

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛЕ СОВРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ СРЕДНЕЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Р.С. Алексеев, МГУ, Ю.Л. Ребецкий, ИФЗ РАН

В настоящей работе будут представлены результаты реконструкции напряженного состояния для Средней и Юго-Восточной Азии, выполненные МКА в разное время. Первая реконструкция осуществлялась в середине 90-х годов прошлого века [Rebetsky et al., 2007], когда программный алгоритм МКА только разрабатывался и в большей своей части носил следы своего предшественника – кинематического метода О.И.Гущенко. В то время МКА был одноэтапный и позволял определять только параметры эллипсоида напряжений. Новая реконструкция напряжений этого района выполнялась в рамках курсовой и дипломных работ студента физического факультета МГУ Р.С.Алексеева [Ребецкий, Алексеев, 2011, 2012]. В настоящей статье мы представим и сравним результаты обеих реконструкций.

На основании данных об ориентации осей главных напряжений и значениях коэффициента Лодж-Надаи были рассчитаны направления действия касательных напряжений на подошве горизонтальных площадок с нормальными к центру Земли – поддвиговые касательные напряжения. Они показали, что поддвиговые усилия на подошве океанических литосферных плит ориентированы от океана к континенту, что подтверждает правомерность рассмотрения деформационных процессов в областях океанических желобов с позиций тектоники плит. В пределах узкой зоны Памиро-Гималайской области коллизии ориентация этих поддвиговых усилий также соответствует концепции активных подкоровых потоков, являющихся источником субмеридионального движения Индийской плиты. Характерным здесь является отсутствие сколько-нибудь устойчивой картины направлений действия касательных напряжений на подошве континентальной литосферы Юго-Восточной Азии в пределах центральной и восточной ее частей. Это может быть объяснено тем, что здесь внешними активными деформирующими усилиями являются не конвекционные потоки в мантии, а субгоризонтальное давление в литосферной плите, передаваемое со стороны зон коллизии и субдукции.

СКОВОРОДИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 2011 ГОДА: АФТЕРШОКИ И МОДЕЛЬ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ ВРЕМЕННОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ.

Л.Д. Николаев, leni89@mail.ru, ИФЗ РАН

Землетрясение в Сковородино произошло 14 октября 2011 года в юго-восточной Сибири недалеко от границы с Китаем. Оно имело магнитуду $M_w=6.0$, которая близка к максимально ожидаемой величине этого региона. Вызванная последовательность афтершоков была достаточно интенсивной.

Главное событие и более чем 1000 афтершоков были зафиксированы локальной временной сейсмической сетью ИФЗ РАН. Станции были расположены на расстояниях от 20 до 200 километров от эпицентра.

Первоначальные положения гипоцентров определялись при помощи программы HYPOCENTER. Однако результаты расчетов показали невысокую точность локации, поэтому была предпринята попытка уточнить как координаты гипоцентров, так и скоростную модель среды с помощью программы VELEST.

Это позволило существенно увеличить точность определения координат гипоцентров и предложить более детальную модель скоростной среды для этого района юго-восточной Сибири.

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ АФТЕРШОКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА

С.Н. Родина, rodina@ifz.ru, А.И. Лутиков, ail@ifz.ru, ИФЗ РАН

Рассмотрены афтершоковые последовательности 32 умеренных и сильных мелкофокусных землетрясений Курило-Камчатской дуги с целью поиска зависимостей между параметрами афтершокового процесса (продолжительностью во времени, суммарного скалярного сейсмического момента) и магнитудой главного события.

В ходе работы составлены сводные каталоги по данным Регионального каталога землетрясений Камчатки, сейсмологического каталога Геофизической службы, каталога землетрясений геологической службы США, каталога СМТ, а также унифицированного каталога землетрясений Северной Евразии. Размеры афтершоковых областей выделялись визуальным способом. Длительность афтершокового процесса оценивалась по временному ряду высвобождения скалярного сейсмического момента. Считалось, что процесс завершен в случае его выхода на фоновое значение, либо в случае отсутствия зарегистрированных событий в течение 1 месяца.

Проведенный анализ позволил выявить корреляционные зависимости между суммарным скалярным сейсмическим моментом афтершокового процесса от магнитуды главного события M_w : $\lg(M_{0cum\ aft})=1.55M_w+7.10$ при $R_c=0.931$, а также зависимость продолжительности афтершокового процесса от магнитуды главного события M_w : $\lg T_{aft}=0.645M_w-2.394$ при $R_c=0.879$.

Важно отметить, что в связи с различиями геодинамической и тектонической обстановок для разных районов подобные зависимости будут отличаться от региона к региону.

Таким образом, используя полученные корреляции, появляется возможность заранее оценивать длительность афтершокового процесса и его суммарный скалярный сейсмический момент для землетрясений Курило-Камчатского региона.

КОМБИНИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АХТЫРСКОГО РАЗЛОМА ДВУМЯ РАЗЛИЧНЫМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

А.В. Смагличенко, Л.А. Сим, А.В. Горбатилов, ИФЗ РАН

Значительно расширить наши представления о сложной структуре зон разломов помогает комбинированное использование геофизических методов. Известно, что сейсмическая томография имеет ограничения, связанные с ее применением, и поэтому не всегда ее результаты являются однозначными. В качестве инструмента интерпретации томографических изображений предлагается использовать структурно-геоморфологический метод, разработанный Л.А.Сим, который применяется для определения сдвиговых напряжений. Исходными данными для метода были карты, построенные с помощью фотоснимков, спутниковой системы национальной администрации авиации и космоса США (NASA). Наблюдения NASA проводились в течение последних 3 лет. Масштаб карт был увеличен с помощью компьютерной графики до такой степени, чтобы на исследуемой площади были отчетливо видны все детали, в частности прямолинейные элементы рельефа, или мегатрещины, необходимые для реконструкции сдвиговых тектонических напряжений. Объектом исследования является зона Ахтырского разлома, расположенного в зоне низкой сейсмической активности, но являющегося в Черноморско-Кавказском регионе одним из самых сложных по своему строению. Сложность структуры разлома в том, что он имеет множество разветвлений, подходящих к поверхности. Ему принадлежит важная роль в разделении складчатых структур Кавказа от Предкубанского прогиба. Томографические изображения поверхностной структуры были получены методом микросейсмического зондирования, разработанным и примененным А. В. Горбатиловым по данным микросейсм. Наблюдения также проводились в течении последних 3 лет по трем профилям, расположенным перпендикулярно линии разлома в горной местности. Начало первого профиля - в районе населённого пункта Варениковская, и имеет протяженность около 8-ми километров, окончание профиля находится между поселениями Новопокровское и Фадеево Краснодарского края. Второй профиль имеет протяжённость около 13-ти километров, берёт своё начало около посёлка Павловский и проходит через него. Наименьшим по длине, но не по значению является третий профиль, имеющий протяжённость около 1 километра и расположенный в районе села Киевское Краснодарского края, где разлом по данным геологии ассоциируется с протяженным уступом в рельефе. В ходе эксперимента расстояние между сейсмическими приемниками на первых двух профилях было около 500 метров. Для более детального исследования на третьем самом коротком профиле, расстояние между сейсмическими приёмниками было 50 метров. Результаты томографии четко показали на этом профиле присутствие вертикально расположенных неоднородностей до глубины 1 километра. В целом, данные сейсмической томографии поверхностных волн хорошо коррелируют со структурно - морфологическими проявлениями разлома, в особенности на профиле, расположенном в районе села Киевское. Мы заключаем, что сопоставление результатов двух различных методик по Ахтырскому разлому подтверждает наличие там сдвиговых компонент перемещений и позволяет дать более точное представление об их месторасположении.

ДРЕВНИЕ СИЛЬНЕЙШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ВОСТОКЕ МОНГОЛЬСКОГО АЛТАЯ.

А.С. Ларьков Las119@yandex.ru, ИФЗ РАН

В августе 2012 года сотрудниками ИФЗ РАН совместно с коллегами из Исследовательского центра астрономии и геофизики Монгольской Академии наук было проведено геолого-геоморфологическое и палеосейсмологическое изучение системы палеосейсмодислокаций разлома Ар-Хутэл на востоке Монгольского Алтая. По результатам палеосейсмологических исследований разрезов приповерхностных слоев молодых отложений в траншеях и шурфах обнаружены многочисленные следы доисторических сильных землетрясений, выражающиеся в развитии горизонтов осадков, отложившихся в приразломной области вследствие возникновения временных сейсмогенных подпрудных озер. Захороненные этими осадками палеопочвы датированы с помощью радиоуглеродного метода. Установлено, что в периоды времени около 7200, 6600, 1500 и позже 700 лет назад здесь произошли сильнейшие землетрясения с магнитудой около 8, существенно изменившие рельеф местности в эпицентральной зоне.

Учитывая весьма низкую современную сейсмическую активность зоны разломов Ховд в районе одноименных города и самона, а также существенный интервал времени с момента сейсмической активизации прошлого (250 лет), можно заключить, что в ближайшие годы возможно возникновения нового сильного землетрясения в зоне этих разломов с магнитудой порядка 7.0 и более.

Полученные данные по аналогии с результатами палеосейсмических работ, проведенных на Горном Алтае и в западной части Монгольского Алтая, могут пролить свет на проблему повторяемости сильнейших сейсмических событий в регионе Большого Алтая.

Литература

1. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. Ред. В.П. Солоненко, Н.А. Флоренсов. М.: Наука, 1985. 224 с.
2. Палеосейсмология. В 2-х томах. Ред. Дж.П.Мак-Калпин. М.: Научный Мир, 2011, 560 с.
3. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Востриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. – М.: Геос, 2002. – 224 с.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА.

Н.В. Зайцева, znv@ifz.ru, ИФЗ РАН

В ходе полевых исследований, проведенных на Северном Кавказе в 2012 г., автор собрал данные, по которым построен геологический профиль (рис.1). Профиль проходит по Военно-Осетинской дороге, начинаясь у подножья северного склона Б.Кавказа и захватывая Скалистый, Боковой и Главный хребты Кавказа. Длина профиля - 50 км. По особенностям строения Северный Кавказ здесь можно поделить на 3 зоны: первая с моноклинальным залеганием слоев, вторая – с блоковой структурой, а породы третьей зоны смяты в складки. Первая зона сложена известняками палеогена, мела и верхней юры, которые залегают в виде слоев мощностью 0,5 до 2 м, падающих на север под углом 30°. Разломы в этой части выражены изменением углов наклона слоев в крыльях, мраморизацией известняков, увеличением растительности в ослабленных зонах. Местами по разломам выработаны долины ручьев или небольших горных рек. Вторая зона представлена нижнеюрскими аргиллитами, андезитами, габбро, гранитами, палеозойскими гранитами и гранодиоритами, кремнями, сланцами. Данные породы слагают крупные блоки, приподнятые и опущенные относительно друг друга по близвертикальным разломам. В эту часть входит и зона Главного Кавказского надвига, обозначенная метаморфизованными магматическими разновидностями пород. Третья зона представлена переслаивающимися нижнеюрскими аргиллитами и алевролитами, смятыми в многочисленные наклонные складки с ориентированными на юг осями. Вдоль описанного геологического профиля был построен и глубинный разрез методом микросейсмического зондирования (А.В. Горбатиков). Материалы профиля показали, что сложное складчато-блоковое строение в трех зонах на поверхности находит отражение и в глубинной структуре земной коры.

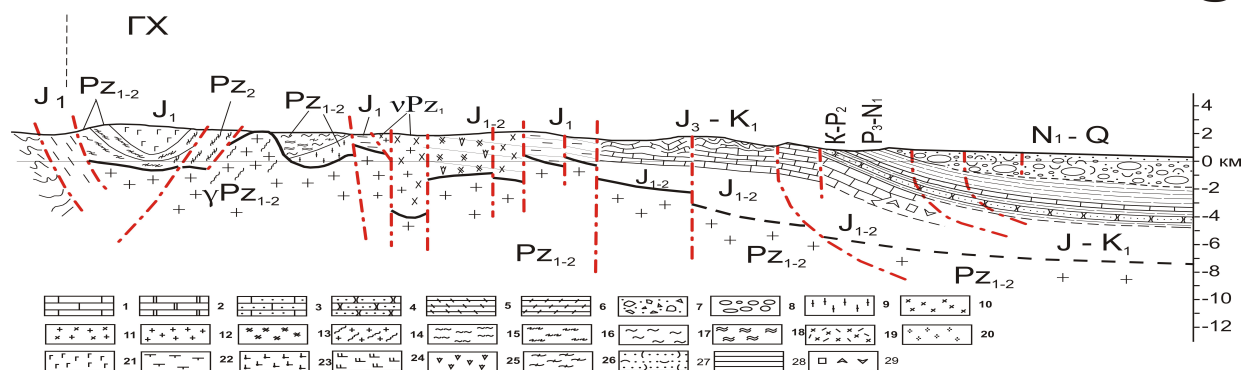


Рис. 1.– Структурно-геологический профиль вкост Северо-Осетинского сектора Б.Кавказа. Разными знаками показаны породы, слагающие три структурные зоны; индексы – возраст пород, красные штрих-пунктиры – разломы; ГХ- зона Главного хребта

СТРУКТУРНЫЕ И ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ КРИСТАЛЛИНИКУМА ЗОНЫ ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

В.А. Камзолкин , ИФЗ РАН

Породы кристаллиникума составляют часть доверхнепалеозойского основания передового хребта (ЗПХ). Большого Кавказа обнажаются в пределах Блыбского, Бескесского, Даховского и Сахрайского выступов, которые имеют ряд сходных и различных черт.

Их сходство выражается в присутствии в разрезе крупных тел серпентинитов, с которыми иногда ассоциируют тела эклогитов (Блыбский выступ, Сахрайский выступ). Также породы кристаллиникума подвержены тотальной эпидотизации, для них характерна натровая специфика [1]. В то же время по составу, степени метаморфизма и возрасту выступы могут различаться. Бескесский, Даховский и Блыбский выступы, формировавшиеся на коре промежуточного или симатического типа, характеризуются высоким уровнем метаморфизма (эклогитовая фация для Блыбского выступа [2] эпидот-амфиболитовая для Даховского и Бескесского). Породы этих трех выступов имеют среднепалеозойский возраст протолитов (354 млн. лет для Даховского; 389 млн. лет для Бескесского; 361 млн. лет для Блыбского [4]). Породы Сахрайского выступа формировались на сиалической коре, метаморфизованы в высокотемпературных и низкобарных условиях, возраст их протолитов 479 млн. лет.

Кристаллиникум ЗПХ является сложно построенным неоднородным образованием. Основная часть его протолитов имеет среднепалеозойский возраст и формировалась в условиях смешанной или симатической коры. Локально распространены породы раннего палеозоя (Сахрайский выступ). Редко встречаются породы позднепротерозойского возраста (Малая Лаба, балка Копцева, 550 млн. лет, SHRIMP по циркону).

Для наиболее крупного Блыбского выступа выявлены следующие этапы эволюции:

1. Формирование протолитов на коре промежуточного типа, с последующим захоронением до уровня низов коры.
2. Програнный метаморфизм на уровне эклогитовой фации метаморфизма, при $P_{\min}=17$ кбар, $T=630-700^{\circ}\text{C}$ [3].
3. Быстрая чешуйчатая эксгумация, сопровождавшаяся: а) наложением ретроградного метаморфизма на уровне эпидот амфиболитовой фации; б) внедрением тел гранитоидов, обусловивших тотальную альбитизацию и проявление процессов кислотного выщелачивания.
4. Тектоническое совмещение с вулканогенным урупским комплексом и их совместная деформация в условиях сжатия в СЗ, а впоследствии, в СВ направлении, с последующим наложением блоковой тектоники.

Литература

1. Гамкрелидзе И.П., Шенгелия Д.М. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. - М.: Научный мир. 2005. 460 с.

2. *Конилов А.Н., Бондаренко Г.В., Докукина К.А. Камзолкин В.А.* Сульфиды блыбского метаморфического комплекса Северного Кавказа – новый тип минералов – контейнеров высокобарных и дометаморфических ассоциаций // Геофизические исследования. 2013. Т. 14. № 1. С. 79-86.
3. *Перчук А.Л.* Метаморфизм кианитовых эклогитов урочища красная скала (Передовой хребет Большого Кавказа) // Петрология. 1993. Т. 1. № 1. С.98-109.
4. *Somin M.L.* Pre-Jurassic Basement of the Greater Caucasus: Brief Overview // Turkish J. Earth Sci. 2011. Vol. 20, N. 5. P. 545-610.

ПРОБЛЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ОКРЕСТНОСТИ ТРЕЩИНЫ СДВИГА.

А.С. Лермонтова, asyal@pochta.ru, ИФЗ РАН

Изучению поля напряжений в окрестности трещины в упругой среде посвящено множество работ. Однако многие природные разломы, изучение которых представляет практический интерес, находятся на больших глубинах, где среда находится за пределом текучести. В связи с этим представляет интерес вопрос о вычислении напряжённого состояния в окрестности трещины в ситуации, когда ещё до активизации трещины среда находилась в пластическом состоянии. В настоящем докладе будут освещены некоторые наработки в направлении решения этой задачи. Насколько нам известно, до сих пор в вопросах теории трещин предполагалось, что среда является упругой, и в результате активизации в пластическое состояние могут переходить только небольшие области вблизи кончиков трещин. Для определения границ этих областей существуют методы разной точности. В нашем случае всё наоборот: изначально пластичен весь массив, а после активизации трещины в результате перераспределения напряжений некоторые области вдоль бортов трещины могут перейти в упругое состояние.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АКТИВНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИДОННЫХ ОСАДКОВ.

С.С.Акопова, sophia.akopova@yandex.ru, ИФЗ РАН

Задачи работы: (а) Изучение принципиальной возможности решения обратной задачи лучевой сейсмической томографии для маломощного осадка при помощи имитационного моделирования. В качестве имитационных моделей – трехслойные модели с постоянными скоростями в осадках. (б) Инверсия по первым вступлениям для трехслойной имитационной модели с постоянными скоростями в слое. Применение различных моделей начального приближения. (в) Инверсия по первым вступлениям для трехслойной имитационной модели со скоростной неоднородностью в слое осадка. Применение различных моделей начального приближения. (г) Послойная инверсия по отраженным волнам для модели с постоянными скоростями в слое – восстановление границ. В качестве модели начального приближения – модель с конформными дну границами. (д) Инверсия по отраженным волнам – восстановление скоростной неоднородности в модели, с заданными границами. В качестве модели начального приближения – имитационная трехслойная модель без скоростной неоднородности. (е) Анализ возможных конфигураций источник-приемная линия, поиск оптимального заглубления приемной линии для выделения в волновом поле головных волн от различных горизонтов (морена, фундамент).

В рамках первого этапа был оценен вклад слоя осадка в волновое поле. Для этого построены три имитационные модели с различными скоростями в осадке – от приближенных к скорости в воде до приближенных к скорости в морене. В каждой из этих моделей слой осадка был заменен поочередно на равноценный слой воды и морены, и была рассчитана разница между временем прихода различных типов волн (первые вступления и отраженная от фундамента волна) в получившихся двуслойных моделях. Среднее значение этой разности накладывает требования на точность пикировки этих типов волн на полевых данных. Результаты всех инверсий по первым вступлениям представлены в виде измененных моделей начального приближения, гистограмм невязок до и после инверсии, а также графиков изменения средней невязки по итерациям.

В качестве анализа различных конфигураций заглубления источник-приемник были построены теоретические графики зависимости координаты выхода головной волны от каждой из границ от высоты приемной линии над уровнем дна и соотношения мощностей слоев.

По результатам анализа данных графиков, был выбран участок имитационной модели, где соотношение мощностей позволяет выделять в первых вступлениях головную волну от морены.

Для этого участка были решены прямые задачи и построены лучи головных волн для различных вариантов заглубления косы. Для наглядности, для каждого из вариантов заглубления были построены годографы первых вступлений, которые помогают более наглядно оценить, при каком положении приемной линии изломы годографа лучше различаются.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТОДА ЛУЧЕВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

М. Шишкина, МГУ И.Фокин, А.Григорьев, ИФЗ РАН

maryrose17@yandex.ru

Несмотря на быстрое развитие методов инверсии волновых форм, метод лучевой сейсмической томографии продолжает широко использоваться в региональных сейсмологических исследованиях. Более того, в последние годы метод начал активно применяться к решению задач разведочной и инженерной геофизики. Такая «экстраполяция» метода от регионального на локальный масштаб вызывает определённые вопросы и поднимает скрытые до сих пор проблемы, поскольку новые задачи требуют достигать разрешающей способности близкой к теоретическому пределу. В работе рассмотрена проблема адекватной оценки разрешающей способности в задачах лучевой сейсмической томографии и обобщены результаты исследований данной темы коллективом авторов.

Хорошо известно, что минимальный размер деталей строения среды (аномалий скорости сейсмических волн), которые могут быть адекватно воспроизведены методом лучевой сейсмический томографии (как и всяким другим геофизическим методом), ограничен. Этот характерный размер принято называть *разрешающей способностью* метода. Также известно, что в большинстве случаев разрешающая способность переменна в изучаемом объёме и определяется, с одной стороны – частотным составом зондирующего импульса, с другой – особенностями геометрии эксперимента (положением источников и приёмников) и строением среды. Вопрос «физического» (определяемого волновыми свойствами метода) предела разрешающей способности рассматривается на основе моделирования сейсмического волнового поля. Также рассматривается вопрос «математического» предела разрешающей способности, определяемого особенностями некорректной обратной задачи лучевой сейсмической томографии. В частности, обсуждается проблема численной оценки локальной разрешающей способности и её взаимосвязи с лучевым покрытием. В центре обсуждения — задача реконструкции скоростной структуры с адекватной разрешающей способности нерегулярной детальностью. Поставленная проблема изучается с использованием имитационного моделирования для типовой расстановки, характерной для межскважинного сейсмического просвечивания для различных классов моделей.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕН ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ Р-ВОЛН ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТРАСЫ

М.Алёшин, МГУ

Целью данной работы является создание программы, способной считывать файлы, имеющие формат SEG-Y, предназначенные для хранения сейсмологических данных, и приспособленной для реализации метода выделения времен первых вступлений сейсмических волн (First Arrival Time).

В данной программе используется подключаемые библиотечные модули:

- Unplugged.Segy.dll; [2]
- ZedGraph.dll; [3]

Представленная программа имеет возможность считывать данные формата SEG-Y, экспортировать их в ASCII формат, выводить на экран графики сейсмограмм и вручную задавать параметры, необходимые для решения поставленной задачи.

Для выделения времен первых вступлений Р-волн применяется метод анализа кривой фрактальной размерности, рассчитанной для фрагмента z-компоненты сейсмограммы. Данный метод подробно описан в статье [1]. Он является достаточно удобным, простым для понимания и наглядным, при этом позволяет с хорошей точностью решать поставленную задачу.

Программа написана на языке программирования C#.

“A fractal-based algorithm for detecting first arrivals on seismic traces”(Fabio Boschetti*, Mike D. Dentith‡, and Ron D. List)

1. Подключаемый библиотечный модуль UnpluggedSegy URL:
<https://github.com/jfoshee/UnpluggedSegy>
2. Подключаемый библиотечный модуль ZedGraph URL:
<http://sourceforge.net/projects/zedgraph/>

Основной результат исследования — вариант грид-приложения, реализующего решение задачи определения сейсмической анизотропии мантии Земли по волновым формам обменных волн. Непосредственное использование распределенных вычислительных систем применительно к этой задаче описан в статье [1], но предполагает наличие специальных навыков работы с конкретной грид-системой. Настоящая работа является реализацией одного из способов упрощения взаимодействия с грид-системами: создания грид-приложение с веб-интерфейсом. Для создания грид-приложения сначала необходимо выбрать промежуточное программное обеспечение (ПО) как один из ключевых компонентов грид-системы. Промежуточное ПО оптимизированного под определенный тип грид-систем и предоставляет собственный интерфейс для запуска заданий. Многообразие существующего промежуточного ПО потребовало проведения анализа ряда известных программных продуктов для организации распределенных вычислений (в частности: Globus Toolkit[2], UNICORE, ARC, BOINC, Askalon, GAT, QuakeSim). В результате по совокупности необходимого минимума компонентов, их сложности, а так же документированности было выбрано ПО Globus Toolkit.

На основе Globus Toolkit было разработано грид-приложение, предоставляющее исследователю удобный способ решения задачи определения сейсмической анизотропии мантии Земли по волновым формам обменных волн. Грид-приложение состоит из веб-интерфейса и средств стыковки с промежуточным ПО. Средства стыковки специфичны для выбранного промежуточного ПО и призваны дополнить недостающий функционал промежуточного ПО до уровня, необходимого для взаимодействия с пользователем посредством веб-технологий: Globus Toolkit не имеет собственного планировщика задач и, как следствие, не учитывает загруженность вычислительных систем задачами, это промежуточное ПО не следит за прогрессом выполнения задания. Эти функции были реализованы в системе мониторинга исполнения заданий грид-приложения. Кроме того, система безопасности, используемая в большинстве подобного ПО, в значительной мере осложняет его использование вследствие чего система была упразднена и была разработана замена.

Разработанный веб-интерфейс позволяет в минималистичной форме задать параметры вычислений, выполнить оценки временных затрат, отслеживать степень исполнения задания, а также предоставляет элементарные средства анализа результатов расчета. Интерфейс можно использовать не имея опыта работы с распределенными вычислительными системами.

1. Применение распределенных вычислительных систем при определении параметров сейсмической анизотропии коры и верхней мантии. Алёшин И. М. и др./ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ т.10 №4 2009 с.34-47
2. В Интернете: <http://globus.org/>

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СЕТИ СТАЦИОНАРНЫХ ПРИЕМНЫХ ПУНКТОВ

С.С. Бургучев, ИФЗ РАН

В работе описан опыт создания системы, позволяющей осуществлять сбор и обработку данных систем спутникового позиционирования с сети стационарных станций для построения модели ионосферы и дальнейшего анализа.

В настоящее время в мире имеется несколько наземных сетей станций наблюдения, наиболее крупные из которых расположены в Северной Америке и Западной Европе [2].

В Российской Федерации также проводится ряд мероприятий, направленных на построение такого рода сетей. В частности, стоит упомянуть федеральную целевую программу «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ на 2008-2015 гг.», инициировавшую и данное исследование.

Создание сети подобных станций требует решения ряда задач, направленных на организацию сбора, передачи, хранения и дальнейшей обработки данных. При этом, планируемый объем трафика с каждой из станций может достигать гигабайта в сутки, а хранилище данных должно предоставлять интерфейс для их оперативного анализа.

Нами представлено решение, основанное на использовании средств реляционной СУБД, дополненное набором разработанных программных средств, служащих для ввода-вывода данных и их анализа. Безопасный и надежный канал передачи данных организуется средствами самой СУБД. Данные хранятся в структурированном и готовом к анализу виде. Последующий доступ к собранным данным осуществляется обращением к базе с помощью утилит, разработанных на основе специально созданной библиотеки, инкапсулирующей всю сложную работу в простые манипуляции объектной моделью.

В процессе решения поставленных задач были затронуты такие темы, как анализ форматов данных систем спутникового позиционирования, масштабирование СУБД при хранении больших объемов данных, автоматизация создания программного кода и структуры базы данных посредством автоматического анализа спецификаций выбранного формата данных JAVAD GREIS [3].

Результаты работы опубликованы в статье [1].

Литература

1. Организация сбора данных систем спутникового позиционирования в сети стационарных приемных пунктов / Бургучев С.С. // Научно-техническая информация. Сер. 2, Информационные процессы и системы. 2012 - №12 - С. 28-36
2. The International GNSS Service (IGS), official website – URL: <http://igsceb.jpl.nasa.gov>
3. JAVAD GNSS Receiver External Interface Specification (GREIS), March 13, 2012 – URL: http://javad.com/downloads/javadgnss/manuals/GREIS/GREIS_Reference_Guide.pdf

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВЕБ-СЕРВИСЫ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ПО ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И МЕДИЦИНСКОЙ ГЕОГРАФИИ

О.О. Пятыгина, А.А. Груднев, ИФЗ РАН, А.А. Шибаета, А.И. Рыбкина, ГЦ РАН

o.pyatygina@gcras.ru, ГЦ РАН

Обработка и анализ геофизических данных, а также визуальное представление результатов обработки являются важными задачами современной геофизики и других наук о Земле. Одна из основных задач в этой области – интеграция в единой геоинформационной среде (ГИС) баз данных по наукам о Земле и создание ГИС с картографическим веб-приложением, обеспечивающим доступ к этим базам геоданных через Интернет.

Веб-портал реализован в виде нескольких функционирующих картографических сервисов, к которым обеспечен удаленный доступ для пользователей с целью регионального анализа геолого-геофизической информации в интерактивном режиме. Основная компонента интерактивного получения и анализа геопространственных данных по наукам о Земле представлена набором картографических сервисов портала. Через картографический геопортал можно получить доступ к данным по 22 тематическим категориям, среди которых география, население, геология, дистанционное зондирование Земли, общественная география и другие.

Идет разработка по созданию сервиса Медицинской составляющей ГИС (МГИС). Цель — создание МГИС России, охватывающей всю территорию страны в условиях изменяющегося климата и экологии, а также получение на этой основе информации об их связи и корреляции. МГИС составляется на основе накопленной информации о динамике изменений климата, техногенных факторах, влияющих на население, социально-экономических и демографических факторах.

Также идет работа над внедрением в геопортал и публикацией в нем сервисов обработки данных для многофакторного интеллектуального анализа и решения фундаментальных задач, связанных с анализом природных опасностей и рисков и также климатических изменений, изменений показателей природных факторов и показателей уровня жизни и здоровья населения. Значительным преимуществом разработки такой среды также станет создание единой постоянно пополняемой библиотеки методов обработки геоданных.

Ключевые слова: Геоинформационная система, геопортал, алгоритмы, МГИС, анализ геоданных, геопространственные данные.

СЕЛЕКЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРЕДИКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ МНОГОФАКТОРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СЕЙСМОЛОГИИ

В.А.Ожередов, ojymail@mail.ru, ИФЗ РАН

Задача поиска многофакторных взаимодействий повсеместно встречается в сейсмологии. При заранее заданном предикторном пространстве (если, например, точно знать набор параметров, от которых зависит исследуемый параметр) формальное решение задачи отыскания многомерной зависимости не встречает практически никаких трудностей. И напротив, проблема поиска того самого оптимального набора предикторов – оптимального предикторного пространства – требует весьма изощренных математических подходов. Здесь очевидна бесполезность так называемых итеративных «жадных» алгоритмов, когда последовательно отбираются предикторы, «объясняющие» максимум дисперсии, поскольку совокупная предсказательная ценность предикторного набора далеко не аддитивна. Методика прямого перебора на дискретном множестве всех возможных включений-исключений N предикторов потребует 2^N операций пересчета объясняемой дисперсии, что невозможно уже при сравнительно небольших N . В данной работе для оптимизации состава предикторного пространства предложено использовать метаэвристику, основанную на генетическом алгоритме интеллектуального комбинаторного перебора. Приведены конкретные примеры анализа геофизических данных. В частности, при поиске зависимости интенсивности акустических шумов в штольнях (адаптор) от метеорологических факторов (предикторы) показано, что, несмотря на весьма слабую предсказательную ценность каждого предиктора по отдельности, совокупность из четырех предикторов способна объяснить более 50% дисперсии адаптора.

Данная работа вводит дополнительный математический аппарат для предсказания малых возмущений в земной коре и поиска причинно-следственных связей между различными процессами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ НОВЫХ СИНХРОННЫХ МТ И МВ ЗОНДИРОВАНИЙ 2012-13 г. ПРОЕКТА KIROVOGRAD

И.Н. Лозовский, И.М. Варенцов ЦГЭМИ ИФЗ РАН

Проект синхронных МТ и МВ зондирований KIROVOGRAD был начат в 2006 г. и ставил задачу исследования глубинного строения западной части Воронежской антеклизы [Варенцов и др., 2012] и, в частности, прослеживания на территории России северного продолжения Кировоградской коровой аномалии электропроводности, выявленной на Украинском щите по результатам многолетних МВ исследований. В рамках проекта южнее г. Юхнов была выявлена Кирово-Барятинская аномалия коровой электропроводности с сопротивлением в десятки омметров на глубине 15—25 км, а в окрестности Курской АЭС (г. Курчатова) — Курская коровая аномалия, лежащая глубже осевой зоны КМА.

В результате полевых работ 2007-12 г. был получен синхронных массив МТ и МВ данных на территории 49—55°с.ш. и 30—37°в.д. Область исследований очень сложна для проведения зондирований, поскольку характеризуется разнообразными по природе и весьма интенсивными индустриальными ЭМ шумами. Они порождаются электрифицированными ж/д, трансъевропейской системой магистральных трубопроводов, мощными электростанциями и высоковольтными ЛЭП. Особенно вредоносны регионально коррелируемые шумы вдоль ж/д и трубопроводов. В этой связи важной задачей является реализация передовых синхронных методов и технологий проведения комплексных МТ и МВ зондирований, обеспечивающих существенное подавление ЭМ шумов и надежное оценивание сразу трех передаточных операторов: МТ импеданса, МВ типпера и горизонтального МВ отклика.

Основным предметом настоящей работы стали новые зондирования, выполненные в ноябре 2012 – январе 2013 г. в 25 пунктах с аппаратурой Phoenix. Оценивание в них МТ/МВ передаточных операторов проводилось по двум схемам.

В рамках многоточечной схемы, разработанной в ЦГЭМИ ИФЗ РАН, алгоритмы когерентностной отбраковки и многоуровневого робастного осреднения частных оценок передаточных операторов (многооконного и multi-RR) усиливались дополнительными средствами отбраковки искаженных оценок на основе критериев ограниченной пространственной и частотной изменчивости горизонтальных МВ откликов между точкой зондирования и имеющимися синхронными удаленными точками. Такой подход позволяет эффективно подавлять как локальные, так и регионально коррелируемые шумы. Применение схемы для зондирований массива позволило получить почти везде надежные оценки импедансов для периодов 0.5—3000 с, типперов для 2—2000 с и горизонтальных МВ откликов для 30—4000 с.

В рамках традиционной схемы обработки проводилось двухточечное RR-оценивание импеданса и типпера с помощью фирменной технологии Phoenix с последующим построением сглаживающих сплайнов по технологии Correct ООО «Северо-Запад». Так обрабатывались все три частотных диапазона регистрации Phoenix, результаты представлялись в диапазоне периодов 0.004—2000 с.

Представлены полученные оценки передаточных операторов и показано, в какой степени результаты новых зондирований позволили уточнить геоэлектрическую структуру региона исследований.

Литература

Варенцов И.М., Ковачикова С., Куликов В.А., Логвинов И.М., Трегубенко В.И., Яковлев А.Г., Рабочая группа KIROVOGRAD. Синхронные МТ и МВ зондирования на западном склоне Воронежского массива // Геофизический журнал. 2012. Т. 34. № 4. С. 90-107.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ИСТОЧНИКА МАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ В ПРИПОЛЮСНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Д.А. Орехова ordaal@gmail.com, ЦГЭМИ ИФЗ РАН

Традиционной моделью источника при интерпретации измерений естественных полей является плоская волна. Однако считается, что в полярной области на длинных периодах модель плоской волны не применима. В данной работе для учета влияния геометрии ионосферной токовой системы при дальнейшем моделировании геоэлектрического разреза приполюсной части Северного Ледовитого океана определяются параметры эквивалентного источника вариаций на основании магнитовариационных данных.

Долгое время в СССР на дрейфующих станциях «Северный Полюс» проводились записи вариаций трех составляющих магнитного поля Земли. В результате обработки полученных записей за период с 1962 по 1976 год И.Л. Трофимовым были получены комплексные четырехкомпонентные магнитные индукционные вектора (МИВ) [Трофимов, 2006, 2008]. В данной работе используются эти результаты для периода 24 часа.

Было установлено, что в рамках модели плоской волны такой параметр МИВ как большие полуоси оказываются меньше экспериментальных на 1-2 порядка. Фактически это означает, что вертикальная компонента получаемого магнитного поля H_z существенно меньше наблюдаемой. Возникла задача определения модельного источника, который бы создавал достаточно большую компоненту H_z в первичном поле. В качестве такого источника была выбрана пара вертикальных магнитных диполей. Вычисления для двух диполей разнесенных на разные расстояния от центра площади моделирования показали, что величина больших полуосей зависит в основном от геометрии источника, а малых – от геоэлектрического разреза. Исходя из этой предпосылки, была решена обратная задача определения положения источников по большим полуосям.

Литература

1. Трофимов И.Л., Халезов А.А., Шнеер В.С. Итоговый отчет по проекту РФФИ № 04-05-64002 Профилирование геоэлектрического разреза Северного Ледовитого океана по магнитовариационным наблюдениям на дрейфующих станциях «Северный полюс». 2006. 29с.
2. Трофимов И.Л., Шнеер В.С. Некоторые результаты определения магнитного индукционного вектора в Центральной Арктике // Геофизические исследования. 2008. № 8. С. 69-74.

ОСТАТОЧНАЯ ТОПОГРАФИЯ И СТРОЕНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО МАТЕРИКА

А.А. Баранов, baranov@ifz.ru, ИФЗ РАН

За последние годы интерес к наименее изученному материку резко возрос, особенно после Международного Полярного Года. На сегодняшний день он на порядок менее изучен, чем остальные континенты. Главная причина этого в том, что 99% всей его территории покрыто льдом, причем толщина его достигает 3500 метров в отдельных районах.

Не существует даже точной карты подледного рельефа материка. Последняя модель BEDMAP (Lythe et al., 2001) дает ошибку до 500 м и многие районы континента не покрыты данными. Внутреннее строение Антарктики известно еще хуже. Новая карта строения коры (Baranov and Morelli, 2013; Баранов, 2011) включила в себя все доступные геофизические данные с 1950 годов до настоящего времени. Отличия от предыдущих моделей коры (Bassin et al., 2000; Block et al., 2009) достигает 25 км или 30%. Используя новую модель, нами была построена остаточная топография континента путем удаления изостатического эффекта коры из наблюдаемой топографии. Длинноволновая компонента остаточной топографии обусловлена мантийной конвекцией, тогда как региональная компонента вызывается локальными геодинамическими процессами. Знание свойств коры Антарктиды необходимо для лучшего понимания комплексных региональных процессов. Трансантарктические горы изостатически некомпенсированы, также как и обширная депрессия бассейна Уилкса, граничащая с ними. Восточная Антарктида в среднем имеет нулевую остаточную топографию как древняя стабильная платформа. Западная Антарктика имеет как обширные области с отрицательной остаточной топографией, так и положительные области остаточной топографии (Земля Мэри Бэрд). Мы планируем улучшать модель коры и уточнять итоговые результаты.

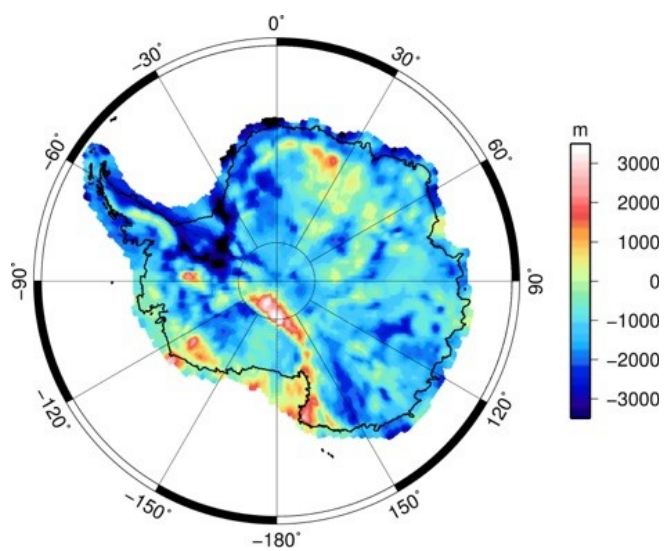


Рис. 1 – Остаточная топография Антарктиды

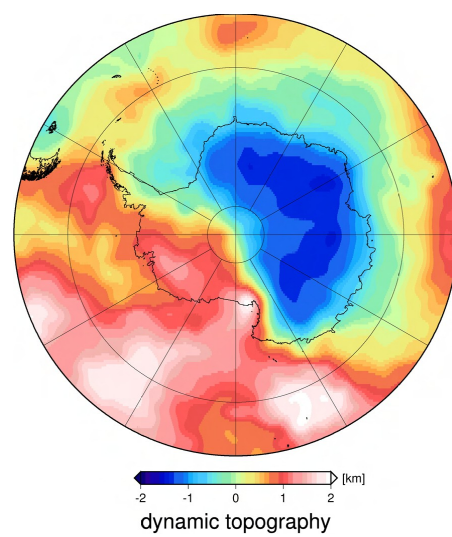


Рис. 2 – Динамическая топография

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ВЕЙВЛЕТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ ГРАДИЕНТОМЕТРИИ

И.В. Цыбанков Филиал ФГУП “ЦКГФ” “ЦНИИГАиК”

В настоящий момент спутниковые измерения гравитационного поля Земли осуществляется двумя специализированными космическими миссиями: GRACE, состоящая из 2 спутников с близкими орбитами, которые определяют свой местоположение при помощи приёмников GPS и с высокой точностью измеряют расстояние между ними и GOCE, которая имеет в составе 1 спутник, который в дополнение к возможности измерения параметров собственной орбиты посредством GPS имеет на борту высокоточный градиентометр, представляющий собой 3 пары акселерометров, расположенных по 3 взаимно перпендикулярным направлениям.

Традиционно для построения модели потенциала Земли используется усечённый ряд по сферическим функциям, однако в последнее время получает распространение разложение потенциала по каким-либо семействам сферических вейвлетов, что позволяет лучше приспособляться к неравномерному распределению исходных данных и даёт возможность построения локальных моделей поля на основании спутниковых данных (например [1]). В данном докладе рассматривается семейство спектрально-ограниченных вейвлетов, введённых в [2], что позволяет более точно установить соответствие между результатами разложения потенциала по вейвлетам и сферическим функциям. Рассматривается теоретическая оценка степени затухания вейвлетов на сфере большего радиуса, чем та, на которой они были определены, также для нескольких семейств вейвлетов производится численная оценка степени затухания. Для улучшения скорости вычисления вейвлета возможно использовать линейную интерполяцию по рассчитанным заранее на равномерной сетке значениям, в связи с чем рассматривается вопрос о нахождении шага сетки для обеспечения необходимой точности интерполяции.

Список литературы

1. Panet, I.; Pajot-M'etivier, G.; Jamet, O.; M'etivier, L.; Holschneider, M.; Deleflie, F.; Coulot, D.; Diamant, M. Regional wavelet modelling of the GOCE gradients, EGU General Assembly 2012, held 22-27 April, 2012 in Vienna, Austria., p.7260
2. F. J. Narcowich, P. Petrushev, and J. D. Ward, Localized Tight Frames on Spheres, SIAM J. Math. Anal., 38 (2006), 574-594

ЧИСЛЕННАЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА В ЗАДАЧЕ О СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ

А.В. Дубовская, ИФЗ РАН

Численная геомеханическая модель земной коры Каспийского региона включает прикаспийскую область в границах 37.0°N – 47.5°N и 46.0°E – 56.0°E [1]. Границами слоев являются: горный рельеф и батиметрия, а также характерные внутренние границы – кровля консолидированной коры, поверхность Мохоровичича [2]. Верхняя граница астеносферы рассчитана и введена в модель на основании данных о тепловом потоке в Каспийском регионе с учетом внутренней структуры коры и тепловых свойств образующих пород.

Горные породы земной коры моделируются как упругопластические среды с предельным условием Друккера-Прагера. Астеносфера моделируется вязкоупругой средой Максвелла. В расчете учтены основные факторы, под действием которых складывается напряженно-деформированное состояние земной коры: некомпенсированный вес горного рельефа, горизонтальные и вертикальные тектонические движения, вариации плотности, неравномерный нагрев.

Такая модель позволяет рассчитать напряженно-деформированное состояние региона. Знание напряженного состояния земной коры позволяет количественно оценить такие важные параметры, как сдвиговые напряжения и энергонасыщенность, отвечающие за сейсмическую активность [3].

Полученные в результате расчетов, распределения инвариантов тензоров напряжений и деформаций сравниваются с известными данными о сейсмической активности и могут быть использованы для сейсмического районирования региона. Результаты численного геомеханического моделирования могут быть использованы для сейсмического районирования Каспийского региона.

Литература

1. Гарагаш И.А., Дубовская А.В. Использование геоинформационных моделей для анализа напряженно-деформированного состояния земной коры Каспийского региона // Тезисы международной конференции «Вычислительная геодинамика и мантийные неустойчивости». – 2009. – С. 41–43.
2. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. – М.: Недра, 2004.
3. Гарагаш И.А. Поиск мест возникновения сильных землетрясений. ДАН СССР.- 1991.- Т.318 –№4- С.862-867.

О СПОСОБЕ УТОЧНЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ПОЛЯРНЫХ ШАПОК ЗЕМЛИ

А.В. Макушин, malexeum@yandex.ru, ИФЗ РАН

В докладе будут показаны варианты аппаратуры, входящей в состав аэрогравиметрического комплекса, описаны методические приемы проверки моделей аномалий гравитационного поля с помощью контрольных аэрогравиметрических съемок на полярных шапках Земли. Рассказаны особенности выполнения съемочных профилей и расстановки базовых станций в условиях Арктики. Описаны необходимые изменения конструкций аэрогравиметрических комплексов при проведении работ по исследованию аномалий гравитационного поля Земли и аэрогравиметрической съемки в высоких широтах. Представлены предварительные результаты экспериментальных исследований и отладки программно-математического обеспечения четырех-антенного приемника GPS, установленного на борту самолета-лаборатории АН-26 БРЛ.

Данные работы ведутся специалистами ИФЗ РАН на протяжении трех последних лет для обеспечения выполнения контрольных площадных гравиметрических съемок полярных шапок Земли и получения гравиметрических карт масштаба 1:200 000 на эти районы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ НА МОРЕ

Михайлов П.С., paulmikh@mail.ru, ИФЗ РАН

Оценка точности измерений – одна из наиболее важных и актуальных проблем, возникающих в процессе обработки морских гравиметрических съемок. Для оценки погрешностей измерений при классическом методе обработки используются данные, полученные в точках пересечений съемочных профилей. На современном этапе научные изучения Мирового Океана проводятся комплексно. Следствием совершенствования оборудования, в том числе акустических гидролокаторов, является сведение к минимуму секущих галсов в съёмочной сети. В такой ситуации обычное уравнивание не всегда является корректным ввиду малой величины выборки для статистической обработки.

Для анализа результатов морских измерений силы тяжести предлагается использовать модельное гравитационное поле EGM 2008. В докладе представлен опыт оценки и коррекции морских гравиметрических измерений по модели EGM 2008 при площадных съемках в акватории Индийского океана. В процессе обработки опробовано несколько методов коррекции данных, выполнен сравнительный анализ полученных значений с результатами классического уравнивания.

Проведенное исследование показывает, что использование EGM 2008 совместно с морскими измерениями позволяет оценивать точность выполняемых измерений, учитывать смещение нуля и, выполняя съемки без привязки к береговым опорным пунктам, получать вполне надежные данные для определения гравитационного поля Земли.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРАВИИНЕРЦИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

У.Х. Каххоров, kakhkhorov@mail.ru, А.М. Лобанов lobannet@mail.ru, МГРИ

К настоящему времени в России уже более 25 лет используются цифровые гравиметры с автоматической компенсацией Scintrex Autograv CG-5, La Coste&Romberg, позволяющие проводить измерения силы тяжести на пунктах с погрешностью 1 мкГал (нано G). Однако реальная точность гравиметрических съемок (карт аномалий силы тяжести в редукции Буге) остается на уровне 0,03 – 0,06 мГал и ниже. Причиной этого является недооценка влияния помех технологического и природного происхождения.

Технологические источники помех: низкая точность определения высотного положения прибора, неудовлетворительные условия установки гравиметра на пунктах наблюдений, редкая сеть наблюдений. Источники помех природного происхождения: влияние микросейсм на результаты измерений, влияние инерциальных низкочастотных помех (особенно в районах разработки месторождений углеводородов, в крупных городах, вблизи заводов и фабрик и др.), изменение атмосферного давления и облачности во время проведения съемок и др.

Цель данной работы заключалась в оценке уровня микросейсмических помех и в обнаружении низкочастотных колебаний. Уровень микросейсмических помех неоднороден в различных частях города и зависит от расстояний от источников таких помех (от линий метро, железных дорог, автотрасс, магистральных трубопроводов и др.), а также от геологического строения участка исследований. Высокий уровень микросейсмических колебаний негативно влияет на самочувствие людей, на техническое состояние зданий и сооружений, на некоторые производственные процессы. Запись и анализ микросейсм проводились с помощью гравиметра ГНУ-КС, который работал в режиме сейсмографа, а также с гравиметрами Scintrex Autograv CG-5.

В результате выполнения работы установлено: 1) гравиметр ГНУ-КС позволяет регистрировать только мощные микросейсм с ускорением в несколько десятков мкГал и в узком диапазоне частот, совпадающим с собственной частотой чувствительного элемента гравиметра; 2) низкочастотные являются помехой при проведении микрогальной съемки.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГРАВИМЕТРА CG-5 ПРИ СОВМЕСТНЫХ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ С СЕЙСМОСТАНЦИЕЙ UGRA

М.Н. Дробышев, ИФЗ РАН

Проведены долговременные измерения величин сейсмического шума и ускорения свободного падения, в условиях геофизической обсерватории.

Выполнен анализ полученных данных с гравиметра CG-5 Autograv и сейсмостанции UGRA.

В результате были выявлены зависимости между погрешностью гравиметрических наблюдений и уровнем метеорологических и сейсмических помех.

Определен уровень шума измерительной системы данного относительного гравиметра.

Полученный результат может быть использован при сейсмических наблюдениях в низкочастотной области, а также при построении адаптивных фильтров при гравиметрических наблюдениях

Литература

1. Абрамов Д.В., Дорожков В.В., Конешов В.Н. Особенности построения и использования наземного сейсмогравиметрического комплекса // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46, № 4. С.5–13.
2. Кривицкий Г.Е., Андреев О.П., Кобылкин Д.Н., Ахмедсафин С.К., Кирсанов С.А., Безматерных Е.Ф. Гравиметрический контроль разработки газовых и газоконденсатных месторождений. ООО “Газпром добыча Ямбург”, 2012. 126 с.

ОБРАБОТКА ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО И СПЕКТРАЛЬНО- КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ КОСКАД 3D

А.М. Шапкина, shapkinaam@yandex.ru, МГРИ-РГГРУ

Компьютерная технология «КОСКАД 3D» предназначена для обработки и интерпретации цифровой геолого-геофизической информации, организованной в трехмерные регулярные сети, методами вероятностно-статистического подхода.

Для решения задачи районирования по данным об аномалиях гравитационного и магнитного полей с помощью набора функций (классификация по Петрову, знаковая классификация, классификация по методу К-средних) можно разбить заданную территорию на зоны, однородные по всем исходным параметрам.

При анализе исходного магнитного поля путем разложения поля на составляющие выделяется полезная информация из высокочастотной составляющей геофизического поля (помехи). Далее, предварительно отфильтровав помеху, с помощью операции выделения слабых линейных аномалий получаем ценную информацию: выделенные магнитные залежи.

Возможность распознавания комплексных геофизических аномалий реализуется с помощью точки-эталона, которая характеризует наличие известного (эталонного) объекта. Данная технология будет проиллюстрирована для выделения геотектонических структур – тектонических нарушений и рудных тел.

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ ПОРОД ПО ПЕТРОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА МАЛЫХ ОБЪЕМАХ ВЫБОРОК

П.А. Леляев, ИФЗ РАН, И.Г. Рекун, МФТИ

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу вероятностного прогноза вещественного состава глубоких горизонтов литосферы. Такой прогноз, как правило, осуществим на основании сопоставления свойств коллекции образцов, отобранных из скважин конкретного закрытого в геологическом отношении региона, со свойствами глубоких горизонтов, полученными косвенными геофизическими методами. В настоящей работе сопоставляются результаты классификации типов пород различными методами при наличии двумерного пространства параметров (V_P - V_S) и достаточно малого объема выборки. В качестве региона исследований был взят район Гималаев, база по которому включала 60 образцов при пяти исследуемых типах пород [1].

Будем рассматривать в рамках работы методы, позволяющие получить один наиболее вероятно соответствующий входному вектору параметров тип породы. Оценка достоверности в данном случае может быть произведена т.н. контролем по отдельным объектам (разновидностью скользящего контроля) – каждый объект ровно один раз участвует в контроле, а длина обучающих подвыборок лишь на единицу меньше длины полной выборки. Из множества таких методов классификации, реализованных в ПО (в том числе методов искусственного интеллекта) детально рассмотрен метод самоорганизующихся карт Кохонена, дающий наиболее высокую достоверность полученных результатов. Эффективность карт Кохонена объясняется алгоритмом их построения: объекты со схожими свойствами стремятся расположиться в одном кластере [2]. Малость объема выборки не создает дополнительных трудностей при условии, что множество тестовых векторов покрывает весь диапазон значений параметров.

Литература

1. Ruchika Sharma Tandon, Vikram Gupta. The control of mineral constituents and textural characteristics on the petrophysical & mechanical (PM) properties of different rocks of the Himalaya. Engineering Geology (February 2013), 153, Complete, pg. 125-143
2. Зиновьев А. Ю. Визуализация многомерных данных. Изд-во Красноярского государственного технического университета, 2000. – 180 с.

О ВЕРОЯТНОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ САЙЛАГСКОГО МАССИВА ГРАНОДИОРИТОВ

В.В. Погорелов, vvp@ifz.ru, ИФЗ РАН, В.Н. Войтенко, vaclav.vojtenko@gmail.com, СПбГУ

По результатам полевых работ, выполненных коллективом СПбГУ совместно с ООО «Хужир Энтэрпрайз» была разработана геолого-структурная модель формирования Сайлагского гранодиоритового массива Таннуольского комплекса Восточных Саян [1]. Она послужила основой для проведения численного моделирования эволюции напряженно-деформированного состояния с целью уточнения формирования структуры рудного поля в пределах рассматриваемой геотектонической структуры. Моделирование проводилось с использованием конечно-элементного комплекса UWAY [2]. Выполненные расчеты позволили оценить возможную роль гравитационных напряжений в формировании гранодиоритного комплекса.

Реология геоматериала описывалась упруго-пластическим телом Друккера-Прагера для основных анализируемых структур и телом Мизеса для интрузии на стадии внедрения [3, 4]. Прочностные параметры определялись с учетом результатов петрофизических исследований образцов, слагающих массив. Плотностные и механические свойства основных материалов, а также условия нагружения изменялись в соответствии с геолого-структурной эволюционной моделью формирования юго-западной части Хужирского рудного поля, отражая ее основные стадии: вертикальное внедрение и остывание интрузии; эрозия; горизонтальное растяжение; формирование депрессий и наложенных разрывов; горизонтальное сжатие.

Анализ результатов моделирования показал, что нарушения сплошности среды на наклонно залегающей границе интрузивного массива, зародились на этапах внедрения и остывания интрузивного тела и могли являться следствием возникшей гравитационной неустойчивости. На последующих стадиях развития эта неустойчивость могла привести к активизации сдвиговых процессов по субгоризонтальной границе между гранодиоритовым комплексом и массивом карбонатных пород, что, вероятно, обеспечило канал для миграции флюидов и развитие здесь впоследствии включения из мраморных пород. Возможно, этот механизм привел к выходу интрузивного тела ближе к дневной поверхности, что привело к повышению эффективности процессов денудации карбонатной рамы и образованию современных форм рельефа. Полученные результаты позволяют также предположить, что наблюдаемые дайковые тела сформировались еще до выхода интрузивного тела на поверхность, что подтверждается и полевыми наблюдениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов П.А., Войтенко В.Н., Якубовская А.О., Гонегер А.В. Эволюция поля тектонических напряжений Конёвинского месторождения по результатам структурно-тектонифизического и микроструктурного анализов // Материалы второй молодежной тектонофизической школы-семинара. Москва, 2011, с. 65-68.
2. Vlasov A.N., Yanovsk, Yu.G., Mnushkin M.G., Popov, A.A., Solving geomechanical problems with UWay FEM package// Computational Methods in Engineering and Science (ed. Iu V.P.), Taylor & Francis, 2004, pp. 453-461.
3. Ребецкий Ю.Л. Механизм генерации тектонических напряжений в областях больших вертикальных движений // Физическая мезомеханика. №11, 2008, с. 66-73.
4. Погорелов В.В., Конешов В.Н., Ребецкий Ю.Л. Численное моделирование напряжений западного фланга Зондской субдукционной области // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2010, № 1, выпуск 15, с. 174-192

Оценка вариаций палеонапряжённости по сибирским траппам маймеча-котуйского и норильского районов

Жидков Григорий Викторович^{*,1}, *Щербакова В.В.*¹, *Латышев А.В.*², *Щербаков В.П.*¹

^{*} – научный сотрудник, e-mail: grigor@borok.yar.ru

¹ – Лаборатория древнего геомагнитного поля «ОБ-1» ГО «Борок» ИФЗ РАН, Ярославская обл.

² – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Ой, да, простите, ведь хотел же указать и всё-таки забыл это сделать!!
Я планирую сделать устный доклад, но могу подготовить и стендовый.

Большинство данных по палеонапряжённости (Ндр) магнитного поля представляют собой разрозненные во времени определения с неопределённым временным интервалом между ними. В результате, лишь в редких случаях удаётся проследить непрерывным образом вековые вариации геомагнитного поля, да и то лишь на молодых породах. В данной работе объектом исследований стали пермо-триасовые вулканические породы Сибирской трапповой провинции, сложенные многочисленными потоками, излившимися за короткий промежуток времени, что даёт возможность оценить вариации Ндр на относительно коротком интервале времени. Образцы этих пород были отобраны из 42 лавовых потоков онкучакской свиты маймеча-котуйского разреза общей мощностью 360 м. Из каждого потока отбиралось от 8 до 20 образцов. В результате термочистки было отобрано 30 потоков с хорошей палеомагнитной записью, позволяющей определить палеомагнитные направления.

Были выполнены определения Ндр более чем на 300 образцах из 146 штучков. Основная масса значений Ндр по отдельным потокам заметно ниже современной величины поля в точке отбора (~50 мкТл), что согласуется с данными, полученными ранее по породам Норильской трапповой провинции, и с выводом, что величина геомагнитного поля на границе пермь – триас была в два и более раз ниже современной.

С привлечением уже опубликованных данных выполнен сравнительный анализ поведения Ндр и VDM по двум трапповым разрезам – котуйскому (онкучакская свита) и норильскому – с точки зрения гипотезы пульсов (образования серий лавовых потоков в течение короткого промежутка времени). По обоим разрезам средние величины VDM и их дисперсии близки по величине (среднее VDM = 2.4 и стандартное отклонение = 0.9 по онкучакской свите и среднее VDM = 2.3 и стандартное отклонение = 0.9 в единицах 10^{22} Ам² по норильскому разрезу). Для сравнения проведен аналогичный анализ поведения VDM в эпоху Брюнеса и в миоцене, на интервале 5-10 млн. лет. Показано, что на протяжении всех трёх проанализированных периодов: во время излияния сибирских траппов, в эпоху Брюнеса и в миоцене (на интервале 5-10 млн. лет) характер поведения поля во времени был близок к стационарному режиму, который можно представить в виде

случайного процесса. В целом, это может говорить в пользу того, что смена режима работы геодинамо происходит медленно, на интервалах в миллионы лет, а на интервалах времени в сотни тысяч лет характер процесса генерации поля остаётся стационарным.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТРАППОВ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА И БАССЕЙНА Р. АНГАРЫ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА) – СВИДЕТЕЛЬСТВА ПУЛЬСАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

А.В. Латышев, Р.В. Веселовский, А.М. Фетисова, В.Э. Павлов, ИФЗ РАН

Новые палеомагнитные данные, полученные по эффузивным траппам Норильского района и интрузивным и эксплозивным траппам бассейна р. Ангары (Сибирская платформа) указывают на формирование пермо-триасового траппового комплекса в виде кратких интенсивных вспышек магматической активности (вулканических пульсов), разделенных более длительными периодами покоя.

В Норильском районе в разрезе туфоластовой толщи выделено более 20 вулканических пульсов, включающих по несколько лавовых потоков. Подтверждено наличие в вулканогенном разрезе записи инверсии геомагнитного поля, включающей собственно инверсионный и экскурсионный интервалы. Мощность лавовой толщи, содержащей запись инверсионного и экскурсионного интервалов, составляет примерно треть от общей мощности разреза эффузивных траппов в этом районе. На основании современных оценок продолжительности инверсий предполагается, что эта часть разреза туфоластовой толщи сформировалась за время, не превышающее 10 тысяч лет.

В бассейне р. Ангары выделено три кратких интенсивных пика магматической активности, приведшие к формированию трех крупных долеритовых силлов и комагматичных им туфовых толщ капаевской свиты. Эти три магматических события произошли на фоне длительного слабо интенсивного магматизма, выраженного во внедрении мелких интрузивных тел и извержении отдельных туфовых пачек. Длительность каждого из магматических событий не превышала 10-100 тысяч лет.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ДЕВОНСКИХ ВУЛКАНИТОВ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Т.Ю. Сумароков, timon3897@rambler.ru, А.В. Шацилло, shatsillo@gmail.com,
ИФЗ РАН

Представлены результаты палеомагнитных исследований вулканогенных толщ хараджульской и чиланской свит, опробованных в бассейне среднего течения р.Абакан и ее правого притока р.Джебаш. Изученные породы представлены диабазовыми и андезитовыми порфиритами и их туфами. Нижне- среднедевонский возраст пород обоснован палеонтологическими остатками, а также серией изотопных датировок, полученных по стратиграфическим аналогам изученных свит из других разрезов Минусинских впадин, и укладывающихся в интервал 405-386 млн.лет [Воронцов и др, 2012]. Девонские толщи изученного региона залегают с резким угловым несогласием на нижнепалеозойских комплексах и образуют вместе с вышележащими породами среднего- верхнего девона, карбона и перми единый структурный ярус. В тоже время, в смежных к северо-востоку регионах, отмечается размыв и несогласие, отвечающее верхневизейскому уровню и разделяющее т.н. «угленосный» и «доугленосный» карбон.

В значительном количестве изученных обнажений/сайтов (всего изучено 27), помимо некоторых несистематических палеомагнитных направлений присутствует четкая послескладчатая монополярная компонента намагниченности ($Dg=316.1$; $Ig=-57.9$; $k=43.6$; $a95=7.9$; $n=9$), полюс которой коррелируется с ожидаемым, для позднего карбона – ранней перми Сибири [Шацилло и др., 2012]. По видимому, данная компонента отражает некоторое тектоническое событие, приведшее к региональному перемагничиванию пород, охватившему обширные территории Сибири и Центрально-Азиатского складчатого пояса (Туруханское поднятие, Тувинский прогиб и др.) и отвечающее по времени суперхрону обратной полярности Киама (317-265 млн.лет). Тот факт, что в изученных объектах данная намагниченность является послескладчатой, указывает на то, что деформации девонских толщ должны были произойти не позднее конца раннего карбона. Можно предложить, что поздневизейское несогласие, отмеченное к северо-востоку от изученного региона, отражает эту тектоническую перестройку.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ТАМИРСКОЙ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЮЖНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ): ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Федюкин И.В., Шацилло А.В., shatsillo@gmail.com ИФЗ РАН

Тамирская вулканотектоническая структура (ВТС) является одной из наиболее крупных позднепалеозойских рифтогенных структур Селенгино-Витимского вулканоплутонического пояса, сформировавшегося в тылу активной континентальной окраины Сибирского континента [Гордиенко и др., 2010]. Вулканогенно-осадочные толщи, выполняющие Тамирскую ВТС, представлены контрастными вулканитами, с подчиненным количеством кластических пород, общей мощностью более 5 км. Вулканогенно-осадочные толщи разделяются на три свиты: унгуркуйскую (преимущественно базальтовую) тамирскую (кислые вулканиты и их туфы) и черныяровскую (преимущественно базальты, андезиты и их туфы, песчаники и конгломераты). Возраст наиболее молодых свит - тамирской и черныяровской, достаточно уверенно обоснован и соответствует самому концу поздней перми и среднему-позднему триасу. В тоже время, возраст унгуркуйской свиты определен условно и по различным оценкам варьирует от позднекаменноугольного до позднепермского [Гордиенко и др., 1998; Попеко и др., 2005].

В рамках разработки позднепалеозойского участка кривой кажущейся миграции полюса (КМП) Сибирской платформы нами были изучены вулканогенные разности всех трех свит Тамирской ВТС. В долинах рек Тамир, Шазага, Киреть, Унгуркуй и Ара-Киреть было изучено 31 обнажение и отобрано более 200 ориентированных образцов, часть из которых содержит интерпретируемый палеомагнитный сигнал. Палеомагнитный результат по тамирской и черныяровской свитам получен в едином моноклиальном разрезе (р.Тамир). В части сайтов (5), выделяется компонента намагниченности, близкая (в современной системе координат) к направлениям, полученным по раннемеловым вулканитам смежного региона [Метелкин и др., 2004] – эта компонента интерпретируется нами как метахронная. В оставшихся восьми сайтах выделяется биполярная компонента намагниченности, полюс которой (при рассмотрении в древней системе координат) близок к триасовому участку кривой КМП Европы [Torsvik, Cocks, 2005], что хорошо согласуется с возрастной позицией свит.

В вулканитах унгуркуйской свиты выделяется доскладчатая, преимущественно монополярная (прямая полярность) компонента намагниченности, полюс которой располагается между раннепермским и пермо-триасовым полюсами Сибири. Этот факт позволяет предполагать, что время формирования унгуркуйских вулканитов соответствует поздней перми. Наличие намагниченности преимущественно прямой полярности свидетельствует, что нижней возрастной границей для образования изученных пород является рубеж суперхрона обратной полярности Киама и гиперзоны смешанной полярности Иллава (265 млн.лет).

КОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИОНОСФЕРНОГО ОТКЛИКА НА ПОДВОДНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО ДАННЫМ GPS

Е.В. Ольшанская, ekaterina.olshanskaya@yandex.ru С.Л. Шалимов ИФЗ РАН

:

Исследован наиболее ранний ионосферный отклик на подводные землетрясения (ЗТ) по данным о полном электронном содержании (ПЭС) ионосферы, которое измеряется посредством GPS. Показано, что приходящая в ионосферу после ЗТ ударная акустическая волна формирует характерный отклик в виде N-волны, имеющей фазу сжатия и разряжения соответственно. На ряде примеров показано равенство площадей положительной и отрицательной фаз N-волны, характерное для ударных волн. При этом обнаружено, что чем больше магнитуда ЗТ, тем больше амплитуда N-волны в детренде ПЭС. Рассмотрена возможная связь формы ионосферного отклика с механизмом ЗТ. Построена МНК-регрессия амплитуды и размаха косейсмического отклика ионосферной плазмы от вертикального смещения и модуля поверхностной деформации, рассчитываемых по дислокационной модели очага с использованием программы Y.Okada. Показано влияние наклона геомагнитного поля на формирование ионосферного возмущения относительно эпицентра ЗТ.

ТРАНСФОРМАЦИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН И СИГНАЛОВ КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В МОДЕЛИ СРЕДЫ, ПРИБЛИЖЕННОЙ К РЕАЛЬНОЙ АТМОСФЕРЕ.

Р.А. Жостков, В.А. Гусев, ИФЗ РАН

Крупным землетрясениям обычно предшествует сейсмическая активность на большой площади вблизи будущего эпицентра. Эту активность земной поверхности можно рассматривать как излучение в атмосферу низкочастотных акустических волн поршневым излучателем. Не смотря на то, что начальная амплитуда волн невелика, они могут серьезно влиять на верхние слои атмосферы, поскольку при вертикальном распространении в среде с убывающей с высотой плотностью амплитуда волн значительно возрастает. Поэтому для исследования акустического поля в верхних слоях атмосферы необходимо учитывать нелинейные эффекты, а также вязкость, определяющую структуру ударных фронтов. В реальной атмосфере температура неоднородна, поэтому для правильного описания эволюции акустических волн важно учитывать и этот факт.

В данной работе получены нелинейные волновые уравнения для трехмерного и одномерного случаев, описывающие распространение акустических волн в вязкой стратифицированной атмосфере, а также выведено обобщенное уравнение Бюргерса с переменной эффективной вязкостью. Построено точное автомодельное решение этого уравнения, описывающее скачок конечной ширины, а так же асимптотические решения для начального периодического и импульсного сигнала на стадии развития ударных фронтов. Предложены усовершенствования стандартной процедуры сращивания асимптотических разложений, основанные на точном автомодельном решении. Проанализировано влияние зависимости температуры атмосферы от высоты на характер распространения интенсивных сигналов. Показано, что в условиях реальной атмосферы и для характерных параметров акустических сигналов возникают сильные изменения темпов эволюции сигнала, а в верхних слоях проявляется эффект «замораживания» профиля – резкое увеличение температуры приводит к заметному замедлению как нелинейных, так и диссипативных эффектов, и, в итоге, к распространению сигнала на большие высоты, чем в изотермическом случае. Получено точное решение при произвольном распределении температуры, применимое на малых высотах, а также аналитическое решение при линейном характере изменения температуры среды с высотой, применимое, например, при исследовании средней части атмосферы. Получено аналитическое решение для интенсивных дифрагирующих пучков в параксиальном приближении. Развита методика нелинейной геометрической акустики применительно к пространственно-модулированным волнам в стратифицированной атмосфере.

Моделирование электрического состояния конвективного планетарного пограничного слоя

*С. В. Галиченко (н.с. лаб. ОБ-3 ГО "Борок" ИФЗ РАН),
С. В. Анисимов (зав. лаб. ОБ-3 ГО "Борок" ИФЗ РАН, д.ф.-м.н.)
svga@borok.yar.ru устный доклад*

Атмосферный планетарный пограничный слой (ППС), рассматриваемый как часть глобальной электрической цепи (ГЭЦ), обладает незначительной толщиной по сравнению с расстоянием между ионосферой и поверхностью Земли, которые в соответствии с моделью Вильсона представляются обкладками глобального сферического конденсатора [1]. При этом вследствие малой ионизации и значительного содержания аэрозольных частиц ППС вносит существенный вклад в полное электрическое сопротивление столба атмосферы, оцениваемый по разным источникам от 30% до 70% [2,3]. В условиях конвекции ППС представляет собой электродинамически активную среду, в которой наряду с протеканием тока проводимости действует конвективная ЭДС, осуществляющая турбулентный перенос объемного электрического заряда и поддерживающая протекание конвективного электрического тока [4]. Рост напряженности приземного атмосферного электрического поля в утренние часы вследствие аккумуляции в ППС положительного объемного заряда, а также короткопериодные пульсации поля, вызванные переносом аэроэлектрических структур, обсуждались в [5]. В работе [6] исследовался вопрос о турбулентном переносе неоднородностей объемного заряда и аэроэлектрического поля в условиях начинающейся конвекции. В данной работе предлагается модель электрического состояния конвективного планетарного пограничного слоя средних широт, параметризованная на основе данных натурных наблюдений и лабораторных экспериментов. Исследованы пространственно-временная динамика высотных профилей напряженности атмосферного электрического поля, плотности объемного заряда, плотности аэроэлектрического тока. Проанализированы связи турбулентных характеристик пограничного слоя и электроаэродинамических величин. Установлено, что скорости ионо- и аэрозолеобразования влияют на соотношение плотностей электрических токов проводимости и конвекции. Выполнены оценки спектральных и структурных свойств электрического поля и объемного заряда, рассчитанных в модели.

Литература

1. Анисимов С.В., Мареев Е.А. Геофизические исследования глобальной электрической цепи // Физика Земли. 2008. № 8. С. 8-18.
2. Смирнов В.В. Ионизация в тропосфере. 1992. С.-П.: Гидрометеиздат. 312 с.
3. Hoppel W.A., Anderson R.V., Willet J.C. Atmospheric electricity in the planetary boundary layer // The Earth's electrical environment. Krider, E.P. and Roble, R.G., Eds. - Washington: Natl. Acad. Press. 1986. P. 149–165.
4. Willet J.C. Fair weather electric charge transfer by convection in an unstable planetary boundary layer // J. Geophys. Res. 1979. 2. P. 703-718.
5. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Шихова Н.М. Формирование электрически активных слоев атмосферы с температурной инверсией // Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48. № 4. С. 442-452.
6. Anisimov S.V., Galichenko S.V., Shikhova N.M. Space charge and aroelectric flows in the exchange layer: An experimental and numerical study // Atmos. Res. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.01.012>

ОЦЕНКА ВАРИАЦИЙ ПАЛЕОНАПРЯЖЁННОСТИ ПО СИБИРСКИМ ТРАППАМ МАЙМЕЧА-КОТУЙСКОГО И НОРИЛЬСКОГО РАЙОНОВ

Г.В. Жидков, В.В. Щербакова, А.В. Латышев, В.П. Щербаков,
grigor@borok.yar.ru, ГО «Борок»

Большинство данных по палеонапряжённости (Ндр) магнитного поля представляют собой разрозненные во времени определения с неопределённым временным интервалом между ними. В результате, лишь в редких случаях удаётся проследить непрерывным образом вековые вариации геомагнитного поля, да и то лишь на молодых породах. В данной работе объектом исследований стали пермо-триасовые вулканические породы Сибирской трапповой провинции, сложенные многочисленными потоками, излившимися за короткий промежуток времени, что даёт возможность оценить вариации Ндр на относительно коротком интервале времени. Образцы этих пород были отобраны из 42 лавовых потоков онкучакской свиты маймеча-котуйского разреза общей мощностью 360 м. Из каждого потока отбиралось от 8 до 20 образцов. В результате термочистки было отобрано 30 потоков с хорошей палеомагнитной записью, позволяющей определить палеомагнитные направления.

Были выполнены определения Ндр более чем на 300 образцах из 146 штуфов. Основная масса значений Ндр по отдельным потокам заметно ниже современной величины поля в точке отбора (~ 50 мкТл), что согласуется с данными, полученными ранее по породам Норильской трапповой провинции, и с выводом, что величина геомагнитного поля на границе пермь – триас была в два и более раз ниже современной.

С привлечением уже опубликованных данных выполнен сравнительный анализ поведения Ндр и VDM по двум трапповым разрезам – котуйскому (онкучакская свита) и норильскому – с точки зрения гипотезы пульсов (образования серий лавовых потоков в течение короткого промежутка времени). По обоим разрезам средние величины VDM и их дисперсии близки по величине (среднее VDM = 2.4 и стандартное отклонение = 0.9 по онкучакской свите и среднее VDM = 2.3 и стандартное отклонение = 0.9 в единицах 10^{22} Ам² по норильскому разрезу). Для сравнения проведен аналогичный анализ поведения VDM в эпоху Брюнеса и в миоцене, на интервале 5-10 млн. лет. Показано, что на протяжении всех трёх проанализированных периодов: во время излияния сибирских траппов, в эпоху Брюнеса и в миоцене (на интервале 5-10 млн. лет) характер поведения поля во времени был близок к стационарному режиму, который можно представить в виде случайного процесса. В целом, это может говорить в пользу того, что смена режима работы геодинамо происходит медленно, на интервалах в миллионы лет, а на интервалах времени в сотни тысяч лет характер процесса генерации поля остаётся стационарным.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ МАРСА

С.Н. Раевский, rs1989@rambler.ru, ИФЗ РАН

Уточнение модели внутреннего строения Марса является актуальной задачей в связи с планируемым сейсмическим экспериментом на Марсе. Современные модели внутреннего строения Марса построены на основе геофизической и геохимической информации, а также данных лабораторных экспериментов при высоких давлениях и температуре. В результате обработки данных, полученных в ходе миссии Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), были уточнены значения приливного числа Лява k_2 и величина среднего момента инерции I Марса (Konopliv et al., 2011).

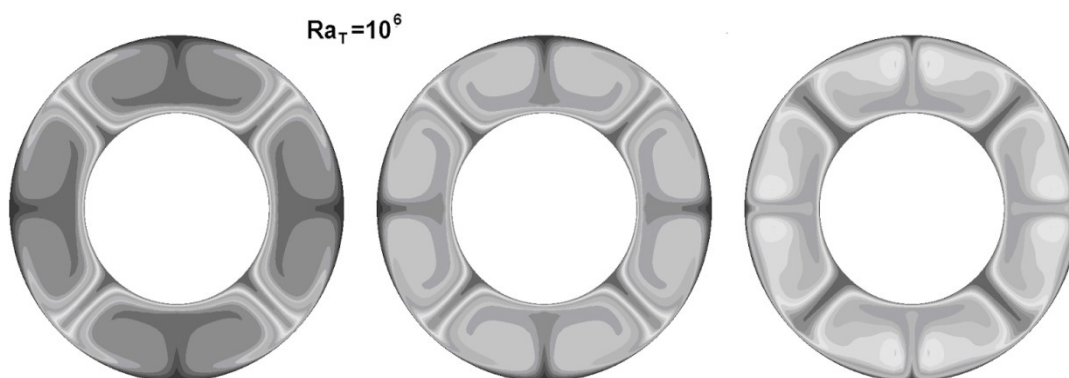
Представлены результаты численного моделирования строения недр Марса. Число k_2 , также как и значение среднего момента инерции, накладывает сильное ограничение на модель планеты. Модель планеты подразделяется на четыре подмодели – модель внешнего пористого слоя, модель консолидированной коры, модель силикатной мантии и модель ядра. При построении модели варьировались следующие параметры: железистое число мантии $Fe\#$ и содержание примесей легких элементов в ядре. Радиус ядра Марса, полученный в результате моделирования, попадает в интервал 1750-1850 км. Для выбранных моделей рассчитаны сейсмические скорости, построены годографы основных сейсмических волн, а также рассчитан спектр собственных колебаний планеты для выяснения диагностических возможностей.

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА НА МАНТИЮ КОНВЕКЦИЮ

М.Н. Евсеев, А.Н Евсеев, А.В. Евсеева, ИФЗ РАН

Тепловая конвекция в мантии вызывается теплом, поступающим снизу из ядра и теплом внутренних радиоактивных источников. На основании данных о тепле, переносимом мантийными плюмами, и данных геохимии в мантию из ядра поступает только около 20% общего тепла Земли, а основное тепло генерируется внутренними источниками. Наряду с моделями, корректно учитывающими внутренние источники тепла, публикуется много статей (и даже монографий), в которых рассчитываются модели мантийной конвекции или с полным пренебрежением внутренними источниками или пренебрежением потоком тепла снизу. В настоящей работе рассматривается то, насколько такие приближения могут быть корректными. Приводятся результаты аналитического анализа распределения температуры и тепловых потоков с внутренними источниками тепла без конвекции и результаты численных моделей для различной интенсивности конвекции. Показывается, что структура тепловой конвекции определяется не балансом тепла (как это обычно неявно полагается в большинстве работ), а распределением плотности теплового потока в мантии. Выделение тепла внутренними источниками вызывает рост плотности теплового потока как функции радиуса. Однако в сферической мантии плотность теплового потока уменьшается с радиусом благодаря геометрии. Оказалось, что именно при параметрах современной Земли оба эти эффекта в значительной мере компенсируют друг друга, и результирующая плотность теплового потока оказывается примерно постоянной как функция радиуса. Поскольку структура мантийных конвективных течений определяется распределением температуры и теплового потока, то в декартовых моделях мантийной конвекции эффективный вклад внутренних источников тепла оказывается небольшим и пренебрежение потоком тепла из ядра существенно искажает структуру конвективных течений и распределение температуры в мантии.

Для выяснения влияния тепловых источников на структуру развитой конвекции были рассчитаны численные модели при различной интенсивности конвекции. На рисунке приведены результаты расчета для конвекции при числе Рэлея $Ra_T = 10^6$. Как видно на рисунке плотность теплового потока $q(r)$ становится постоянной и распределение температуры T (и как следствие скоростей течений) становится симметричным при мощности тепловых источников $H^* = 50$



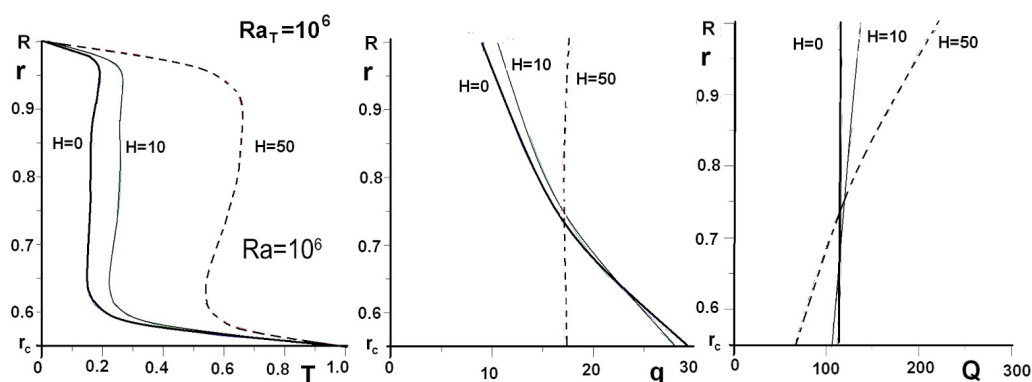


Рис.— Рассчитанное поле температуры в экваториальном сечении и распределения по глубине для температуры T , плотности теплового потока q и теплового потока Q в сферической мантии при различной мощности тепловых источников H при интенсивности конвекции, характеризуемой числом $Ra_T = 10^6$.

Моделирование тепловой конвекции в мантии Земли активно проводится уже несколько десятилетий. При этом используются различные приближения, как в приближении полного пренебрежения внутренних источников тепла, так и в приближении полного пренебрежения потоком тепла снизу из ядра. В работе проанализирована структура тепловой конвекции в сферической мантии. Рассмотрены модели с различной интенсивностью конвекции (обусловленной в основном величиной вязкости), характеризуемой числом Рэлея, и различной интенсивностью внутренних тепловых источников (теплом радиоактивного распада), характеризующихся их мощностью. Решение уравнений конвекции проводилось численно на основе программы СИТКОМ. При числе Рэлея, меньшем критического значения порядка 1000, конвекция не возникает, и тепло переносится только кондуктивно. В случае рассчитанные численно распределения температуры и тепловых потоков согласуются с простыми аналитическими расчетами.

По результатам расчетов было выявлено, что для всех рассмотренных случаев различной интенсивности конвекции в сферической оболочке при определенной мощности внутренних тепловых источников возможна компенсация уменьшения теплового потока вследствие сферической геометрии теплом внутренними источниками. При этом именно этот случай соответствует современной Земле. При этом оказываются симметричными как распределение температуры с глубиной, с примерно одинаковыми пограничными условиями у верхней и нижней границы, так и распределение скоростей.

При проведении расчетов использовался суперкомпьютер 'Ломоносов' МГУ имени М.В. Ломоносова".

Работа выполнена при поддержке гранта МОЛ_А_2012 12-05-31444.

Список литературы

- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука. 1986. 736 с.
Schubert G., Turcotte D.L. Olson P. Mantle Convection in the Earth and Planets// Cambridge Univ. Press. 2001. 940 p.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАНТИЙНОЙ КОНВЕКЦИИ С ДВИЖУЩИМИСЯ КОНТИНЕНТАМИ

А.Н. Евсеев, М.Н. Евсеев, ИФЗ РАН

Рассчитана трехмерная модель длительной эволюции мантийной конвекции с шестью континентами с образованием и распадом суперконтинента. В отличие от теории плавающих континентов [Трубицын, 2000, 2008], дрейф которых рассчитывается на основе системы уравнений конвекции для мантии и уравнений Эйлера для континентов, в настоящей работе перемещение континентов описывается как совокупность переносимых течениями плавучих маркеров с аномально высокой вязкостью.

В работе приведены результаты расчета на суперкомпьютере эволюции шести плавающих континентов вплоть до момента их частичного объединения и начала подавления нижележащих нисходящих потоков. В качестве основы численного метода программы использована программа СИТКОМ, разработанная коллективом зарубежных авторов и имеющаяся в открытом доступе для научных работ. Она основана на методе конечных элементов и позволяет с высокой точностью проводить численные расчеты мантийной конвекции с большими вариациями вязкости в двумерных и трехмерных декартовых и сферических моделях. Для ускорения проведения расчетов программа СИТКОМ была дополнена новым модулем для расчета фазовых переходов, оригинальным модулем расчета переноса химических компонент с источниками и стоками маркеров, а также оригинальным графическим интерфейсом.

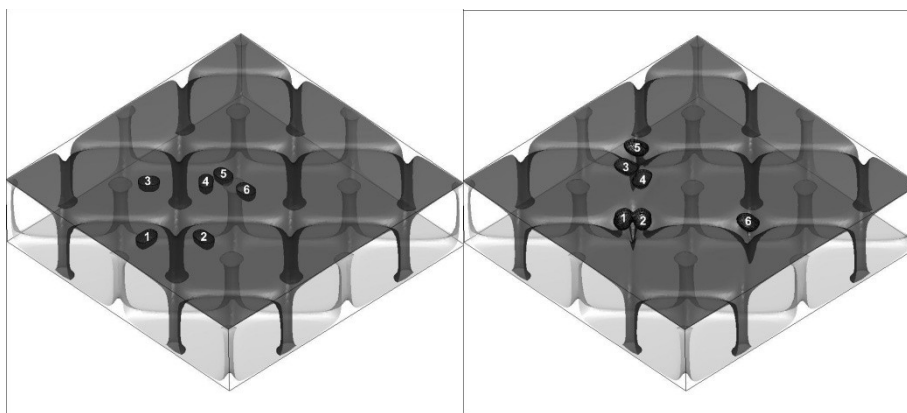


Рис. - Положение континентов в начальный момент, и через 300 млн лет. Холодные темно-серые области соответствуют нисходящим мантийным потокам, горячие светло-серые области соответствуют восходящим потокам.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИЛИВНОГО ОТКЛИКА СРЕДЫ НА КОРОТКИХ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛАХ

М.С. Молоденский ИФЗ РАН, Д.С. Молоденский ИНМЭ РАН

Предложен новый метод определения временных изменений приливного отклика среды в сейсмоактивных областях, позволяющий повысить чувствительность и разрешение во времени стандартных методов скользящего анализа более, чем на порядок. Приведены результаты сравнительного анализа временных изменений приливного отклика среды в спокойной сейсмической обстановке (по данным наблюдений на ст. Талгар, Казахстан) и в пространственно-временных окрестностях девятибалльного землетрясения в Японии 11.03.2011. Показано, что наблюдаемые изменения приливного отклика в Японии значительно превосходят те же изменения в Талгаре. Это свидетельствует о том, что изменения тектонических напряжений перед катастрофическим землетрясением могут быть обнаружены по временным изменениям приливного отклика.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ОКЕАНИЧЕСКОГО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА С ДАННЫМИ НАБЛЮДЕНИЙ

О. Ю. Виноградова, Е.А. Спиридонов, sp295@mail.ru ИФЗ РАН

Проведено сравнение расчетов теоретического океанического гравиметрического эффекта с некоторыми относительно недавними результатами наблюдений. Показано достаточно хорошее согласие теоретических значений амплитуд и фаз, рассчитанных при помощи разработанной авторами настоящей работы программы ATLANTIDA3.0, с их экспериментальными значениями в различных точках земного шара. В частности, установлено, что полученные нами результаты почти в 80% случаев лучше совпадают с наблюдениями, нежели значения, рассчитанные программой *LOAD89* из пакета *ETERNA3.3* Венцеля.

Программа расчета океанического гравиметрического эффекта ATLANTIDA3.0 разработана на основе подходов и методов подробно изложенных в более ранних работах [Виноградова О.Ю., Спиридонов Е.А., 2012, 2013] и [Vinogradova O. Yu., Spiridonov E.A., 2013]. В программе применено разложение высоты прилива по сферическим функциям (функции Грина не используются). При вычислении нагрузочных чисел Лява учтена диссипация. Все наши расчеты проведены для двух моделей строения Земли – PREM и IASP91 (1 с – без диссипации и 12 ч – с диссипацией) и трех океанических моделей: FES95.2, CSR3.0 и SCW80.

Сравнительный анализ рассчитанного в настоящей работе океанического гравиметрического эффекта с наблюдениями проводился по полученным в работах разных авторов данным с 21 станции и 22 инструментов. Две станции располагались на Канарских островах, еще две – на острове Шпицберген, 5 станций с инструментами SLR – в Европе и 12 станций со сверхпроводящими гравиметрами принадлежали сети GGP. Парк инструментов состоял из: 12 сверхпроводящих гравиметров, 8 гравиметров Ла Коста – Ромберга и 2 гравиметров Аскания. Помимо сравнения наших расчетных данных с результатами наблюдений, внимание было уделено сравнению с результатами расчетов, проводимых другими авторами при помощи программ, использующих в том числе региональные океанические модели.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

К.В. Афиногенов, С.В. Анисимов, aphin@borok.yar.ru, ГО «Борок» ИФЗ РАН

В летние периоды на полигоне Геофизической обсерватории «Борок» [58°04' N; 38°14' E] в условиях отсутствия промышленных загрязнений и электромагнитных помех проводятся сезонные полевые наблюдения аэроэлектрических характеристик приземного слоя атмосферы. Цель работы заключается в изучении электродинамики нижней атмосферы и исследовании турбулентных аэроэлектрических структур. Полевой измерительный комплекс включает электростатические флюксометры (типа field mill), ультразвуковые цифровые метеостанции, счетчики концентрации легких атмосферных ионов, токовый коллектор, пиранометр, датчик концентрации радона-222 и радона-220 (торона). Данные регистрируются цифровой автоматизированной системой сбора информации с частотой дискретизации 10 Гц.

В ходе полевых натурных наблюдений сезона 2012 года получены суточные хода концентраций легких атмосферных ионов, плотности объемного заряда и удельной электрической проводимости приземного слоя атмосферы. По данным за июль-август 2012 года среднесуточное значение для концентрации легких положительных ионов составило 350 см^{-3} ($\pm 100 \text{ см}^{-3}$), легких отрицательных атмосферных ионов – 240 см^{-3} ($\pm 115 \text{ см}^{-3}$), плотности объемного заряда, сосредоточенного на легких ионах – 17 пКл/м^3 ($\pm 20 \text{ пКл/м}^3$), удельной электрической проводимости приземного слоя атмосферы – 10 фСм/м ($\pm 3 \text{ фСм/м}$). Показано наличие корреляций напряженности атмосферного электрического поля и плотности вертикального атмосферного электрического тока с вариациями концентраций легких атмосферных ионов, плотности объемного заряда и удельной электрической проводимости приземного слоя атмосферы. Определено, что частотный спектр вариаций плотности объемного заряда самоподобен. В течение суток в интервале периодов от 10 до 500 секунд показатель наклона спектра плотности объемного заряда изменяется от -1.6 до -1.75. Обнаружено, что в интервале периодов от 2 до 10 секунд показатель наклона спектра меняется в течение суток в зависимости от интенсивности турбулентности. В ночное время показатель наклона спектра колеблется от -1.9 до -3.1, а в дневное время близок к -5/3. Граница излома наклона спектра меняется в течение суток от 5 до 15 секунд.

Работа выполняется при поддержке РФФИ (гранты №12-05-00820, №12-05-31517, №13-05-10005)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ И ГРАВИТАЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПЫЛЕВОГО СУБДИСКА. РОСТ ЧАСТИЦ ВНУТРИ СУБДИСКА.

М.Е. Артюшкова, vox906@yandex.ru, ИФЗ РАН

На самой ранней стадии эволюции протопланетного диска частицы межзвездного происхождения субмикронных размеров при взаимных столкновениях могли слипаться под действием поверхностных сил. Согласно современным лабораторным данным по метеоритному веществу и результатам космических экспериментов возможность такого слипания имеется для частиц размером до 1 - 10 см при скоростях соударений $v < 1$ м/с. Аналитически выведено дифференциальное уравнение для роста радиуса частиц. Это уравнение было добавлено в численную модель динамической эволюции и гравитационной неустойчивости пылевого субдиска и исследовано методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Получены значения радиуса частиц в точках радиуса субдиска в промежутке времени более 500 тысяч лет. За время $t_{\max}$ размер частиц достигает предельного значения, а затем рост прекращается. Во внутренней зоне радиуса ≈ 4 а.е., где происходит испарение воды, это значение выше, чем во внутренней, где испарения не происходит. Этот результат согласуется с теоретическим предсказанием. Оказалось, что во внутренней зоне рост частиц происходит значительно медленнее, чем во внешней. С учетом введенной зависимости в модели пересчитаны данные поверхностной и объемной плотностей, высоты субдиска, радиальной скорости частиц и других величин.

К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ ЭФФЕКТА АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В ХОДЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ ЛЕПИДОКРОКИТА НА ВОЗДУХЕ

А.В. Долотов, С.К. Грибов ГО «Борок» ИФЗ РАН

В процессе лабораторного моделирования и изучения свойств химической остаточной намагниченности (*CRM* или J_{CRM}) природных лепидокрокитов (γ -FeOОН) разного генезиса ранее [Gendler et al., 2005; Гапеев, Грибов, 2008] было обнаружено необычное локальное временное снижение – «прогиб» кривой $J_{CRM}(t)$ (сопряженный с уменьшением наклона восходящей ветви зависимости намагниченности насыщения $J_s(t)$) в ходе длительной (до 300 часов) изотермической дегидратации на воздухе исследованных лепидокрокитовых фракций в области промежуточных температур реакции (187–250°C). Причем величина этого эффекта уменьшалась, а его положение на кинетической кривой $J_{CRM}(t)$ смещалось в сторону меньших времен при увеличении температуры. Для понимания и корректной интерпретации данного явления в настоящем исследовании на образцах, ранее использованных в работе [Гапеев, Грибов, 2008] в качестве исходных, в аналогичном по постановке эксперименте было осуществлено моделирование процесса химического намагничивания в постоянных магнитных полях $H = (0.1 \div 1)$ мТл в ходе изотермического (при 187 и 200°C) разложения на воздухе природной мономинеральной лепидокрокитовой фракции. Установлено, что с ростом намагничивающего поля величина «аномального» спада $J_{CRM}(t)$ уменьшается почти линейно, что позволяет говорить о полном подавлении эффекта в полях $H > 1.02$ мТл. В качестве возможного механизма данного явления рассматривается магнитостатическое взаимодействие образующихся при дегидратации γ -FeOОН и сосуществующих маггемитовых фаз с существенно различающимися температурами Кюри, что при определенных условиях может приводить к частичному самообращению *CRM* при относительно низких температурах реакции. Вместе с тем, согласно результатам работы [McClelland, Goss, 1993], в процессе высокотемпературной дегидратации лепидокрокита возможно полное самообращение *CRM* (в магнитных полях порядка земного) на стадии последующего фазового перехода маггемита в гематит, при этом, в данном случае, в качестве возможного механизма авторами рассматривалось отрицательное обменное взаимодействие спиновых структур на границе этих контактирующих фаз. Если оба механизма верны, естественно, они могут «работать» лишь на разных этапах дегидратации лепидокрокита на воздухе. Это означает, что в термодинамических условиях земной поверхности (когда в геологическом масштабе времени существует реальная возможность «выхода» точек Кюри вновь образующихся веществ за пределы температуры самопроизвольного фазового перехода лепидокрокит→маггемит→гематит с блокированием их магнитных моментов даже при относительно низких температурах) эти механизмы могут быть существенно разнесены по времени, что, безусловно, еще более осложняет интерпретацию палеомагнитных данных, в частности, по красноцветным осадочным образованиям, в которых оксигидроксиды железа в разной ассоциации являются основными породообразующими минералами.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДНЕЙ «ХОРОШЕЙ ПОГОДЫ»
ПО ДАННЫМ АЭРОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ А
А.А. Прохорчук., Э.М. Дмитриев, ГО «Борок» ИФЗ РАН

При анализе данных натурных аэрофизических наблюдений необходимо выделять дни, удовлетворяющие критериям «хорошей погоды»: ветер менее 3 м/с, отсутствие осадков, малая облачность (менее 5 баллов). При этом величину облачности невозможно измерить непосредственно. Однако, выделение периодов малой облачности возможно по данным измерений плотности потока солнечного излучения. На ГО «Борок» ИФЗ РАН такие измерения проводятся с помощью пиранометра «СМР-3» и датчика освещенности, входящего в состав цифровой метеостанции «WS-2500». Показания этих приборов могут отличаться ввиду разных спектральных диапазонов датчиков.

Величина измеренной интенсивности потока солнечного излучения J_M , определяется формулой:

$$J_M = J_S \cos i + J_D + \Delta J,$$

где J_S и J_D – плотности потоков прямого и рассеянного солнечного излучения соответственно, ΔJ – плотности потока быстро меняющейся «шумовой» компоненты излучения, i – угол падения прямых солнечных лучей, зависящий только от времени наблюдения и географических координат места наблюдения. Определение из приведенной формулы величин J_S и J_D по данным измерений J_M методом наименьших квадратов показало, что для дней хорошей погоды $J_D \ll J_S$, и можно считать, что $J_D \approx 0$. Из показаний приборов за все время непрерывных метеонаблюдений (2004–2013 гг.) была получена оценка величины плотности потока прямого солнечного излучения J_{SGW} , соответствующей дням хорошей погоды.

После определения величины J_{SGW} , автоматическая проверка критерия малой облачности для каждого конкретного дня сводится к сравнению рассчитанного для этого дня значения J_S с «эталонной» величиной J_{SGW} . Днями малой облачности считаются дни, когда $J_S \approx J_{SGW}$. Степень допустимого отклонения J_S от J_{SGW} является параметром метода.

Программная реализация описанного алгоритма определения дней «хорошей погоды» по данным аэрофизических наблюдений используется при обработке данных геофизических наблюдений и формировании базы данных среднеширотной Геофизической обсерватории «Борок».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 12-07-00575-а.

Исследование особенностей активного геоэлектрического мониторинга с использованием локальных измерителей тока.

Казначеев П.А. (м.н.с. лаб. 306), p_a_k@mail.ru

устный доклад

Провалы (проседания) грунта относятся к природным катастрофам, которые могут наносить существенный ущерб жилым и промышленным сооружениям. Для уменьшения ущерба необходим мониторинг процессов подготовки подобных событий. Прежде всего, задача мониторинга актуальна для тех районов, где возможны активные карстовые и суффозионные процессы [1]. Один из вариантов мониторинга геофизическими методами – это активный геоэлектрический мониторинг (АГЭМ) с использованием локальных измерителей тока (ЛИТ).

Первая особенность АГЭМ с использованием ЛИТ – используется схема установки, позволяющая отслеживать малые изменения параметров электрического поля, связанные с малыми изменениями параметров геоэлектрического разреза. Вторая особенность – измеряется не разность потенциалов электродными измерительными парами, а плотность тока в среде при помощи ЛИТ [2]. Установка при этом может быть построена подобно эквипотенциальной установке [3]. Тогда два ЛИТ размещаются вблизи одного из питающих электродов (в простейшем случае – на одной линии с ним) таким образом, чтобы в невозмущенной среде плотности тока, измеряемые ЛИТ, были равны по абсолютной величине. Исследуемым сигналом будет разность абсолютных величин плотностей тока, измеренных первым и вторым ЛИТ.

В настоящей работе исследуются особенности АГЭМ с ЛИТ. Рассчитывается изменение сигналов при изменении параметров локальной неоднородности – зоны подготовки провала, также проводится математическое моделирование подобной задачи. Рассматриваются проблемы разработки аппаратных средств АГЭМ, в частности, проблема помехоустойчивости измерительной части. Приводятся результаты полевых экспериментов с комплексом средств АГЭМ с использованием ЛИТ.

Список литературы

1. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т.1. Пермь, 1963.
2. Казначеев П.А., Камшилин А.Н., Попов В.В. Измерение локальной плотности тока в земной коре. // Вестник МЭИ, №5 2011 – М.: Изд. дом МЭИ, 2011. С. 57-63.
3. Волкова Е.Н., Камшилин А.Н., Кравченко В.Б. Способ измерения временных вариаций удельного сопротивления земли / А.с. № 1048439, 1983.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЛУЧЕВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ В ЗАДАЧАХ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ.

И.В. Фокин, Fokin@ifz.ru, ИФЗ РАН.

В докладе обобщен опыт автора по работе над несколькими проектами: исследование оснований опор железнодорожного моста, исследование непосредственно бетонных опор моста, археологическими исследованиями оснований сооружений. Продемонстрированы реконструированные модели и дана оценки их достоверности, первичная интерпретация.

Рассмотрены трудности при изучении первых метров разреза связанные с высоким градиентом скорости продольных волн, и значительно более высоких скоростях в нижних частях изучаемых объемов. Данную специфику необходимо принимать во внимание при постановке задачи. Для изучения непосредственно низкоскоростных участков необходимо обеспечить достаточное лучевое покрытие целевых объемов. Данное условие можно выполнить плотной расстановкой на исследуемом участке, в случае межскважинной методики – с помощью дополнительной косы приемников на поверхности между скважинами.

При межскважинном просвечивании возникает характерная картина плотности лучевого покрытия, с областью высокой концентрации лучей в центре, это является спецификой метода. Нивелирование данного эффекта вызывает значительные затруднения. При расстановке с малыми расстояниями между источниками и приемниками на стадии проектирования эксперимента следует обратить внимание, на то, что на малых расстояниях небольшие погрешности пикирования времен пробега дают большие погрешности в определении скоростей и т.о. задача становится неустойчивой.

Наличие технологической полости в бетонной конструкции также создает принципиальные трудности, т.к. в характерных ситуациях не представляется возможным обеспечить сходство соответствующих траекторий лучей в модели начального приближения.

В результате обобщения опыта практического применения совокупности программных модулей был разработан интегрированный программный пакет с интерфейсом в стандарте POSIX, предназначенный для решения всей совокупности технологических задач, входящих в граф обработки методом сейсмотомографии. Программный пакет обеспечивает возможность оперативного расширения его функционала в зависимости от возникающих задач.

ОПЫТ РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ РСА-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА КАВКАЗЕ.

В.И. Голубев, П.Н. Дмитриев, Е.А. Киселёва, В.О. Михайлов, Е.И. Смольянинова, Е.П. Тимошкина, С.А. Хайретдинов, mikh@ifz.ru, ИФЗ РАН

В настоящее время одной из активно развивающихся технологий мониторинга малых смещений земной поверхности является спутниковая съемка радарми с синтезированной апертурой (РСА-интерферометрия или InSAR). Ее преимуществами являются невысокая стоимость, высокая точность оценки смещений (от см/год до первых мм/год), независимость от погодных условий и освещенности, применимость в областях, недоступных для проведения наземных полевых работ. В докладе приведены результаты мониторинга активности двух оползневых склонов на Кавказе: в п. Мамайка близ Сочи и в п. Кепша вблизи вновь построенной дороги Адлер-Красная Поляна. Используются снимки спутников TerraSAR-X и TanDEM-X, предоставленные Немецким космическим агентством DLR (проект LAN 1560). На оползневом склоне в п. Мамайка одной из проблем является густой растительный покров в нижней части оползневого склона, что не позволяет идентифицировать здесь устойчивые отражатели и оценить скорости смещений. В этой части склона в ноябре 2012 года был установлен искусственный уголковый отражатель.

Авторами работы разработаны методы, позволяющие выбрать наилучший снимок-"мастер" и выбрать оптимальные параметры расчетов с учетом климатических условий и растительного покрова в исследуемой области, ожидаемой плотности устойчивых отражателей и возможного размера оползня. С применением этих методов оценена активность оползневых склонов и выделены участки, с наибольшей средней скоростью смещений в направлении визирования спутника. За счёт установки искусственного отражателя была оценена скорости смещений в нижней части склона. Скорости смещений на склоне в п. Мамайка в 2012 г составила до 90 мм/год в п. Кепша - до 45 мм/год. В результате вырубки леса у северного портала тоннеля на Кепше активизировались оползневые процессы, которые были впервые обнаружены спутниковой съемкой, а затем подтверждены наземными наблюдениями.

В докладе обсуждаются теоретические и методические вопросы: выбор параметров расчетов, опыт проектирования и установки искусственного отражателя, а также его последующая идентификация на спутниковых снимках.

АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЪЕКТА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.А. Спесивцев, spesivtsev.a.a@gmail.com, МГУГиК

Все более широкое распространение получают глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) в самых разнообразных сферах науки, экономики и производства.

В современном мире количество инженерно-технических сооружений резко возросло и продолжает непрерывно увеличиваться, а с ростом числа инженерных объектов, увеличивается и риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Для предотвращения таких происшествий ведется непрерывный мониторинг пространственного положения и состояния сооружений. Для производства наблюдений как нельзя лучше подходит использование средств ГНСС, которые позволяют обеспечить высокую точность измерений вместе с полной автоматизацией процесса.

Полученные результаты измерений необходимо интерпретировать, чтобы иметь представление о характере движения объекта мониторинга. Для этих целей проводится статистический и спектральный анализ результатов измерений.

В докладе будет разобран частный случай, а именно, выполнен анализ измерений полученных при наблюдениях на отдельном сооружении, определены периодические составляющие в его перемещениях, характерные для выбранного объекта. Так же будут рассмотрены факторы, вызывающие периодические изменения различных компонент перемещений.

В результате появляется возможность построения модели пространственных перемещений для прогнозирования положения объекта, что может служить контролем стабильности объекта и позволяет выявить возникновение непредвидимых аномалий.

ИЗУЧЕНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСКАЛЬНОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗОК (НА ПРИМЕРЕ ЗАГОРСКОЙ ГАЭС)

А.Н. Демидкова, demidkovaa@mail.ru, ИФЗ РАН

В работах последних лет было показано, что грунтовый массив основания сооружений Загорской ГАЭС испытывает знакопеременные циклические нагрузки. Эти нагрузки обусловлены режимом работы гидроузла и связаны с перемещениями значительных объёмов воды из одного водохранилища в другое. В частности, в диссертационной работе Осика И.В. рассматривались закономерности, связанные с суточными изменениями напряжённо-деформированного состояния грунтового массива основания и согласующиеся с циклами наполнения/сработки верхнего водохранилища Загорской ГАЭС. Было отмечено, что непрерывное изменение напряжённо-деформированного состояния геологической среды может привести к расслаблению структуры пород и появлению усталостного эффекта.

В моей работе стояла задача оценить короткопериодные (суточные) деформационные процессы в грунтовом массиве склона напорных трубопроводов в 2010-2013 гг. и сравнить их интенсивность и направленность с выявленными ранее закономерностями. Актуальность задачи связана, в том числе, с продолжающимся строительством Загорской ГАЭС-2 в непосредственной близости от участка проведения исследований. Для решения задачи оценки напряжённо-деформированного состояния грунтового массива в 2010-2013 гг.:

- проведены исследования повторяемости изменений горизонтальных смещений обратных отвесов, исходя из информации о суточном режиме техногенных нагрузок в указанный период;

- проанализированы и оценены вариации горизонтальных смещений совместно с изменениями уровня воды в верхнем бассейне.

Помимо данных по обратным отвесам были использованы сведения о наклонах устоев здания водоприёмника Загорской ГАЭС на отметке 0м.

Литература

1. Осика И.В. Оценка техногенного воздействия от работы гидроаккумулирующей электростанции на геологическую среду (на примере Загорской ГАЭС). Диссертация на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. – М., 2009. – С.131.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГАММА-КАРОТАЖА ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА ЭКЗОГЕННОГО ТИПА.

Д.А. Легавко, ИФЗ РАН, legavko@mail.ru,

Доклад посвящен особенностям автоматизированной количественной интерпретации данных гамма-каротажа (ГК) на месторождениях урана экзогенного типа, отрабатываемых методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). В результате интерпретации данных ГК определяют мощность рудных интервалов, содержание в них урана и подсчитывают линейные запасы по стволу скважины.

Измерительной информацией при ГК является интенсивность гамма-излучения горных пород и руд вдоль оси скважины. Основными источниками гамма-излучения в урановом ряду являются короткоживущие продукты распада радона, поэтому результат измерений зависит не только от содержания урана, но и от состояния радиоактивного равновесия системы «уран-радий-радон». Наиболее корректные результаты ГК обеспечивает при изучении месторождения эндогенного типа с ненарушенным радиоактивным равновесием. Экзогенные же месторождения, характеризуются нарушением радиоактивного равновесия между радием и ураном как в плане, так и в разрезе, что требует специфических приемов интерпретации данных ГК.

Для автоматизированной интерпретации данных ГК используется алгоритм инструкции министерства геологии СССР, реализующий двухэтапный процесс вычислений. На первом этапе вычисляют концентрацию радия вдоль ствола скважины, на втором этапе находят границы рудных интервалов и рассчитывают содержание в них урана, в зависимости от типа месторождения.

Длительный опыт применения «инструктивного» алгоритма при разведке и эксплуатации эндогенных месторождений урана, показал достаточную надежность применяемой методики. Вместе с тем, опыт работ на экзогенных месторождениях показывает недопустимо высокое систематическое занижение запасов урана по результатам интерпретации.

В настоящем докладе рассматриваются особенности автоматизированной интерпретации данных ГК на экзогенных месторождениях урана, и предлагается алгоритм дополнительных вычислительных процедур, направленных на формирование по морфологическим и геотехнологическим параметрам, объединенных рудных интервалов, с целью повышения точности определения «извлекаемых» запасов урана.