полученные данные не противоречат гипотезе о возможности дифференциального вращения внутреннего ядра Земли с запада на восток в период с 1977 по 1991 гг. Авторы: **д.ф.-м.н. В. М. Овчинников, к.ф.-м.н. О. А. Усольцева.**

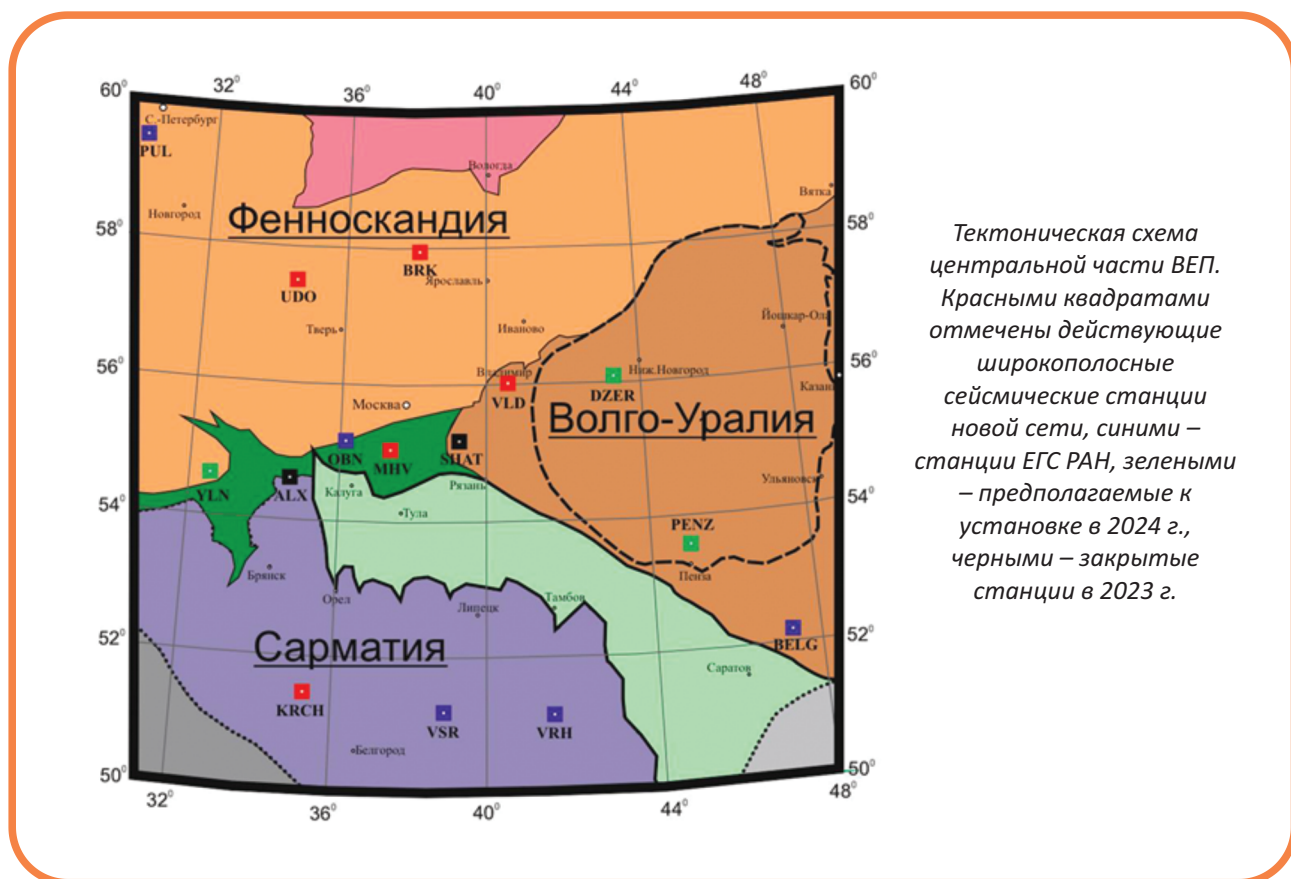
2. ВПЕРВЫЕ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (ВЕП) по данным наблюдений на широкополосной сейсмической станции «Михнево» (МНВ) за период с 2006 по 2022 гг. установлен положительный тренд значений логарифма отношений максимальных амплитуд поперечных и продольных волн ($Lg(AS_{\max}/AP_{\max})$) на основе регистрации взрывов на карьере «Новогуровский» и группе карьеров в районе г. Коломна, расположенных в субмеридиональном и субширотном направлениях.



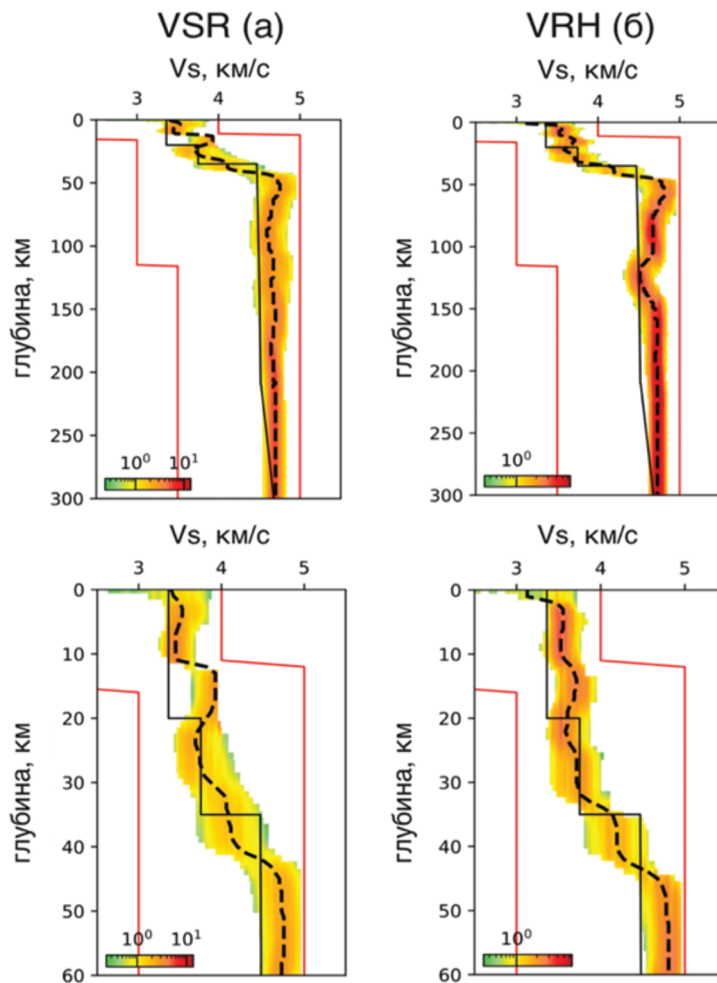
Временной ряд для данных, полученных на карьере «Новогуровский» (сверху), вейвлет анализ (снизу). По вертикальной оси показаны значения логарифмов отношения амплитуд и периоды (в месяцах). Справа – шкала интенсивности (красный цвет соответствует относительному максимуму)

Выявленный эффект можно интерпретировать как увеличение затухания в полосе частот 3–9 Гц, что связано, по всей видимости, с изменением напряженно-деформированного состояния на исследуемой территории. Кроме того, анализ данных позволил выявить характерные ритмы колебаний $Lg(AS_{max}/AP_{max})$: один и два года. В дальнейшем данный подход может быть использован для дистанционного контроля за эволюцией разломных зон (Авторы: **д.ф.-м.н. И. А. Санина, Н. Л. Константиновская**).

3. ПРОДОЛЖЕН ЭКСПЕРИМЕНТ ПО СОЗДАНИЮ ПЛОЩАДНОЙ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ на ВЕП. В 2023 г. было открыто два новых пункта регистрации – «Удомля» (UDO) и «Курчатов» (KRCH). Они расположены в различных тектонических блоках (Фенноскандия и Сарматия соответственно). Станции установлены на специально отлитых постаментах и по возможности удалены от источников техногенных помех. Обе станции укомплектованы широкополосными сейсмическими датчиками с частотным диапазоном 0.008–50 Гц. Современная конфигурация сети (совместно со станциями ЕГС РАН), а также их приборное оснащение позволяют решать широкий спектр задач как по локации и дискриминации сейсмических событий различного генезиса на ВЕП, так и изучения глубинного строения земной коры и верхней мантии различными сейсмологическими методами. Авторы: **к.ф.-м.н. А. Г. Гоев, С. Г. Волосов**.



4. НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗАПИСЕЙ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ, зарегистрированных на двух широкополосных сейсмических станциях ЕГС РАН – «Сторожевое» (VSR) и «Новохоперск» (VRH), методом функций приёмника получены первые скоростные разрезы литосферы до глубины около 300 км (рис. на стр. 13). Кора определена четырехслойной структурой с наличием волновода в нижней части разреза. Впервые для Хоперского блока Сарматии (данные станции VRH) выявлено наличие и определены характеристики зоны пониженных скоростей в верхней мантии на глубинах 110–150 км, маркирующей средне литосферную неоднородность (*mid-lithospheric discontinuity*, MLD). Выявлено сложное, возможно, градиентное строение коро-мантийного переход. Автор: **к.ф.-м.н. А. Г. Гоев**.



Скоростные модели поперечных волн для станций VSR и VRH. Верхняя часть рисунка содержит скоростные модели литосферы, нижняя – более подробно показана земная кора. Цветами отмечены поля сжатия индивидуальных минимизированных случайных моделей: пунктирные линии – медианные модели; красные – границы формирования случайных начальных моделей; черные – референтная модель IASP91

Публикации:

1. Овчинников В.М., Усольцева О.А. Вариации параметров сейсмических волн, связанных с земным ядром // Геология и геофизика. 2023. <http://doi.org/10.15372/GiG2023178>
2. Санина И.А., Иванченко Г.Н., Константиновская Н.Л., Усольцева О.А. Временные вариации динамических характеристик сейсмических волн и их связь с геодинамикой центральной части Восточно-Европейской платформы // Вопросы инженерной сейсмологии (в печати).
3. Гоев А.Г., Алешин И.М., Константиновская Н.Л., Резниченко Р.А., Юдочкин Н.А., Дробышев М.Н. Новые широкополосные сейсмические станции в Центральной части Восточно-Европейской платформы // Физика Земли (в печати).
4. Адушкин В.В., Гоев А.Г., Виноградов Ю.А., Шаповалов А.В. Литосфера северо-восточной части протократона Сарматия по новым сейсмологическим данным // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. В печати.
5. Гоев А.Г., Резниченко Р.А., Алешин И.М. Применимость функций приемника в зоне субдукции (Авачинская бухта) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 511, № 2. С. 222–227. <http://doi.org/10.31857/S2686739723600686>.
6. Габсатарова И.П., Санина И.А., Константиновская Н.Л. Новое проявление сейсмичности в Днепров–Донецком авлакогене ВЕП // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Воронеж : Издательский дом ВГУ. 2023. С. 66–71. ISBN 978-5-9273-3834-4.

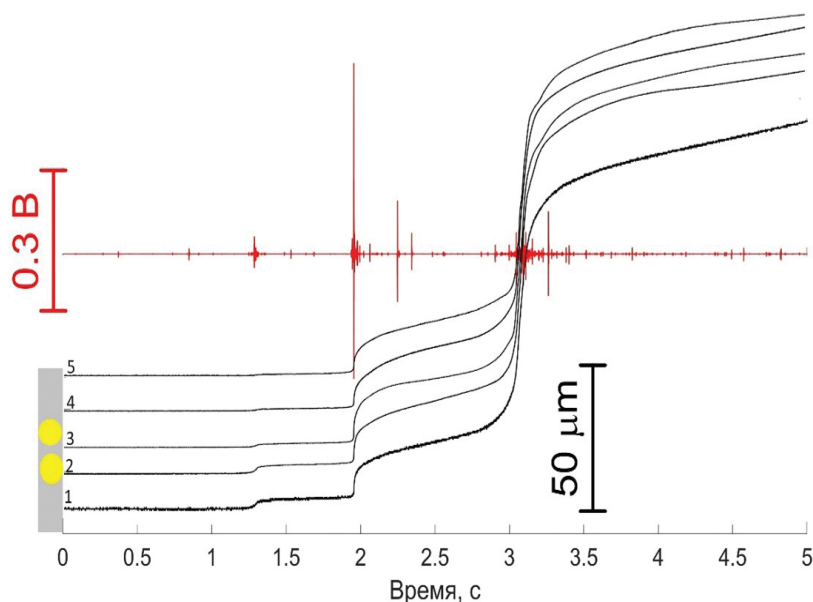
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ЗОНАХ КРУПНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РАЗЛОМОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ № 122032900178-7), рук. темы зав. лаб. Деформационных процессов в земной коре к.ф.-м.н. А. А. ОСТАПЧУК

1. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДЛЕННЫХ И ОБЫЧНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА РАЗЛОМАХ С ГЕТЕРОГЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

В лабораторных экспериментах на уникальной для России крупномасштабной установке исследованы условия возникновения медленных и обычных землетрясений на разломах с гетерогенной структурой. Показано, что закономерности реализации различных режимов скольжения определяются вещественным составом и относительным расположением контактных зон - *asperities*.

Выявленные закономерности формирования и инициирования медленных и быстрых землетрясений позволяют сформулировать дополнительные требования к системам геодезического и сейсмического мониторинга разломных зон с целью прогнозирования опасных явлений и минимизации ущерба от них. Авторы: Г. А. Гридин, д.ф.-м.н. Г. Г. Кочарян, кандидаты физ.-мат. наук А. А. Остапчук, Д. В. Павлов.



Относительные смещения нескольких участков берегов лабораторного разлома в ходе последовательности трех динамических событий на заключительной стадии сейсмического цикла (черные линии). Красная линия – акустическая эмиссия. Слева представлена структура разлома: желтые пятна – зоны *asperities*; начало черных линий – начальные положения датчиков (1–5)

Публикации:

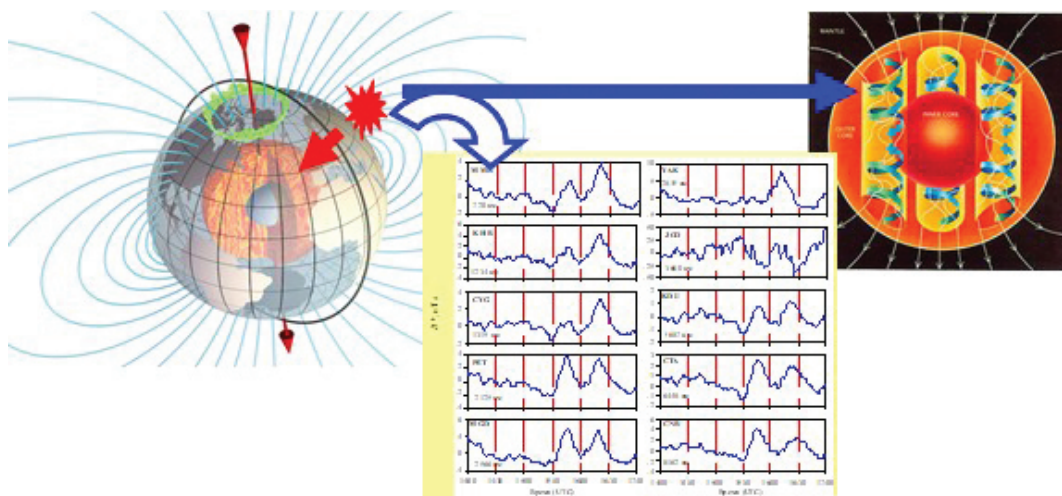
1. Гридин Г.А., Кочарян Г.Г., Морозова К.Г., Новикова Е.В., Остапчук А.А., Павлов Д.В. Развитие процесса скольжения по гетерогенному разлому. Крупномасштабный лабораторный эксперимент // Физика Земли. 2023. № 3. С. 139–147. <https://doi.org/10.31857/S0002333723030043>
2. Кочарян Г.Г., Беседина А.Н., Гридин Г.А., Морозова К.Г., Остапчук А.А. Трение как фактор, определяющий излучательную эффективность подвижек по разломам и возможность их инициирования. Состояние вопроса // Физика Земли. 2023. № 3. С. 3–32. <https://doi.org/10.31857/S0002333723030067>

ПРОЯВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Работы выполнены в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900185-5), рук. темы зав. лабораторией Приповерхностной геофизики д.ф.-м.н. С. П. СОЛОВЬЕВ

1. ВЛИЯНИЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ГЕОДИНАМО

По результатам анализа геомагнитных наблюдений, выполненных в отсутствие солнечной активности, установлено, что сильные двойные землетрясения с близкими очагами вызывают синхронные возмущения магнитного поля на расстояниях десятки тысяч км при времени запаздывания эффекта, сравнимого со временем пробега расстояния, кратного размеру Земли, что свидетельствует о наличии единого глобального источника возмущений, в качестве которого в условиях отсутствия влияния космических факторов может выступать только геодинамо. Таким образом, впервые показано, что существует класс землетрясений, оказывающих возмущающее влияние на магнитное динамо Земли путем воздействия на его отдельные мультидипольные элементы распространяющимися вглубь Земли сейсмическими волнами. Полученный результат расширяет фундаментальные представления о взаимосвязанности геофизических явлений, процессов и механизмах в межгеосферных взаимодействиях. Возможные сферы применения полученного результата связаны с разработкой и верификацией моделей, описывающих вариации магнитного поля Земли в интересах повышения качества и надежности работы средств радиокommunikации и глобальной спутниковой навигации. Авторы: **академик В. В. Адушкин, кандидаты физ.-мат. наук Ю. С. Рыбнов, С. А. Рябова, д.ф.-м.н. А. А. Спивак, А. В. Тихонова.**



Вариации магнитного поля на разных расстояниях от очага двойного землетрясения 16.03.2022 г.

Публикации:

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Эффект влияния сильных землетрясений на геодинамо // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 511. № 1. С. 61–64.

<https://doi.org/10.31857/S2686739722360008X>

2. Адушкин В.В., Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Тихонова А.В. Магнитный эффект двойного землетрясения 16.03.2022 г. (Япония). Результаты наблюдений // Физика Земли. 2023. № 5. С. 142–152.

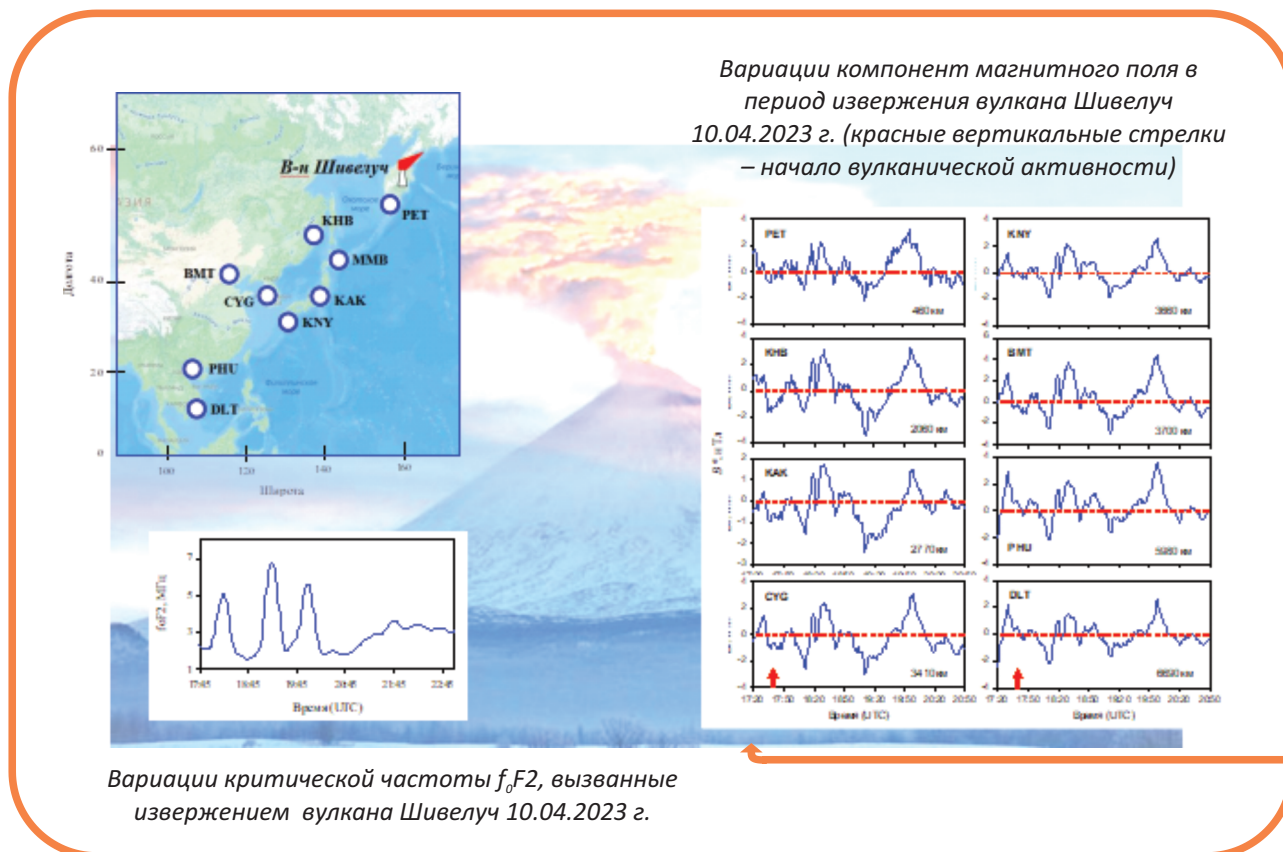
<https://doi.org/10.31857/S0002333723060017>

3. Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Спивак А.А., Тихонова А.В. Геофизические эффекты серии сильных землетрясений в Турции 06.02.2023 г. // Физика Земли. 2023. № 6. С. 142–152.

<https://doi.org/10.31857/S0002333723060017>

2. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ

В результате обработки и анализа результатов инструментальных наблюдений, выполненных в обсерваториях сети INTERMAGNET и на станции ионосферного зондирования «Вакканай», показано, что сильное извержение вулкана Шивелуч эффузионно-эксплозивного характера, произошедшее 10.04.2023 г., сопровождалось вариациями магнитного поля Земли на расстояниях до ~ 7000 км, а также изменениями критической частоты слоя F2 ионосферы на ~ 4 МГц. Авторы: **академик В. В. Адушкин, кандидаты физ.-мат. наук М. Ю. Кузьмичева, С. А. Рябова, д.ф.-м.н. А. А. Спивак, А. В. Тихонова.**

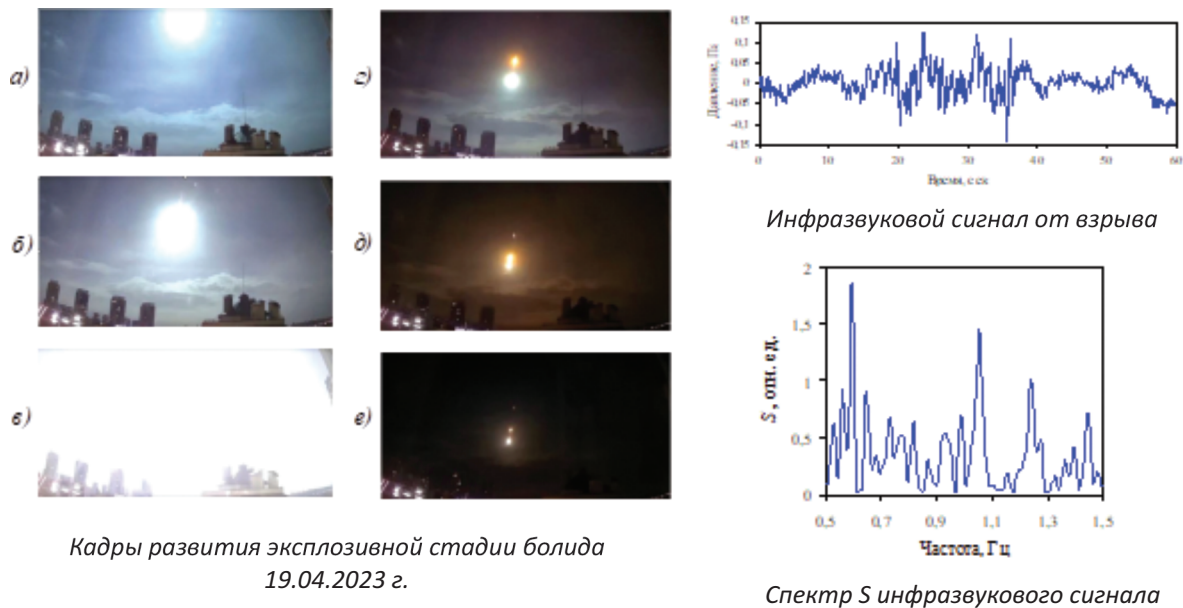


Публикации:

1. Адушкин В.В., Рябова С.А., Спивак А.А., Тихонова А.В. Магнитный и ионосферный эффекты извержения вулкана Шивелуч 10.04.2023 г. // Вулканология и сейсмология. 2023. № 6. С. 3–8. <http://doi.org/10.31857/S0203030623700360>.
2. Kuzmicheva M.Yu., Spivak A.A., Tikhonova A.V. Geomagnetic variations associated with the blowing stage or plinian type volcanic eruptions. Proc. SPIE 12780: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics. 2023. P. 127806V. <http://doi.org/10.1117/12.2689358>

3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПАДЕНИЯ БОЛИДА 19.04.2022 г.

Анализ результатов инструментальных наблюдений за акустическими колебаниями и геомагнитными вариациями в период падения болида 19.04.2023 г. в районе г. Киев (Украина) показал, что взрыв болида сопровождался акустическим сигналом, зарегистрированным на значительном расстоянии от эпицентра события (~755 км), и проявился в вариациях магнитного поля (рис. на стр. 17). По данным акустических наблюдений зафиксировано 4 взрыва наиболее крупных фрагментов болида. Суммарная энергия события составила 4.2×10^{11} Дж, что соответствует примерно 0.1 кт в тротиловом эквиваленте. Максимальная амплитуда, вызванных взрывом болида геомагнитных вариаций на расстояниях в диапазоне 454–909 км, составила величину от 2.5 до 4 нТл. Авторы: **академик В. В. Адушкин,**



Публикации:

1. Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Спивак А.А. Акустический и магнитный эффекты падения болида 19.04.2023 г. // Доклады академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 1. С. 122–126. <http://doi.org/10.31857/S268739723600881>

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ ГЕОСФЕРЫ ВНЕДРЯЮЩИХСЯ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ И ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ТАКИХ ПАДЕНИЙ

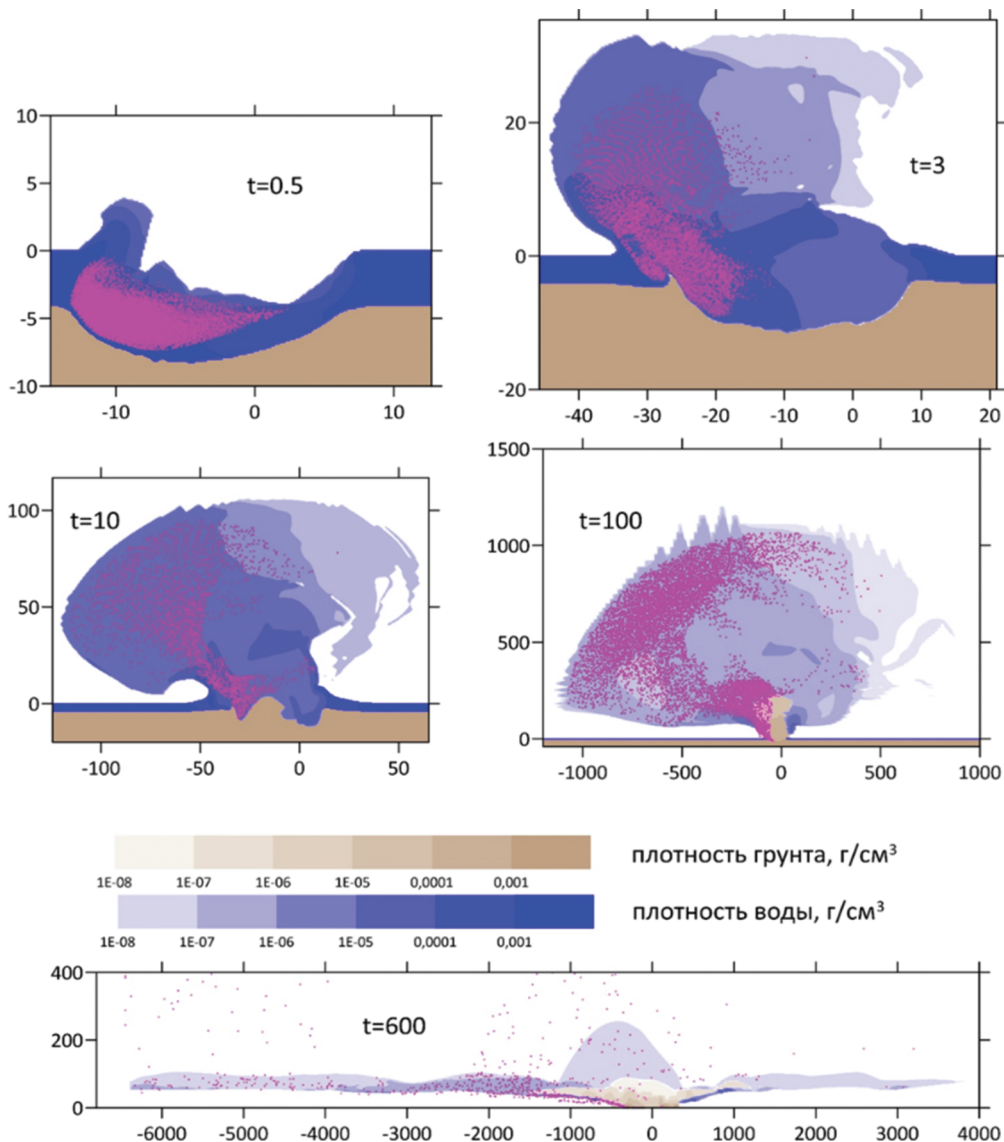
Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900176-3), рук. темы зав. лабораторией Математического моделирования геофизических процессов, д.ф.-м.н. **В. В. ШУВАЛОВ**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСА ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРУ ПРИ ПАДЕНИИ ДЕСЯТИКИЛОМЕТРОВЫХ КОМЕТ

Проведенные расчеты падения десятикилометровых водяных комет под углом 45 градусов в океан разной глубины показали, что, как и при падении астероидов в океан, в атмосферу выбрасывается большая масса воды и грунта. При скоростях кометы 40 и 50 км/с относительная масса выброшенного грунта в несколько раз больше, чем при падении астероидов со скоростью 20 км/с (при скоростях 20 и 30 км/с – меньше), причем разница увеличивается с увеличением глубины океана. Относительная масса выброшенной в атмосферу воды при всех рассмотренных скоростях кометы больше, чем при падении астероида со скоростью 20 км/с, и почти линейно увеличивается с увеличением глубины океана. Таким образом, можно сделать вывод, что при падении десятикилометровых комет в океан и на твердую поверхность воздействие на атмосферу Земли, по-видимому, будет примерно таким же, как при падении астероидов (см. рис. на стр. 18). Авторы: **д.ф.-м.н. В. В. Шувалов, кандидаты физ.-мат. наук Н. А. Артемьева, В. М. Хазинс.**

Публикации:

1. Шувалов В.В. Численное моделирование выброса вещества в атмосферу при падении десятикилометровых комет в океан // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 95–102. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_95.



Распределения плотности воды, грунта и кометного вещества через 0.5, 3, 10, 100 и 600 с после падения десятикилометровой кометы со скоростью 50 км/с под углом 45 градусов в океан глубиной 4 км. Грунт показан коричневым цветом, океанская вода – синим, кометное вещество – фиолетовыми точками. Все расстояния измерены в километрах

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ИОНОСФЕРЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВСКОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900184–8), рук. темы зав. лаб. Электродинамических процессов в геофизике, к.т.н. А. Н. ЛЯХОВ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ СТРУЙ В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

Воздействие плазмы солнечного ветра на магнитосферу и ионосферу Земли рассматривается как взаимодействие нестационарных потоков плазмы, включая струйные течения, с геомагнитным полем. Активные ракетные эксперименты позволяют изучать физические механизмы, отвечающие за торможение плазмы и развитие нелинейных волновых магнитогидродинамических процессов.

Сложность эксперимента требует предварительного численного моделирования динамики плазмы в разреженной среде с параметрами внешней ионосферы. Для решения этой задачи разработан новый метод моделирования динамики инжекции высокоскоростных струй плотной плазмы в разреженную среду, соответствующую плотности верхней ионосферы, в рамках гидродинамического приближения без образования численной ударной волны на внешнем крае (рис. 1). Программная реализация позволит проводить вычисления на суперкомпьютерах экзафлопсной производительности для исследования движения и распада плазмы во внешней ионосфере и магнитосфере Земли. Программный комплекс позволяет выполнить синтез наблюдаемого изображения плазменного образования в различных спектральных диапазонах.

На основе проведенных трехмерных расчетов встречной инжекции двух плазменных струй с помощью разработанной методики определены плотности потоков излучения и яркостные температуры результирующего плазменного образования в инфракрасном (ИК), видимом (ВИ) и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах (рис. 2) в местах расположения бортовых измерительных приборов. Полученные результаты позволяют выполнить оптимальное планирование крупномасштабных экспериментов в ионосфере и магнитосфере Земли. Авторы: **кандидаты физ.-мат. наук Е. М. Урвачев, Т. В. Лосева, к.т.н. А. Н. Ляхов.**

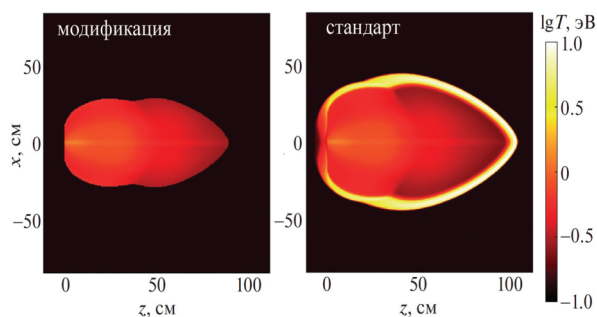


Рис. 1. Распределение температуры плазмы в струе по новому методу (слева) и в классической схеме (справа) с исчезновением ложного нагрева

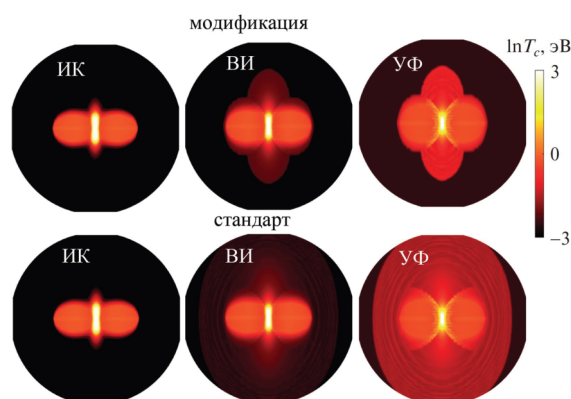


Рис. 2. Изображение струи в ИК, видимом и УФ диапазонах (слева направо) по новому методу (вверху) и по классической схеме (внизу) с исчезновением ложного нагрева

Публикации:

1. Урвачев Е.М., Лосева Т.В., Ляхов А.Н., Зецер Ю.И. Численное моделирование истечения в вакуум высокоскоростных плазменных струй // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 11. С. 1118–1126.

<https://doi.org/10.31857/S0367292123601145>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ СРЕДНЕШИРОТНОЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ И АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ РАДИОСИГНАЛОВ КНЧ/ОНЧ ДИАПАЗОНА

Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900175-6), рук. темы зав. лаб. Литосферно-ионосферных связей, к.ф.-м.н. **И. А. РЯХОВСКИЙ**

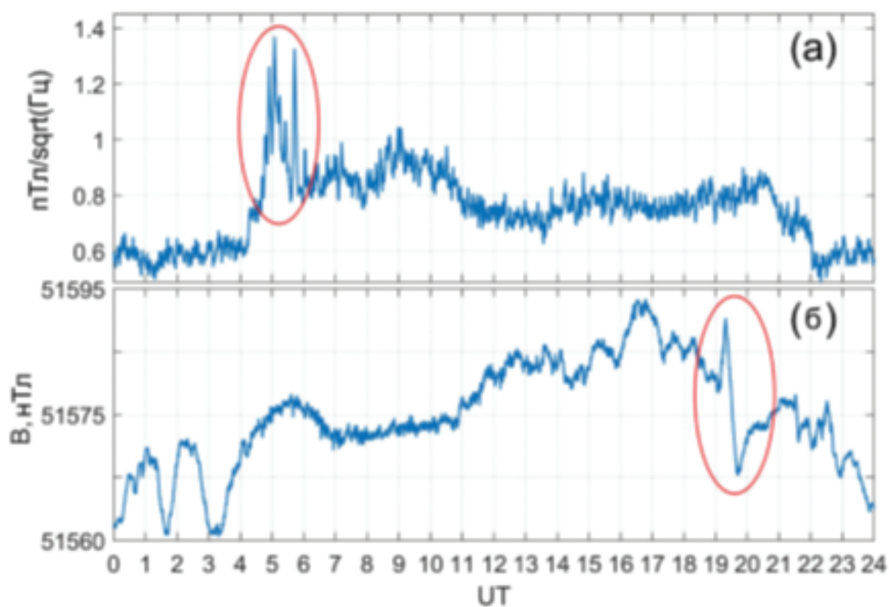
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЕМ ВУЛКАНА ХУНГА-ТОНГА-ХУНГА-ХААПАНЬ 15 января 2022 г.

Извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай и связанные с ним взрывные события, зарегистрированные

сейсмическими, акустическими, электромагнитными приборами по всей планете, вызвали значительные и продолжительные эффекты в атмосфере и ионосфере. По данным регистрации вариаций геомагнитного поля, зарегистрированных станциями, расположенными на расстояниях от 800 до 15200 км от вулкана, в том числе в геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево», обнаружены сигналы, совпадающие по времени с моментом возмущения Шумановского резонатора, и расчетными временами прихода в точки регистрации волн Лэмба и акустико-гравитационной волны.

Синхронная регистрация низкочастотных вариаций геомагнитного поля и возмущений амплитуды сигналов Шумановского резонанса позволили определить фазы извержения, ответственные за генерацию различного вида возмущений верхних геосфер и скорость распространения соответствующих агентов возмущений.

Понимание всего комплекса глобальных геофизических возмущений на планете, вызванных извержением, дает уникальный материал для исследования процессов межгеосферного взаимодействия, представляющих собой совокупность взаимозависимых и активно взаимодействующих физических явлений. Авторы: *д.ф.м.-н. Б. Г. Гаврилов, к.ф.-м.н. Ю. В. Поклад, к.ф.-м.н. И. А. Ряховский, В. М. Ермак, М. С. Очкасов, Е. Н. Козакова.*



Вариации амплитуды Шумановского резонанса (а) и геомагнитного поля (б) в ГФО «Михнево» 15.01.2022 г.

Публикации:

1. Гаврилов Б.Г. Глобальные геофизические эффекты, вызванные извержением вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 г. (обзор) // *Динамические процессы в геосферах*. 2023. Т. 15. № 3. С. 73–94. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_73
2. Гаврилов Б.Г., Поклад Ю.В., Ряховский И.А., Ермак В.М. Дистанционное зондирование электромагнитных эффектов извержения вулкана Тонга 15 января 2022 г. // *Физика Земли*. 2023. № 3. С. 122–130. <http://dx.doi.org/10.31857/S000233372303002X>

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАССЕИВАЮЩЕЙ СИЛЬНО ТУРБУЛЕНТНОЙ ТРОПОСФЕРЕ

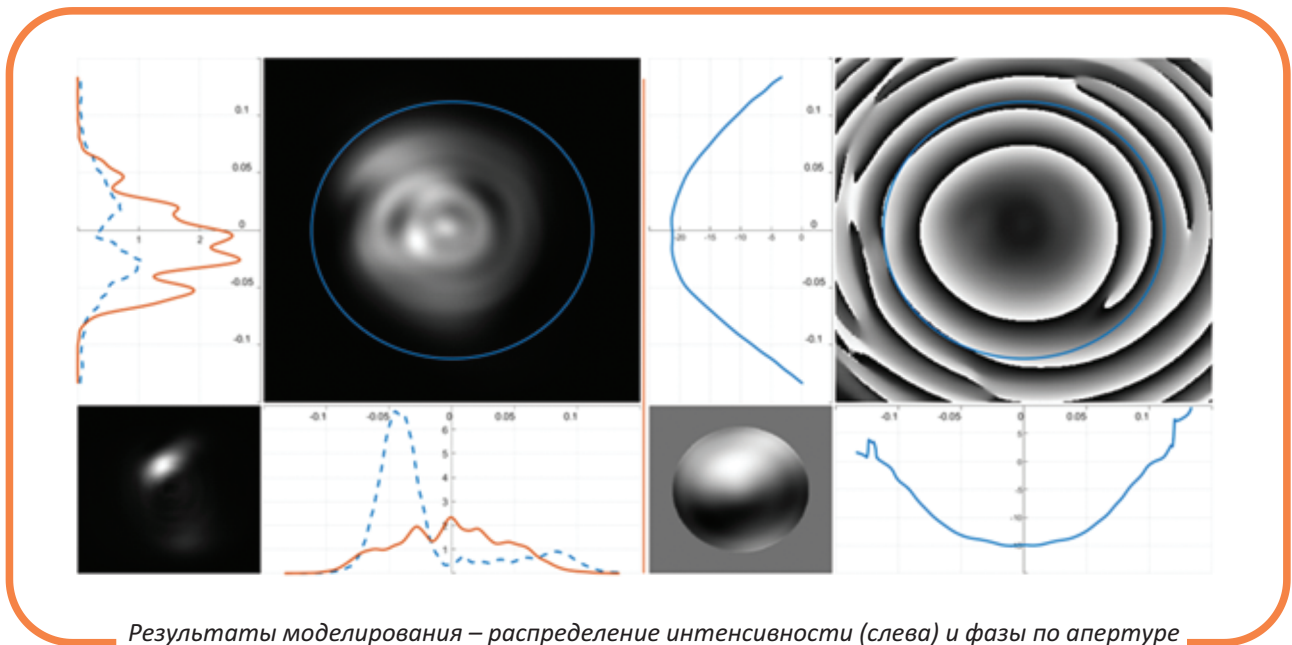
Работа выполнена в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования РФ (№ 122032900183-1), рук. темы зав. лаб. Атмосферной адаптивной оптики

д.ф.-м.н. А. В. КУДРЯШОВ

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СКВОЗЬ ТУРБУЛЕНТНУЮ АТМОСФЕРУ ЗЕМЛИ была разработана в 2023 г. в лаборатории Атмосферной адаптивной оптики. Модель основана на приближении (дифракции) Френеля с применением фазовых экранов. Фазовый экран – это способ моделирования турбулентного слоя как оптического элемента, вносящего чисто фазовые искажения в проходящий волновой фронт; он представляет собой зависимость задержки фазы от координат в плоскости перпендикулярной направлению распространения волнового фронта.

С помощью модели была проведена оценка распределения интенсивности и фазы светового пучка на требуемом расстоянии от источника излучения при типичных параметрах атмосферной турбулентности. Также было выполнено разложение волнового фронта в конечной точке по функциям отклика адаптивного зеркала, что позволило по остаточной ошибке оценить корректирующую способность зеркала с заданным числом и расположением корректирующих элементов.

Математическая модель может применяться при оценке искажений волнового фронта светового излучения, прошедшего сквозь турбулентную атмосферу Земли, а также для оптимизации параметров адаптивных зеркал, применяемых для коррекции возмущений волнового фронта, вызванных атмосферной турбулентностью. Авторы: **д.ф.-м.н. А.В. Кудряшов, кандидаты физ.-мат. наук А. Л. Рукоусев, И. В. Галактионов, Ю. В. Шелдакова, к.т.н. В. В. Самаркин, В. В. Топоровский, А. Н. Никитин.**



Результаты моделирования – распределение интенсивности (слева) и фазы по апертуре светового пучка на удалении 3000 метров от источника излучения после коррекции волнового фронта с помощью адаптивного зеркала

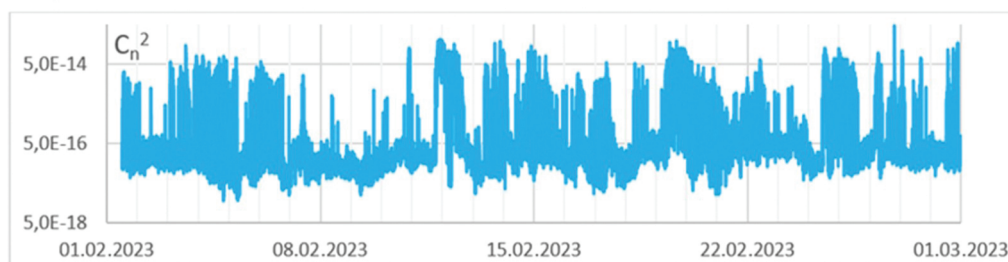
Публикации:

1. Веретихин И., Канев Ф., Макенова Н., Рукоусев А., Галактионов И. Адаптивная коррекция искажений излучения, распространяющегося в турбулентной среде. Результаты обработки данных лабораторного эксперимента // Материалы XXIX Международного симпозиума Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. 2023. Т. А. С. 175–178

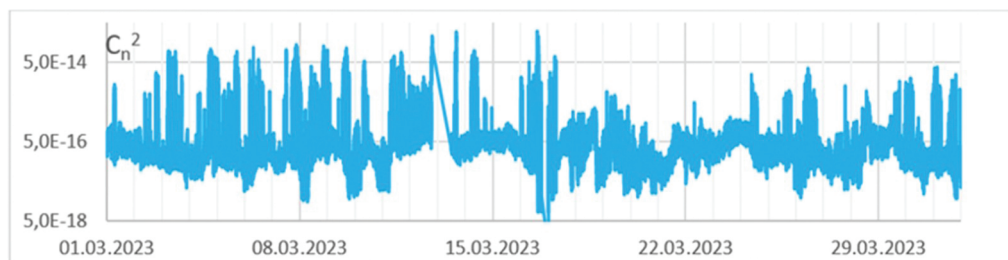
2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ ВОЛНОВОГО ФРОНТА СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Авторы: *д.ф.-м.н. А.В. Кудряшов, кандидаты физ.-мат. наук А.Л. Рукосуев, И. В. Галактионов, Ю. В. Шелдакова, к.т.н. В. В. Самаркин, В. В. Топоровский, А. Н. Никитин.*

В 2023 году в лаборатории Атмосферной адаптивной оптики была разработана методика определения параметров турбулентности по результатам измерений волнового фронта светового излучения, искаженного атмосферной турбулентностью. Измерения выполнялись с помощью быстрого датчика волнового фронта Шака-Гартмана. Результаты измерений сравнивались с показаниями ультразвуковой метеостанции «Метео-2». Наблюдения за изменениями параметров атмосферной турбулентности позволило сформировать базу данных за 2023 г., которую можно использовать при оценке возмущений волнового фронта в тот или иной период времени года.

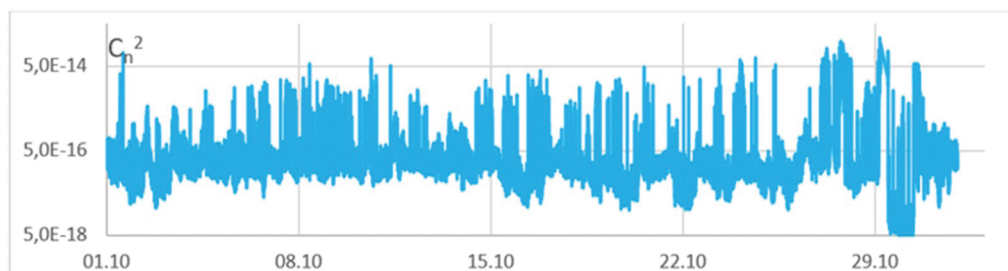
Февраль 2023 г.



Март 2023 г.



Октябрь 2023 г.



Пример измерения структурной постоянной показателя преломления C_n^2

Публикации:

1. Galaktionov I., Sheldakova J., Toporovsky V., Kudryashov A. Atmospheric turbulence with Kolmogorov spectra: software simulation and real-time reconstruction and compensation by means of adaptive optical system with bimorph and stacked-actuator mirrors // Photonics. 2023. Vol. 10 (10).P. 1147. <https://doi.org/10.3390/photonics10101147>

Геофизическая обсерватория ИДГ РАН «МИХНЕВО»

Геофизический центр РАН совместно с Институтом динамики геосфер имени академика М. А. Садовского РАН 20 июля 2023 г. торжественно объявили об открытии геомагнитной обсерватории на базе геофизической обсерватории «Михнево» ИДГ РАН



Участники открытия Геомагнитной обсерватории

В церемонии открытия приняли участие зам. академика-секретаря ОНЗ РАН, председатель Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики, научный руководитель ГЦ РАН, академик РАН **А. Д. ГВИШИАНИ**, зам. академика-секретаря ОНЗ РАН, чл.-корр. РАН **А. Л. СОБИСЕВИЧ**, директор ИДГ РАН, д.ф.-м.н. **С. Б. ТУРУНТАЕВ**, директор ГЦ РАН, чл.-корр. РАН **А. А. СОЛОВЬЕВ**, директор ИФЗ РАН, чл.-корр. РАН **С. А. ТИХОЦКИЙ**, научный руководитель ИДГ РАН, д.ф.-м.н. **Ю. И. ЗЕЦЕР**, зам. академика-секретаря ОНЗ РАН по научно-организационной работе **И. Н. СОКРАТОВА**, сотрудники ОНЗ РАН, ИДГ РАН и ГЦ РАН.

Геомагнитная обсерватория «Михнево» будет осуществлять непрерывную высокоточную регистрацию компонент полного вектора магнитного поля Земли в реальном времени. При ее строительстве и развертывании учитывались все высокие требования и актуальные рекомендации, сформулированные международным научным сообществом в рамках развития международной сети магнитных наблюдений INTERMAGNET (<https://intermagnet.org/>), а также опыт, накопленный специалистами Геофизического центра РАН за многие годы исследовательской работы в данной сфере.

Это знаменательное событие явилось результатом многолетнего, эффективного и плодотворного взаимодействия Геофизического центра РАН и ИДГ РАН. Создание новой геомагнитной обсерватории на территории нашей страны стало вехой в развитии отечественной и общемировой сети, насчитывающей около 200 обсерваторий такого уровня.

С приветственным словом к участникам церемонии обратились **С. Б. ТУРУНТАЕВ**, **А. А. СОЛОВЬЕВ** и **А. Л. СОБИСЕВИЧ**. **Ю. И. ЗЕЦЕР** выступил с историческим экскурсом «Комплексная геофизическая обсерватория «Михнево»: история и современность».

Сотрудники ИДГ РАН: зав. лаб. Литосферно-ионосферных связей, к.ф.-м.н. *И. А. РЯХОВСКИЙ*, зав. лаб. Сейсмологических методов исследования литосферы, к.ф.-м.н. *А. Г. ГОЕВ* и ГЦ РАН: в.н.с., к.ф.-м.н. *Р. В. СИДОРОВ*, зав. Сектором геофизического мониторинга, к.т.н. *Д. В. КУДИН* рассказали о комплексе геофизических измерительных средств геофизической обсерватории «Михнево» и системе сбора геофизических данных. Гости посетили лабораторный корпус обсерватории и абсолютный и вариометрический павильоны.



Павильон для абсолютных измерений магнитного поля



На фото (слева-направо): И. Н. СОКРАТОВА – зам. академика-секретаря ОНЗ РАН по научно-организационной работе и А. А. СОЛОВЬЕВ – директор ГЦ РАН, чл. корр. РАН. В центре – феррозондовый магнитометр в вариационном павильоне



Прицельная метка



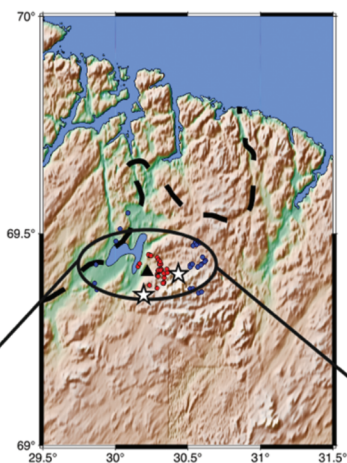
Измерительная аппаратура в абсолютном павильоне

РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД

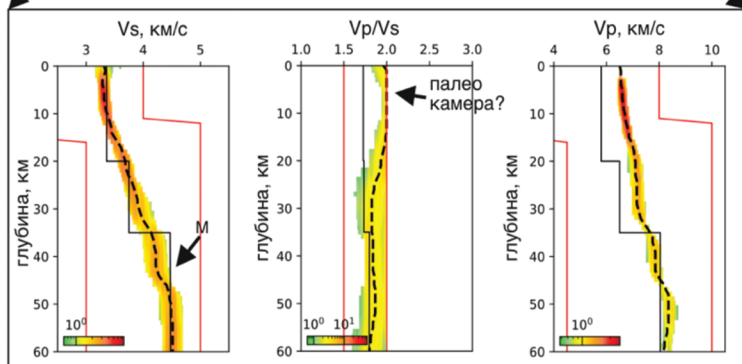
РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ГЛУБИННЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И АРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

(№ 21-17-0016, рук. проекта академик РАН В. В. АДУШКИН)

В результате выполнения проекта по комплексу сейсмологических и изотопно-геохимических методов была создана новая пространственная структурно-динамическая модель центральной и арктической частей Кольского региона. В модели приведены оценки глубин залегания основных сейсмических границ: коро-мантийного перехода, границ зоны фазовых переходов, слоя пониженных скоростей в верхней мантии (*mid-lithospheric discontinuity, MLD*). Кинематическая часть модели состоит как из одномерных вертикальных, так и площадных срезов распределения V_s для различных глубин вплоть до 300 км. Кроме того, модель содержит первые площадные оценки динамических параметров (добротности) исследуемой территории.



Карта Печенгского района. Сверху: черным треугольником показано расположение сейсмической станции Никель (НИК), белыми звездами – рудник Каула-Котсельваара и Ждановское месторождение, красными и синими кругами показаны точки обмена PRF и SRF для глубины 20 км, черным овалом околнтурена область, характеризующаяся скоростными моделями, пунктирной линией показана государственная граница



Модели распределения V_s , V_p/V_s и V_p с глубиной по данным танци Никель

Анализ новых геолого-геофизических данных позволил выявить ряд особенностей центральной и арктической частей Кольского региона – существенное отличие строения Мурманского блока от остальной территории не только по строению коры, но и литосферы; значимое увеличение мощности земной коры в северо-западном направлении (от значений около 35 км в районе Териберки до 55 км под северной Финляндией); наличие слоя пониженных скоростей в верхней мантии практически для всей исследуемой территории. Модель также содержит оценки как радиальной, так и азимутальной анизотропии верхней мантии. Таким образом, модель содержит в себе 3D оценки этого параметра. Отмечено, что характеристики азимутальной упругой анизотропии верхней мантии также меняются с востока на запад от значений, характеризующих районы со слабой анизотропией до практически изотропных.

Исследование глубинного строения крупнейших мультиметалльных месторождений северо-западной (Печенгский рудный район) и центральной (Хибино-Ловозерский тектонический узел) частей Кольского региона позволило выявить особенности строения литосферы под рудопоявлениями по комплексу геолого-геофизических данных на современном уровне. Так, для обоих районов выявлено отсутствие слоя пониженных скоростей в верхней мантии. Кроме того, на глубине около 10 км в районе крупнейшего Ждановского *Cu-Ni* месторождения выявлены аномально высокие значения параметров V_p/V_s (около 2), интерпретированные как индикатор наличия палеомагматической камеры вследствие протеройского рифтогенного процесса, приведшего к формированию месторождения и, таким образом, содержащая оруденение (см. рисунок на стр. 25). На основе полученных результатов высказано предположение о наличии следов древних плюм-литосферных процессов, ответственных за формирование крупных и суперкрупных месторождений мультиметалльных полезных ископаемых, идентифицируемых в современном строении среды. Дальнейшая проверка этой гипотезы может привести к разработке нового прогностического критерия при поиске таких месторождений на больших глубинах, а также для разработки моделей их возникновения.

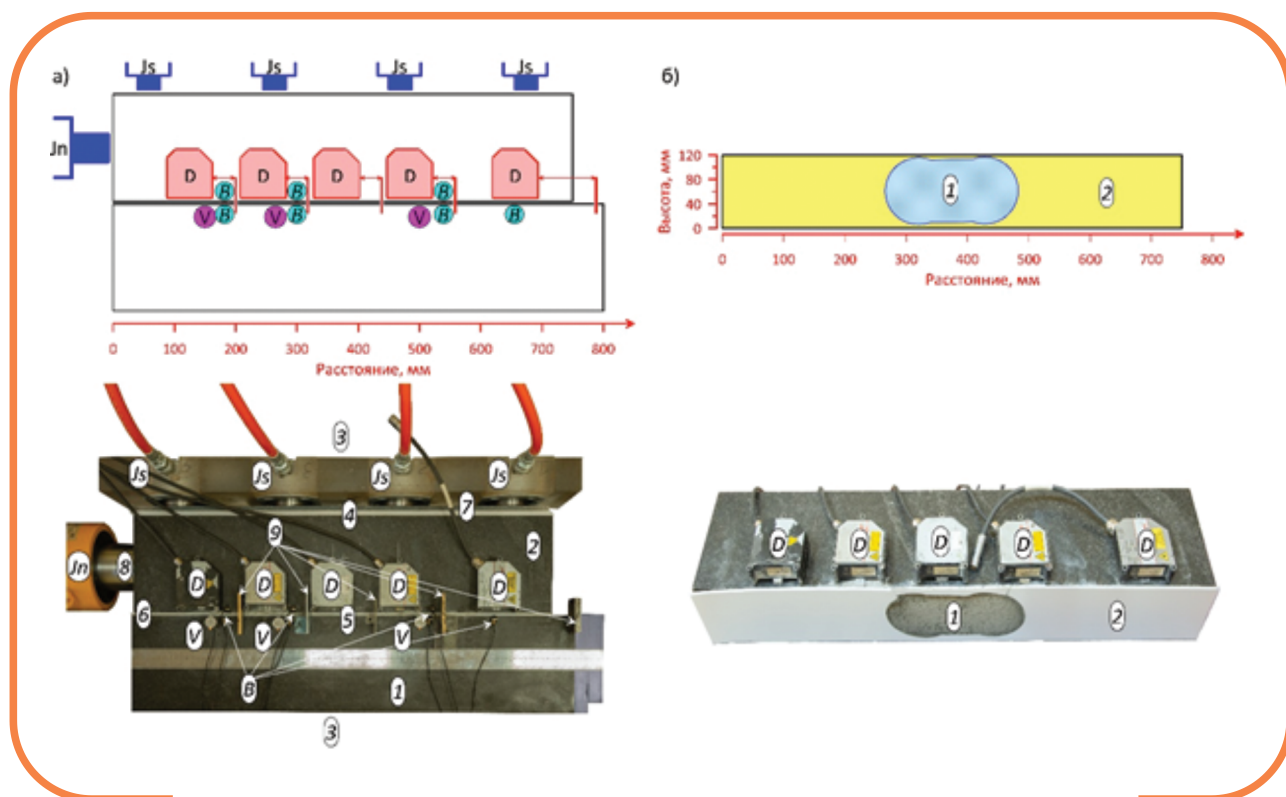
Публикации:

1. Адушкин В.В., Гоев А.Г. Следы плюмовых процессов в современном скоростном строении литосферы Хибино-Ловозерского тектонического узла // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 513. № 1. С. 106–111. <http://doi.org/10.31857/S2686739723601527>
2. Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Вымазалова А., Габов Д.А., Грошев Н.Ю., Жиров Д.В., Казанов О.В., Калинин А.А., Карпов С.М., Корчагин А.У., Лауфек Ф., Плашил Я., Припачкин П.В., Рундквист Т.В. и др. Кольская платинометалльная провинция. Апатиты : Изд-во ФИЦ КНЦ РАН. 2023. – 193 с. <http://doi.org/10.37614/978.5.91137.493.8>
3. Усольцева О.А., Санина И.А., Асминг В.Э., Гоев А.Г. Оценка параметра добротности для территории Мурманской области РФ // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. В печати.
4. Филиппова А.И., Филиппов С.В. Глубины залегания литосферных магнитных источников под Балтийским щитом // Геомагнетизм и аэрономия. 2023. Т. 63. № 5. С. 667–679. <http://doi.org/10.31857/S0016794023600059>
5. Goev A.G., Fedorov A.V., Fedorov I.S., Asming V.E., Aleshin I.M., Yudochkin N.A. The present state of the Kola peninsula broadband seismic network // Russian Journal of Earth Sciences. 2023. <https://doi.org/10.2205/2023ES000872>
6. Tarasov S., Usoltseva O. Quality Factor of the Kola Peninsula Central Part (Fennoscandian Shield) from the Seismic Records of the Earthquake in the Khibiny Intrusion on March 5, 2022: Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. Problems of Geocosmos—2022. 2023. P. 155–170. http://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_11

ГЕОМЕХАНИКА РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ – ОТ РЕГИОНАЛЬНЫХ МАСШТАБОВ ДО МИКРОТРЕЩИН

(№ 22-17-00204, рук. проекта д.ф.-м.н. Г. Г. КОЧАРЯН)

Выполнен научный обзор состояния исследований последних лет в области сопротивления разломных зон сдвигу. Результаты проведенного численного моделирования развития динамического разрыва, инициированного на участке гетерогенного тектонического разлома, а также процесса накопления и излучения упругой энергии в окрестности разупрочняющегося пятна, свидетельствуют в пользу предположения, что характерные размеры фрикционных неоднородностей на плоскости скольжения в значительной степени определяют особенности распространения динамического разрыва. Выполненная серия расчетов позволила в явном виде продемонстрировать влияние участков с разными фрикционными свойствами на процессы распространения разрыва и излучение упругой волны. Выделены нерешенные задачи влияния изменения гидравлических свойств на эволюцию разломных зон, такие как необходимость адаптации знаний относительно скальных трещиноватых пород, полученных в ходе многолетней гидрогеологической практики, для исследования разломных зон; использования численных оценок массопереноса в водоносных толщах для изучения степени влияния переносимого и отлагаемого материала на элементы разломных зон; комплексной оценки влияния гидрогеологических процессов на различные аспекты эволюции разломных зон (от поведения характерных минералов и пород под воздействием флюида до влияния энергии потока, мигрирующего через разлом, на прочность и устойчивость пород разлома).



датчиков перемещения, J_n , J_s – домкраты, создающие нормальное и сдвиговое усилие, D – лазерные датчики перемещения, B – акселерометры, V – датчики акустической эмиссии; б) схема и фото конфигурации плоскости разломной зоны:

1 – контактное пятно, 2 – фторопласт

Результаты проекта могут иметь важное практическое значение при оптимизации технологий безопасного ведения горных работ не только в подземных выработках, но и в окрестности крупных карьеров. Для крупных горнодобывающих предприятий, которые во многих случаях являются градообразующими, результаты исследования могут дать новый импульс в оценке наведенной сейсмичности, позволяющей выявить безопасные места для размещения жилых и производственных объектов.

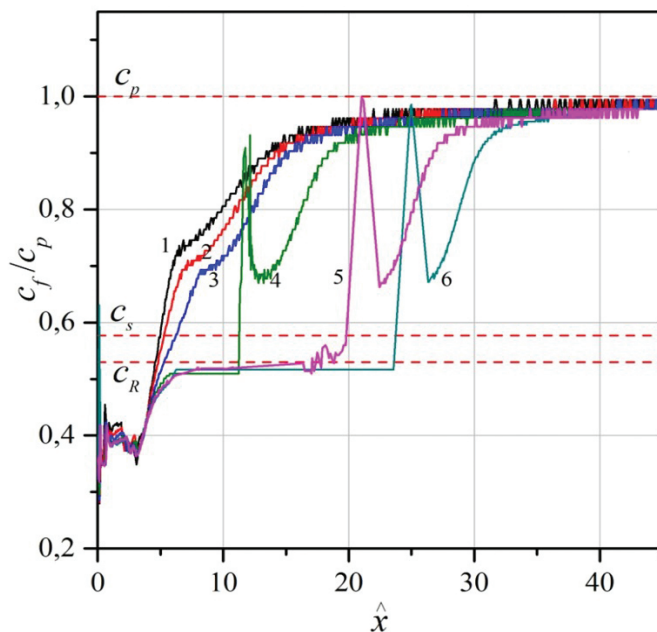
Публикации:

1. Кочарян Г.Г., Беседина А.Н., Гридин Г.А., Морозова К.Г., Остапчук А.А. Трение как фактор, определяющий излучательную эффективность подвижек по разломам и возможность их инициирования. Состояние вопроса // Физика Земли. 2023. № 3. С. 3–32. <https://doi.org/10.31857/S0002333723030067>
2. Беседина А.Н., Кочарян Г.Г. Новый подход к снижению риска крупных техногенных землетрясений, основанный на результатах микросейсмического мониторинга // Горная промышленность. 2023. (S1) С. 28–34. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S1-28-34>
3. Шатунов И.В. Гидравлические свойства разломных зон приповерхностной части земной коры - методы и результаты исследований. Состояние вопроса // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 25–43. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_25
4. Будков А.М., Кочарян Г.Г. Моделирование распространения разрыва по активному разлому с гетерогенным трением // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 1–12. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_2_

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИНТЕРФЕЙСА НА ДИНАМИКУ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗРЫВА И ИЗЛУЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

(№ 22-27-00565, рук. проекта к.ф.-м.н. С. Б. КИШКИНА)

Результаты, полученные в лабораторных и численных экспериментах, позволили создать феноменологическую модель явления ускорения и замедления разрыва на участках с разными фрикционными свойствами. Модель включает сценарии развития разрыва при разных значениях меры прочности разлома (параметр S), количественные соотношения, связывающие основные параметры процесса, и характеристики геоматериала магистрального сместителя.



Зависимость скорости распространения старта разрыва от расстояния для разных величин параметра прочности разлома S : 1 — 0.5, 2 — 0.6, 3 — 0.7; 4 — 0.8, 5 — 0.85, 6 — 0.9

Показано, что в районе асперити, где разлом «заперт» в межсейсмический период, всё перемещение набирается за счет подвижки при землетрясении. В окружающей области скольжение условно стабильно (скольжение стабильно при квазистатической нагрузке, но может стать нестабильным при динамической нагрузке выше определенной величины), а коэффициент сейсмической эффективности меньше единицы. На участках крипа, где крупных землетрясений нет, величина коэффициента невелика.

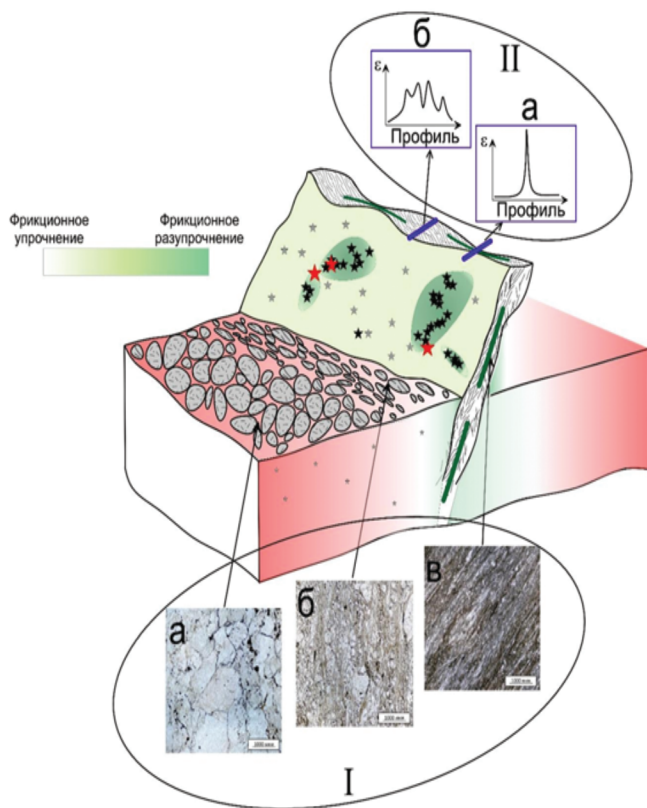
Публикации:

1. Гридин Г.А., Остапчук А.А. Закономерности инициирования динамических подвижек по разломам, содержащих контактные пятна. Лабораторный эксперимент // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 15–24. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_15
2. Будков А.М., Кишкина С.Б. Один из сценариев распространения «быстрых» разрывов при землетрясении // Физическая мезомеханика. 2024. Т. 27 (3).

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОМЕХАНИКИ РАЗЛОМНЫХ ЗОН ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ

(№ 20-77-10087 рук. проекта к.ф.-м.н. А. А. ОСТАПЧУК)

В рамках проекта разработана модель тектонического разлома с неоднородным распределением структурных и фрикционных свойств. На периферии разлома находится зона влияния. Хрупкая фрагментация материала вмещающего массива (на рис. – Ia) интенсифицируется по направлению к осевой зоне. В зоне влияния наблюдается рассеянная сейсмичность.



Модель тектонического разлома с неоднородным распределением структурных и фрикционных свойств и локализацией сейсмичности.

I – фото шлифов образцов горных пород: а) вмещающая порода (граниты) – деформация отсутствует; б) бластокатаклазит – остались крупные зерна кварца, хрупкое дробление и дифференция вещества происходит по плоскостям скольжения; в) милонит – расланцевание и дифференция всего материала породы, наблюдается подплав материала.

II – распределение накопленных деформаций в образцах горных пород на разных участках разлома: а) зона, сложенная породами со свойством скоростного разупрочнения; б) зона, сложенная породами со скоростным упрочнением и отдельными блоками с разупрочнением.

Сейсмические события отмечены звездочками: серые - случайные, черные – формирующие плотные кластеры, красные - сильные события

Ядро разлома характеризуется наличием измененных минералов, катаклазитов (на рис. – 1б), ультракатаклазитов, брекчии. Внутри ультракатаклазитового слоя обнаруживается узкая зона магистрального сместителя толщиной до 1 см. В этой зоне порода подвержена интенсивному динамометаморфизму (на рис. – 1в).

В плоскости ядра разлома выделяются области с различными фрикционными свойствами. Участки со свойством скоростного разупрочнения – аспериты – являются динамически нестабильными. В окрестности зон локализации асперитов наблюдается сильная локализация деформаций (на рис. – 1а). В сейсмологических наблюдениях аспериты проявляются в виде топологически плотных кластеров гипоцентров фоновой сейсмичности. Участки разлома со свойством скоростного упрочнения характеризуются более низким сопротивлением сдвигу и распределенные деформации вкостя ядра (на рис. – 1б). Для участков со скоростным упрочнением или фрикционно нейтральных зон характерна случайно распределенная сейсмичность

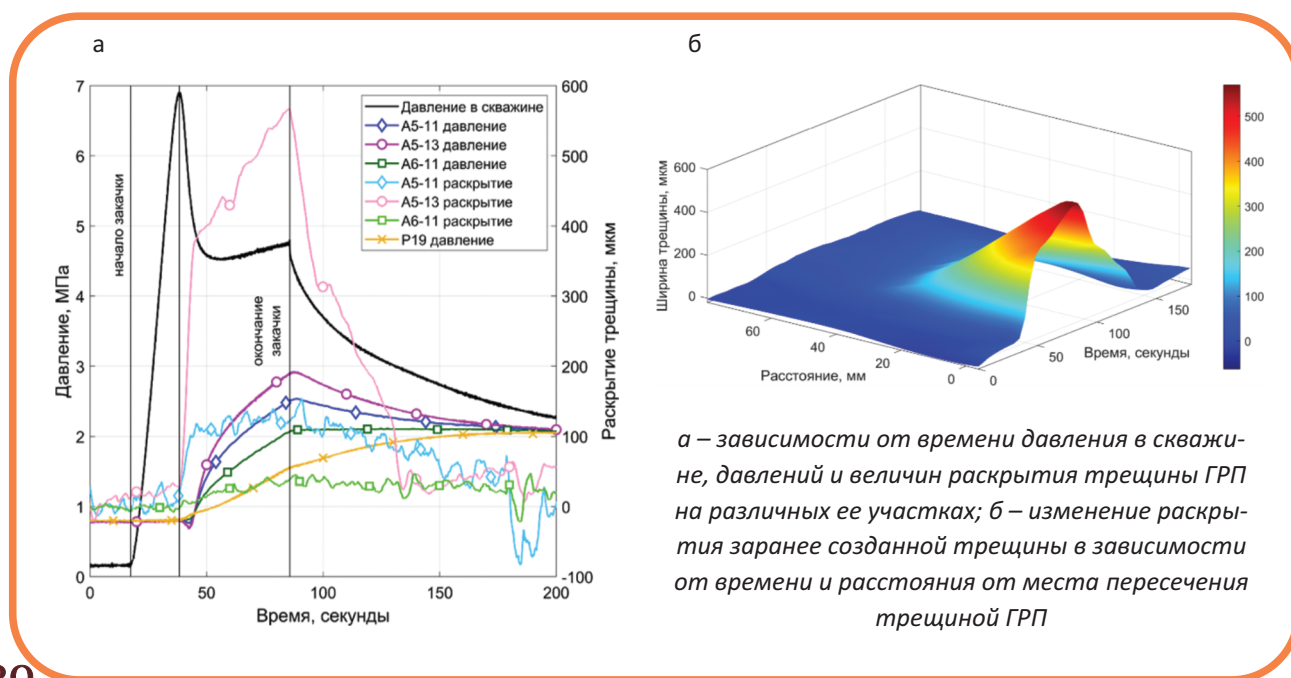
Публикации:

1. Грдин Г.А., Григорьева А.В., Остапчук А.А., Черемных А.В., Бобров А.А. О структурно-вещественной неоднородности зон локализации тектонических нарушений // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 1. С. 11–22. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_11

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРЕЩИНЫ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА С ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОЙ

(№ 22-27-00643 рук. проекта д.ф.-м.н. С. Б. ТУРУНТАЕВ)

Получены экспериментальные данные о взаимодействии трещины гидроразрыва пласта с естественной трещиной. В лабораторном эксперименте в условиях трёхосного нагружения исследовалось возникновение и рост трещины гидроразрыва пласта в поропругом модельном материале, изначально содержащем трещину. В результате одновременного измерения поля порового давления и контроля за раскрытием трещин по новой методике ультразвукового просвечивания получено, что при пересечении трещиной гидроразрыва существующей трещины они образуют единую гидравлическую систему. Это выражается в практически одновременной реакции раскрытия обеих трещин на закачку жидкости в нагнетательную скважину.



б

а – зависимости от времени давления в скважине, давлений и величин раскрытия трещины ГРП на различных ее участках; б – изменение раскрытия заранее созданной трещины в зависимости от времени и расстояния от места пересечения трещиной ГРП

По данным ультразвукового просвечивания восстановлен профиль раскрытия существующей трещины. Показано, что величина её раскрытия уменьшается с расстоянием от места пересечения с трещиной гидроразрыва. Полученные результаты могут быть использованы для создания моделей образования сети вторичных трещин при проведении гидроразрыва пласта в нетрадиционных коллекторах типа баженовской свиты.

Публикации:

1. *Зенченко Е.В., Зенченко П.Е., Начев В.А. и др.* Совместный акустический и деформационный мониторинг трещины гидроразрыва в лабораторном эксперименте // *Физика Земли*. 2023. № 3. С. 148–157. <https://doi.org/10.31857/S0002333723030134>.
2. *Зенченко Е.В., Зенченко П.Е., Начев В.А. и др.* Акустическое и деформационное исследование раскрытия трещины гидроразрыва в пороупругом модельном материале // *Нефтяное хозяйство*. 2023. № 11. С. 100–103. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-11-100-103>.
3. *Зенченко Е.В., Турунтаев С.Б., Зенченко П.Е. и др.* Исследования взаимодействия трещины гидроразрыва с протяженным нарушением массива в лабораторных экспериментах // *Геофизика*. 2023. № 6. С. 9–15. <https://doi.org/10.34926/geo.2023.52.12.002>.
4. *Zenchenko E.V., Turuntaev S.B., Nachev V.A., Chumakov T.K., Zenchenko P.E.* Study of the Interaction of a Hydraulic Fracture with a Natural Fracture in a Laboratory Experiment Based on Ultrasonic Transmission Monitoring // *Energies*. 2024. Vol. 17 (277). <https://doi.org/10.3390/en17020277>

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ–ВОДНАЯ ТОЛЩА НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ

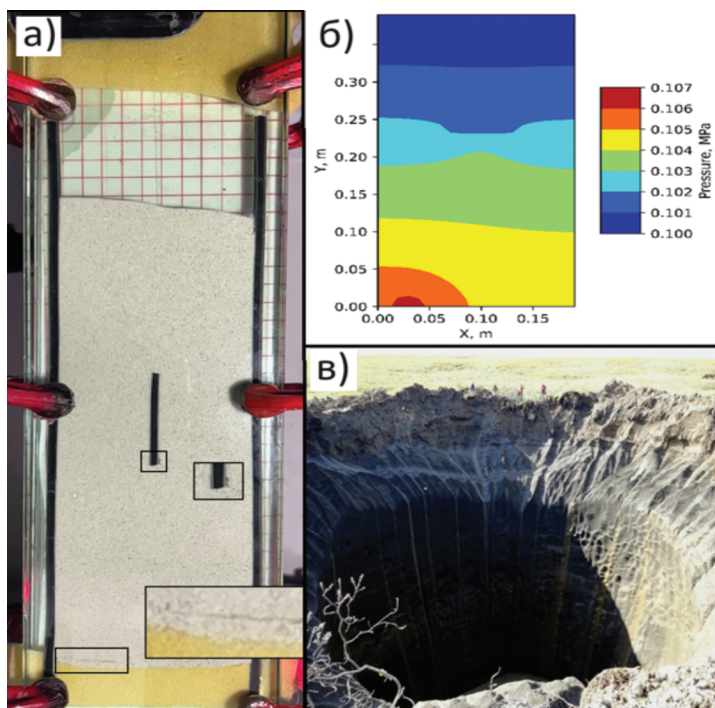
(№ 22-67-00025, рук. проекта д.г.-м.н. Н. Е ШАХОВА)

Исследования в рамках проекта, в котором принимают участие группы учёных из нескольких ведущих институтов и организаций: ТОИ ДВО РАН, ИФЗ РАН, Сколковский институт науки и технологий, ОИВТ РАН и ИДГ РАН, направлены на изучение процессов, происходящих в системе: донные отложения – водная толща на Арктическом шельфе России, а также разработку репрезентативных моделей переноса парниковых газов (метана) на Арктическом шельфе в системе: донные осадочные отложения – водная толща, с учетом роли деградации подводной мерзлоты и газовых гидратов в зависимости от изменения ключевых факторов окружающей среды. В ходе второго этапа работ по проекту были проведены экспериментальные и теоретические исследования по следующим направлениям:

- ▲ экспериментальные исследования по оценке процессов диссоциации и самоконсервации порового гидрата при снижении давления и в условиях термического воздействия;
- ▲ методические и экспериментальные исследования по оценке изменения газопроницаемости мерзлых и гидратосодержащих пород;
- ▲ математическое моделирование кинетики диссоциации газогидрата, содержащегося в мерзлых породах, насыщенных также льдом и газом, при падении внешнего давления ниже равновесного;
- ▲ математическое и экспериментальное моделирование локального апвеллинга, инициированного всплывающими пузырьками в зависимости от их интенсивности;
- ▲ экспериментальное исследование фильтрации газа в слое сыпучей среды, имитирующей донные отложения;
- ▲ математическое моделирование ряда процессов: процесса образования покмарка, напряженного состояния шельфового ледника, сползающего в океан, воздействия горизонтальных сжимающих усилий на ледовый слой.

В рамках данных направлений коллективом ИДГ РАН решалась задача экспериментального и численного моделирования возникновения выброса слабосвязной среды донных отложений. Была продемонстрирована зависимость расположения начала формирования выбросов породы от типа

граничного условия и скорости поступления газа из криолитозоны. Обнаружено, что при одних и тех же условиях, близких к реальной ситуации, непроницаемая покрывка, находящаяся на верхней границе области, приводит к одновременному формированию выброса породы в ее окрестности и окрестности источника. Без покрывки выброс начинается только от источника. Также было проведено экспериментальное исследование влияния свободного газа, выделяющегося при разложении газогидратов на линейность фильтрационных свойств слабосвязной среды. Установлено, что уже при доле газа порядка 0.02 величина порогового градиента в опытах достигает 0.01 МПа/м, что соответствует гидростатическому градиенту давления в воде. Это может говорить о том, что области среды даже с небольшой газонасыщенностью могут быть непроницаемыми для конвективных потоков флюида.



Лабораторное (а) и численное моделирование формирования выброса породы (б), гигантская воронка выброса (в) (п-ов Ямал)

Публикации:

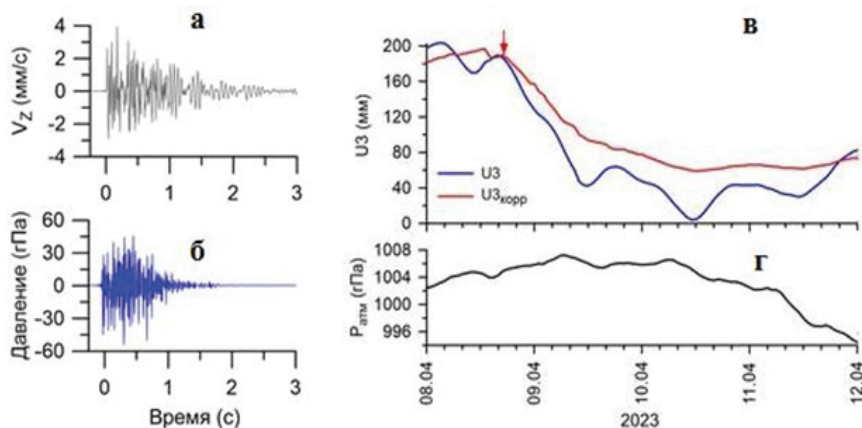
1. Shpak P., Turuntaev S., Trimonova M., Tairova A., Belyakov G., Iudochkin N. The Model of Cohesionless Sediment Blowout with an Increase in the Methane Flow Rate // Geosciences. 2022. Vol. 12 (11). P. 2. <https://doi.org/10.3390/geosciences12110423>
2. Trimonova M.A., Shpak P.M., Turuntaev S.B., Tairova A.A., Belyakov G.V., Yudochkin N.A. An Influence of Boundary Conditions on Initiation of Gas Blowout in Permeable Rock // Environmental Geotechnics (в печати).

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВОВ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

(№ 23-27-00469, рук. проекта д.г.-м.н. Э. М. ГОРБУНОВА)

По данным обработки опубликованных, фондовых и экспериментальных материалов установлено подобие гидрогеологических эффектов, выделенных на макроуровне (при крупномасштабных взрывах), мезоуровне (связанных с прохождением сейсмических волн от землетрясений) и микроуровне (в процессе разработки железорудных месторождений с использованием взрывных технологий). Определена степенная зависимость изменений водопритоков в горные выработки и максимального снижения уровня подземных вод от приведенного расстояния при проведении крупномасштабных и промышленных взрывов. Отклонения от установленной зависимости могут быть

32 связаны с влиянием геолого-структурных и гидрогеологических условий.



Диаграммы косейсмических вариаций скорости смещения грунта (а) и порового давления в системе «пласт-скважина» (б) при промышленном взрыве в шахте 08.04.2023 г. и постсейсмического изменения уровня в период 08-11.04.2023 г.: исходного – синяя линия, отфильтрованного от влияния атмосферного давления и земных приливов – красная (в) и вариаций атмосферного давления (г)

Публикации:

1. Горбунова Э.М., Петухова С.М. Влияние взрывов на состояние водонасыщенных коллекторов. В сб. Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием (17–23 сентября, Москва). М. : МГУ. 2023. С. 443–449. <https://elibrary.ru/gvxtr0>
2. Горбунова Э.М., Петухова С.М., Иванов А.Г. Сейсмический и гидрогеологический мониторинг параметров массового взрыва в Лебединском карьере Курской магнитной аномалии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2023. №4. С. 24–37. <https://doi.org/10.15372/FTPRPI20230403>
3. Gorbunova E.M., Petukhova S.M., Ivaniv A.G. Seismic and Hydrogeological Monitoring of Large-Scale Blast Parameters: A Case-Study of Lebedinsky Open Pit Mine, Kursk Magnetic Anomaly // Journal of Mining Science. 2023. Vol. 59 (4). P. 548–559. <https://doi.org/10.1134/S1062739123040038>
4. Иванов А.Г., Петухова С.М., Горбунова Э.М. Особенности реакции системы «пласт-скважина» на проведение промышленных взрывов в рыхлых грунтах // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов. [Электронный ресурс]: Труды Девятой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Петропавловск-Камчатский. 24–30 сентября 2023 г.). Петропавловск-Камчатский : КФ ФИЦ ЕГС РАН. 2023. С. 39–42.
4. Gorbunova E., Besedina A., Petukhova S., Pavlov D. Reaction of the Underground Water to Seismic Impact from Industrial Explosions // Water. 2023. Vol. 15. P. 1358. <https://doi.org/10.3390/w15071358>

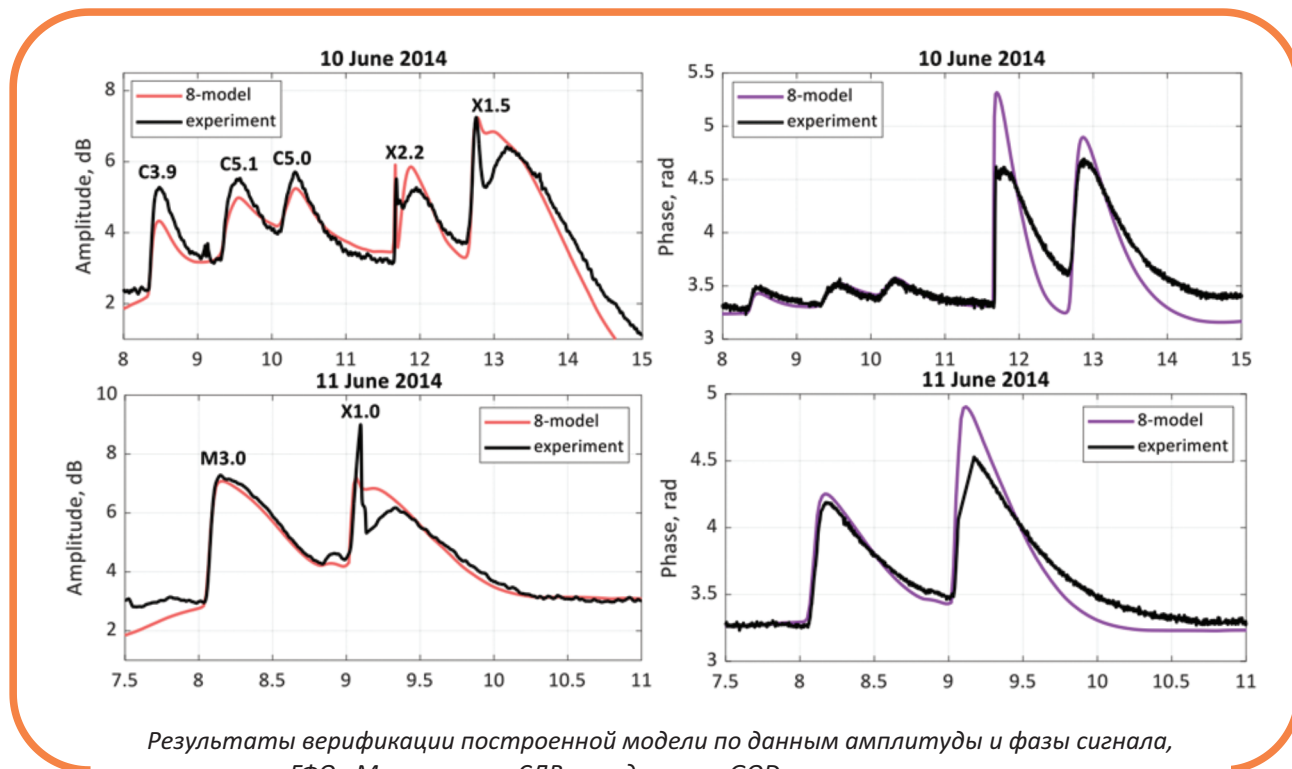
ПОСТРОЕНИЕ И КОРРЕКЦИЯ СХЕМЫ ИОНИЗАЦИОННО-РЕКОМБИНАЦИОННОГО ЦИКЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ В СПОКОЙНЫХ УСЛОВИЯХ И ВО ВРЕМЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ВСПЫШЕК

(№ 21-77-00071, рук. проекта к.ф.-м.н. С. З. БЕККЕР)

Целью настоящего исследования было построение и коррекция оптимальной схемы ионизационно-рекомбинационного цикла, позволяющей оперативно и достаточно точно оценить отклик параметров нижней ионосферы на рентгеновские вспышки различной мощности. Уникальность и принципиальная новизна данного исследования заключается в использовании в качестве основного инструмента коррекции моделей – экспериментальных данных наземных радиофизических измерений.

Подобная верификация по радиофизическим данным позволяет определить необходимый набор фотохимических реакций для корректного описания динамики нижней ионосферы, скорректировать значения нескольких констант скоростей реакций, а также получить независимую оценку

возможностям построенной модели. В ходе работы был детально исследован вклад различных фотохимических процессов, протекающих в нижней ионосфере, в точности расчета концентрации электронов. На основании проделанного анализа была построена восьмикомпонентная схема ионизационно-рекомбинационного цикла, которая обладает высокими прогностическими характеристиками и позволяет достаточно корректно рассчитать динамику заряженных составляющих D-область в спокойных условиях и во время возмущений, вызванных солнечными вспышками различного класса. Впервые корректно были описаны вариации не только амплитуды, но и фазы СДВ сигнала, отражающегося на высотах D-области ионосферы.



Результаты верификации построенной модели по данным амплитуды и фазы сигнала, принятого в ГФО «Михнево» от СДВ передатчика GQD во время семи солнечных вспышек различного класса (10–11 июня 2014 г.)

Публикации:

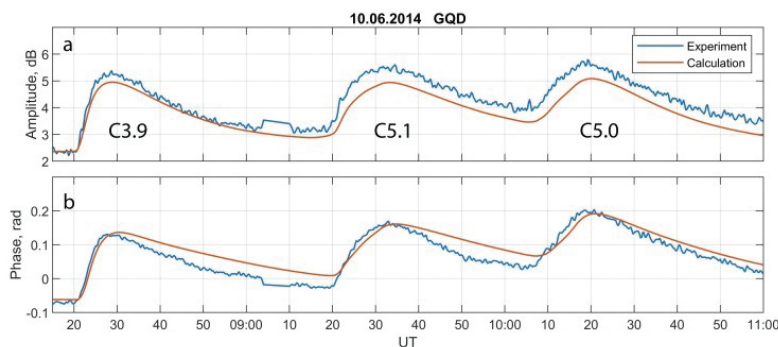
1. Bekker S.Z., Kozlov S.I., Kudryavcev V.P. Comparison and Verification of the Different Schemes for the Ionization-Recombination Cycle of the Ionospheric D-Region // Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2022. Vol. 127 (I. 10). P. e2022JA030579. <https://doi.org/10.1029/2022JA030579>
2. Беккер С.З. Верификация плазмохимических моделей D-области ионосферы по радиофизическим данным геофизической обсерватории «Михнево» // Геомагнетизм и аэронавигация. 2022. Т. 62. №3. С. 365–373.

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ИОНИЗАЦИИ НА НИЖНЕЙ ГРАНИЦЕ ИОНОСФЕРЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(№ 22-77-00051, рук. проекта к.ф.-м.н. И. А. РЯХОВСКИЙ)

Проведенный в рамках проекта комплексный анализ амплитудно-фазовых характеристик сигналов СДВ-передатчиков GQD (19.6 кГц) и GBZ (22.1 кГц) и потоков рентгеновского излучения по данным спутника GOES установил, что динамика высотного профиля электронной концентрации в нижней ионосфере на фронте вспышки линейно связана с изменением потока рентгеновского излучения. Это

спектральные диапазоны излучения, оказавшие наибольшее влияние на динамику электронной концентрации. Полученная эмпирическая модель ионизации нижней ионосферы во время вспышек может использоваться для оценки высотного профиля электронной концентрации нижней ионосферы и прогноза распространения ОНЧ излучения во время солнечных вспышек различных классов. Сопоставление экспериментальных значений амплитуды и фазы ОНЧ радио сигналов с результатами расчёта показывает адекватность и применимость разработанной эмпирической модели.



Экспериментальные данные (синие кривые) и результаты расчета (красные кривые) амплитуды и фазы сигналов станции GQD для солнечных вспышек С класса

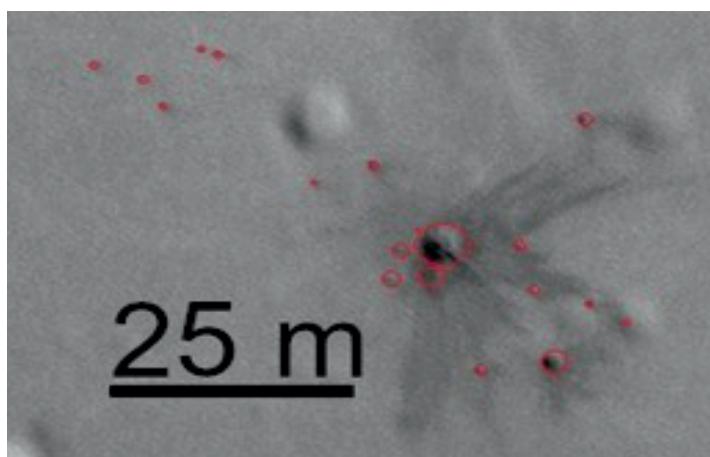
Публикации:

1. Ряховский И.А., Поклад Ю.В., Гаврилов Б.Г. Оценка ионизации нижней ионосферы во время солнечных вспышек X класса по данным ОНЧ-наблюдений // Геомагнетизм и аэрономия. 2023. Т. 63. № 4. С. 422–428. <https://doi.org/10.31857/S0016794022600648>

АНАЛИЗ СВЕЖЕОБРАЗОВАННЫХ КРАТЕРОВ НА МАРСЕ

(№ 23-27-00432, рук. проекта научный сотрудник лаборатории Математического моделирования геофизических процессов *Д. О. ГЛАЗАЧЕВ*)

Классификация и свойства метеороидов дециметровых и метровых размеров мало известны, в плотной атмосфере Земли эти тела разрушаются, при этом характеристики процесса разрушения (тип разрушения, количество и размеры фрагментов, число стадий разрушения и т.д.) остаются плохо определенными. Разреженная атмосфера Марса, в которую попадают космические тела, относящиеся к той же популяции метеороидов, приводит к меньшему разрушению тел при пролете и образованию кратерных полей (кластеров) на поверхности планеты.



Пример свежесформированного кластера на Марсе: кластер ESP_067153_1 980 (16 кратеров)

Исследование этих кластеров дает уникальную возможность независимо оценивать параметры метеороидов, исследовать различные типы фрагментации тел различного состава и происхождения. В ходе выполнения проекта был создан каталог недавно образованных мест падения космических тел на Марсе, использовались снимки поверхности Марса, полученные проектом HiRISE. Для каждого места падения в каталоге представлены размеры кратеров, их координаты на поверхности Марса, оценка размера и массы ударника для средних скоростей и угла входа, характерный размер кластера, высота над уровнем средней поверхности Марса. Классификация и разделение каталога на группы дадут возможность выявить закономерности в существующих кластерах.

Оценки, полученные с помощью моделирования входа метровых тел, показывают, что каменные тела с прочностями менее 1.5 МПа разрушаются в атмосфере на высотах от 0 до 30 км над средней поверхностью; тела прочностью 1.5–3 МПа разрушаются ниже среднего уровня поверхности Марса. Еще более прочные объекты формируют одиночные кратеры на поверхности Марса.

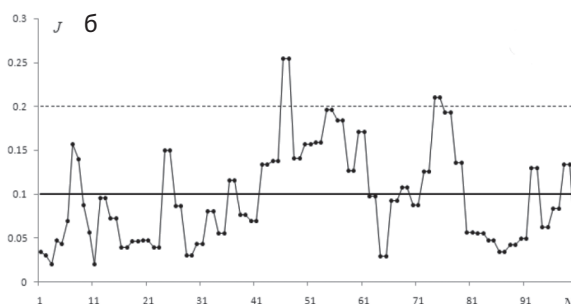
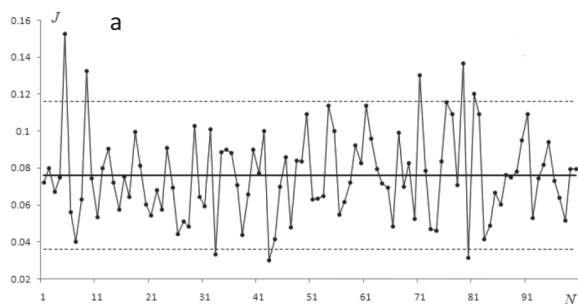
Публикации:

1. *Podobnaya E., Popova O., Ivanov B., Glazachev D.* Classification of fresh impact sites on Mars: Proceedings of the 42nd International Meteor Conference (August 31–September 3, 2023). Redu, Belgium. В печати.

2. *Подобная Е.Д., Попова О.П., Иванов Б.А., Глазачев Д.О.* Классификация обновленного каталога недавних мест падения на Марсе // *Динамические процессы в геосферах*. 2023. Т. 15. № 4. С. 72–82. http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_72

АДАПТИВНАЯ ОПТИКА ДЛЯ 6-ТИ МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА САО РАН (№ 20-19-00597, рук. проекта к.ф.-м.н. Ю. В. ШЕЛДАКОВА)

Основная научно-техническая задача, решаемая в данном проекте, заключается в повышении эффективности спектроскопии звёзд за счёт применения современных разработок в области адаптивной оптики на 6-ти метровом телескопе наземного базирования БТА. В ходе работ по проекту (4-й год) выполнено моделирование оптической схемы, состоящей из таких элементов, как биморфное деформируемое зеркало диаметром 50 мм и датчик волнового фронта Шака-Гартмана с числом субапертур 20×20 и апертурой 4.8×4.8 мм. Построенная модель и выполненная математическая обработка лабораторного эксперимента удовлетворительно характеризуют эффективность работы адаптивной системы. Численный эксперимент позволяет получить общую информацию об искажениях пучка, оценить характерные изменения его энергетического радиуса, смещений центра и уменьшения энергетических характеристик (критерия фокусировки, см. рис.), обусловленные вариациями показателя преломления на трассе распространения. Некоторое расхождение результатов объясняется недостаточным разрешением сетки, введенной в численную модель, т.е. ограничениями, обусловленными конечным объемом памяти и недостаточным быстродействием используемого компьютера.



Минимизирована линия задержки цифрового тракта для системы коррекции волнового фронта. Для решения этой задачи микропроцессор, использующийся для преобразования цифрового кода в аналоговый уровень напряжения на электродах деформируемого зеркала, был заменён на программируемую логическую интегральную схему. Новая схема контроллера с использованием программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) и многоканальных ЦАП имеет следующие преимущества:

- ▲ уменьшение времени на передачу управляющих кодов напряжения в 10 раз, за счет применения интерфейса Gigabit Ethernet;
- ▲ уменьшение времени установки кодов напряжений за счет параллельного обращения к микросхемам-преобразователям;
- ▲ возможность внедрения программного защитного механизма внутри контроллера при установке кодов напряжения, во избежание разбалансировки крепежной схемы светоотражающего полотна адаптивного зеркала;
- ▲ возможность внедрения программных адаптивных алгоритмов обработки для компенсации динамического гистерезиса при циклически изменяющихся напряжениях;
- ▲ увеличение точности настройки уровня напряжения в 16 раз за счет использования другой микросхемы ЦАП;
- ▲ уменьшение габаритов схемы преобразователей.

Публикации:

1. Galaktionov I., Sheldakova J., Nikitin A., Toporovsky V., Kudryashov A. A Hybrid Model for Analysis of Laser Beam Distortions Using Monte Carlo and Shack-Hartmann Techniques: Numerical Study and Experimental Results // Algorithms. 2023. Vol. 16. P. 337. <https://doi.org/10.3390/a16070337>

2. Galaktionov I., Sheldakova J., Toporovsky V., Rukosuev A., Kudryashov A. Overcoming challenges in laser beam focusing through a moderately scattering medium: stacked-actuator vs. bimorph deformable mirror. Proc. SPIE: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics (17 October 2023). 2023. P. 127800. <https://doi.org/10.1117/12.2689613>

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОРРЕКТОРОВ ВОЛНОВОГО ФРОНТА С ВЫСОКИМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ (№ 19-19-00706-П, рук. проекта к.т.н. В. В. САМАРКИН)

Изготовлен корректор волнового фронта (КВФ) из линеек d31-актюаторов размерностью 10×1 , которые собирались в матрицу актюаторов 10×10 . Ход отдельного актюатора составил 13 мкм, электрическая емкость равна 6 нФ. Частота первого резонанса такого корректора была равна 18.7 кГц.

Проведены экспериментальные исследования пространственных и временных характеристик фазы и качества пучка излучения, искаженного турбулентным потоком воздуха от тепловентилятора, для которого радиус Фрида был равен 15 мм ($D/r_0 = 5$). В быстрой АОС на основе спецпроцессора на базе ПЛИС были установлены КВФ биморфного и d31-актюаторного типов. При повышении частоты фазовой коррекции происходило уменьшение расходимости с перераспределением энергии лазерного излучения в фокусе линзы.

Для биморфного КВФ при коррекции с частотой до 500 Гц получена концентрация 68% энергии лазерного излучения в дифракционном круге, что явилось результатом компенсации крупномасштабных aberrаций. Дальнейшее повышение частотного диапазона коррекции до 2500 Гц привело к увеличению концентрации энергии до 84% за счет частичной компенсации быстроизменяющихся мелкомасштабных aberrаций. Для КВФ, на основе d31-актюаторов, при частоте коррекции 2500 Гц, энергия в дифракционном круге составила 93%. Малое межактюаторное расстояние 2 мм, а также локальный характер функций отклика обеспечили лучшую коррекцию мелкомасштабных и быстроизменяющихся aberrаций волнового фронта.

Таким образом, проведенные эксперименты показали высокую эффективность разработанных миниатюрных КВФ биморфного и актюаторного типов **с высоким пространственным разрешением управляющих элементов** для коррекции лазерного излучения, прошедшего через турбулентную среду, с предельно возможным быстродействием (2.5 кГц).

Публикации:

1. [Toporovsky V., Kudryashov F., Skvortsov F et al.State-of-the-Art Technologies in Piezoelectric Deformable Mirror Design //Photonics, 2022. Vol. 9 \(5\). P. 321. https://doi.org/10.3390/photonics9050321](https://doi.org/10.3390/photonics9050321)
2. [Galaktionov I., Sheldakova J., Samarkin V et al.Atmospheric Turbulence with Kolmogorov Spectra: Software Simulation, Real-Time Reconstruction and Compensation by Means of Adaptive Optical System with Bimorph and Stacked-Actuator Deformable Mirrors //Photonics. 2023. Vol. 10. P. 1147. https://doi.org/10.3390/photonics10101147](https://doi.org/10.3390/photonics10101147)

ДОГОВОРЫ

1. **Исследование сейсмического и акустического действия массовых взрывов, мониторинг и обеспечение сейсмической и акустической безопасности массовых взрывов в карьере АО «Лебединский ГОК».** Заказчик АО «Лебединский ГОК» (рук. к.ф.-м.н. *В. И. КУЛИКОВ*).
2. **Мониторинг и обеспечение сейсмической и акустической безопасности массовых взрывов в карьере АО «Михайловский ГОК» им. А. В. Варичева.** Заказчик АО «Михайловский ГОК» (рук. к.ф.-м.н. *В. И. КУЛИКОВ*).
3. **Исследование детонационных процессов во взрывчатых веществах.** Заказчик ООО «Комбинат КМАруда» (рук. к.ф.-м.н. *В. И. КУЛИКОВ*).
4. **Исследование детонации в эмульсионном ВВ аргунит.** Заказчик ООО «РудХим» (рук. к.ф.-м.н. *В. И. КУЛИКОВ*).
5. **О сейсмической обстановке севера о. Сахалин (№ 0322Э).** Заказчик ООО «Геофизтех» (рук. к.ф.-м.н. *Д. Н. ЛОКТЕВ*).
6. **О сейсмической обстановке севера о. Сахалин (№ 0323Э).** Заказчик ООО «Геофизтех» (рук. к.ф.-м.н. *Д. Н. ЛОКТЕВ*).
7. **ШТРИХ ИДГ.** Заказчик РФЯЦ ВНИИЭФ ФГУП (рук. к.т.н. *А. Н. ЛЯХОВ*)
8. **НЦФМ.** Заказчик ИЛФ СО РАН (рук. к.т.н. *А. Н. ЛЯХОВ*).
9. **Разработка и изготовление быстродействующей замкнутой адаптивной оптической системы с датчиком волнового фронта с ПЛИС в качестве основного элемента управления и исследование возможностей оптимизационного управления адаптивной системой.** Заказчик РФЯЦ ВНИИЭФ ФГУП (рук. д.ф.-м.н. *А. В. КУДРЯШОВ*)

Интеграция науки и образования

Одним из приоритетных направлений деятельности Института динамики геосфер имени академика М. А. Садовского РАН является подготовка молодых высококвалифицированных кадров и привлечение талантливой молодежи в сферу науки

**БАЗОВАЯ КАФЕДРА
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
ФИЗИКА ГЕОСИСТЕМ
Московского физико-технического института
(национального исследовательского
университета)**

На протяжении более полувека в Институте действует базовая кафедра Московского физико-технического института (МФТИ), созданная по инициативе академиков М. А. Садовского и М. А. Лаврентьева (в 1963 г. – **Физика взрыва**). В 2011 г. кафедра была переименована и стала называться – **Теоретическая и экспериментальная физика геосистем**.

Возглавляет кафедру директор ИДГ РАН, д.ф.-м.н. С. Б. ТУРУНТАЕВ. Кафедра готовит бакалавров и магистров по направлению **03.04.01 – прикладные математика и физика**.

Кафедра готовит специалистов по фундаментальной и прикладной физике процессов, протекающих в Земле, на её поверхности, в атмосфере и ближнем космосе. Курсы лекций, семинарских и практических занятий охватывают весь спектр геофизики.

На занятиях студенты знакомятся с современным геофизическим оборудованием, осваивают методы сбора, анализа и хранения геофизических данных, изучают компьютерное моделирование геофизических процессов и реализуют научные минипроекты.

Лекции и практикумы проводят ведущие ученые, профессора и доценты Института, включая 5 докторов и 9 кандидатов наук.

В 2022/23 учебном году на кафедре обучалось 15 студентов и аспирантов.

Студенты и аспиранты кафедры активно участвуют в студенческих, всероссийских и международных научных конференциях и совещаниях.

Доклад студента 4 курса Н. С. БАРАБАША был признан лучшим и стал победителем на 65-ой Всероссийской научной конференции МФТИ.

АСПИРАНТУРА

В соответствии с Федеральным законом РФ «О высшем образовании в Российской Федерации» от 23 декабря 2012 года № 273-ФЗ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук (ИДГ РАН) проводит ежегодный набор в аспирантуру лиц, имеющих высшее профессиональное образование, по следующим специальностям: **1.6.9. – Геофизика и 1.6.18. – Науки об атмосфере и климате**.

Руководят аспирантами как Института динамики геосфер имени академика М. А. Садовского РАН, так и Московского физико-технического института ведущие научные сотрудники ИДГ РАН.

В 2022/23 учебном году в аспирантуре ИДГ РАН обучалось 11 аспирантов.

В 2023 году успешно защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук выпускники 2022 года аспирантуры ИДГ РАН:

Ксения Георгиевна МОРОЗОВА: Сейсмоакустическая эмиссия, сопровождающая различные режимы скольжения по разломам и трещинам – лаборатория Деформационных процессов в земной коре (Специальность 1.6.9. – Геофизика); научн. рук. к.ф.-м.н. А. А. ОСТАПЧУК, научн. консультант д.ф.-м.н. Г. Г. КОЧАРЯН

Зульфат Забирович ШАРАФИЕВ: Инициирование и развитие оползней при многократном воздействии сейсмических колебаний – лаборатория Деформационных процессов в земной коре

Специальность 1.6.9. – Геофизика); научный руководитель д.ф.-м.н. *Г. Г. КОЧАРЯН*, научный консультант д.т.н. *С. Д. ВИКТОРОВ*

Выпускница аспирантуры Московского физико-технического института (национальный исследовательский университет) *Александра Борисовна ПЕЩЕРЕНКО*: **Быстрые расчетные модели сложной механики гидроразрыва и кислотной обработки пласта** (Специальность 1.6.9. – Геофизика).

Научн. рук. к.ф.-м.н. *Д. А. ЧУПРАКОВ*.



Защита диссертации на соискание ученой степени кандидатов физико-математических наук: справа – Ксения МОРОЗОВА, слева – Зульфат ШАРАФИЕВ

Совет молодых ученых

Заметную роль в жизни Института играет Совет молодых ученых (СМУ). Деятельность Совета направлена на повышение научной активности молодых ученых. Традиционно, молодые ученые ИДГ РАН на протяжении года принимали активное участие во Всероссийских и Международных конференциях. За прошедший год при участии молодых ученых было опубликовано более 15 научных работ в журналах, включенных в международные системы цитирования. Среди преподавателей базовой кафедры Теоретическая и экспериментальная физика геосистем есть и молодые ученые Института, которые осуществляют руководство над бакалаврами МФТИ.

Зам. председателя СМУ к.ф.-м.н. К. Г. Морозова приняла участие в работе XI Всероссийского съезда Советов молодых ученых и студенческих научных обществ, который состоялся в г. Нижний Новгород 21–24 июня 2023 г. В декабре прошлого года в г. Сочи прошел Конгресс молодых ученых. СМУ ИДГ РАН

40 представляли кандидаты физ.-мат. наук И. А. Ряховский (председатель) и К. Г. Морозова.

В рамках Всероссийской научной школы «Зимняя школа Плавучего университета 2023», который проходил в Москвариуме (ВДНХ), молодые ученые, студенты и аспиранты приняли участие в «Вечере образования и карьеры в науках о Земле», где они получили новые знания о возможностях научного и образовательного развития в области наук о Земле.

По инициативе Совета молодых ученых студенты 3 курса базовой кафедры МФТИ Теоретическая и экспериментальная физика геосистем посетили Геофизическую обсерваторию (ГФО) «Михнево», где студенты были ознакомлены с измерительными комплексами, расположенными на территории обсерватории.



Знакомство студентов и аспирантов кафедры с научным оборудованием, используемом на территории ГФО «Михнево», для проведения геофизического мониторинга

Патентно-лицензионная деятельность

ПАТЕНТЫ

1. № 2805775 от 24.10.2023 г. **Формирователь сигналов астрономического времени для автономных цифровых сейсмометров.**

Авторы: *С. Г. ВОЛОСОВ*, к.ф.-м.н. *С. А. КОРОЛЕВ*.

СВИДЕТЕЛЬСТВА О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

1. № 2023680306 от 28.09.2023 г. **Оценка фильтрационных свойств флюидонасыщенного коллектора.**

Авторы: кандидаты физ.-мат.наук *С. М. ПЕТУХОВА*
А. Н. БЕСЕДИНА, д.г.-м.н. *Э. М. ГОРБУНОВА*



СВИДЕТЕЛЬСТВА О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ БАЗЫ ДАННЫХ



1. № 2023624770 **Мониторинг телесеismicических и региональных событий по данным малоапертурной сейсмической группы «Михнево» ИДГ РАН в 2022 году.**
Авторы: д.ф.-м.н. *И. А. САНИНА*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *С. Г. ВОЛОСОВ*.
2. № 2023624851 **Мониторинг телесеismicических и региональных событий по данным новой широкополосной сейсмической станции «БОРОК» (BROK) ИДГ РАН в 2023 году.**
Авторы: к.ф.-м.н. *А. Г. ГОЕВ*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *Р. А. РЕЗНИЧЕНКО*.
3. № 2023624818 **Мониторинг телесеismicических и региональных событий по данным новой широкополосной сейсмической станции «УДОМЛЯ» (UDO) ИДГ РАН в 2023 году.**
Авторы: к.ф.-м.н. *А. Г. ГОЕВ*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *Р. А. РЕЗНИЧЕНКО*.
4. № 2023624785 **Мониторинг телесеismicических, региональных событий и взрывов на промышленных карьерах на территории Восточно-Европейской платформы по данным новой широкополосной станции «ВЛАДИМИР» (VLD) ИДГ РАН в 2023 году.**
Авторы: к.ф.-м.н. *А. Г. ГОЕВ*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *Р. А. РЕЗНИЧЕНКО*.
5. № 2023625062 **Амплитуды продольных и поперечных сейсмических волн от взрывов на карьере «Новогуровский» Тульской области, зарегистрированных малоапертурной сейсмической группой «Михнево» ИДГ РАН за период с 2009 по 2022 годы.**
Авторы: д.ф.-м.н. *И. А. САНИНА*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *С. Г. ВОЛОСОВ*, *О. В. ОВЧИННИКОВА*.
6. № 2023621889 **Цифровой каталог образцов горных пород Приморского разлома.**
Авторы: *Г. А. ГРИДИН*, кандидаты физ.-мат. наук *А. А. ОСТАПЧУК*, *Д. В. ПАВЛОВ*, кандидаты геол.-минерал. наук *А. В. ГРИГОРЬЕВА*, *С. А. УСТИНОВ*.
7. № 2023623913 **Каталог синхронных вариаций инфразвуковых пульсаций атмосферного давления и метеопараметров атмосферы, зарегистрированных в Центре геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН за 2022 г.**
Авторы: к.ф.-м.н. *Д. Н. ЛОКТЕВ*, д.ф.-м.н. *С. П. СОЛОВЬЕВ*, *А. В. КРАШЕНИННИКОВ*, к.ф.-м.н. *Ю. С. РЫБНОВ*.
8. № 2023623860 **Данные наземных измерений амплитудно-фазовых характеристик сигналов СДВ диапазона, принятых в ГФО «Михнево» в 2022 году.**
Авторы: д.ф.-м.н. *Б. Г. ГАВРИЛОВ*, к.ф.-м.н. *Ю. В. ПОКЛАД*, к.ф.-м.н. *И. А. РЯХОВСКИЙ*, *В. М. ЕРМАК*, *Н. С. АЧКАСОВ*, *Е. Н. КОЗАКОВА*.
9. № 2023624899 **Каталог промышленных взрывов зарегистрированных малоапертурной сейсмической группой ИДГ РАН «Михнево» в 2022 году.**
Авторы: д.ф.-м.н. *И. А. САНИНА*, *Н. Л. КОНСТАНТИНОВСКАЯ*, *Т. В. ДАНИЛОВА*, *С. Г. ВОЛОСОВ*.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГЕОСФЕРАХ Лицензионный номер СМИ: Эл № ФС77-83419 от 07 июня 2022 г.

В 2023 г. вышли в свет 4 выпуска журнала, в которых опубликованы 29 статей с результатами оригинальных наблюдательных, экспериментальных и теоретических исследовательских работ и обзоров по наукам о Земле как системе взаимодействующих геосфер.

ПУБЛИКАЦИИ В ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЯХ И ТРУДАХ КОНФЕРЕНЦИЙ

1. Адушкин В.В., Белин В.А., Горинов С.А. **О повышении эффективности и безопасности взрывных работ** // Взрывное дело. 2023. № 138-95. С. 32–50. <https://elibrary.ru/qylxzo>
2. Адушкин В.В., Гоев А.Г. **Следы плюмовых процессов в современном скоростном строении литосферы Хибино-Ловозерского тектонического узла** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 513. № 1. С. 106–111. <https://doi.org/10.31857/S2686739723601527>
3. Адушкин В.В., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Спивак А.А., Тихонова А.В. **Геофизические эффекты серии сильных землетрясений в Турции 06.02.2023 г.** // Физика Земли. 2023. № 6. С. 142–152. <https://doi.org/10.31857/S0002333723060017>
4. Адушкин В.В. **Акустический и магнитный эффекты падения болида 19.04.2023 г.** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 1. С. 122–126. <https://doi.org/10.31857/S2686739723600881>
5. Адушкин В.В., Рябова С.А., Спивак А.А., Тихонова А.В. **Магнитный и ионосферный эффекты извержения вулкана Шивелуч 10.04.2023 г.** // Вулканология и сейсмология. 2023. № 6. С. 3–8. <https://doi.org/10.31857/S0203030623700360>
6. Адушкин В.В., Спивак А.А. **Эффект влияния сильных землетрясений на геодинамо** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 511. № 1. С. 61–64. <https://doi.org/10.31857/S268673972360008X>
7. Адушкин В.В., Спивак А.А., Локтев Д.Н.,

Рыбнов Ю.С., Тихонова А.В. **Магнитные эффекты двойного землетрясения 16.03.2022 г. (Япония). Результаты наблюдений** // Физика Земли. 2023. № 5. С. 159–168.

<https://doi.org/10.31857/S0002333723050010>

8. Адушкин В.В., Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Соловьев С.П., Тихонова А.В. **Возмущение геофизических полей и ионосферы в период сильной геомагнитной бури 23 апреля 2023 г.** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 2. С. 289–294.

<https://doi.org/10.31857/S2686739723601230>

9. Адушкин В.В., Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Тихонова А.В. **Серия катастрофических землетрясений в Турции 06.02.2023 г. и возмущение геофизических полей** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 510. № 2. С. 227–232.

<https://doi.org/10.31857/S2686739723600327>

10. Алёшин И.М., Гоев А.Г., Нестеренко М.Ю., Астаскевич А.И. **Кора и верхняя мантия Южного Предуралья по приемным функциям.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 6.

<https://elibrary.ru/jpvzww>

11. Асминг В.Э., Асминг С.В., Баранов С.В., Верхованцев Ф.Г., Габсатарова И.П., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Карпинский В.В., Коломиец Ю.Н., Конечная Я.В., Надёжка Л.И., Нестеренко М.Ю., Носкова Н.Н., Пивоваров С.П., Пойгина С.Г., Санина И.А. **Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь.** В сб.: Землетрясения России в 2021 году. Ежегодник. Обнинск, 2023. С. 25–33. <https://elibrary.ru/gnyabg>

12. Астаскевич А.И., Алёшин И.М., Гоев А.Г., Нестеренко М.Ю. **Скоростной разрез коры и верхней мантии оренбургского Предуралья по функции приёмника р-волн.** В сб.: Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов. Москва, 2023. С. 13. <https://elibrary.ru/kczmny>

13. Ачкасов Н.С., Гаврилов Б.Г., Ермак В.М., Козакова Е.Н., Поклад Ю.В., Ряховский И.А. **Особенности регистрации СДВ сигналов прост-**

ранственноразнесённой системы приемных пунктов // *Physics of Auroral Phenomena*. 2023. Т. 46. № 1. С. 123–126.

<https://doi.org/10.51981/2588-0039.2023.46.027>

14. *Беседина А.Н.* **Микросейсмический мониторинг при ведении горных работ на примере железорудного месторождения**. В сб.: *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 20.*

<https://elibrary.ru/dnbklz>

15. *Беседина А.Н., Кочарян Г.Г.* **Новый подход к снижению риска крупных техногенных землетрясений, основанный на результатах микросейсмического мониторинга** // *Горная промышленность*. 2023. № 51. С. 28–34.

<https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S1-28-34>

16. *Будков А.М., Кочарян Г.Г., Кишкина С.Б.* **Оценка изменения проницаемости массива горных пород в окрестности подземного взрыва по экспериментальным данным и результатам численного моделирования** // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2023. № 1. С. 12–21.

<https://doi.org/10.15372/FTPRPI20230102>

17. *Габсатарова И.П., Санина И.А., Константиновская Н.Л.* **Новое проявление сейсмичности в Днепровско-Донецком авлакогене ВЕП**. В сб.: *Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов: Материалы XXIII Всероссийской с международным участием научно-практической Щукинской конференции. Воронеж, 2023. С. 66–70.*

<https://elibrary.ru/fbvxyx>

18. *Гаврилов Б.Г., Поклад Ю.В., Ряховский И.А., Ермак В.М.* **Дистанционное зондирование электромагнитных эффектов извержения вулкана Тонга 15 января 2022 г.** // *Физика Земли*. 2023. № 3. С. 122–130.

<https://doi.org/10.31857/S000233372303002X>

19. *Галактионов И.В., Никитин А.Н., Шелдакова Ю.В., Топоровский В.В., Кудряшов А.В.* **Закон Бугера – Ламберта – Бэра в задаче измерения концентрации оптически рассеивающей среды**. В сб.: *Наука, техника, педагогика в высшей школе: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20–27 февраля 2023 г).* М.: МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ. 2023. С. 138–141.

44 <https://elibrary.ru/wnisno>

20. *Галактионов И.В., Никитин А.Н., Шелдакова Ю.В., Топоровский В.В., Кудряшов А.В.* **Обзор методик компенсации влияния рассеивающей среды на характеристики лазерного излучения**. В сб.: *Наука, техника, педагогика в высшей школе: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20–27 февраля 2023 г).* М.: МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ. 2023. С. 464–470.

<https://elibrary.ru/fghvvn>

21. *Галактионов И.В., Никитин А.Н., Шелдакова Ю.В., Топоровский В.В., Кудряшов А.В.* **Программное обеспечение для сравнения индикатрис рассеяния монохроматического лазерного излучения**. В сб.: *Наука, техника, педагогика в высшей школе: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20–27 февраля 2023 г).* М.: МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ. 2023. С. 185–189.

<https://elibrary.ru/gfwflm>

22. *Гоев А.Г., Резниченко Р.А., Алешин И.М.* **Применимость функций приемника в зоне субдукции (Авачинская бухта)** // *Доклады Российской академии наук: Науки о Земле*. 2023. Т. 511. № 2. С. 222–227.

<https://doi.org/10.31857/S2686739723600686>

23. *Горбунова Э.М., Петухова С.М.* **Влияние взрывов на состояние водонасыщенных коллекторов**. В сб.: *Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием (Сочи, 17–23 сентября 2023 г.).* М.: МГУ имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография) 2023. С. 443–449.

<https://elibrary.ru/gvxtro>

24. *Горбунова Э.М., Петухова С.М., Иванов А.Г.* **Сейсмический и гидрогеологический мониторинг параметров массового взрыва в Лебединском карьере Курской магнитной аномалии** // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2023. № 4. С. 24–37.

<https://doi.org/10.15372/FTPRPI20230403>

25. *Григорьева А.В., Козловский В.М., Гридин Г.А., Остапчук А.А.* **Метаморфические преобразования пород в Центральной зоне Приморского разлома (Западное Прибайкалье)** // *Доклады Российской академии наук: Науки о Земле*. 2023. Т. 511. № 2. С. 198–205.

<https://doi.org/10.31857/S2686739723600807>

26. *Гридин Г.А., Кочарян Г.Г., Морозова К.Г., Новикова Е.В., Остапчук А.А., Павлов Д.В.* **Развитие процесса скольжения по гетерогенному разлому**.

- Крупномасштабный лабораторный эксперимент** // Физика Земли. 2023. № 3. С. 139–147.
<https://doi.org/10.31857/S0002333723030043>
27. **Дмитриев В.Г., Козлов С.И., Куприянов А.И. Фундаментальные и прикладные аспекты активных геофизических экспериментов в верхних геосферах** // Вопросы оборонной техники: Серия 16. 2023. № 7–8 (181–182). С. 137–143.
https://doi.org/10.53816/23061456_2023_78_137
28. **Дмитриев В.Г., Куприянов А.И., Перунов Ю.М. Влияние сильных электромагнитных полей на устойчивость элементной базы радиоэлектронных систем** // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2023. Т. 10. № 2. С. 89–95. <https://doi.org/10.30894/issn2409-0239.2023.10.2.89.95>
29. **Дмитриев В.Г., Куприянов А.И., Перунов Ю.М. Техногенные воздействия на среду распространения радиосигнала** // Техника средств связи. 2023. № 1 (161). С. 2–12.
<https://doi.org/10.24412/2782-2141-2023-1-2-12>
30. **Доманюк А.В., Саломатин А.С., Шахова Н.Е., Семилетов И.П., Ананьев Р.А., Черных Д.В. Пузырьковая эмиссия метана в море Лаптевых.** В сб.: Океанологические исследования: Материалы X конференции молодых ученых (Владивосток, 24–28 апреля 2023 г.). Изд-во: ТОИ ДВО РАН. 2023. С. 18–19. <https://elibrary.ru/adclqg>
31. **Ефремов В.В., Попова О.П., Глазачев Д.О., Маргонис А., Оберст Ю., Карташова А.П. Абляция мелких метеорных тел: сравнение модели сплошного и пористого тела** // Вестник Томского государственного университета: Математика и механика. 2023. № 81. С. 110–122.
<https://doi.org/10.17223/19988621/81/10>
32. **Зенченко Е.В., Зенченко П.Е., Начев В.А., Турунтаев С.Б., Чумаков Т.К. Акустическое и деформационное исследование раскрытия трещины гидроразрыва в пороупругом модельном материале** // Нефтяное хозяйство. 2023. № 11. С. 100–103.
<https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-11-100-103>
33. **Зенченко Е.В., Зенченко П.Е., Начев В.А., Турунтаев С.Б., Чумаков Т.К. Совместный акустический и деформационный мониторинг трещины гидроразрыва в лабораторном эксперименте** // Физика Земли. 2023. № 3. С. 148–157.
<https://doi.org/10.31857/S0002333723030134>
34. **Иванченко Г.Н., Горбунова Э.М. Анализ природно-техногенной геосистемы с использованием данных компьютерного дешифрирования (на примере массива Дегелен Семипалатинского испытательного полигона)** // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22. № 3. С. 95–109.
<https://doi.org/10.21455/GPB2023.3-4>
35. **Кишкина С.Б., Будков А.М. Сверхсдвиговые землетрясения и их опасность.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 51.
<https://elibrary.ru/mkzcuu>
36. **Козакова Е.Н., Ряховский И.А., Поклад Ю.В., Гаврилов Б.Г., Ермак В.М., Ачкасов Н.С. Влияние освещенности трасс на амплитудные характеристики сигналов СДВ-диапазона** // Геомагнетизм и аэронавигация. 2023. Т. 63. № 2. С. 154–162.
<https://doi.org/10.31857/S0016794022100297>
37. **Козлов С.И., Ляхов А.Н. Расчеты фотоотлипания электронов от O^+ и O_2^- в области D ионосферы в зависимости от высоты, зенитного угла и активности Солнца** // Солнечно-земная физика. 2023. Т. 9. № 4. С. 104–107.
<https://doi.org/10.12737/szf-94202312>
38. **Кочарян Г.Г., Беседина А.Н., Гридин Г.А., Морозова К.Г., Остапчук А.А. Трение как фактор, определяющий излучательную эффективность подвижек по разломам и возможность их инициирования. Состояние вопроса** // Физика Земли. 2023. № 3. С. 3–32.
<https://doi.org/10.31857/S0002333723030067>
39. **Кочарян Г.Г., Будков А.М. Развитие нарушенной зоны в окрестности сейсмогенного разрыва.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 60.
<https://elibrary.ru/rfsfvp>
40. **Куликов В.И., Шарафиев З.З. Феноменологическая модель для оценки устойчивости отвалов вскрышных пород** // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2023. № 5. С. 78–84.
<https://doi.org/10.15372/FTPRPI20230509>
41. **Лободенко И.Ю., Кишкина С.Б., Бугаев Е.Г. Анализ параметров техногенных землетрясений при обосновании безопасности площадок АЭС.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 66.
<https://elibrary.ru/ijxymo>

42. Лосева Т.В., Урвачев Е.М., Зецер Ю.И., Ляхов А.Н., Косарев И.Б., Поклад Ю.В. **Численное моделирование взаимодействия высокоскоростных плазменных струй при инъекции в ионосфере Земли** // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 8. С. 797–806.

<https://doi.org/10.31857/S0367292123600450>

43. Начев В.А., Тауренис Д.А., Турунтаев С.Б. **Трёхмерное численное моделирование процесса фильтрации жидкости и распространения трещин ГРП в породах-коллекторах со сложным минеральным составом на микромасштабе**. В сб.: Разрушение горных пород и минералов: Материалы конференции и школы молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 04–07 апреля 2023 г.). Екатеринбург : Уральский государственный горный университет. 2023. С. 58–60.

<https://elibrary.ru/bqmxnd>

44. Нестеренко М.Ю., Алёшин И.М., Гоев А.Г., Капустина О.А., Астаскевич А.И. **Оренбургская региональная сеть «нефтегаз-сейсмика»** // Сейсмические приборы. 2023. Т. 59. № 2. С. 5–17.

<https://doi.org/10.21455/si2023.2-1>

45. Новикова Е.В., Дубиня Н.В. **Анализ некоторых вопросов реконструкции напряжённого состояния горных пород по данным о естественной трещиноватости**. В сб.: Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов (Москва, 08–09 ноября 2023 г.). Москва : ИФЗ РАН. 2023. С. 47.

<https://elibrary.ru/crfejz>

46. Новикова Е.В., Тримонова М.А., Зенченко Е.В., Турунтаев С.Б. **Прочность материала на одноосное растяжение в лабораторных экспериментах по гидроразрыву пласта: сравнение методов**. В сб.: Разрушение горных пород и минералов: Сборник материалов конференции и школы молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 04–07 апреля 2023 г.). Екатеринбург : Уральский государственный горный университет. 2023. С. 60–62.

<https://elibrary.ru/xspvyc>

47. Овчинников В.М., Усольцева О.А. **Сейсмические явления, связанные с извержением вулкана в районе архипелага Тонга 15 января 2022 г.** // Физика Земли. 2023. № 3. С. 110–121.

<https://doi.org/10.31857/S0002333723030092>

48. Остапчук А.А. **Структурная и механическая составляющие при решении задач геомеханики разломов**. В сб.: Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии: Тезисы докладов XVII Всероссийской конференции молодых

ученых / под редакцией Е.И. Крауса (Новосибирск – Шерегеш, 26 февраля–06 марта 2023 г.). Новосибирск : [Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2023. С. 152–153.](#) <https://elibrary.ru/qnramf>

49. Остапчук А.А., Морозова К.Г., Павлов Д.В., Гридин Г.А. **Формирование динамического разрыва на гетерогенном контакте блоков скальных пород**. В сб.: Разрушение горных пород и минералов: Сборник материалов конференции и школы молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 04–07 апреля 2023 г.). Екатеринбург : Уральский государственный горный университет. 2023. С. 24–25. <https://elibrary.ru/zdnsyj>

50. Петухова С.М., Беседина А.Н., Горбунова Э.М. **Гидрогеологические отклики на землетрясения в Турции 6 февраля 2023 г., зарегистрированные на территории ГФО «Михнево»**. В сб.: Современная гидрогеология: актуальные вопросы науки, практики и образования: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием (Сочи, 17–23 сентября 2023 г.). Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2023. С. 183–189. <https://elibrary.ru/fsiqbi>

51. Поклад Ю.В., Ачкасов Н.С., Гаврилов Б.Г., Ермак В.М., Козакова Е.Н., Ряховский И.А. **Сравнение восстановленных параметров нижней ионосферы на близких трассах по данным приема СДВ передатчиков в двух пунктах** // Physics of Auroral Phenomena. 2023. Т. 46. № 1. С. 141–144.

<https://doi.org/10.51981/2588-0039.2023.46.030>

52. Поклад Ю.В., Ачкасов Н.С., Гаврилов Б.Г., Ермак В.М., Ряховский И.А. **Влияние гамма-вспышки 9 октября 2022 года на амплитудно-фазовые характеристики сигналов СДВ-передатчиков**. В сб.: Распространение радиоволн: Сборник докладов XXVIII Всероссийской открытой научной конференции (Йошкар-Ола, 16–19 мая 2023 г.). Йошкар-Ола : [Поволжский государственный технологический университет, 2023. С. 334–336.](#) <https://elibrary.ru/zcjbxl>

53. Резниченко Р.А., Гоев А.Г., Алёшин И.М., Тарасов С.А., Гонтовая Л.И., Чебров Д.В. **Глубинные скоростные разрезы района Авачинской бухты полуострова Камчатка, полученные методом функций приёмника** // Геофизические исследования. 2023. Т. 24. № 2. С. 25–38.

<https://doi.org/10.21455/gr2023.2-2>

54. Рыбнов Ю.С., Крашенинников А.В., Локтев Д.Н., Рыбнов С.Ю., Соловьев С.П., Спивак А.А. Развитие системы комплексных инструментальных наблюдений за геофизическими полями в Центре геофизического мониторинга Москвы ИДГ РАН // Сейсмические приборы. 2023. Т. 59. № 1. С. 33–47. <https://doi.org/10.21455/si2023.1-3>
55. Рябова С.А. **Ионосферные аномалии в период землетрясения в провинции Бадахшан (2023)**. В сб.: Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: Материалы VII Международной научно-практической конференции (Майкоп, 15–19 мая 2023 г.). Майкоп : [Индивидуальный предприниматель Кучеренко Вячеслав Олегович. 2023. С. 155–158. https://elibrary.ru/qflhst](https://elibrary.ru/qflhst)
56. Рябова С.А. **Исследование мультифрактальности геомагнитных вариаций на обсерватории «Бельск»** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 508. № 1. С. 93–97. <https://doi.org/10.31857/S2686739722601892>
57. Рябова С.А. **Фрактальность температуры воздуха по данным измерений на горе Цугшпитце (Германия)**. В сб.: Гидрометеорология и физика атмосферы: современные достижения и тенденции развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 21–23 марта 2023 г.). Санкт-Петербург : [Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. 2023. С. 154–157. https://elibrary.ru/tlmsng](https://elibrary.ru/tlmsng)
58. Рябова С.А., Ольшанская Е.В., Шалимов С.Л. **Отклик нижней и верхней ионосферы на землетрясения в Турции 06.02.2023 г.** // Физика Земли. 2023. № 6. С. 153–162. <https://doi.org/10.31857/S0002333723060182>
59. Рябова С.А., Шалимов С.Л. **Атмосферные планетарные волны на ионосферных высотах по данным обсерватории Москва (ИЗМИРАН)** // Известия Российской академии наук: Физика атмосферы и океана. 2023. Т. 59. № 6. С. 731–739. <https://doi.org/10.31857/S0002351523060081>
60. Рябова С.А., Шалимов С.Л. **О короткопериодной динамике в ядре Земли по наземным наблюдениям геомагнитных джерков** // Физика Земли. 2023. № 1. С. 3–11. <https://doi.org/10.31857/S0002333723010040>
61. Ряховский И.А., Поклад Ю.В., Гаврилов Б.Г. **Оценка ионизации нижней ионосферы во время солнечных вспышек X класса по данным ОНЧ-наблюдений** // Геомагнетизм и аэрономия. 2023. Т. 63, № 4. С. 422–428. <https://doi.org/10.31857/S0016794022600648>
62. Светцов В.В. **Падение на Землю фрагментов разрушенного астероида** // Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы. 2023. Т. 57. № 3. С. 275–283. <https://doi.org/10.31857/S0320930X2303009X>
63. Серов П.А., Баянова Т.Б., Корчагин А.У. **Возраст формирования и метаморфизма рудоносных габброноритов платинометалльного месторождения Северный Каменник (Федорово-Панский расслоенный комплекс, Кольский полуостров): новые SM-ND и U-Pb данные** // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2023. № 20. С. 673–682. ISSN: 2074-2479. <https://elibrary.ru/oacqgg>
64. Спивак А.А., Локтев Д.Н., Рыбнов Ю.С., Рябова С.А., Тихонова А.В. **Геофизические эффекты активной стадии извержения вулкана Стромболи 09.10.2022 г.** // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 509. № 2. С. 237–242. <https://doi.org/10.31857/S2686739722602757>
65. Спивак А.А., Локтев Д.Н., Тихонова А.В., Харламов В.А. **О связи частоты фундаментальной моды s_2 и скорости вращения Земли** // Доклады Российской академии наук: Науки о Земле. 2023. Т. 508. № 2. С. 265–269. <https://doi.org/10.31857/S2686739722602472>
66. Таирова А.А., Беляков Г.В., Юдочкин Н.А. **Движение волны фильтрации вдоль несвязной поверхности пористого тела** // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. № 6. С. 20–26. <https://doi.org/10.18799/24131830/2023/6/3944>
67. Таирова А.А., Беляков Г.В., Юдочкин Н.А. **Фильтрация газа в пористой слабосвязной среде**. В сб.: XIII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.). С.-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2023. Т. 2. С. 1180–1181. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=588038>
68. Таирова А.А., Беляков Г.В., Юдочкин Н.А. **Возникновения упругого предвестника волны фильтрации**. В сб.: XIII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.). С.-Петербург : Санкт-Петербургский

политехнический университет Петра Великого. 2023. Т. 2. С. 1178-1179.

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=58803840>

69. *Таурова А.А., Беляков Г.В., Юдочкин Н.А.* **Выбросы газа на суше и на шельфе.** В сб. Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов: Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (Петропавловск Камчатский, 24–30 сентября 2023 г.). Петропавловск Камчатский : КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2023. С. 301–303.

<https://www.emsd.ru/files/conf2023/collection2023.pdf>

70. *Тауренис Д.А., Начев В.А.* **Трехмерное численное моделирование многофазной фильтрации и распространения трещин ГРП в масштабах порового пространства.** В сб.: Геологоразведочные технологии: наука и бизнес: Труды VI Международной геолого-геофизической конференции «ГеоЕвразия-2023» (Москва, 27–29 марта 2023 г.). Тверь : ООО «ПолиПРЕСС. 2023. С. 190–193.

<https://elibrary.ru/uktwit>

71. *Топоровский В.В., Александров А.Г., Галактионов И.В., Кудряшов А.В., Рукусуев А.Л.* **Минимизация отклонения пути распространения лазерных пучков в мощных импульсных лазерных комплексах.** В сб.: Наука, техника, педагогика в высшей школе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20–27 февраля 2023 г.). Москва : МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ. 2023. С. 104–110.

<https://elibrary.ru/ggkhdh>

72. *Топоровский В.В., Александров А.Г., Галактионов И.В., Кудряшов А.В., Рукусуев А.Л.* **Кинематическая оправа карданного типа для активного управления направлением распространения лазерного пучка.** В сб.: Наука, техника, педагогика в высшей школе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 20–27 февраля 2023 г.). Москва : МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ. 2023. С. 319–323.

<https://elibrary.ru/mtuung>

73. *Топоровский В.В., Галактионов И.В., Кудряшов А.В., Самаркин В.В., Панич А.А., Сокалло А.И., Малыхин А.А.* **Моделирование локальной деформации отражающей поверхности корректоров волнового фронта картриджного типа при уменьшении поперечного сечения управляющих элементов.** В сб.: Наука, техника, педагогика в высшей школе: Материалы Всероссийской

48 научно-практической конференции (Москва,

20–27 февраля 2023 г.). Москва : МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ, 2023. С. 630–634.

<https://elibrary.ru/uvfdgv>

74. *Топоровский В.В., Самаркин В.В., Кудряшов А.В., Галактионов И.В., Малыхин А.Ю., Панич А.А.* **Исследование электрофизических и механических параметров пьезокерамических материалов для деформируемых зеркал картриджного типа // Известия Российской академии наук: Серия физическая. 2023. Т. 87. № 11. С. 1637–1641.**

<https://doi.org/10.31857/S0367676523702836>

75. *Тубанов Ц.А., Беседина А.Н., Предеин П.А.* **Региональные особенности микросейсм и спектров землетрясений байкальского рифта.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 112.

<https://elibrary.ru/wulqsq>

76. *Урвачев Е.М., Лосева Т.В., Ляхов А.Н., Зецер Ю.И.* **Численное моделирование истечения в вакуум высокоскоростных плазменных струй // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 11. С. 1118–1126.**

<https://doi.org/10.31857/S0367292123601145>

77. *Усольцева О.А., Санина И.А.* **Коррекция координат сейсмических событий и оценка параметра добротности для Мурманской области РФ.** В сб.: Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск, 2023. С. 115.

<https://elibrary.ru/tnkklo>

78. *Филиппова А.И., Филиппов С.В.* **Глубины залегания литосферных магнитных источников под Балтийским щитом // Геомагнетизм и аэрономия. 2023. Т. 63. № 5. С. 667–679.**

<https://doi.org/10.31857/S0016794023600059>

79. *Цховребов Т.А., Тихоцкий С.А.* **Основные проблемы применения распределенных сейсмических датчиков на основе оптического волокна.** В сб.: Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН: Тезисы докладов (Москва, 08–09 ноября 2023 г.). Москва : ИФЗ РАН. 2023. С. 66. <https://elibrary.ru/fcxwax>

80. *Шувалов В.В.* **Численное моделирование выброса вещества в атмосферу при наклонном падении десятикилометровых астероидов в океан // Физика Земли. 2023. № 3. С. 131–138.**

<https://doi.org/10.31857/S0002333723030122>

81. Юдочкин Н.А., Таурова А.А., Беляков Г.В. **Влияние непроницаемых включений на напряженно-деформированное состояние пористой среды под действием фильтрационного потока.** В сб.: Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах: Материалы 9-й Международной научной конференции-школы молодых ученых (Москва, 18–20 октября 2023 г.). Москва : ООО «Принт Про». 2023. С. 46–48. <https://elibrary.ru/gjcoit>
82. Юдочкин Н.А., Таурова А.А., Беляков Г.В. **Двумерное изменение проницаемости порупругой среде содержащей неоднородности.** В сб.: XIII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Санкт-Петербург, 21-25 августа 2023 г.). С.-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2023. Т. 3. С. 1208–1209. <https://elibrary.ru/item.asp?id=58803840>
83. Adushkin V.V., Spivak A.A., Riabova S.A. et al. **Magnetic Effect of El Niño** // Dokl. Earth Sc. 2023. <https://doi.org/10.1134/S1028334X23602511>
84. Alekseev D.A., Koshurnikov A.V., Gunar A.Y., Balikhin E.I., Semiletov I.P., Shakhova N.E., Palshin N., Lobkovsky L.I. **Time-domain electromagnetics for subsea permafrost mapping in the Arctic: the synthetic response analyses and uncertainty estimates from numerical modelling data** // Geosciences (Switzerland). 2023. Vol. 13 (5). P. 144. <https://doi.org/10.3390/geosciences13050144>.
85. Antropova E.G., Braga C.H.G., Ernst R.E., Bilali H.El., Head J.W., Ivanov B.A. **Characterization of a 2700 km long bolide airburst chain, Phoebe Regio, Venus** // Planetary and Space Science. 2023. Vol. 228. P. 105636. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2023.105636>
86. Baryshnikov N.A., Zenchenko E.V., Turuntayev S.B. **Dependence of effective permeability on pore pressure gradient at low flow rates in low-permeability limestone** // Interpretation. 2023. Vol. 11. P. T1–T6. <https://doi.org/10.1190/INT-2021-0110.1>
87. Bayanova T.B., Bazay A.V., Steshenko E.N., Kunakkuzin E.L., Serov P.A., Borisenko E.S., Elizarov D.V. **Mesoarchaeon banded iron formations of the Fennoscandian Shield: new zirconU-Pb (ID-TIMS and SHRIMP-II) isotope ages of noble metal mineralization and Nd-Sr data on whole rocks** // International Geology Review. 2023. Vol. 65 (17). P. 2630–2643. <https://doi.org/10.1080/00206814.2022.2153386>
88. Bekker S.Z., Korsunskaya J.A. **Influence of the neutral atmosphere model on the correctness of simulation the electron and ion concentrations in the lower ionosphere** // Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2023. Vol. 128. P. e2023JA032007. <https://doi.org/10.1029/2023JA032>
89. Bekker S.Z., Kozakova E.N. **Influence of atmospheric parameters variations on the accuracy of calculation of the electron concentration in the D-region.** In 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 1339–1342). Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2687824>
90. Besedina A., Gorbunova E.M., Petukhova S. **Hydrogeological responses to distant earthquakes in aseismic region** // Water (Switzerland). 2023. Vol. 15 (7). P. 1322. <https://doi.org/10.3390/w15071322>.
91. Bogachev V.A., Volkov M.V., Guk D.E., Koltygin M.O., Kudryashov A.V., Kuzin R.S., Rukosuev A.L., Starikov F.A., Shnyagin R.A., Shtylev A.S. **Registration and analysis of laser beam wavefront using a Shack-Hartmann sensor under conditions of artificial pavilion turbulence.** In. 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 127800V. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2690304>
92. Bukhanov B., Chuvilin E., Zhmaev M., Shakhova N., Spivak E., Dudarev O., Osadchiev A., Spasennykh M., Semiletov I. **In situ bottom sediment temperatures in the Siberian Arctic seas: current state of subsea permafrost in the Kara sea vs Laptev and East Siberian seas** // Marine and Petroleum Geology. 2023. Vol. 157. P. 106467. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106467>
93. Chuvilin E., Davletshina D., Bukhanov B., Grebenkin S., Pankratova E. **Thermal conductivity variations in frozen hydrate-bearing sand upon heating and dissociation of pore gas hydrate** // Geosciences. 2023. Vol. 13. P. 316. <https://doi.org/10.3390/geosciences13100316>
94. Efremov V., Popova O., Glazachev D., Kartashova A., Margonis A., Oberst J. **Estimation of the parameters of small meteoroids: A porous body model** // Planetary and Space Science. 2023. Vol. 237. P. 105769. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2023.105769>
95. Galaktionov I., Nikitin A., Toporovsky V., Sheldakova Ju., Kudryashov A. **Automated adaptive optical system for laser beam shaping using spatial light modulator.** В сб.: Информационные технологии

- и нанотехнологии (ИТНТ-2023): Материалы IX Международной конференции и молодежной школы (Самара, 17–23 апреля 2023 г.). Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева 2023. С. 10442. <https://elibrary.ru/yprwsb>
96. Galaktionov I., Sheldakova J., Nikitin A., Toporovsky V., Kudryashov A. **A hybrid model for analysis of laser beam distortions using monte Carlo and Shack–Hartmann techniques: Numerical study and experimental results** // Algorithms 2023. Vol. 16. P. 337. <https://doi.org/10.3390/a16070337>
97. Galaktionov I., Sheldakova J., Samarkin V., Toporovsky V., Kudryashov A. **Atmospheric turbulence with Kolmogorov spectra: Software simulation, real-time reconstruction and compensation by means of adaptive optical system with bimorph and stacked-actuator deformable mirrors** // Photonics. 2023. Vol. 10. P. 1147. <https://doi.org/10.3390/photonics10101147>
98. Galaktionov I., Toporovsky V., Sheldakova J., Kudryashov A. **Visscat: The software for scattering diagrams visualization and comparison** // Software Impacts. 2023. P. 100552 <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2023.100552>
99. Galaktionov I., Toporovsky V., Nikitin A., Rukosuev A., Alexandrov A., Sheldakova J., ... & Kudryashov A. **Software and hardware implementation of the algorithm for 2-mirrors automatic laser beam alignment system**. In: Laser Beam Shaping XXIII. 2023. Vol. 12667. P. 111–115). Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2676742>
100. Galaktionov I., Nikitin A., Sheldakova J., Toporovsky V., Laskin A., Kudryashov A. **Adaptive system with Zernike-based hill-climbing algorithm for super Gaussian and doughnut-like beam shaping**. In: Laser Beam Shaping XXIII. 2023. Vol. 12667. P. 116–120). Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2676756>
101. Galaktionov I., Sheldakova J., Toporovsky V., Rukosuev A., Kudryashov A. **Overcoming challenges in laser beam focusing through a moderately scattering medium: stacked-actuator vs. bimorph deformable mirror**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 124–130). Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2689613>
102. Gao A., Qi C., Shan R., Wang C., Kocharyan G.G. **AE Characteristic and mechanical behaviors of red sandstone with two prefabricated close-collinear-50 equal length cracks under compression** // ACS Omega. 2023. Vol. 8 (2). P. 2476–2484. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06951>
103. Gao A., Qi C., Shan R., Wang C., Kocharyan G.G. **Identification and early warning method of key disaster-causing factors of AE signals for red sandstone by principal component analysis method** // Ain Shams Engineering Journal. 2023. Vol. 14 (10). P. 102205. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102205>
104. Gorbunova E.M., Besedina A., Petukhova S., Pavlov D. **Reaction of the underground water to seismic impact from industrial explosions** // Water (Switzerland). 2023. Vol. 15 (7). P. 1358. <https://doi.org/10.3390/w15071358>
105. Hiesinger H., C.H. van der Bogert, Michael N., Schmedemann G., Iqbal W., Robbins S.J., Ivanov B., Williams J.-P., Zanetti M., Plescia J., Ostrach L.R., Head J.W. **The lunar cratering chronology** // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. 2023. Vol. 89 (1). P. 401–451. <https://doi.org/10.2138/rmg.2023.89.10>
106. Iudochkin N., Tairova A., Belyakov G. **Experimental modeling of the uplift of a primitive part of the mantle block with a nearby stronger block of rocks**. In: Problems of Geocosmos–2022 / A. Kosterov, E. Lyskova, I. Mironova, S. Apatenkov, S. Baranov (eds). Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2023. P. 227–236. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_16
107. Kulikov V.I., Sharafiev Z.Z. **Seismic impact of bulk blasts during underground mining of the Korobkovsky iron ore deposit on buildings and population of the city of Gubkin** // Seism. Instr. 2023. Vol. 58. P. S58–S66. <https://doi.org/10.3103/S0747923922070076>
108. Kuzmicheva M.Yu., Spivak A.A., Tikhonova A.V. **Geomagnetic variations associated with the blowing stage or Plinian type volcanic eruptions**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2689358>
108. Lobkovsky L.I., Baranov A.A., Garagash I.A., Ramazanov M.M., Vladimirova I.S., Gabsatarov Y.V., Alekseev D.A., Semiletov I.P. **Large earthquakes in subduction zones around the polar regions as a possible reason for rapid climate warming in the Arctic and glacier collapse in West Antarctica** // Geosciences. 2023. Vol. 13. P. 171. <https://doi.org/10.3390/geosciences13060171>
109. Novikova H.V., Trimonova M.A. **Analysis of laboratory hydraulic fracturing pressure-time curves**. In: Physical and mathematical modeling of Earth and environment Processes – 2022. PMMEEP .

Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2023. P. 135–142.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_13

110. Novikova E.V., Trimonova M.A., Dubinya N.V., Turuntaev S.B., Zenchenko E.V. **Estimation of breakdown pressure in laboratory experiments on hydraulic fracturing** // Materials Physics and Mechanics. 2023. Vol. 51 (5). P. 52–65.

https://doi.org/10.18149/MPM.5152023_6

111. Novikova E.V., Trimonova M.A., Turuntaev S.B., Zenchenko E.V., Zenchenko P.E. **Backstress influence on the formation stress field in hydraulic fracturing experiments** // Geosciences. 2023. Vol. 13. P. 153.

<https://doi.org/10.3390/geosciences13060153>

112. Putans V.A., Trimonova M.A., Merklin L.R. **Hidden hydrosphere under the Caspian Sea: Geophysical evidence and sea-level influence** // Interpretation. 2023. Vol. 11 (1). P. T181–T188.

<https://doi.org/10.1190/int-2021-0102.1>

113. Qi C., Wang M., Kocharyan G., Kunitskikh A., Wang Z. **Dynamically triggered seismicity on a tectonic scale: a review** // DeepUndergr Sci Eng. 2023. P. 1–24. <https://doi.org/10.1002/dug2.12060>

114. Riabova S.A. **Features of the fractality of temperature in the wettersteins mountains**. В сб.: Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах: Материалы 9 Международной научной конференции-школы молодых ученых (18–20 октября 2023 г.). Москва : ООО «Принт Про». 2023. С. 23–24.

<https://elibrary.ru/cfairz>

115. Riabova S.A. **Geophysical effects of a fire in the mega-khimki**. В сб.: Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах: Материалы 9 Международной научной конференции-школы молодых ученых (18–20 октября 2023 г.). Москва : ООО «Принт Про». 2023. С. 22–23.

<https://elibrary.ru/gfalhd>

116. Riabova S.A., Pustovalov K.N. **Variations in the electric field in the surface layer of the atmosphere during the magnetic storm on April 23-24, 2023 according to data from mid-latitude observatories**.

В сб.: Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах: Материалы 9 Международной научной конференции-школы молодых ученых (18–20 октября 2023 г.). Москва : ООО «Принт Про». 2023. С. 23.

<https://elibrary.ru/lwmdql>

117. Riabova S.A., Romanovsky Y.O., Spivak A.A., Tikhonova A.V. **Magnetic, electric, and ionospheric**

effects of catastrophic earthquakes in Turkey on 6 February 2023. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 1140–1144). Proc. SPIE.

<https://doi.org/10.1117/12.2690511>

118. Riabova S.A., Pustovalov K.N. **Electric field variations in the surface layer of the atmosphere during the magnetic storm on 15 February 2023**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 1050–1054. Proc. SPIE.

<https://doi.org/10.1117/12.2690197>

119. Rybnov Y.S., Soloviev S.P., Krasheninnikov A.V., Romanovsky Ya.O., Rybnov S.Y. **Monitoring of geophysical fields when carrying out mass explosions at Lebedinsky and Stoilensky quarries**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 1459–1463). Proc. SPIE.

<https://doi.org/10.1117/12.2690468>

120. Rybnov S.Yu., Romanovsky Ya.O., Rybnov Yu.S., Spivak A.A., Tikhonova A.V. **Atmospheric effects of a strong fire in Moscow on 9 December 2022**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 127806T. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2688752>

121. Rybnov S.Yu., Romanovsky Ya.O., Rybnov Yu.S., Spivak A.A., Tikhonova A.V. **Disturbance of geophysical fields during explosion Tomsk bolide 16 October 2022**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 127806S. Proc. SPIE.

<https://doi.org/10.1117/12.2688745>

122. Shapovalov A.V., Riabova S.A., Krasheninnikov A.V., Loktev D.N., Soloviev S.P. **Effect of summer air temperature on the concentration of microparticles according to the data from the Mikhnevo observatory**. In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 1117–1120. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2690437>

123. Shuvalov V., Khazins V., Krasheninnikov A., Soloviev S. **Formation and evolution of a dust cloud as a result of TNT detonation in a borehole: Numerical simulation** // Mining. 2023. Vol. 3. (2). P. 261–270. <https://doi.org/10.3390/mining3020016>.

124. Tarasov S., Usoltseva O. **Quality eactor of the kola peninsula central part (Fennoscandian shield) from the seismic records of the earthquake in the Khibiny intrusion on March 5, 2022**. In: Problems of

Geocosmos–2022 / A. Kosterov, E. Lyskova, I. Mironova, S. Apatenkov, S. Baranov (eds). Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2023. P. 155–170. Springer.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_11

125. *Toporovsky V., Galaktionov I., Alexandrov A., Kudryashov A., Rukosuev A.* **Semi-automatic system with 4 mirrors for highpower laser beam alignment.**

В сб. Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2023): Материалы IX Международной конференции и молодежной школы. Самара. 2023. С. 10522. <https://elibrary.ru/atili>

126. *Toporovsky V., Galaktionov I., Samarkin V., Kudryashov A., Panich A., Malykhin A., Laskin A.* **Cartridge-type piezostack deformable mirror with reduced cross-section of control elements.** In: Laser Beam Shaping XXIII. 2023. (Vol. 12667. P. 121–130. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2676744>

127. *Toporovsky V., Galaktionov I., Samarkin V., Kudryashov A., Panich A., Malykhin A., Laskin A.V.* **Wavefront control with high-spatial cartridge-type piezostack deformable mirror.** In: Laser Beam Shaping XXIII. 2023. Vol. 12667. P. 131–137. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2676879>

128. *Toporovsky V., Kudryashov A., Samarkin V., Galaktionov I., Malykhin A., Panich A.* **Stroke simulation of control elements in cartridge-type deformable mirror for correction of aberrations of laser radiation passed through turbulent medium.** In: 29th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics // Atmospheric Physics. 2023. Vol. 12780. P. 142–150. Proc. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2689908>

129. *Toporovsky V., Galaktionov I., Kudryashov A., Samarkin V., Malykhin A., Panich A.* **Optimization of Piezoceramic Material Parameters for Stacked-Actuator Deformable Mirror in Free-Space Communication Applications.** In: 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT). Astrakhan. 2023. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCT58878.2023.10347104>

130. *Toporovsky V., Samarkin V., Kudryashov A., Galaktionov I., Panich A., Malykhin A.* **Investigation of PZT Materials for Reliable Piezostack Deformable Mirror with Modular Design** // Micromachines. 2023. Vol. 14. P. 2004. <https://doi.org/10.3390/mi14112004>

131. *Usoltseva O.A., Ovtchinnikov V.M.* **Inhomogeneity of the Earth's Inner Core Boundary from the Characteristics of Pre-critical Reflected**

Waves: Numerical Models and Observations. In: Problems of Geocosmos–2022 / A. Kosterov, E. Lyskova, I. Mironova, S. Apatenkov, S. Baranov (eds). Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40728-4_10

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГЕОСФЕРАХ 2023. Т. 15. №№ 1–4

1. *Гридин Г.А., Григорьева А.В., Остапчук А.А., Черемных А.В., Бобров А.А.* **О структурно-вещественной неоднородности зон локализации тектонических нарушений** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 1. С. 11–22. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_11

2. *Шувалов В.В., Иванов Б.А.* **Трехмерное моделирование торможения астероида в атмосфере Венеры** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 1. С. 54–62. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_54

3. *Рыбнов Ю.С., Соловьев С.П., Крашенинников А.В., Рыбнов С.Ю.* **Вариации геофизических полей при извержении вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 г.** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 1. С. 63–72. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_1_63

4. *Будков А.М., Кочарян Г.Г.* **Моделирование распространения разрыва по активному разлому с гетерогенным трением** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 1–12. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_2_1

5. *Санина И.А., Константиновская Н.Л., Овчинникова О.В., Усольцева О.А., Волосов С.Г., Гоев А.Г., Тарасов С.А., Юдочкин Н.А., Шарафиев З.З.* **Оценка параметра добротности по данным наблюдений вдоль профиля «карьер «Михайловский» – МСГ «Михнево»** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 23–37

6. *Кишкина С.Б., Будков А.М., Кочарян Г.Г.* **Сильные техногенные землетрясения в районах добычи твердых полезных ископаемых** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 38–62. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_2_38

7. *Хазинс В.М., Шувалов В.В., Соловьев С.П.* **Численное моделирование эволюции в атмосфере пыли, образующейся в результате взрывов в скважинах горнорудного карьера** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 63–80. https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_2_23

8. Гаврилов Б.Г., Ряховский И.А., Поклад Ю.В. **Воздействие солнечного рентгеновского излучения и протонных высыпаний на амплитуду ОНЧ сигналов** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 2. С. 81–88.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_2_81
9. Иванченко Г.Н., Тубанов Ц.А. **Геодинамическое районирование Западного Забайкалья методами компьютерного линеаментного анализа цифровой модели рельефа** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 1–22.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_1
10. Барышников Н.А., Абзалилов И.А., Турунтаев С.Б. **Применение синтетических волновых форм для создания модели глубокого машинного обучения с целью выделения первых вступлений на сейсмических записях** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 38–53.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_38
11. Поклад Ю.В., Бессараб Ф.С., Гаврилов Б.Г., Ермак В.М., Ряховский И.А. **Оценка параметров нижней ионосферы во время рентгеновских вспышек на трассах распространения сигналов СДВ диапазона, принятых в обсерваториях «Михнево» и «Ульяновка»** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 54–61.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_54
12. Корсунская Ю.А., Беккер С.З. **О некоторых особенностях использования модели LWPC в задачах геофизики** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 62–72.
13. Гаврилов Б.Г. **Глобальные геофизические эффекты, вызванные извержением вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 г. (Обзор)** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 73–94.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_73
14. Шувалов В.В. **Численное моделирование выброса вещества в атмосферу при падении десятикилометровых комет в океан** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 95–102.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_95
15. Зецер Ю.И. **Участие Спецсектора Института химической физики АН СССР в ядерных испытаниях по «атомному проекту» (исторический обзор)** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 3. С. 103–124.
https://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_3_103
16. Хазинс В.М. **Численное моделирование течения при взаимодействии ветра с плоской шероховатой поверхностью** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 1–14.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_1
17. Грудин Г.А., Остапчук А.А. **Закономерности инициирования динамических подвижек по разломам, содержащих контактные пятна. Лабораторный эксперимент** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 15–24.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_15
18. Шатунов И.В. **Гидравлические свойства разломных зон приповерхностной части земной коры – методы и результаты исследований. Состояние вопроса** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 25–43.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_25
19. Петухова С.М., Горбунова Э.М. **Режимы деформирования флюидонасыщенных коллекторов при сейсмическом воздействии по данным прецизионного гидрогеологического мониторинга (обзор исследований)** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 44–59.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_44
20. Родкин М.В., Шарафиев З.З. **Лабораторное моделирование смещений скальных отдельностей при землетрясениях** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 60–71.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_60
21. Подобная Е.Д., Попова О.П., Иванов Б.А., Глазачев Д.О. **Классификация обновленного каталога недавних мест падения на Марсе** // Динамические процессы в геосферах. 2023. Т. 15. № 4. С. 72–82.
http://doi.org/10.26006/29490995_2023_15_4_72

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3–4
Важнейшие результаты научных исследований ИДГ РАН в 2023 году.....	5–7
Результаты, полученные Институтом в 2023 году по темам Государственного задания.....	8–22
Геофизическая обсерватория ИДГ РАН «Михнево».....	23–24
Гранты РФФИ, Договоры.....	25–38
Интеграция науки и образования.....	39–40
Совет молодых ученых.....	40–41
Патентно-лицензионная деятельность.....	41–42
Публикации.....	43–53

Отчет о научной и научно-организационной деятельности ИДГ РАН в 2023 г.
Утвержден к печати Ученым Советом
№ 1 от 22.02.2024 г.

© ИДГ РАН, 2024
Отпечатано в типографии ООО «МАКИН-ПРИНТ»
127018, Москва, ул. Беловежская, д. 47, оф. 66