

Однодневная конференция ИТПЗ РАН  
«**Научные итоги 2018**»  
(29 ноября 2018 г. ИТПЗ РАН, комн. 207, А3)



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**Вне конкурса**

**Persistence характеристика случайных процессов**

**Молчан Г.М.**

Проблема устойчивости физических систем стимулировала интерес к следующему, популярному сегодня, направлению в стохастическом анализе: имеется случайный процесс  $X(t), X(0)=0$  с  $d$ -мерным временем в области  $G$  размера  $L$ , содержащей  $0$ . Требуется оценить вероятность невыхода траектории  $X(t)$  в  $G$  за фиксированный уровень при больших  $L$ .

В докладе рассмотрены случаи дробного броуновского движения с одномерным и многомерным временем в условиях, когда области  $G(L)$  подобны с коэффициентом  $L$ . В этом случае найдены точные лог-асимптотики искомой вероятности, когда  $L$  неограниченно растет.

Представленный метод решения представляет самостоятельный интерес, поскольку указанные задачи относятся к немарковским процессам и случайным полям. История вопроса восходит к задаче Синая-Фриша 1992 г.

**Публикации:**

G. Molchan. Persistence Exponents for Gaussian Random Fields of Fractional Brownian Motion Type. Journal of Statistical Physics. 2018, <https://doi.org/10.1007/s10955-018-2155-1>

**Эмпирические спектральные характеристики среды вблизи станций сильных движений Камчатки: по телесеismicким и региональным землетрясениям**

**Скоркина А.А.**

Исследование спектра отклика среды в широком диапазоне частот (0.2–30 Гц) и отклика грунтов в частности – важный этап работ по изучению сейсмической опасности. Под откликом среды понимается специфическое для участка, на котором установлена сейсмическая станция, частотно-зависимое усиление колебаний различных частот. Такое усиление возможно оценить с помощью двух типов спектра: спектров Фурье или спектров реакции. Оценки, полученные с помощью спектров Фурье с использованием эталонной станции (РЕТ), условно назовем относительными спектрами отклика среды, или эмпирическими спектральными характеристиками среды вблизи сейсмических станций.

Для сети сейсмических станций сильных движений Камчатки получены несколько вариантов эмпирических спектральных характеристик: по коллекции умеренных региональных землетрясений диапазона магнитуд  $M_w=3.5-4.5$  [Скоркина, Гусев, 2017] и диапазона  $M_w=4.5-5.5$  [Гусев, Скоркина, 2019, принята к печати], а

также по коллекции телесеismicких землетрясений  $M_w=6.5-8$  (эпицентральные расстояния  $50-90^\circ$ ). Сопоставление трех полученных характеристик на примере восьми станций (BKI, DAL, IVS, KBG, KDT, KRM, SPN, и TUMD) выявило эффект нелинейности для четырех из них (BKI, IVS, KBG, и TUMD), а именно, повышенное усиление амплитуд (относительно опорной станции PET) для слабого сигнала (телесеismicкие землетрясения, и кода региональных землетрясений).

### Лучшая научная работа

#### **Генерация магнитного поля 3-мерными стационарными течениями несжимаемой жидкости с поточечно нулевой плотностью спиральности**

Рассказов А.Д., Чертовских Р., Желиговский В.А.

Широко распространено мнение, что для генерации магнитного поля стационарное течение должно иметь ненулевую кинетическую спиральность  $H$  (т.е. интеграл спиральности поля вихря), т.к. (1) для идеальной жидкости инвариант  $H$  характеризует топологию линий вихря частиц - степень их заузленности; эвристически генерация возможна только течениями достаточно сложной структуры, что гарантировано при  $H \neq 0$ ; (2) доказано, что течения с тождественно нулевым спектром спиральности в пределе большой магнитной диффузии не создают магнитный  $\alpha$ -эффект.

Построено 6 семейств стационарных течений несжимаемой жидкости, у которых плотность спиральности поля вихря равна нулю в каждой точке пространства. Течения 4 семейств представлены аналитическими выражениями, а течения пятого могут быть найдены комбинированной численно-аналитической процедурой. Течения 4 из этих 5 семейств имеют нулевой спектр спиральности. Для пробных течений из этих 5 семейств вычислены инкременты роста короткомасштабного магнитного поля, а также тензоры магнитного  $\alpha$ -эффекта (для не центрально-симметричных течений) и вихревой магнитной диффузии (для центрально-симметричных). Показано, что при умеренных магнитных числах Рейнольдса (менее 200) существенная часть рассмотренных течений генерируют как короткомасштабные поля, так и - механизмами  $\alpha$ -эффекта или вихревой диффузии - длинномасштабные. Таким образом, миф о важности для генерации магнитного поля спиральности течений в любых ее инкарнациях исчерпывающе опровергнут.

#### **Публикации:**

Rasskazov A., Chertovskih R., Zheligovsky V. Magnetic field generation by pointwise zero-helicity three-dimensional steady flow of incompressible electrically conducting fluid. Phys. Rev. E, 97, 2018, 043201.

#### **Геораздел 102-103° в.д. в современной структуре литосферы Центральной Азии**

Гатинский Ю.Г., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В.

Главной целью исследования было установление места и роли геораздела в структуре одного из наиболее высокосейсмичных регионов азиатского континента, современные геодинамические режимы которого резко различаются на западе и востоке. Мы рассмотрели, в первую очередь, центральную часть геораздела, проходящую от ЮЗ окончания оз. Байкал до района трёхречья на границе Китая и Мианмар. Проведённые нами трансекты через геораздел с глубинными сейсмическими разрезами и графиками

диссипации сейсмической энергии показали резкое возрастание уровня сейсмичности и глубины гипоцентров в пределах геораздела и его западного крыла, относящегося к Центрально-Азиатской транзитной зоне между Индийской и Северо-Евразийской литосферными плитами. В этой зоне преобладает режим транспрессии с развитием надвигов и сдвигов со сжатием под влиянием давления Индостанского индентора. На востоке от геораздела господствует режим транстенсии с формированием рифтов и сдвигов с растяжениями. Граница смены режимов подчёркивается резким увеличением мощности коры от 35-40 км на востоке до 50-70 км на западе и изменениями в различных геофизических полях (тепловом, магнитном и др.) наряду со сменой металлогенических характеристик регионов. Направление анизотропии Р и S-волн и данные GPS по различным частям коры и верхней мантии показывают их расслоенность с перемещением слоёв на юге геораздела в разных направлениях. По совокупности результатов проведённых исследований геораздел 102-103° в.д. представляет собой геолого-геофизическую границу, сопоставимую по масштабу с линией Торнквиста, Уральским и Аппалачским фронтами и другими крупнейшими структурами Земли.

#### Публикации:

Gatinsky Yu.G., Prokhorova T.V., Rundquist D.V. The 102–103° e geodivider in the modern lithosphere structure of central asia. *Geodynamics & Tectonophysics*, 2018 volume 9 issue 3 pages 989–1006, <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-3-0380>

### Закон повторяемости количества афтершоков

Шебалин П.Н., Баранов С.В.

Установлено, что количество афтершоков  $k(\Delta M)$  при любом пороге  $\Delta M$  относительно магнитуды основного толчка  $M_m$  не зависит от  $M_m$  и при глобальном или региональном рассмотрении имеет распределение экспоненциального вида:

$$p(k) = A e^{-\frac{k}{A}} \quad (1)$$

Это распределение имеет максимум при  $k=0$ , что существенно меняет сложившееся представление (закон Утсу), широко используемое в модели ETAS.

Каждое землетрясение, таким образом, может характеризоваться двумя независимыми величинами, имеющими экспоненциальное распределение: магнитудой и количеством афтершоков относительной магнитуды. Для землетрясений мира величина  $A$  имеет при  $\Delta M = -2$  значение 6.7. Региональные значения этой величины могут варьировать в широких пределах. Параметр имеет четко выраженную зависимость от глубины очага.

Экспоненциальный вид (1) позволил, в частности, объяснить форму распределения разности магнитуд основного толчка  $M_m$  и сильнейшего афтершока  $M_1$  (закон Бота). Комбинация распределения (1) с экспоненциальным распределением, соответствующим закону Гутенберга-Рихтера, в предположении Пуассоновского распределения числа афтершоков в индивидуальных сериях приводят к простой и красивой формуле логистического распределения величины  $M_1 - M_m$ :

$$P(M_1 - M_m < m) = \frac{1}{1 + A 10^{b(m - \Delta M)}} \quad (2)$$

Это распределение близко совпадает с наблюдаемым и имеют форму, близкую к нормальному распределению.

**Публикации:**

Шебалин П.Н., Баранов С.В., Дзедобоев Б.А. Закон повторяемости количества афтершоков. Доклады РАН, серия Геофизика, 2018;

Баранов С.В., Шебалин П.Н. О прогнозировании афтершоковой активности. 3. Динамический закон Бота. Физика Земли, 2018, №6, С. 129-136

**Результаты использования метода PGVEM (peak ground velocity estimation method) - рутинные и дискуссионные результаты****Родкин М.В.**

Метод оценки максимальных скоростей грунта при палеоземлетрясениях по смещениям скальных отдельностей был предложен М.В.Родкиным и опубликован в 2014. Метод при удачном применении позволяет оценивать PGVs значения при древних землетрясениях на интервале времени до 5-7 тысяч лет и более. По этим данным далее могут быть определены вероятные пары параметров - магнитуда и эпицентрального расстояния. За прошедшие годы PGVEM метод получил довольно широкое распространение. В частности, за отчетный год этот метод применялся несколькими группами авторов. Автор метода во время полевого сезона 2018 года работал этим методом на нескольких площадках предполагаемого развития сильной палеосейсмичности на Кольском полуострове. По анализу наблюденного материала были выявлены потенциальные дополнительные возможности метода, которые ждут своего подтверждения (или опровержения) по независимым данным. Список публикаций 2018 года, где применялся PGVEM метод, прилагается.

**Публикации:**

Корженков А.М., С.В. Абдиева, А.Р. Агатова, ..., М.В. Родкин, и др. Сильные исторические и палеоземлетрясения Прииссыккуля и их положение в структуре Северного Тянь-Шаня. Москва, ИФЗ РАН, 174 с., 2018.

Корженков, А.М., Р.Эрроусмит, К.Кросби, Б.Гуральник, и др., Сильные палеоземлетрясения вдоль Аксуйского краевого разлома по материалам датирования смещенного террасового комплекса реки Чон-Аксуу, Северный Тянь-Шань // Физика Земли, 2018, № 2, С.64–80, doi:10.7868/S0002333718020060.

Shvarev S.V., A.A.Nikonov, M.V.Rodkin, A.V.Poleshchshuk. The active tectonics of the Vuoksi Fault Zone in the Karelian Isthmus: parameters of paleoearthquakes estimated from bedrock and softsediment deformation features. Advance online publication of the INQUA special issue of the Bulletin of the Geological Society of Finland. 2018, 89-105.

Николаева С.Б., Никонов А.А., Шварев С.В., Родкин М.В. Детальные палеосейсмогеологические исследования в бортовой зоне впадины оз. Имандра (Кольский регион): новые подходы и результаты // Геология и геофизика, 2018, т. 59, № 6, С.866-880, doi: 10.15372/GiG20180608.

Shvarev, S.V., and M.V. Rodkin, Structural Position and Parameters of the Paleearthquakes in the Area of Vottovaara Mountain (Middle Karelia, Eastern Part of the Fennoscandian Shield). Seismic Instruments, 2018, 54, 2: 199-218, doi:10.3103/S0747923918020093

Rodkin M.V., A.M. Korzhenkov, Estimation of maximum mass velocity from macroseismic data: A new method and application to archeoseismological data. Geodesy and Geodynamics, 2018, in press, doi: 10.1016/j.geog.2018.06.010.

Rodkin M., Korzhenkov A.M. Impacts of past earthquakes upon societies: specific examples, tendencies, application to knowledge base. Book of Abstracts of the 36th General Assembly

of the European Seismological Commission (2-7 September 2018, Valletta - Malta), ESC2018-S39-1080,

<https://drive.google.com/file/d/1PI3IMFHJuA1Wv5LHhNMpSw4I2yQm3nBk/view>

Rodkin M., Shvarev S. Problem of a level of recent long-term seismicity of Fennoscandia. Book of Abstracts of the 36th General Assembly of the European Seismological Commission (2-7 September 2018, Valletta - Malta), ESC2018-S22-686,

<https://drive.google.com/file/d/1PI3IMFHJuA1Wv5LHhNMpSw4I2yQm3nBk/view>

## **Комбинированные модели литосферы по сейсмическим и гравитационным данным**

**Baranov A.**

Создана новая методика построения моделей литосферы, коры и осадков основанная на комбинированном использовании сейсмических и гравитационных данных.

Чисто сейсмические данные дают хорошие результаты, но часто покрытие сейсмическими данными недостаточное. Гравитационная инверсия неоднозначна, но последние спутниковые гравитационные модели Земли очень точные (CHAMP, GRACE и GOCE).

Мы с зарубежными коллегами разработали методику по комбинированному использованию таких данных. Гравитационные и топографические данные используются для оценки глубины Мохо на основе решения обратной задачи изостазии Венинг Мейнеса-Морица (Vening Meinesz-Moritz, VMM inversion), с добавлением сейсмических данных для ограничения решения. Сейсмическая модель строится путем нанесения сейсмических данных на карту и их интерполяции с помощью стандартного метода крайгинг с линейной (Linear) вариограммой. Метод основан на идее воспроизводства трендов, которые оцениваются по сейсмическим данным. По этой новой методике построены новые региональные модели коры для Азии и Антарктики. Отличия карты Мохо от предыдущих моделей (CRUST 1.0 и региональные) достаточно существенные (до +20 км). Также возросло разрешение карты. Более четко на карте Мохо видны различные тектонические структуры. С помощью данной методики планируется уточнить глобальную модель континентальной коры. Данный проект направлен на решение фундаментальной проблемы: изучение строения и эволюции земной коры и литосферы.

Пример.

Данные по модели Мохо для Антарктиды.  
Moho model

	Min	Max	Mean
	[km]	[km]	[km]
seismic	16.5	58.2	34.1
gravimetric	11.4	49.7	28.9
combined	8.2	62.4	29.0
CRUST1.0	9.0	43.5	34.0

Отличия.

Moho differences

	Min	Max	Mean	RMS
	[km]	[km]	[km]	[km]
gravimetric - seismic	-9.5	10.4	2.1	4.4
seismic - combined	-4.9	-0.6	-2.2	2.4
CRUST1.0 - combined	-25.2	19.4	-1.8	5.8

### **Публикации:**

Baranov, A., Tenzer, R. & Bagherbandi, M., 2018. Combined gravimetric-seismic Moho model for Antarctica. *Surveys in Geophysics* 39, 23–56.

Tenzer, R., Chen, W., Baranov, A., 2018. Gravity Maps of Antarctic Lithospheric Structure from Remote-Sensing and Seismic data. *Pure Appl. Geophys.* 175, 6, 2181–2203.

Baranov, A., Bobrov, A., 2018. Crustal structure and properties of Archean cratons of Gondwanaland: similarity and difference. *Russian Geology and Geophysics*, 59, 512–524.

Baranov, A., Tenzer, R. & Bagherbandi, M., in press. Combined Gravimetric-Seismic Moho Model of Tibet. *Remote Sens.* 2018. 10.

### **Масштабная инвариантность групп солнечных пятен**

**Шаповал А., Шнирман М.Г.**

Недавно Муноз-Джарамильо и др. (Muñoz-Jaramillo et al, *Astrophys. J.* 800, 48, 2015) тестировали гипотезу о степенном распределении групп солнечных пятен по их размерам и показали, что распределение Вейбулла приближает это распределение более точно. В этой статье мы вернулись к этому вопросу и пришли к противоположному заключению. Мы предложили новое определение размера группы, полагая размером пространственно-временной объём  $V$ , полученный как сумма ежедневно наблюдаемых площадей. Ранее только одна из наблюдаемых площадей ассоциировалась с размером, и дискуссия велась о наилучшем выборе. При новом определении размера ширина степенной части распределения увеличилась в 10 раз, причём показатель оказывается близким к 1. Протяжённость степенной части распределения устойчива к выбору данных и применяемым вычислительным процедурам. Мы показали, что распределение Вейбулла приближает эмпирическое распределение неадекватно. Существование широкой части распределения групп солнечных пятен свидетельствует, что самоорганизованная критичность лежит в основе зарождения и эволюции солнечных групп, и соответствующий механизм обладает масштабной инвариантностью.

#### **Публикации:**

Observational evidence in favor of scale-free evolution of sunspot groups A. Shapoval, J.-L. Le Mouél, M. Shnirman and V. Courtillot *Astronomy & Astrophysics*; 2018

### **Разработка и применение прецизионных дифференциальных термометров**

**Гравиров В.В., Кислов К.В.**

Для исследования тонкой структуры температурных полей в толще грунта, в том числе горных пород, нами разработаны прецизионные термометры, позволяющие проводить температурные измерения с разрешением порядка 0.0005 °C. В выступлении будет показано, что достичь подобной чувствительности измерений можно за счет сужения измерительного диапазона, применения высокоточных терморезисторов и многоуровневого АЦП для цифровой регистрации сигналов. В термометре использованы платиновые терморезисторы, обладающие практически линейной температурной зависимостью изменения внутреннего сопротивления от внешней температуры и великолепной долговременной стабильностью базовых характеристик. Для уменьшения уровня собственных шумов применены специальные меры по низкочастотной фильтрации как выходных сигналов, так и всех питающих напряжений. Выходные дифференциальные сигналы термометра позволяют легко подключать его к большинству современных электронных систем сбора информации. Будут рассмотрены принципиальные способы калибровки и установки необходимого рабочего температурного диапазона датчиков. Компактность, удобство работы, простота обслуживания, низкие электропотребление и стоимость этого уникального прибора будут способствовать его многоцелевому применению. В ближайшее время, совместно с ИФЗ РАН, планируется провести экспериментальные измерения штольне Северокавказской геофизической обсерватории ИФЗ РАН в Баксанском ущелье. Это

позволит получить уникальные данные о структуре и динамике теплового поля в окрестности вулкана Эльбрус. Постоянный мониторинг этого поля необходим не только для получения новых фундаментальных знаний о строении магматических структур вулкана, но и для оценки вулканической опасности, обусловленной наличием жидкого магматического расплава в недрах вулкана. Другим перспективным применением термометра является мониторинг внутренней температуры сейсмических приборов. Теоретическими исследованиями установлено, что изменение температуры отдельных элементов прибора даже на 0.001 °С может приводить к появлению заметного температурного шума. До сих пор в конструкциях сейсмических приборов не было термодатчиков, способных на постоянной основе регистрировать изменения внутренней температуры такого разрешения.

#### **Публикации:**

Лиходеев Д.В., Гравиров В.В., Кислов К.В. Прецизионные дифференциальные термометры для исследования тепловых процессов на базе северокавказской геофизической обсерватории // Наука и технологические разработки, 2018, Т. 97, № 1, с. 15–24. DOI: 10.21455/std2018.1-2.

Likhodeev D.V., Gravirov V.V. and Kislov K.V. Precision Differential Thermometers for Studying Thermal Processes at the Northern Caucasus Geophysical Observatory // Seismic Instruments, 2018, Vol. 54, No. 6, pp. 673–676. DOI: 10.3103/S0747923918060075

#### **Синхронизация компонент магнитного поля Солнца и модель Курамото с тремя осцилляторами**

**Шнирман М.Г.,** Блантер Е.М.

Представляется модель Курамото трех нелинейных связанных осцилляторов с переменными частотами и постоянной симметричной связью, описывающая синхронизацию между тороидальной и полоидальной компонентами магнитного поля Солнца в Северной и Южной полусферах. В качестве индексов, характеризующих компоненты магнитного поля используются данные площадей солнечных пятен RGO/NOAA и данные полярного поля. Модель описывает структуру меридионального потока в предположении существования трех ячеек упорядоченных по глубине в каждой из полусфер Солнца. Фаза верхней ячейки соответствует фазе солнечного цикла полоидальной компоненты, фаза нижней ячейки соответствует фазе тороидальной компоненты. Взаимосвязь верхней и нижней ячеек осуществляется через среднюю ненаблюдаемую ячейку, скорость вращения которой предполагается постоянной. Фазовая разница между компонентами магнитного поля определяется эволюцией естественных частот вращения верхнего и нижнего осцилляторов. Посредством решения обратной задачи восстановлены естественные частоты вращения циркуляционных ячеек меридионального потока. Получено, что после фазовой катастрофы 1960-х скорость верхней ячейки устойчиво превышает скорость нижней ячейки в соответствии с наблюдениями гелиосейсмологии и моделями солнечного динамо. Проведена оценка интервала возможных значений коэффициента связи, при котором соотношение естественных частот верхнего и нижнего осцилляторов после 1980 года соответствует соотношению скоростей меридионального потока на поверхности Солнца и в глубине зоны конвекции, известному из литературы.

**Публикации:**

Blanter, E., J.-L. Le Mouél, M. Shnirman, and V. Courtillot, Long Term Evolution of Solar Meridional Circulation and Phase Synchronization Viewed Through a Symmetrical Kuramoto Model. *Solar Phys.*, 2018, 293, 134, doi: 0.1007/s11207-018-1355-9

**Картирование межплитового сцепления в Камчатской зоне субдукции по вариациям магнитудно-частотного распределения сейсмичности**

**Воробьева И.А.**, Соловьев А.А., Шебалин П.Н.

Геометрия предполагаемых зон сцепления в Камчатской зоне субдукции определяется по графику повторяемости землетрясений (магнитудно-частотному распределению) на основе ранее установленной связи его формы со скоростями неупругих деформаций. В областях повышенного асейсмического проскальзывания наблюдается нарушение линейности графика повторяемости, связанное с дефицитом сильных событий. Области повышенного сцепления океанической и континентальной плит характеризуются избытком сильных событий и обратным загибом распределения. Результаты картирования величины загиба магнитудно-частотного распределения сейсмичности хорошо согласуются с выделением зон сцепления по спутниковым геодезическим данным и инверсии мареограмм.

**Публикации:**

И.А. Воробьева, А.А. Соловьев, П.Н. Шебалин. Картирование межплитового сцепления в Камчатской зоне субдукции по вариациям магнитудно-частотного распределения сейсмичности, 2018., ДАН 484. №4, ГЕОФИЗИКА.

**НОВАЯ 2-х звенная модель графика повторяемости землетрясений**

**Писаренко В.Ф.**, **Родкин М.В.**

Предложен новый метод расчета параметров предельного распределения, направленный на получения теоретически корректных оценок вероятности реализации сильных землетрясений в масштабе, сравнимом с масштабом карт Общего сейсмического районирования (ОСР). Как известно, предельные распределения теории экстремальных значений (Обобщенное распределение экстремальных значений (GEV) и Обобщенное распределение Парето (GPD)) позволяют получать теоретические корректные оценки вероятности реализации сильнейших событий для больших регионов (типа Япония, Курилы, Юго-восточная Азия). Такие результаты, однако, имеют ограниченное использование в оценке сейсмической опасности. Новый метод основан на предложенной нами двухзвенной модели закона распределения, когда распределение событий средней силы описывается обычным законом Гутенберга-Рихтера (Г-Р), а распределение редких сильнейших событий – предельным GPD распределением. В этом случае условие сопряжения двух звеньев (Г-Р и GPD) графика повторяемости позволяет получить еще одно соотношение, используемое для оценки одного из параметров предельного GPD распределения. Уменьшение числа независимых параметров позволяет уменьшить объем необходимой информации (нужно меньшее число сильных событий) для оценки параметров GPD распределения. Использование такого подхода позволяет получать теоретически корректные оценки вероятности реализации сильных землетрясений в заданный интервал времени  $T$  для областей размером сравнимом с используемым при построении карт ОСР.

**Публикации:**

В.Ф. Писаренко, М.В. Родкин. НОВАЯ 2-х звенная модель графика повторяемости землетрясений. Физика земли.

**Сейсмогенные узлы северо-восточного Египта и их использование для оценки сейсмической опасности**

**Горшков А.И., Новикова О.В.**

Сейсмоопасные морфоструктурные узлы, в которых возможны землетрясения с  $M \geq 5.0$ , были идентифицированы в северо-восточной части Египта, используя феноменологический подход, основанный на распознавании образов. Изученный регион охватывает Синайский полуостров и северную часть Восточной Пустыни между рекой Нил и Красным морем, которая включает новую столицу Египта и Суэцкий канал и характеризуется интенсивным экономическим освоением. Методология основана на идее о связи землетрясений с морфоструктурными узлами. Положение узлов определено в результате проведенного морфоструктурного районирования. Все выделенные узлы алгоритмом распознавания Кора-3 на основе геолого-геофизических параметров узлов были разделены на высоко- и низкосейсмичные относительно магнитуды 5.0. Определены характерные геолого-геофизические признаки, по которым высокосейсмичные узлы отличаются от низкосейсмичных. Результаты распознавания подтвердились двумя событиями в мае 2016 и в январе 2017, которые произошли после завершения исследования, результаты которого были представлены на международных конференциях в 2016 и 2017. Для оценки сейсмической опасности были составлены карты PSHA и NDSHA. Последняя - с учетом информации о распознанных сейсмоопасных узлах. Это позволило существенно улучшить оценку сейсмической опасности северо-восточного Египта, в частности, для ответственных инженерных сооружений (туннель Исмаилия) и объектов культурного наследия, расположенных в долине Нила.

**Публикации:**

Gorshkov A., Hassan H., Novikova O Seismogenic nodes ( $M \geq 5.0$ ) in north-east of Egypt and implication for seismic hazard assessment. Pure and Applied Geophysics, 2018. DOI: 10.1007/s00024-018-2012-9

**Особенности строения океанского дна Северной Атлантики между срединно-океаническим хребтом Колбейнсей и микроконтинентом Ян-Майен**

**Усенко С.В., Прохорова Т.В.**

По данным глубинных сейсмических исследований, непрерывного сейсмического профилирования и батиметрии обсуждаются особенности строения Исландского плато и прилегающих областей Норвежско-Гренландского региона. Намечены региональные субмеридиальные тектонические нарушения, представляющие сбросы, которые формируют ступенчатый характер Исландского плато. Ступени поступательно погружаются с запада на восток. К разломным зонам приурочены магматические образования в виде даек, в ряде случаев они прорывают осадочный чехол, что свидетельствует об их молодом возрасте. В центральной части Исландского плато по особенностям строения земной коры намечена рифтовая структура, приуроченная к магнитной аномалии C5b. Центральная часть Исландского плато и южная область впадины Ян-Майен характеризуются повышенными величинами теплового потока 92-

217 мВт/м<sup>2</sup>, по латеральному распределению которых намечена граница между областями повышенных и нормальных значений. Эта граница проходит по центру впадины Ян-Майен и имеет субмеридиальное простираие. По-видимому, она ограничивает зону влияния Исландского мантийного плюма в настоящее время в северо-восточном направлении.

**Публикации:**

С.В. Усенко, А.Н. Бойко, Т.В. Прохорова, Особенности строения океанского дна Северной Атлантики между срединно-океаническим хребтом Колбейнсей и микроконтинентом Ян-Майен // Геофизические процессы и биосфера. 2018. т. 17, № 4. с. 59-75. doi 10.21455/gpb2018.4-4

**Лучшая научная работа, выполненная молодым ученым**

**Модификация программы определения параметров очага землетрясения по длиннопериодным записям поверхностных волн. Параллельная версия и оценка погрешности**

**Фомочкина А.С.**

Очаг землетрясения рассматривается, как мгновенная точечная сдвиговая дислокация (двойной диполь). Такой источник задается пятью параметрами: глубиной, фокальным механизмом, определяемым тремя углами (простираия, падения, подвижки) и сейсмическим моментом. Определение этих параметров производится путем систематического исследования 4D-параметрического пространства и решения задачи минимизации несоответствия между наблюдаемыми и рассчитанными спектрами поверхностных волн для каждой комбинации всех других параметров. Данный подход в случае достаточно высокой детализации исследования требует значительного компьютерного времени. Для ускорения времени счета в данной работе предлагается применить параллельные вычисления с использованием технологии OpenMP (технология параллельного программирования для компьютеров с общей памятью).

Так же предлагается модификация программы, выполняющая оценку погрешности определения параметров с использованием метода Jackknife.

**Публикации:**

А.С. Фомочкина, Б.Г. Букчин. Применение параллельных вычислений при определении параметров очагов землетрясений с высоким разрешением. Физика Земли, 2018, № 4 приложение, с. S41–S47, DOI: 10.1134/S0002333718070037

**О некоторых физических аспектах теории остаточных напряжений**

**Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П.**

Целью исследования являются построение точных решений основных и смешанных краевых задач теории упругости в конечных областях с сингулярной границей и их приложения к моделированию образования разрывов в земной коре, обусловленных сбросом остаточных напряжений.

Построена математическая 2D теория остаточных напряжений. Из полученных результатов вытекают некоторые выводы практического характера:

1. Образование разрывов может быть обусловлено сбросом остаточных напряжений.

2. Остаточные напряжения самоуравновешены, поэтому они знакопеременны и локализуются в окрестности будущего разрыва. Их абсолютные значения могут достигать значений, близких к пределу прочности.

3. Сброс остаточных напряжений (образование разрыва) может сопровождаться смещениями и поворотами фрагментов распавшейся области как абсолютно жестких.

4. Эти фрагменты нельзя сложить вновь без зазоров.

5. Природа остаточных напряжений может быть разной. В частности, они могут быть обусловлены неравномерным разогревом с последующим охлаждением.

С остаточными напряжениями, скорее всего, связаны такие явления, как горные удары, дезинтеграция горной породы вокруг шахт и землетрясения, рассматриваемые как горные удары большого масштаба.

Нельзя сказать, что модели остаточных напряжений не предлагались вовсе. Однако, математически строгой теории остаточных напряжений, насколько известно авторам, пока нет.

Развитием теории является метод решения смешанных краевых задач теории упругости. В ее основе лежит минимизация систем собственных функций, участвующих в разложениях граничных функций на линии, соединяющей точки смены типа граничных условий. Полученные результаты служат основой для изучения остаточных напряжений в тех случаях, когда их сброс происходит на разрыве, соединяющем точки смены типа граничных условий.

#### **Публикации:**

Kerzhaev, A.P., Kovalenko, M.D., Menshova, I.V.: Borel transform in the class  $W$  of quasi-entire functions. *Complex Anal. Oper. Theory* **12**(3), 571–587 (2018). DOI: 10.1007/s11785-017-0643-y.

Kovalenko, M.D., Menshova, I.V., Kerzhaev, A.P., Guangming Yu: Mixed boundary value problems in the theory of elasticity in an infinite strip. *Acta Mech.* **229**(11), 4339–4356 (2018). DOI: 10.1007/s00707-018-2244-x.

Kovalenko, M.D., Menshova, I.V., Kerzhaev, A.P.: On the exact solutions of the biharmonic problem of the theory of elasticity in a half-strip. *Z. Angew. Math. Phys.* **69**: 121 (2018). DOI: 10.1007/s00033-018-1013-y.

Зверьяев Е.М., Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П. О свойствах точных решений краевых задач теории упругости в полуполосе и их приложение к теории остаточных напряжений в горных породах // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018. № 56. 28 с. DOI: 10.20948/prepr-2018-56.

Mikhail D. Kovalenko, Irina V. Menshova, Alexander P. Kerzhaev, Tatiana D. Shulyakovskaya. Discontinuities of displacements at the junction of two half-strips with different boundary conditions on their sides. In: 2018 9th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE), Budapest, Hungary, 10-13 July 2018, pp. 483–487. DOI: 10.1109/ICMAE.2018.8467694.

Mikhail D. Kovalenko, Irina V. Menshova, Alexander P. Kerzhaev. On some properties of exact solutions in the form of series in Papkovitch–Fadle eigenfunctions. In: 16th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2018), Rhodes, Greece, 13-18 September 2018.

Коваленко М.Д., Меньшова И.В., Кержаев А.П. О некоторых физических аспектах теории остаточных напряжений // Современные проблемы механики. 2018. № 33 (3). Сб. материалов Второго международного симпозиума «Прогноз и предупреждение горных ударов и землетрясений, мониторинг деформационных процессов в породном массиве», г. Бишкек, 10-12 сентября 2018 г. Бишкек: НАН КР, 2018. С. 60–72.