



РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
им. А.А. ТРОФИМУКА

«ГЕОДИНАМИКА. ГЕОМЕХАНИКА И ГЕОФИЗИКА»

МАТЕРИАЛЫ
ДВЕНАДЦАТОГО ВСЕРОССИЙСКОГО СЕМИНАРА

Стационар «Денисова пещера», Алтайский край
27 августа-1 сентября 2012 г.

СЕМИНАР «ГЕОДИНАМИКА. ГЕОМЕХАНИКА И ГЕОФИЗИКА»

Организатор:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Председатели оргкомитета:

академик РАН Добрецов Н.Л.
академик РАН Эпов М.И.

Члены оргкомитета:

д.ф.-м.н. Сибиряков Б.П.
д.г.-м.н. Суворов В.Д.
д.ф.-м.н. Немирович-Данченко М.М.
к.г.-м.н. Дядьков П.Г.
к.г.-м.н. Мельник Е.А.
к.ф.-м.н. Сибиряков Е.Б.

Секретарь оргкомитета:

к.г.-м.н. Киселева Л.Г.

*Семинар проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12-05-06050-г) и
Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН*

Представление докладов: на семинаре будут представлены устные доклады. Продолжительность докладов 20-40 минут, включая ответы на вопросы. Для демонстрации материала предоставляется компьютер и мультимедийный проектор.

Место проведения: стационар Института археологии и этнографии СО РАН «Денисова пещера». Стационар находится на берегу реки Ануй, на территории Алтайского края, в 4 км от деревни Черный Ануй и в 40 км от районного центра Солонешное.

Заезд участников семинара **27 августа 2012 г.**

Регистрация участников будет проводиться **28 августа с 9³⁰ – 10⁰⁰** в конференц-зале стационара «Денисова пещера».

Питание участников семинара будет организовано на стационаре «Денисова пещера».

Завтрак: **9⁰⁰ – 9³⁰**
Обед: **14⁰⁰ – 15⁰⁰**
Ужин: **19⁰⁰ – 20⁰⁰**

Отъезд участников семинара **1 сентября 2012 г.**

28 августа

Утреннее заседание

- 10.00-10.05 *Заместитель председателя Сибирского отделения РАН, академик Эпов М.И.* Вступительное слово.
- 10.05-10.40 *Добрецов Н.Л., Кулаков И.Ю., Полянский О.П.* Геодинамика, поля напряжений, деформация и некоторые следствия.
- 10.40-11.10 *Ребецкий Ю.Л.* Особенности напряженного состояния и механизм деформирования коры внутриконтинентальных орогенов.
- 11.10-11.40 *Селезнев В.С.* Что может современная сейсмология.

Перерыв
11.40-12.00

- 12.00-12.30 *Стефанов Ю.П., Бакеев Р.А., Конторович В.А., Дучков А.А.* Численное моделирование формирования зон нарушений при продольном сдвиге осадочного слоя.
- 12.30-13.00 *Сибиряков Б.П.* Нелинейные явления в блочных средах и процессы генерализации трещин.
- 13.30-13.50 *Востриков В.И., Ружич В.В.* Изучение реакции массива горных пород на динамические воздействия.

Обед
14.00-15.00

Вечернее заседание

- 15.00-15.25 *Суворов В.Д., Стефанов Ю.П., Павлов Е.В., Кочнев В.А.* Численное исследование влияния сил тяжести и горизонтального сжатия на деформацию земной коры вдоль профиля Тарим-Алтай.
- 15.25-15.45 *Кочнев В.А.* Анализ основ и некоторых результатов палеомагнетизма Земли.
- 15.45-16.15 *Неведрова Н.Н.* Взаимосвязь вариаций электропроводности с тектоническим строением района исследования.

Перерыв
16.15-16.35

- 16.35-17.00 *Дядьков П.Г.* Некоторые закономерности и механизмы генерации внутриплитной сейсмичности.

- 17.00-17.20 **Беляшов А.В., Суворов В.Д.** Предварительные результаты изучения влияния подземных ядерных взрывов на сейсмическое строение верхней части разреза Семипалатинского испытательного полигона.
- 17.20-17.40 **Суворов В.Д., Мельник Е.А., Мишенькина З.Р., Павлов Е.В., Кочнев В.А.** Латеральные сейсмические неоднородности верхней мантии под Сибирским кратоном.

29 августа

Утреннее заседание

- 10.00-10.30 **Сибиряков Е.Б.** Квазистатическое и динамическое деформирование микронеоднородных сред.
- 10.30-10.45 **Цой П.А., Усольцева О.М.** Об одном построении связи между прочностными и деформационными свойствами горных пород.
- 10.45-11.10 **Назаров Л.А., Назарова Л.А., Карчевский А.Л., Панов А.В.** Обратная задача смешанного типа для модели квазистатического деформирования породного массива при отработке месторождений полезных ископаемых.
- 11.10-11.30 **Голиков Н.А., Мелкозерова С.Н.** Влияние напряженного состояния на фильтрационно-емкостные свойства массивов горных пород.

Перерыв 11.30-11.50

- 11.50-12.20 **Нестерова Г.В., Ельцов И.Н., Назаров Л.А., Назарова Л.А.** Влияние учёта геомеханических процессов в окрестности скважины на каротажные диаграммы ВИКИЗ и БКЗ.
- 12.20-12.40 **Копейкин А.В.** Гамма-распределение размеров блоков и закон Рихтера-Гутенберга.
- 12.40-13.00 **Прилоус Б.И.** Модели медленных землетрясений и теория структурированного континуума.

Обед 14.00-15.00

Вечернее заседание

- 15.00-15.20 **Селезнев В.С.** Что не может современная сейсмология.

- 15.20-15.45 **Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Еманов А.А.** Разнообразие проявлений наведенной сейсмичности в Кузбассе.
- 15.45-16.05 **Дергач П.А., Дучков А.А., Куликов В.А.** Обработка данных пассивного сейсмического мониторинга в районе эпицентра Чуйского землетрясения.
- 16.05-16.25 **Еманов А.А., Еманов А.Ф., Селезнёв В.С., Бах А.А., Янкайтис В.В., Красников А.А., Корабельщиков Д.Г., Дураченко А.В.** Принципы контроля за сейсмологической опасностью на крупных и опасных производствах.

Перерыв
16.25-16.45

- 16.45-17.05 **Лескова Е.В., Еманов А.А.** Иерархические закономерности напряженного состояния земной коры в Чуйско-Курайской зоне.
- 17.05-17.35 **Колесников Ю.И., Федин К.В.** Определение резонансных свойств верхней части разреза по микросейсмическому полю (данные физического моделирования).
- 17.35-18.05 **Немирович-Данченко М.М.** Особенности использования преобразования Фурье и метода Прони при обработке данных сейсморазведки.

30 августа

Утреннее заседание

- 10.00-10.30 **Бортников П.Б.** Пассивный мониторинг разнесенными сейсмическими группами.
- 10.30-11.00 **Ребецкий Ю.Л., Кучай О.А.** Использование катакластического метода для повторных толчков сильных землетрясений Тянь-Шаня и Алтая-Саян.
- 11.00-11.30 **Кульков С.Н., Похиленко Л.Н., Суворов В.Д., Стефанов Ю.П.** Исследование свойств мантийных перидотитов из трубки Удачная.

Перерыв
11.30-11.50

- 11.50-12.20 **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Селезнёв В.С., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Ворона У.Ю., Шевкунова Е.В., Радзиминович Я.Б., Гилёва Н.А., Массальский О.К.** Тувинские землетрясения (27.12.2011, $M_I=6.7$) и (26.02.2012, $M_I=6.8$) и их афтершоки.
- 12.20-12.45 **Носов В.Н.** О некоторых проявлениях возмущений надструктурными неоднородностями литосферы.
- 12.45-13.10 **Бейзель А.Л.** Инверсионная модель циклогенеза и ее значение для геодинамических исследований.

Обед
14.00-15.00

Вечернее заседание

- 15.00-15.20 **Стефанов Ю.П., Бакеев Р.А., Ельцов И.Н.** Закономерности поведения горных пород за пределом упругости. Формирование зон неупругой деформации вокруг скважин и туннелей.
- 15.20-15.45 **Дядьков П.Г., Михеева А.В.** Геоинформационная система "Expert Earthquake Data Base" – современные возможности анализа сейсмологической информации.
- 15.45-17.00 Общая дискуссия.

31 августа
Экскурсионный день

ГЕОДИНАМИКА, ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ, ДЕФОРМАЦИЯ И НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ

Добрецов Н.Л.¹, Кулаков И.Ю.¹, Полянский О.П.²
¹ ИИГГ СО РАН г. Новосибирск, ² ИГМ СО РАН, г. Новосибирск

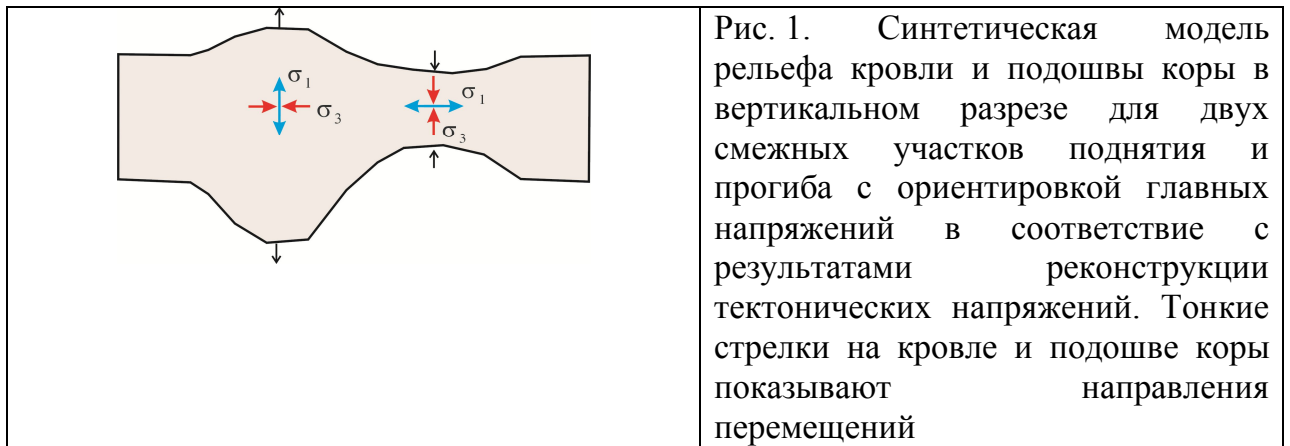
Содержание:

1. Вводные положения и глобальное поле.
2. Зоны субдукции (на примере Курило-Камчатской и Идзу-Бонинской-Марианской дуг).
3. Зоны сжатия (складчатости) (на примере Кавказа и Алтае-Саянской области).
4. Зоны растяжения (на примере Виллюйского прогиба и Байкальского рифта).
5. Выводы и некоторые следствия.

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ И МЕХАНИЗМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОРЫ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ

Ребецкий Ю.Л.
ИФЗ РАН, г. Москва

Исследования природного напряженного состояния, выполненные в последние годы в лаборатории тектонофизики ИФЗ РАН на основе метода катакластического анализа разрывных смещений [Ребецкий, 2007], показали, что внутриплитным горно-складчатым областям отвечает достаточно специфический вид напряженного состояния. Установлено, что участкам крупных горных поднятий, как правило, (около 75% участков, где выполнена реконструкция напряжений) отвечает напряженное состояние, при котором в горизонтальном направлении ориентирована ось максимального сжатия. Наоборот, на участках крупных межгорных впадин, котловин, депрессий и передовых прогибов, как правило, режим напряженного состояния отвечает субвертикальной ориентации оси максимального сжатия (около 75% участков, где выполнена реконструкция напряжений). Эти результаты позволили получить синтезированную модель типового распределения напряжений в глубине коры внутриконтинентальных орогенов (рис. 1). Эта модель напряженного состояния хорошо соответствует геологическим наблюдениям на поверхности, показывающим, что в областях прогибов часто находятся сбросы и грабены, а в областях поднятий – надвиги и взбросы.



Представленная на рис. 1 синтезированная модель напряженного состояния в коре горно-складчатых областей, нуждается в выяснении того, каким способом подобное сочетание напряженных состояний коры прогибов и поднятий может получено. В нашем докладе будут представлены результаты тектонофизического – аналитического моделирования напряжений в коре и литосфере двух способов нагружения: 1) горизонтальное сжатие литосферы при чисто упругой реакции верхней части коры (упругая балка) и вязкой реакции нижней коры и подкоревой литосферы; 2) вязкое течение в литосфере, обусловленное вертикальными периодическими (гармоническими) движениями границы с астеносферой, при учете скачка плотности на подошве коры. В обоих случаях нагружения важнейшую роль играет гравитационное напряженное состояние, учет которого при формировании рельефа является главным достоинством рассматриваемых аналитических моделей. Показано, что при горизонтальном сжатии процесс формирования рельефа кровли и подошвы коры идет прогрессивно при отсутствии изостатической компенсации в литосфере, т.е. корни гор и антикорни впадин в модели не формируются (в противоположность тому, что имеет место на рис. 1). В модели внутрилитосферного течения наблюдается инверсия рельефа кровли коры при прогрессивном росте рельефа ее подошвы. Результатом эволюции является формирование гор на участке начального опускания и впадин на участке начальных поднятий. В этой модели в коре гор формируются корни, в коре прогибов – антикорни. Расчеты напряженного состояния также дополнялись учетом денудационных процессов, когда часть пород в областях поднятий разрушалась и переносилась в области прогибов. Показано, что денудационные процессы вносят существенный вклад в формирование современного режима напряженного состояния орогенов.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН НАРУШЕНИЙ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ СДВИГЕ ОСАДОЧНОГО СЛОЯ

Стефанов Ю.П.¹, Бакеев Р.А.¹, Конторович В.А.², Дучков А.А.²
¹ИФПМ СО РАН, г. Томск, ²ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Представлены результаты 3D моделирования формирования зон локализации деформации и разрушения при продольном сдвиге слоя геосреды с трещиной в основании. Рассмотрены закономерности формирования полос локализованного сдвига и исследовано изменение их формы с глубиной. Получена и проанализирована пространственная структура зон локализации. Показано, что в данных условиях деформирования наряду с вертикальной зигзагообразной поверхностью разрушения, которая разделяет область на две части, формируется пространственная система оперяющих зон локализации.

В случае хрупкой среды смещение по разрыву в основании быстро приводит к формированию вертикального зигзагообразного разлома, выходящего на поверхность. В более пластичной среде образуются зоны локализованного сдвига, имеющие сложный пространственный вид. На поверхности и в горизонтальных сечениях четко выделяются полосы Риделя, которые, сужаясь с глубиной, сходятся к разрыву в фундаменте. В вертикальных сечениях вдоль линии разрыва наклон полос меняется от вертикального вблизи поверхности, до горизонтального вблизи разрыва фундамента.

Проведенные расчеты показали, что рассмотрение изолированных двумерных сечений среды не позволяет построить полную картину развития деформации и проследить развитие полос локализованной деформации в пространстве. Для построения целостной картины распределения напряженно-деформированного состояния, если это касается процессов локализации деформации и разрушения, необходимо трехмерное моделирование.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 11-05-00661-а) и Интеграционного проекта СО РАН № 127

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В БЛОЧНЫХ СРЕДАХ И ПРОЦЕССЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ ТРЕЩИН

Сибиряков Б.П.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Блочные среды, в отличие от обычных сплошных сред, могут иметь большое число степеней свободы. Это значит, что, помимо общего движения множества отдельных элементарных блоков, существуют внутренние движения блоков относительно друг друга, т.е. они могут поворачиваться, раздвигать отдельные частицы среды, двигаться группами и т.д. Тем самым, энергия в блочной среде запасается не только в деформациях, т.е. первых производных вектора перемещений, но и в высших производных, например, в кривизнах, изгибах и т.д. Это обстоятельство приводит к тому, что уравнения движения блочных сред оказываются уравнениями бесконечного порядка даже при линейных связях между средними напряжениями и деформациями. Эти уравнения имеют точные решения в виде обычных колебаний и неустойчивых решений, порождающих катастрофы даже при малых внешних колебательных воздействиях.

В случае нелинейных связей между средними напряжениями и деформациями с положительной кривизной (скорость волны падает с ростом давления в волне) уравнения движения в длинноволновом приближении становятся уравнениями типа Кортевега –де-Вриза, однако, с отрицательным знаком у нелинейного члена. Это приводит к тому, что в трещиноватых горных породах нет решений типа солитонов. Вместе с тем, в таких средах даже малые колебания производят нелинейные эффекты. Высшие гармоники, обязанные нелинейным явлениям, не замечают множества мелких трещин и концентрируются в окрестности небольшого числа крупных разрывов. Это процесс генерализации трещин.

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Востриков В.И.¹, Ружич В.В.²

¹ ИГД СО РАН, г. Новосибирск, ² ИЗК СО РАН, г. Иркутск

Массив горных пород характеризуется разрывными нарушениями различных рангов, по которым при внешних динамических воздействиях происходят смещения геоблоков. Совокупность подобных смещений, их скорость и направление во многом определяют разнообразную реакцию массивов горных пород, подвергшихся динамическому нагружению в виде импульсных или виброимпульсных колебаний. Для изучения такой реакции авторами с помощью новейшей сейсмологической и деформометрической аппаратуры проводилось изучение естественных и инициированных смещений в разрывных нарушениях породных массивов, а также режимов инициированных сейсмических импульсов. Натурные испытания проводились в зонах региональных разломов Прибайкалья, а также в разведочной штольне и сверхглубоком карьере “Удачный” (Якутия). Для техногенной инициации смещений в разрывных нарушениях использовались взрывы и мощные домкраты.

Накопленный опыт измерений откликов позволяет глубже понять механизмы нагружения и релаксационной разгрузки напряженных горных пород, на основании результатов измерений оцениваются возможности управления горным давлением с целью снижения инженерно-сейсмического риска. Рассматриваются рекомендации для практического использования полученных результатов в горнотехническом производстве.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛ ТЯЖЕСТИ И ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЖАТИЯ НА ДЕФОРМАЦИЮ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВДОЛЬ ПРОФИЛЯ ТАРИМ-АЛТАЙ.

Суворов В.Д.¹, Стефанов Ю.П.², Павлов Е.В.¹, Кочнев В.А.³
¹ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, ²ИФПМ СО РАН, г. Томск,
³ИВМ СО РАН, г. Красноярск

Рассмотрено напряженно деформированное состояние вертикального сечения земной коры до глубины 70 км по профилю Тарим-Алтай в рамках упруго-хрупкопластической модели среды. Исследовано влияние прочностных свойств и особенностей структуры разреза на формирование зон пластической деформации и изменение рельефа на разных этапах деформирования, в результате приложения силы тяжести и ходе последующего сжатия. Рассмотрена приуроченность зон локализации деформации к особенностям рельефа поверхности и границы Мохо.

Получено, что в процессе приложения силы тяжести к исходной структуре происходит погружение в первую очередь наиболее высоких горных участков Тарима, а от подножий часто образуются зоны локализованного сдвига. Данный процесс отражается на границе верхней и нижней коры, причем, здесь заметную роль играет ширина горного участка. Погружение зоны под Алтаем оказывается больше. На этапе сжатия подъем поверхности происходит в первую очередь с подножий. При более высокой прочности верхней и нижней коры наблюдается более интенсивное поднятие горных участков.

Результаты расчетов показывают, что на развитие пластической деформации существенное влияние имеет прочность верхнего слоя коры. Получено, что зона пластической деформации в районе Алтая близка по ширине и находится непосредственно под горным рельефом. В то же время в районе Тарима ширина пластической зоны оказалась более узкой. Выполнено исследование влияния изменения прочности по глубине на пластическую деформацию и формирование зон локализации при разном рельефе дневной поверхности и поверхности Мохо.

Моделирование процесса осуществлялось в двумерной постановке для условий плоской деформации. Расчеты проводились с использованием модифицированной модели Друккера-Прагера-Николаевского.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта СО РАН (№ 114) и РФФИ (грант № 11-05-00661-а).

АНАЛИЗ ОСНОВ И НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПАЛЕОМАГНЕТИЗМА ЗЕМЛИ

Кочнев В.А.

ИБМ СО РАН, г. Красноярск

В результате решения обратной задачи по геоцентрической Z-компоненте глобального магнитного поля Земли определена эффективная намагниченность ядра [1] [2], а по ней рассчитано магнитное поле на поверхности ядра. Максимумы поля, достигающие 106 нТл, приурочены не к полюсам, а к западной и восточной частям ядра. Для генерации такого поля внутри ядра должны циркулировать токи.

Током является движение субстанции ядра, заряженной вследствие высокой температуры (около 5000°), при которой атомы ядра теряют электроны и жидкая субстанция становится ионизированной, а следовательно, и заряженной. Заданное направление жидкости ядра создается вращением планеты при взаимодействии с гравитационными (приливными) силами Луны и Солнца. В докладе представлена кинематико-гравитационная математическая модель генерации магнитного поля Земли и ее следствия, объясняющие некоторые закономерности палеовулканизма [2].

Результаты палеомагнитных исследований интенсивно используются в геологических построениях. Палеомагнитные наблюдения, безусловно, отображают изменение магнитных полей. Но у специалистов по магнитометрии вызывает протест, когда каждому минимуму магнитного поля приписывается соответствующее ему обратное намагничение пород. Кроме того, нет убедительных физических обоснований полной инверсии магнитного поля Земли [1]. Локальные обратные магнитные поля есть и сейчас и были в прошлом. И со временем меняется их положение. Обсуждению этой очень важной проблемы и будет посвящен предлагаемый доклад.

Литература

1. Кочнев В.А., Гоз И.В. Модель источников магнитного поля ядра Земли, полученная в результате решения обратной задачи магнитометрии. // Мат. 38-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей». Пермь, 2011.
2. Кочнев В.А. Модель ядра по результатам моделирования магнитного поля Земли // Мат. V Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург, 2011.
3. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л., 1978. 592 р.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Неведрова Н.Н.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Рассматриваются результаты геоэлектрических исследований, выполненных в двух сейсмоактивных районах Сибири: в Байкальской рифтовой зоне и на территории Горного Алтая комплексом методов с контролируемым источником (ВЭЗ, ЗС в нескольких модификациях). Исследования были направлены на изучение строения и выявление закономерностей временных вариаций геоэлектрических параметров, связанных с происходящими сейсмическими событиями. Для территории Байкальского прогностического полигона представлены результаты интерпретации структурных работ и мониторинговых измерений на постоянном токе в режимном пункте ВЭЗ. Обоснована связь вариаций электропроводности с геоэлектрическим строением, положением разломных нарушений. Установлено, что максимальные вариации формируются перед землетрясениями, происходящими в основных тектонических структурах полигона. Определена чувствительность установки ВЭЗ.

На Алтайском геодинамическом полигоне регулярные электромагнитные наблюдения начаты в 2004 г и продолжаются в настоящее время в эпицентральной зоне разрушительного Чуйского землетрясения (2003 г., $M=7,3$). Пункты мониторинга ЗС размещены в различных тектонических блоках и на разных расстояниях от зоны основного разрыва по площади полигона в западной части Чуйской депрессии. В результате анализа вариаций электропроводности за 2004-2011 гг. выяснено, что их интенсивность в каждом конкретном пункте зависит от геологических и тектонических особенностей участка, на котором они расположены. Выявлены пункты наиболее чувствительные к сейсмическим воздействиям. В результате обработки всего объема полевых данных ЗС установлены закономерности процессов консолидации массива горных пород, подвергнутых сильному сейсмическому воздействию, а также основные факторы (геологические, сейсмологические, гидрогеологические), которые эти закономерности обуславливают.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ ВНУТРИПЛИТНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Дядьков П.Г.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Представленная работа призвана обсудить и дать предварительные ответы на следующие вопросы: каковы основные причины внутриплитной сейсмичности, зависит ли она от изменений состояния среды, связанных с подготовкой и реализацией сильнейших землетрясений в соседних высокосейсмичных складчатых областях или на границах плит?

На основании рассмотрения многочисленных случаев активизации внутриплитной сейсмичности делается вывод о наличии тенденции их приуроченности к эпизодам активизации сейсмического процесса в пределах ближайших складчатых областей или на межплитных границах.

По-видимому, одной из основных причин генерации внутриплитной сейсмичности является возникновение эпизодов приобретения блоковой системой (с межблоковыми складчатыми областями) консолидированного состояния, что способствует как накоплению упругих деформаций во внутриплитных областях, так и их последующей разрядке в виде сейсмических событий при реализации сильнейших землетрясений в ближайших складчатых областях или на межплитных границах.

Механизмы, способствующие консолидации блоковой структуры среды, могут быть как локальными, так и региональными или глобальными. К локальным механизмам относятся: механические условия зацепления на межблочных контактах (разломах), увеличение упругой компоненты деформации вязкоупругой среды при повышении скорости деформирования, эффекты дилатансии и ряд других. Региональные механизмы включают изменения напряженного состояния на региональном уровне, в том числе связанные с изменением степени стесненности среды при изменении характера взаимодействия на межплитных границах.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 01042, 4-1 Президиума РАН, МИП СО РАН 90, 76, 73.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ
ВЗРЫВОВ НА СЕЙСМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА.**

Беляшов А.В.¹, Суворов В.Д.²

¹ ИГИ НЯЦ, Республика Казахстан, ² ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

В 1997 г. на Семипалатинском испытательном полигоне были проведены сейсмические наблюдения с целью изучения строения верхней части геологического разреза, подвергшейся многократному воздействию подземных ядерных взрывов. Измерения выполнены по 8-ми параллельным профилям длиной 6 км. На каждом из них размещалось по 13 пунктов возбуждения с интервалом 500 м. Система наблюдений обеспечила получение годографов длиной до 6 км.

В докладе представляются предварительные результаты построения двумерных томографических разрезов по данным первых вступлений волн. Отдельный этап обработки заключался в определении свойств низкоскоростного верхнего слоя пород мощностью до 80 м и скоростью в нем 1000-1500 м/с. В подстилающей толще пород скорость возрастает скачком до 3800-5000 м/с, при этом в областях расположения боевых скважин значения граничной скорости понижены до 3800-4000 м/с. При томографических построениях производится анализ зависимости результатов (скоростных разрезов) от выбора стартовой модели.

ЛАТЕРАЛЬНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПОД СИБИРСКИМ КРАТОНОМ (ПРОФИЛЬ МЕТЕОРИТ)

Суворов В.Д.¹, Мельник Е.А.¹, Мишенькина З.Р.¹, Павлов Е.В.¹, Кочнев В.А.²
¹ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, ²ИВМ СО РАН, г. Красноярск

По данным ядерных взрывов представлены сейсмические разрезы верхней мантии по профилям Рифт, Метеорит и Кратон, пересекающим Сибирский кратон. В отличие от слоистых слабо неоднородных моделей в предшествующих работах [Егоркин и др., 1987, 1996; Егоркин, 1999, 2004; Pavlenkova et al., 1996, 2002, 2006; Pavlenkova, 1996, 2006, 2011; Thybo, 2010], нами приоритет отдается латеральным неоднородностям при минимально возможном количестве сейсмических границ с резкими скачками скорости. Использован метод двумерного лучевого моделирования. В основании литосферы выделен слой с повышенной до 8.5-8.7 км/с скоростью (кровля соответствует границе Леман). Сейсмическая мощность литосферы оценивается 180-240 км при пологом рельефе подошвы, глубина залегания которой уменьшается на северо-западе Сибирского кратона и увеличивается в окрестности его юго-восточного края (профиль Метеорит). Верхние мантии характеризуются латеральной неоднородностью при изменении скорости от 7.7 км/с под Байкальской рифтовой зоной до 8,5-8,6 км/с на локальных участках под Ангаро-Ленской ступенью (профили Рифт, Метеорит), восточной прибортовой частью Вилюйской синеклизы (Кратон) и в центральной части Западно-Сибирской плиты (Кратон). Преимущественное значение скорости под Мохо 8.0-8.4 км/с, с тенденцией уменьшения под крупными прогибами фундамента (Присяно-Енисейская, Тунгусская и Вилюйская синеклизы, Западно-Сибирская плита).

Интервал глубины между подошвой литосферы и границей «410 км» характеризуется незначительным нарастанием скорости с глубиной от 8.5 до 8.55 км/с. На границе «410 км» скорость скачком увеличивается до 9.4-9.45 км/с.

Двумерное сейсмогравитационное моделирование по профилю Метеорит показывает удовлетворительное соответствие сейсмических и гравитационных данных. Выявленная в работе [Грачев, Кабан, 2006] положительная гравитационная аномалия для подкоровой части верхней мантии коррелируется с аномалией повышенной скорости на глубине 100-200 км на профилях Метеорит и Кратон. Однако, природа изостатической неуравновешенности земной коры под Тунгусской синеклизой остается неясной.

КВАЗИСТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ МИКРОНЕОДНОРОДНЫХ СРЕД

Сибиряков Е.Б.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Работа посвящена развитию метода граничных интегральных уравнений для многосвязных тел большой протяжённости с конечными поперечными размерами. Впервые метод граничных интегральных уравнений применён для решения упругих задач стационарных колебаний для таких тел в достаточно широком диапазоне частот. Упругие задачи решались для развития физических основ использования метода стоячих волн. Показаны возможности, а также ограничения данного метода в квазистатическом и динамическом диапазонах частот для определения эффективных характеристик микroneоднородных сред, в частности, для обнаружения дефектов.

Показано, что в сплошном теле большой протяжённости с конечными поперечными размерами метод стоячих волн позволяет достоверно определять скорости стержневых волн, если на поверхности укладывается одна-две волны. При более высоких частотах эта скорость уменьшается.

Наличие порового пространства внутри тела практически не влияет на скорость при измерении методом стоячих волн, если на поверхности укладывается одна-две длины волны. Наличие порового пространства приводит к тому, что эта скорость быстрее уменьшается с ростом частоты, чем в сплошном теле. Соответственно, определить характеристики порового пространства при использовании метода стоячих волн в динамическом диапазоне частот возможно на более высоких частотах (5-6 длин волн) по дисперсии скоростей.

Информативным критерием характеристик порового пространства может служить зависимость вторых производных квазистатических упругих модулей

$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial \omega^2}, \frac{\partial^2 \mu}{\partial \omega^2}$ от частоты при низких частотах.

ОБ ОДНОМ ПОСТРОЕНИИ СВЯЗИ МЕЖДУ ПРОЧНОСТНЫМИ И ДЕФОРМАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ГОРНЫХ ПОРОД

Цой П.А., Усольцева О.М.
ИГД СО РАН, г. Новосибирск

Модуль упругости горных массивов находится в ряду ключевых параметров, используемых в стадии проектирования инженерных сооружений, таких как туннели, дамбы и откосы, где адекватная оценка уровня деформации имеет важное значение. Тем не менее, при подготовке образцов возникает дополнительная проблема учета всей системы неоднородных структур исследуемых горных пород, что в условиях испытательной лаборатории практически невозможно осуществить. С другой стороны, определение в натуральных условиях также чрезвычайно сложно и дорого, поэтому оно проводится редко. Таким образом, прогнозирование механических характеристик массивов горных пород с использованием эмпирических уравнений является привлекательной темой исследования, связанной с практическим аспектом в горной инженерии уже на протяжении многих лет.

На основе справочной экспериментальной базы данных построены эмпирические соотношения, основанные на искусственной нейронной сети и позволяющие прогнозировать модули упругости при одноосном сжатии горных пород по входным величинам соответствующих пределов прочности на одноосное сжатие и косвенное растяжение. Установлено удовлетворительное корреляционное соответствие между экспериментальными и расчетными данными.

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА СМЕШАННОГО ТИПА ДЛЯ МОДЕЛИ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.

Назаров Л.А.¹, Назарова Л.А.¹, Карчевский А.Л.^{1,2}, Панов А.В.²
¹ ИГД СО РАН, г. Новосибирск, ² ИМ СО РАН, г. Новосибирск

Предложена методика определения напряжений в естественном поле и деформационных свойств конструктивных элементов технологий разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Методика основана на решении обратных задач смешанного типа для системы уравнений, описывающих квазистатическое деформирование массива горных пород при камерно-столбовой системе разработки месторождений.

Построена типичная геомеханическая модель участка пластового месторождения, разрабатываемого камерно-столбовой системой и сформулирована обратная задача определения коэффициента бокового отпора q и упругих характеристик целиков по данным мониторинга поля деформаций на дневной поверхности и/или относительного смещения точек контура выработанного пространства. Построены целевые функции трех типов и исследована их структура. Показано, в частности, что значение q может быть оценено по данным измерения вариации (вызванного подземными горными работами) поля вертикальных и/или горизонтальных деформаций дневной поверхности независимо от величины упругих характеристик слагающих целики пород.

Разработан алгоритм минимизации целевых функций, основанный на комплексировании методов градиентного спуска и золотого сечения, исследована его сходимость и устойчивость по отношению к случайному шуму во входных данных. Численными экспериментами установлена предельная глубина горных работ, при которой возможно использовать данные космической геодезии для реализации предложенного метода.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 12-05-00843) и Интеграционного проекта СО РАН № 14.

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Голиков Н.А., Мелкозерова С.Н.
ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Проанализированы литературные данные по изменению фильтрационных свойств пород земной коры при изменении напряженного состояния пород. Проведено сопоставление собственных экспериментальных данных об изменении пористости и проницаемости осадочных пород и литературных данных о проницаемости пород земной коры с ростом горного давления. Выполненные сопоставления показывают, что для большинства пород земной коры закон изменения проницаемости под влиянием горного давления до определенных пределов подобен законам изменения проницаемости осадочных (терригенных пород). Полученные данные могут помочь пониманию геологических процессов, происходящих в земной коре при участии динамически активных флюидов.

ВЛИЯНИЕ УЧЁТА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОКРЕСТНОСТИ СКВАЖИНЫ НА КАРОТАЖНЫЕ ДИАГРАММЫ ВИКИЗ И БКЗ

Нестерова Г.В.¹, Ельцов И.Н.¹, Назаров Л.А.², Назарова Л.А.²
¹ *ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск*, ² *ИГД СО РАН, г. Новосибирск*

При бурении вертикальной скважины в её окрестности возникают и претерпевают эволюцию зоны необратимых деформаций, вызывающие изменение фильтрационно-ёмкостных характеристик среды. Изменение пористости и проницаемости вблизи скважины, в свою очередь, меняет процесс проникновения фильтрата бурового раствора в пласт, распределения водонасыщенности и солёности, а, следовательно, и удельного электрического сопротивления, фиксируемого комплексом электромагнитных (ВИКИЗ) и электрических (БКЗ) измерений в скважинах. Учёт изменения пористости и проницаемости в зоне возможных деформаций вблизи скважины уточняет модель гидродинамических процессов в окрестности скважины и улучшает интерпретацию скважинных измерений и электродинамическую модель околоскважинного пространства. Были исследованы эффекты, возникающие при учёте геомеханических процессов, и оценено их влияние на электрические и электромагнитные измерения в скважинах. Кривые БКЗ более чувствительны к изменению геомеханических параметров на рассматриваемых временах, чем кривые ВИКИЗ. Параметры геомеханических моделей определялись по данным геофизических исследований в скважинах месторождений Западной Сибири и измерениям на керне, проведённым в центре коллективного пользования ИНГГ СО РАН и ИГД СО РАН.

ГАММА-РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ БЛОКОВ И ЗАКОН РИХТЕРА-ГУТЕНБЕРГА

Копейкин А.В.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Работа посвящена исследованию дисперсионного уравнения для сред со структурой, в которых линейный размер неоднородности подчиняется гамма-распределению. Контрастные микронеоднородные среды деформируются не так как их сплошные аналоги, что приводит к новым уравнениям движения. На основе этих уравнений получен спектр пространственных частот для упругих волн, распространяющихся в контрастных микронеоднородных средах. Этот спектр является дискретным. Кроме вещественных, волновое число может принимать и комплексные значения, что может приводить либо к катастрофическим событиям (рост амплитуды), либо к затуханию волн. Распределение числа комплексных корней в зависимости от удельной поверхности пор и трещин напоминает закон повторяемости землетрясений Рихтера-Гуттенберга. В работе получен спектр волнового уравнения в том случае, когда размер структуры не является фиксированной величиной, а подчиняется гамма-распределению. Зависимость числа комплексных корней от удельной поверхности при различных значениях параметра гамма-распределения позволяет уточнить известный закон Рихтера-Гуттенберга.

МОДЕЛИ МЕДЛЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ТЕОРИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО КОНТИНУУМА

Прилоус Б.И.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

В модели структурированного континуума, разработанной Сибиряковым Б.П., появляются новые уравнения движения, следствием которых является возможность существования волн с предельно малыми скоростями, ничем не ограниченными снизу. Такие явления, как медленные землетрясения, не только доказывают, что разломы могут способствовать появлению разрывов в широком диапазоне временных масштабов, но и о том, что сама их медленность может быть обусловлена скоростью распространения разрыва. Для объяснения механизмов медленных движений разломов были предложены различные уравнения состояния, учитывающие структуру порового пространства. Показано, при каких параметрах порового пространства возможно возникновение т.н. «медленных землетрясений».

РАЗНООБРАЗИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ НАВЕДЁННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В КУЗБАССЕ

Еманов А.Ф. ^{1,2}, **Фатеев А.В.** ^{1,2}, **Лескова Е.В.** ^{1,2}, **Еманов А.А.** ^{1,2}
¹ *ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск,* ² *АСФ ГС СО РАН, г. Новосибирск*

В районе Кузбасса добыча полезных ископаемых оказывает сильнейшее воздействие на недра и последние отзываются активизацией опасных сейсмических процессов. Рассмотрены результаты экспериментальных работ с временными сейсмическими станциями в окрестности различных горнодобывающих предприятий: районы шахт с добычей угля механическим способом - лавами; районы шахт, где добыча угля не ведётся; район аварийной зоны на шахте «Распадская»; в окрестностях карьеров с добычей угля взрывным способом. Получены характеристики проявлений наведённой сейсмичности в разных районах Кузбасса и при разных способах добычи угля. Изучались основные характеристики разных типов сейсмичности и факторы влияющие на протекание сейсмического процесса. Установлено определяющее влияние вибрации при условии откачивания флюидов из горных выработок на развитие наведённой сейсмичности. Принципиально новым результатом является обнаружение наведённой сейсмичности в окрестности крупнейших карьеров. Одно из таких событий оказало ощутимое сейсмическое воздействие на все городка Кузбасса.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПАССИВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНЕ ЭПИЦЕНТРА ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Дергач П.А., Дучков А.А., Куликов В.А.
ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

На юге Республики Алтай в 2003 г. произошло сильное землетрясение с магнитудой 7.3 и эпицентром в районе поселка Бельтир. ИНГГ СО РАН совместно со СНИИГГиМС регулярно проводят работы по сейсмическому мониторингу в районе эпицентра этого землетрясения. В работе обсуждаются методы и представлены результаты обработки пассивного сейсмического мониторинга, проводившегося в период с 2007 по 2010 гг.

Была проведена предварительная обработка, анализ и сортировка сейсмограмм на четыре класса событий: удаленные события (с фронтом близким к плоской волне), одиночные события (интерпретировались как глубинные), техногенные и природные помехи (автомобили, грозы, шумы на профиле), сейсмограммы без каких-либо визуально заметных событий (микросейсмический шум). Сейсмограммы из последней группы были обработаны методом эмиссионной томографии.

Для одиночных событий была показана их поверхностная природа. Данный вывод является однозначным по данным 2008 года, когда наблюдения проводились на двух пересекающихся профилях. На годографах удаленных событий были выделены аномалии, которые позволяют судить о наличии низкоскоростной аномалии для субвертикально распространяющихся волн. Приведены суммарные результаты локации методом эмиссионной томографии для 2007, 2008 и 2009 годов и произведено их сравнение.

Работа проводилась при частичной поддержке в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (ГК № 14.740.11.0425 от 04.10.10 и ГК № П1178 от 03.06.2010).

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЧУЙСКО-КУРАЙСКОЙ ЗОНЕ.

Лескова Е.В.^{1,2}, Еманов А.А.^{1,2}

¹ ИИГГ СО РАН, г. Новосибирск, ² АСФ ГС СО РАН, г. Новосибирск

Приводится попытка выделения двух иерархических уровней поля тектонических напряжений на основе данных о положении гипоцентров с точностью локации до сотен метров – первых километров и механизмов их очагов в широком диапазоне энергий. Исследования по реконструкции современного поля напряжений на основе фокальных механизмов землетрясений выполнены с использованием метода катакластического анализа (МКА), разработанного и внедренного Ю.Л. Ребецким, на локальном участке Алтая - в Чуйско-Курайской зоне, в области охваченной афтершоками Чуйского землетрясения 2003 года.

Полученные в результате реконструкции параметры полей напряжений для двух выделенных групп событий ($5.3 \geq M_s \geq 3.8$ (82 афтершока) и $3.7 \geq M_s \geq 1.0$ (420 афтершоков)) позволяют говорить о выявлении иерархических закономерностей напряженного состояния земной коры в Чуйско-Курайской зоне. Поле напряжений, полученное по сильным событиям, проявляет устойчивую однородность геодинамического режима во всей исследуемой зоне, в то время как поле, рассчитанное по более слабым землетрясениям, характеризуется изменениями параметров в соответствии с локальными неоднородностями.

Можно предполагать, что в механизмах очагов сильных землетрясений отражается разрушение больших масштабных геологических структур; на следующем (более низком) иерархическом уровне геологическая структура более раздроблена, и эта раздробленность должна отражаться в изменении типов подвижек. Для проверки этого утверждения каталог механизмов очагов был проанализирован на устойчивость типов подвижки в зависимости от энергии землетрясений, в результате чего были выявлены 2 основных интервала стабильного соотношения числа землетрясений в зависимости от типа механизмов очагов: $1.3 \leq M_s \leq 4$ и $4.2 \leq M_s \leq 5.3$. Точка, соответствующая магнитуде $M_s = 4.1$, является как бы переходной между двумя уровнями. Эти интервалы с точностью до величины погрешности определения магнитуд соотносятся с выделенными независимо локальными полями напряжений, что может свидетельствовать о возможности применения данного подхода к анализу фокальных механизмов с целью выделения на их основании масштабных уровней поля тектонических напряжений.

ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ ЗА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТЬЮ НА КРУПНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Еманов А.А. ^{1,2}, Еманов А.Ф. ^{1,2}, Селезнёв В.С. ³, Бах А.А. ², Янкайтис В.В. ²,
Красников А.А. ², Корабельщиков Д.Г. ², Дураченко А.В. ²

¹ ИИГГ СО РАН, г. Новосибирск, ² АСФ ГС СО РАН, г. Новосибирск,

³ ГС СО РАН, г. Новосибирск

Современный уровень развития сейсмологии и инженерной сейсмологии требует пересмотра концепции контроля за сейсмической опасностью. Основными задачами в обеспечении сейсмической безопасности являются: Мониторинг крупных землетрясений в удалённой зоне (сотни км), способных оказать сейсмическое воздействие на предприятие; мониторинг сейсмических событий средних энергий на удалениях в десятки км; фиксация наведённой сейсмичности на территории предприятия; анализ сейсмического воздействия на площади предприятий; инженерно-сейсмологический мониторинг особо ответственных зданий и сооружений.

Основой изменения существующих подходов к оценке сейсмической опасности является формирование совместной системы сейсмологических и инженерно-сейсмологических наблюдений, включающей в себя: центр сбора и обработки станций с математическим обеспечением; сеть станций, являющихся элементами центра и имеющих в своём составе математическое обеспечение, являющееся составной частью программ центра; локальные сети для контроля за техногенной сейсмичностью, совместимые с региональными сетями и подключенные в центр; сети станций других регионов и иностранных государств; система сбора информации, обеспечивающая запаздывание данных на первые секунды в центр; система контроля качества данных сети и удалённой калибровки станций; инженерно-сейсмологические системы мониторинга на крупных и опасных объектах.

На основе объединения региональных сетей станций с локальными сетями крупных предприятий (ГЭС, Шахт, Карьеров и др.) удалось создать систему, позволяющую оперативно решать следующие задачи:

- Оповещать о землетрясениях всех участников совместной системы о координатах и энергии землетрясений через 1-2 минуты после толчка в очаге.
- Для крупных предприятий и городов оповещение о сейсмическом событии приходит на несколько минут раньше, чем дойдут сейсмические волны до этого объекта.
- Совместно с оповещением о событии рассылается карта с эпицентром и изолиниями бальности, что позволяет до прихода сейсмических волн иметь информацию о предполагаемой сотрясаемости промышленного объекта.
- После прохождения волн от землетрясения через сеть станций рассылается карта реальной сотрясаемости территории и крупных объектов. Задержка в несколько минут относительно времени пробега волн через территорию.
- В случае создания на предприятии системы инженерно-сейсмологического мониторинга, включенной в общую систему обработки, даётся информация о наличии или отсутствии повреждений на объекте. Скорость

предоставления такой информации несколько минут после прохождения волн через объект.

Основными принципами контроля за сейсмической опасностью на крупных предприятиях следует считать следующее:

- Интегрированность сетей разных уровней в единую для проведения автоматической обработки данных с оповещением об опасности за первые минуты.
- Взаимная увязанность разных задач сейсмологического мониторинга.
- Перестраивание алгоритмов обработки данных с логики человека на логику компьютера.
- Скоростная передача информации от станций к центру и результатов обработки назад.
- Построение высококачественных необслуживаемых станций по принципу: лучше меньше, да лучше.

Перспективным шагом является разработка алгоритмов, осуществляющих оценку состояния региона за время близкое к реальному. Расчёты текущих во времени карт напряжённого состояния, изменений во времени скоростной модели, карт параметров сейсмического режима и переход к модели сейсмической опасности, меняющейся во времени.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ПО МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОМУ ПОЛЮ (ДААННЫЕ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ)

Колесников Ю.И., Федин К.В.
ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

В работе на данных трехмерного физического моделирования исследуются возможности определения резонансных свойств верхней части разреза (ВЧР) по записям микросейсм. Для получения и обработки экспериментальных данных применялась лабораторная модификация развиваемой в последние годы методики выделения стоячих волн из микросейсмического поля, регистрируемого на плотной системе наблюдений с использованием малоканальной аппаратуры. Показано, что реализованный в данной методике пересчет разновременных записей в «квазисинхронные» данные позволяет в значительной мере нивелировать искажения, связанные с нестационарным характером микросейсмического поля. Экспериментально исследовались модели ВЧР нескольких видов (слой постоянной мощности, выклинивающийся слой, приповерхностные неоднородности типа шарового и цилиндрического сегментов). Кроме моделей ВЧР на толстом однородном слое, были исследованы модели ВЧР с горизонтально-неоднородной подстилающей толщей, состоящей из двух блоков, разделенных вертикальной границей. Показано, что рассматриваемая методика позволяет по зарегистрированным на поверхности ВЧР микросейсмам исследовать распределение частот и амплитуд отдельных мод стоячих волн на участке, где проводятся измерения. Карты спектральных амплитуд, построенные для фиксированных частот, могут быть использованы для выделения участков с повышенными для данных частот резонансными свойствами.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ И МЕТОДА ПРОНИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Немирович-Данченко М.М.
ТФ ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

В последнее время значительно возрос интерес к разработке методов, позволяющих по данным сейсморазведки обнаруживать зоны повышенной пористости и трещиноватости. Для этого обычно используют первичные данные многоволновой сейсморазведки. В тоже время имеется большое число площадей, на которых в свое время были выполнены работы по стандартной 2d сейсморазведке. Поэтому в работе предлагается совокупность способов обработки временных разрезов стандартной 2d сейсмике, позволяющая выявить вероятные зоны повышенной пористости и трещиноватости. Для этого созданы алгоритмы для конволюционной фильтрации в скользящем окне с ядрами по методу Прони и методу Фурье. При использовании метода Фурье построен неадаптивный алгоритм с фильтрацией по маске. Тестовое применение фильтрации на реальном разрезе показало принципиальную возможность выявления зон повышенного содержания углеводородов на сейсмических временных разрезах. Проведены модельные расчеты полного волнового поля в трещиноватых средах для двух моделей поведения среды – идеально упруго-хрупкого и упруго-хрупко-пластического. Проанализировано изменение спектральных свойств сигнала при прохождении через зону с трещинами. Показано, что для модели идеально упруго-хрупкой среды спектр Фурье сигнала при прохождении через трещиноватую зону обогащается высокими частотами. Для модели упруго-хрупко-пластической среды максимум огибающей амплитудного спектра смещается в область низких частот, общая спектральная плотность энергии снижается. Эти факты и легли в основу создания алгоритмов фильтрации. Работа выполнена при поддержке СО РАН, интеграционный междисциплинарный проект № 127.

ПАССИВНЫЙ МОНИТОРИНГ РАЗНЕСЕННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ ГРУППАМИ

Бортников П.Б.
ЮНИИИТ, г. Ханты-Мансийск

Из опыта использования пассивного сейсмического мониторинга с целью изучения месторождений углеводородов обсуждаются положительные и отрицательные стороны различных методов полевых наблюдений, выделения полезного сигнала, выбора моделей сред, методов решения обратной кинематической задачи. Определяются требования к регистрирующей аппаратуре. Рассматриваются конкретные прикладные задачи и корректность их решения. Приводятся примеры удачных и неудачных решений задачи определения положения зоны разрушения при производстве гидроразрыва пласта. Рассматриваются принципы построения систем наблюдений при локации источников сигналов. Обсуждаются перспективы развития метода в нефтегазодобывающей отрасли.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАТАКЛАСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ПОВТОРНЫХ ТОЛЧКОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ И АЛТАЯ-САЯН.

Ребецкий Ю.Л.¹, Кучай О.А.²

¹ ИФЗ РАН, г. Москва, ² ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Для реконструкции современного поля напряжений за счет афтершоковых последовательностей Алтайского (27 сентября 2003г., $M = 7.3$, $\Phi = 50.061^\circ$, $\lambda = 87.966^\circ$) и Бусингольского землетрясений (27 декабря 1991г. $M = 6.5$, $\Phi = 51.1^\circ$, $\lambda = 98.13^\circ$), произошедших в Алтае-Саянской горной области, а также Маркансуйского (11 августа 1974г. $M = 7.3$, $\Phi = 39.4^\circ$, $\lambda = 73.9^\circ$) и Алайского (1 ноября 1978г. $M = 6.8$, $\Phi = 39.4^\circ$, $\lambda = 72.6^\circ$) землетрясений, зарегистрированных в зоне перехода от Памира к Тянь-Шаню, использовался катакластический метод Ю.Л.Ребецкого [1]. В расчетах принимали участие механизмы 43 афтершоков Бусингольского землетрясения (1991-1994гг. с $M \geq 3.3$), 225 афтершоков Алтайского землетрясения (2003-2007гг. с $M \geq 3.3$), 58 афтершоков Маркансуйского очага (1974-1975гг. с $M \geq 4.4$), 122 афтершока Алайского события (1978-1979гг. с $M \geq 3.3$), определенные по методике [2,3]. В результате восстановления полей напряжений, полученных за счет афтершоков разных магнитуд (афтершоки Алтайского и Бусингольского землетрясений), проявилась несоосность в ориентации осей максимальных девиаторных напряжений, которая может свидетельствовать об отсутствии подобия поля напряжений разных масштабных уровней. Поля напряжений по слабым Алтайским и Бусингольским афтершоковым последовательностям обнаруживают свойство изменения ориентации осей главных напряжений по разные стороны сдвиговых разрывов. Интересные особенности проявились при анализе поля напряжений Алайских афтершоков. За первую декаду после главного события ориентация осей максимальных девиаторных напряжений, полученная по афтершокам с $M \geq 3.3$, согласуется с ориентацией оси P и T механизма очага самого Алайского землетрясения и с региональным полем напряжений. Спустя десять дней за весь остальной рассматриваемый период (с 11 ноября 1978г. по 1 ноября 1979г.) происходит переориентация осей: преимущественное направление осей сжатия меняется с СЗ (в первой декаде) на СВ, осей растяжения с СВ на СЗ. Результаты, полученные при расчете сейсмоструктурных деформаций методом [4] по данным механизмов очагов предшествующих сильным землетрясениям, выявили следующие особенности. Деформации, накопленные не менее чем за 10 лет до рассматриваемых сильных землетрясений, показывают, что в области их подготовки начало вспарывания начинается в пределах условной границы, разделяющей положительные и отрицательные величины в поле широтной, меридиональной и вертикальной компонент сейсмоструктурных деформаций.

Литература:

1. Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность природных массивов. М.: ИКЦ «Академкнига» 2007, 406 с.
2. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М., Наука, 1969, 136 с.
3. Юнга С.Л. О механизме деформирования сейсмоактивного объема земной коры // Изв. АН СССР, Физики Земли, 1979, № 10, С.14–23.
4. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985, 408с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАНТИЙНЫХ ПЕРИДОТИТОВ ИЗ ТРУБКИ УДАЧНАЯ

Кульков С.Н.¹, Похиленко Л.Н.², Суворов В.Д.³, Стефанов Ю.П.¹
¹ ИФПМ СО РАН, г. Томск, ² ИГМ СО РАН, г. Новосибирск,
³ ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Целью лабораторного изучения свойств образцов мантийных перидотитов является получение упруго-пластических характеристик, которые можно будет сравнить с данными о скоростях продольных, поперечных волн и плотностью по данным ГСЗ, подземных ядерных взрывов и гравитационного поля. Представляются предварительные результаты, полученные при одноосном нагружении.

Экспериментальные исследования проведены на образцах перидотитов с различным средним размером зерна и различной степенью деформации. Использовались выпиленные кубики со стороной около 10 мм и отшлифованные до плоскопараллельности не хуже 0.1° . Затем на испытательной машине Instron-1185 образцы нагружались со скоростью деформации $3.2 \cdot 10^{-4} \text{ сек}^{-1}$.

Рентгеновские данные показали сильную текстурированность как для крупно-, так и для мелкокристаллических образцов, об этом можно судить по существенно изменяющейся интенсивности линий для разных сторон куба при сохранении углового положения. Расшифровка рентгенограмм показала, что это смесь оливина, пироксена, шпинели, возможно, присутствует гранат.

Крупнокристаллический образец имеет предел прочности при сжатии 48 МПа и упругую деформацию 0.2%, за которой начинается область разрушения. Эффективный модуль упругости равен 14.7 ГПа. Мелкокристаллический образец имеет другой тип диаграммы нагружения - упругая деформация также около 0.2%, но за ней начинается, по аналогии с металлическими материалами, область деформационного упрочнения и при проводимых условиях эксперимента разрушения образца не происходит практически до деформации 2% и напряжения 90 МПа. Эффективный модуль упругости в нем равен 22.0 ГПа.

Особо следует отметить принципиально разный характер разрушения крупно- и мелкокристаллических образцов: в крупнокристаллическом материале происходит множественное, «объемное» разрушение по всем составляющим крупным фрагментам, в то время как для мелкокристаллического образца разрушение локализовано в центре и развивается по направлениям близким к максимальным касательным напряжениям.

ТУВИНСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (27.12.2011, $M_L=6.7$) и (26.02.2012, $M_L=6.8$) и ИХ АФТЕРШОКИ

Еманов А.Ф.^{1,2}, Еманов А.А.^{1,2}, Лескова Е.В.^{1,2}, Селезнёв В.С.³, Фатеев А.В.^{1,2},
Подкорытова В.Г.², Ворона У.Ю.², Шевкунова Е.В.², Радзиминович Я.Б.⁴,
Гилёва Н.А.⁵, Масальский О.К.⁵

¹ ИИГТ СО РАН, г. Новосибирск, ² АСФ ГС СО РАН, г. Новосибирск,

³ ГС СО РАН, г. Новосибирск, ⁴ ИЗК СО РАН, г. Иркутск,

⁵ БФ ГС СО РАН, г. Иркутск

27 декабря 2011 г. в 15 ч. 21 мин. 55.31 с по Гринвичу на территории Республики Тыва произошло землетрясение с магнитудой по шкале Рихтера $M_L = 6, 7$ (координаты эпицентра 51,82 с.ш., 95,93 в.д., глубина 17 км), эпицентр которого расположен в районе хребта Академика Обручева. Протяженность хребта составляет около 250 км, наивысшая точка – 2895 м над уровнем моря. Он состоит из нескольких горных цепей более мелкого масштабного уровня и сложенных, главным образом, гранитами, кристаллическими сланцами и песчаниками. Эпицентр Тувинского землетрясения географически приурочен к хребту Час-Тайга. Данное землетрясение сопровождалось большим количеством афтершоков.

26 февраля 2012г. на южном окончании афтершоковой области, сформировавшейся после первого Тувинского землетрясения, произошло второе Тувинское землетрясение с магнитудой по шкале Рихтера 6,8 (глубина 8 км), изменившее как энергетические, так и пространственные характеристики общего афтершокового процесса для данной пары крупнейших землетрясений Тувы. Второе землетрясение – взброс.

Афтершоковый процесс после второго Тувинского землетрясения распространился далее в южном направлении, наблюдается ещё и появление активизированной области с западной стороны в виде активизированной сублинейной зоны под острым углом примыкающей к основной линейной зоне афтершокового процесса.

Южнее второго землетрясения мы наблюдаем существенное разветвление афтершокового процесса. Фактически, если после первого землетрясения активизировалась узкая зона Каахемского разлома, с ограничивающими процесс с севера активизированными поперечными разломами, то второе землетрясение активизировало грани блоковой структуры наиболее интенсивно к югу и менее выражено с запада от Каахемского разлома.

ИНВЕРСИОННАЯ МОДЕЛЬ ЦИКЛОГЕНЕЗА И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Бейзель А.Л.

ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

В последние годы автором разработана инверсионная бассейновая модель образования осадочных циклов (ИБМ), основанная на широко известной концепции географических циклов (ГЦ) – циклов преобразования рельефа континентов. ГЦ состоит из двух фаз – омоложения рельефа за счет тектонических движений и его последующего выравнивания экзогенными процессами. Традиционно ГЦ ограничиваются только сушей, тогда как ИБМ распространяет их действие на морские акватории. Инверсионный аспект заключается в следующем: на суше молодому рельефу отвечают грубые осадки, а пенепленизированному – тонкие, тогда как в морских разрезах обновленному рельефу соответствуют глинистые толщи, а выровненному – песчаные. В береговой барьерной зоне происходит трансформация проциклитов в рециклиты. Поверхность выравнивания (ПВ) как вещественное выражение ГЦ в континентальных фациях проходит в кровле глин, а в морских – в их подошве. Установление аналогов ПВ в морских разрезах открывает новые возможности для анализа динамики тектонических процессов. Во-первых, возникает новое представление о динамике внутри цикла, а во-вторых, тектонические фазы более точно датируются, в том числе в межрегиональном масштабе. Известный канон Г. Штилле, утверждающий кратковременность и синхронность тектонических фаз, был фактически дезавуирован последующими поколениями специалистов. Получили распространение представления о большой длительности этих фаз, а также широкой гетерохронности тектонических событий на разных континентах. Каким образом при этом определяется возраст тектоно-магматических событий, часто остается неизвестным. Между тем, никакие методы абсолютной геохронологии и другие методики не могут конкурировать с биостратиграфией по своей разрешающей способности и корреляционному потенциалу. Имеется множество примеров глинистых толщ, выдержанных в субглобальном масштабе, которые в настоящее время трактуются как свидетельства эвстатических событий в Мировом океане. Применение ИБМ позволяет рассматривать их как отражение единовременных тектоно-магматических фаз. Таким образом, в значительной степени мы возвращаемся к исходным представлениям Штилле.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ.
ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН НЕУПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВОКРУГ СКВАЖИН И ТУННЕЛЕЙ**

Стефанов Ю.П.¹, Бакеев Р.А.¹, Ельцов И.Н.²
¹ ИФПМ СО РАН, г. Томск, ² ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Представлены результаты численного моделирования деформирования образцов горных пород и формирования зон неупругой деформации вокруг скважин и туннелей в пористых средах. Показаны наиболее типичные картины локализации при развитии деформации в режимах дилатансии и компакссии.

На больших глубинах, тем более в высокопористых породах, содержащих флюид, вокруг скважин и туннелей всегда имеются зоны пластической деформации, зоны дилатансии и компакссии. Расчеты показали, что в условиях равноосного в плоскости нагружения, в зависимости от свойств среды, нагрузки и порового давления, возможно формирование концентрических зон дилатансии и компакссии, а также спиральных зон локализованного сдвига с преобладанием деформации в режиме дилатансии. В условиях неравноосного нагружения, когда одна из компонент напряжений больше другой, наблюдается образование полос уплотнения ортогональных оси наибольшего сжатия, по типу антитрещины, или лепестков неупругой сдвиговой деформации с дилатансией и очагами уплотнения вблизи скважины.

Описание деформации за пределом упругости осуществлялось в рамках модели с комбинированной поверхностью предельного состояния и неассоциированным законом течения. Моделирование осуществлялось в 2D и 3D постановках.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 11-05-00661-а) и интеграционного проекта СО РАН № 89.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА "EXPERT EARTHQUAKE DATA BASE" – СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дядьков П.Г., Михеева А.В.
ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Дается краткое описание геоинформационной системы EEDB (Expert Earthquake Data Base), которая разработана в лаборатории естественных геофизических полей ИНГГ СО РАН.

Логическая структура геоинформационной системы EEDB представляет собой совокупность взаимодействующих между собой 3-х программных блоков: сейсмологической базы данных, географической подсистемы и подсистемы анализа данных. Поскольку развитие сейсмических процессов в локальной области или в регионе должно рассматриваться с учетом процессов, происходящих на региональном, мегарегиональном и, в ряде случаев, на глобальном уровнях, в сейсмологическую базу данных системы EEDB были включены как глобальные, так и региональные каталоги землетрясений. В частности, для пространственно-временного исследования районов Центральной Азии используются региональные каталоги Алтае-Саянской области, Байкальского региона, Республики Казахстан и Китая, которые постоянно пополняются новым материалом.

Кроме стандартных методов анализа сейсмического режима в систему включены новые методы, такие как: распознавание линейных структур по распределению событий на площади с целью обнаружения зон активных разломов; выявление зон сейсмических затиший и активизаций на основе выделения аномалий сейсмической энергии от ежегодной нормы, рассчитанной за длительный интервал времени. Модифицированы некоторые методы выделения афтершоков и роев. Алгоритмически реализован метод обнаружения взаимосвязанных событий на основе выявления отклонений в распределении количества случаев с различным интервалом времени между соседними по времени событиями от распределения закона Пуассона для случайных величин.

В последнее время программно реализованы методы выделения жестких структурных элементов литосферы по интенсивности сейсмической активности, позволяющие в тоже время количественно отслеживать изменения в выделении сейсмической энергии в складчатых областях между этими жесткими тектоническими структурами.

Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 01042, 4-1 Президиума РАН, МИП СО РАН 90, 76, 73. Авторы выражают благодарность за предоставление каталогов землетрясений Байкальскому, Алтае-Саянскому и Якутскому филиалам ГС СО РАН, а также Сейсмологической экспедиции Института сейсмологии Республики Казахстан.