Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ГИН СО РАН)

УДК 550.34

№ гос. рег. 01201282369

УТВЕРЖДЕНО
РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА
Протокол №14 от 21.11.2014
Председатель Ученого совета
и.о. директора института, д.г.-м.н.
А.А. Цыганков
«25» декабря 2014 г

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Приоритетное направление VIII.78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий

Программа VIII.78.2. Тектонофизика современных геодинамических процессов как основа прогноза природных катастроф во внутриконтинентальных условиях
(координатор д.г.-м.н. К.Г. Леви)

по теме:

ПРОЕКТ VIII.78.2.1. Изучение и контроль методами активного и пассивного геофизического мониторинга сейсмогенерирующих сред и инженерных объектов Прибайкалья

(промежуточный)

Научный руководитель
темы, к.г.-м.н. _____ Ц. А. Тубанов
подпись, дата

Улан-Удэ, 2014

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель, зав.лаб., к.г.-м.н.	_____ подпись, дата	Ц. А. Тубанов (введение, заключение, основная часть)
Исполнители темы в.н.с., д.г.-м.н.	_____ подпись, дата	Ю. Ф. Мороз (основная часть)
м.н.с.	_____ подпись, дата	А. Д. Базаров (основная часть)
н.с., к.г.-м.н.	_____ подпись, дата	Л. Р. Цыдыпова (основная часть)

Реферат

Отчет, 21 стр., 8 рис., 8 источников, 1 прил.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Объектом исследования являются сейсмоопасные территории Республики Бурятия.

Цель - исследование физических закономерностей эволюции сейсмичности и процессов подготовки землетрясений и оценка сейсмического воздействия на строительные сооружения и инженерные объекты с использованием методов мониторинга геофизических характеристик.

Анализ полученного по данным локальной сети наблюдений каталога землетрясений в области Усть-Селенгинской депрессии показал, что сейсмический режим характеризуется наличием большого количества групп землетрясений (рои и афтершоковые последовательности). Зона роевых активизации приурочены к пересечению разломов, выделенных по геоморфологическим данным. По данным магнитотеллурических наблюдений в области Южного и Среднего Байкала составляющих вариаций геомагнитного поля H, D, Z исследованы вариации магнитного типпера во времени и получено представление о динамике электропроводности геологической среды на различных глубинах.

С использованием разрабатываемой методики сейсмодиагностики проведена оценка сейсмического воздействия на строительные сооружения и инженерные объекты. Выявлены критерии, определяющие категории технического состояния типовых зданий в связи с сейсмическим риском. Особенностью применяемой методики является оценка динамических характеристик исследуемого объекта, объемное представление распределения дефектов, возможность масштабирования системы наблюдения.

Содержание

Нормативные ссылки……. 4

Определения, обозначения и сокращения……... 5

Введение…… 6

1.Мониторинг геофизических характеристик литосферы сейсмоопасных территорий……. 7

2.Мониторинг объектов инфраструктуры сейсмоопасных территорий……. 14

Заключение……. 17

Список использованных источников……. 18

Приложение А……..……. 19

Нормативные ссылки

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32-2001 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу, отчет по научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;

ГОСТ 1.5—93 Государственная система стандартизации РФ. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов

ГОСТ Р 22.0.11-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Предупреждение природных чрезвычайных ситуаций. Термины и определения

ГОСТ Р 22.1.02—95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование.

СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах.

ГОСТ Р 8.596-2002.ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - М.: Стандартинформ, 2010-96 с.

ГОСТ 22690-88. Определения прочности механическими методами неразрушающего контроля. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 25 с.

Определения, обозначения и сокращения

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями:

Афтершоки (after- после, shock - толчок) – серия более слабых сейсмических толчков, следующих после основного толчка землетрясения из одной с ним очаговой области, как правило, более слабые по энергии.

Кластер (англ. cluster — гроздь, скопление) - скопление однотипных объектов.

Магнитные вариации - изменения во времени геомагнитного поля, обусловленные существованием как внутренних, так и внешних по отношению к поверхности Земли источников магнитного поля. Магнитные вариации с периодами от секунды до нескольких лет обусловлены электрическими токами в ионосфере и магнитосфере Земли. Единица измерения – наноТесла (нТл).

Сейсмичность - подверженность Земли или отдельных территорий землетрясениям. Характеризуется территориальным распределением очагов землетрясений, их магнитудами и частотой возникновения (сейсмический режим), интенсивностью и другими параметрами.

Сейсмическая опасность - максимальные сейсмические воздействия, возникающие с определенной вероятностью на заданной территории в заданном интервале времени и связанные с повторяемостью землетрясений.

Сейсмический режим - сейсмическая активность (частота) возникновения во времени очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленная особенностями пространственно-временного и энергетического развития глубинных сейсмогеодинамических процессов и структурой сейсмоактивных регионов. Характеризуется среднемноголетними периодами повторяемости землетрясений разных магнитуд, миграцией сейсмической активизации, возникновением периодов повышенной активности и затишья и т.п

Сейсмостойкое строительство - строительство, осуществляемое в районах, подверженных землетрясениям, с учетом воздействия на здания и сооружения сейсмических (инерционных) сил.

Форшоки (англ. foreshocks) - предваряющие толчки, слабые подземные толчки, иногда предшествующие землетрясению.

Введение

Сейсмичность обладает определенной организацией – структурой, проявляющейся в неравномерности распределения землетрясений в пространстве–времени–энергии. Природа структуры сейсмичности в настоящее время окончательно не ясна. Известные подходы к ее объяснению отражают как сложность проблемы, так и явный недостаток эмпирических данных о закономерностях формирования полей напряжений и деформаций. Проводимые ГИН СО РАН многолетние исследования физических закономерностей эволюции сейсмичности и процессов подготовки землетрясений центральной части Байкальского рифта на основе наблюдений локальной сети позволяют проводить комплексный анализ сейсмического процесса с учетом особенностей глубинного строения Байкальской рифтовой зоны.

Главный недостаток большинства известных инженерно-сейсмологических методик – единичное количество точек измерений, обеспечивающих лишь некоторую «среднюю», весьма приближенную оценку частот и амплитуд колебаний. Применение подобных методов измерений затрудняет верификацию сложных динамических моделей зданий. Геологическим институтом СО РАН апробирована современная микродинамическая система диагностики зданий на сейсмоустойчивость. Нами ведется адаптация метода с учетом потребности микродинамического мониторинга зданий-представителей, идентификации модальных форм, уточнения природы и прочностных характеристик выявленных динамических аномалий, верификации расчетных динамических моделей, определения остаточного ресурса сооружений в сейсмоопасных районах.

1. Мониторинг геофизических характеристик литосферы сейсмоопасных территорий

Район Среднего Байкала является наиболее сейсмоактивным районом центральной части БРЗ. За последние 150 лет в этом районе произошло пять катастрофических землетрясений (1862, 1871, 1885, 1903, 1959 годов). При наиболее сильном – Цаганском (1862), образовался залив Провал и было затоплено 220 км2 суши. [Сейсмогеология и детальное…, 1981]. Среднебайкальское землетрясение 29/08/1959 (M=6,8) является одним из сильнейших за инструментальный период регистрации, с 50–х годов 20 века. Сейсмическая активность в исследуемой области пространственно тяготеет к юго-восточному борту рифтовой впадины, так что крупные разломы, ограничивающие северо-западный борт рифтовой впадины – Приморский и Морской, здесь практически асейсмичны. В дельте р. Селенги эпицентры локализуются в виде Z-образной полосы, имеющей общее субмеридиональное простирание. Далее плотная полоса эпицентров (шириной 20–30 км) распространяется на северо–восток, ограниченная с востока Дельтовым разломом [Татьков, 1994].

По данным каталога землетрясений ГИН СО РАН района Среднего Байкала за период 2001-2011 годы установлено, что большинство слабых землетрясений (менее 8 энергетического класса) локализуются в виде обособленных в пространстве линейных групп. Очаги образуют вытянутые в пространстве, достаточно тесные группы, с отчетливо выраженным положением длинной оси. Наиболее представительная группа эпицентров располагается полосой вдоль восточного берега оз. Байкал. На фоне общей линейной, ориентированной вдоль рифта, конфигурации эпицентрального поля, отчетливо выделяются участки без эпицентров – сейсмические бреши. В структуре эпицентрального поля выделяются следующие характерные элементы: кулисовидное сочленение полос эпицентров, располагающееся в сухопутной части Селенгинской депрессии, веерообразное расширение сейсмоактивной полосы на северо-восток (начиная, примерно, с области залива Провал), сейсмическая брешь между восточной и западной полосой концентрации землетрясений, диффузное распространение сейсмической активности в юго-восточном направлении (от оси рифта).

Наблюдаемая сейчас сейсмичность, в общем, повторяет контуры сейсмоактивности, установленные по данным за инструментальный период наблюдений с 1952 года. Поскольку это основной массе слабые землетрясения, можно утверждать, что слабые события (по крайней мере, для центральной части БРС), являются не просто фоном для сильных землетрясений, а также являются информативной компонентой сейсмического процесса, отражающей напряженно-деформированное состояние земной коры.

С использованием карты разломов полученной по дешифрированию АКФС и батиметрии и каталога сейсмичности за 2001- 2009 годы ранее нами выделены сейсмоактивные зоны активизированных разломов. Деструктивная область Центрального Байкала районирована на три зоны: I – Селенгинская сейсмоактивная зона (ССЗ), II – Ольхоно-Котокельская с.з. (ОКСЗ), III - Баргузино-Святоносская с.з (БССЗ). Важно, что при использовании совместной информации по тектонике и сейсмичности, районирование имеет уже физико-геологический характер и условность (поливариантность) выделения границ сейсмоактивных областей существенно снижается. По характеру рисунка активизированных разломов Селенгинская зона отличается от двух других исследуемых зон. В ССЗ субпараллельные оси рифта разломы рассекаются более короткими поперечными дизъюнктивными структурами. Области концентрации очагов землетрясений приурочены к пересечениям разломов. Для ОКСЗ и БССЗ наблюдается обратная картина. Сетка более длинных субмеридиональных и субширотных сейсмоактивных структур пересекается укороченными «рифтовыми» разломами. В целом сейсмический режим трех сейсмоактивных зон характеризуются приблизительно одинаковыми параметрами, что позволяет их объединить в одну геодинамическую единицу. Но, так же, как и разломный рисунок, пространственно-временное распределение сейсмичности каждой из зон имеет свои особенности. Для ССЗ характерно наличие роев землетрясений – групп событий примерно равной энергии. В то время как для Ольхоно-Котокельской и Баргузино-Святоносской зон более характерно развитие кластеров землетрясений в соответствии с моделью «форшок-главное событие-афтершок».

Детально изучена пространно-временная эволюция сейсмичности в Селенгинской сейсмоактивной зоне. Землетрясения по шкале энергетических классов Раутиан (Кр) статистически разделены на группы: Кр=4-8 – микроземлетрясения, Кр=9-10 – слабые землетрясения и Кр=11-15 – сильные землетрясения. Как показывает последующий анализ, такое разделение, несмотря на условность, отражает иерархию проявления деформационных процессов. Сильные события, в соответствии с классическими представлениями располагаются случайным образом как в пространстве, так во времени. В пределах исследуемой территории, расположение микроземлетрясений и слабых событий более детерминировано, здесь, даже возможно применимы гидродинамические аналогии и термин «сейсмический поток» наиболее точно отражает характер проявления сейсмического деструктивного процесса. В диапазоне энергий землетрясений 4-8 энергетического класса, отмечается наличие периодической компоненты (рис. 1), с характерным изменение периодов во времени; известно, что такое поведение характерно для динамики самоорганизующихся систем с обратными связями. Периодичность потока микроземлетрясений свидетельствует о квазистационарном режиме функционирования системы на низшем иерахическом уровне.

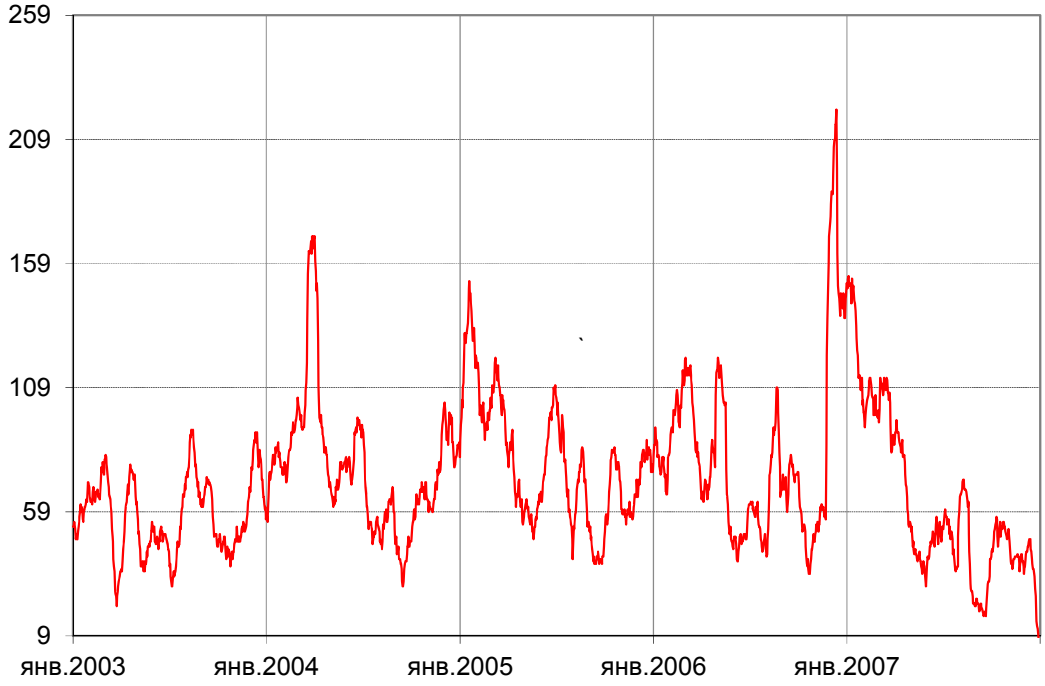


Рисунок 1 – Количество слабых землетрясений (К=4-8) в Селенгинской сейсмоактивной зоне.

С использованием методов кластерного анализа проведен анализ динамики сейсмического процесса. Рои и группы землетрясений в Селенгинской сейсмоактивной зоне по скорости сейсмического потока (количество землетрясений в сутки) условно разделены на две группы – быстрые кластеры (более одного события в сутки) и медленные кластеры (менее одного события в сутки). Положение сейсмических групп контролируется областями наиболее плотного расположения эпицентров землетрясений. Зона роевой активизации сухопутной части Селенгинской дельты приурочена к пересечению Дельтового и Фофоновского разломов (рис. 2). Наиболее активизированная роевая совокупность в акватории оз. Байкал находится в непосредственной близости от асейсмичной области залива Провал и контролируется пересечением протяженных Ольхонского и Святоносского разломов (разломных зон). В целом можно отметить, что положение роев и групп землетрясений более четко трассирует линейные структуры сейсмогенных разломов земной коры. Согласно данным лабораторных экспериментов [Соболев, 2006] механизм генерации роевых групп землетрясений может связан с инжекцией воды в область активных трещин. Решение этого вопроса требует привлечения данных о вариациях глубинной электропроводности.

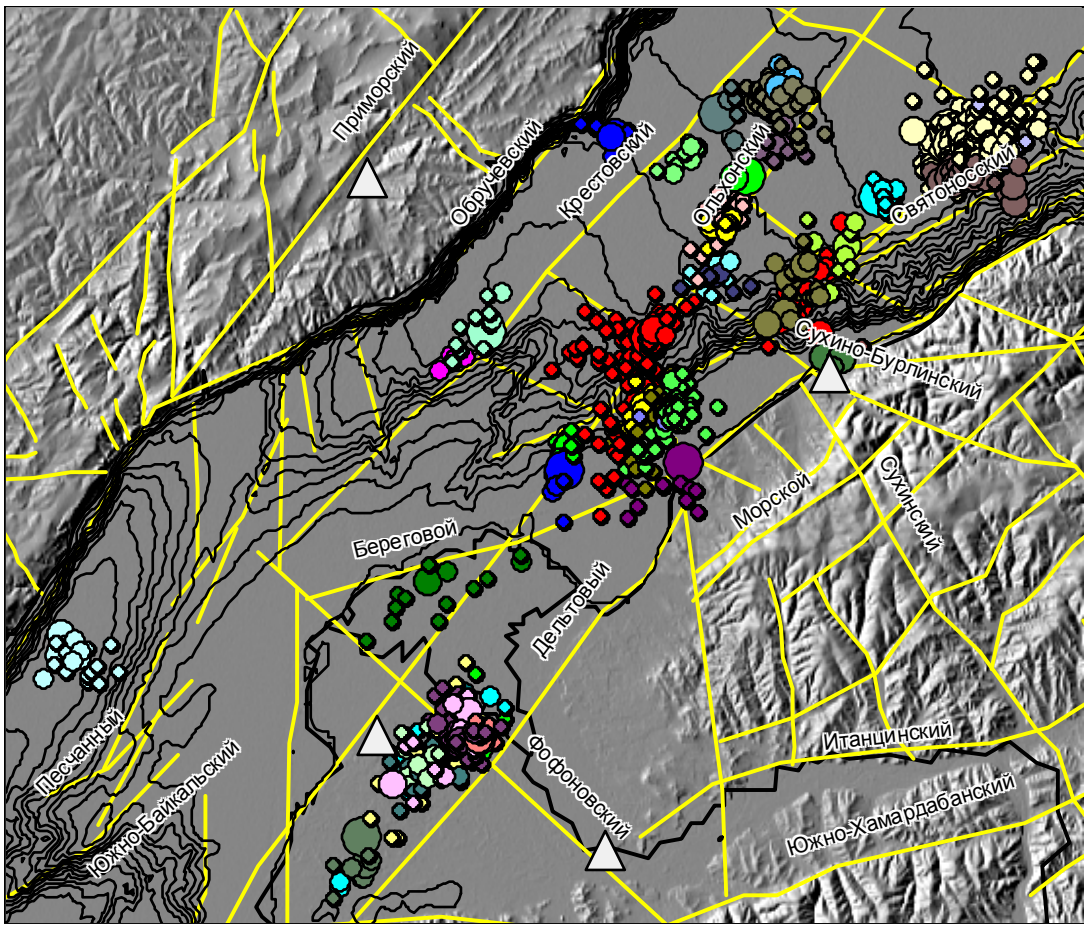


Рисунок 2 – Схема расположения активизивированных разломов и кластеры землетрясений (кружки - показаны разными цветами) в Селенгинской сейсмоактивной зоне. Треугольники – сейсмостанции.

Многолетние наблюдения в точках магнитотеллурических наблюдений в области Южного и Среднего Байкала составляющих вариаций геомагнитного поля H, D, Z дали возможность изучить изменение магнитного типпера во времени и получить представление о динамике электропроводности геологической среды на различных глубинах. Для этого использованы вариации геомагнитного поля в диапазоне периодов от первых минут до первых десятков тысяч секунд за время наблюдений с 01.01.2001-31.12.2011 гг. Предварительно был выбран временной интервал, на котором более устойчиво определяется типпер. Анализ выполнен для временных интервалов равным 1, 2, 3, 4, 5, 10 суткам. Результаты показали, что более устойчиво типперы определяются для минимального временного интервала равного 5 суткам. При этом когерентность между вариациями геомагнитного поля должна быть не менее 0.8. При помощи специальной программы из банка данных сформированы массивы синхронных вариаций геомагнитного поля по 5 суток. В каждом массиве определены типперы в диапазоне периодов от 150 до 22000 с. В

результате обработки получены временные ряды типпера на периодах 150, 200, 300, 450, 670, 1000, 1500, 2000, 3000, 6600, 10000, 16000 и 22000 с.

В поведении вещественных типперов на периодах 150, 200 и 300 с. проявились аномальные возмущения, которые превышают средний уровень графиков в несколько раз. На графике вещественного типпера на периоде 150 с. (рис. 3) начало аномалии приурочено к моменту сильного Култукского землетрясения с M = 6.3 (27.08.2008), продолжительность аномалии составляет примерно 2 месяца. Можно предположить, что аномальное возмущение типпера связано с появлением геоэлектрической проводящей неоднородности, возникшей в результате землетрясения. При этом появление неоднородности привело к увеличению типпера в несколько раз.

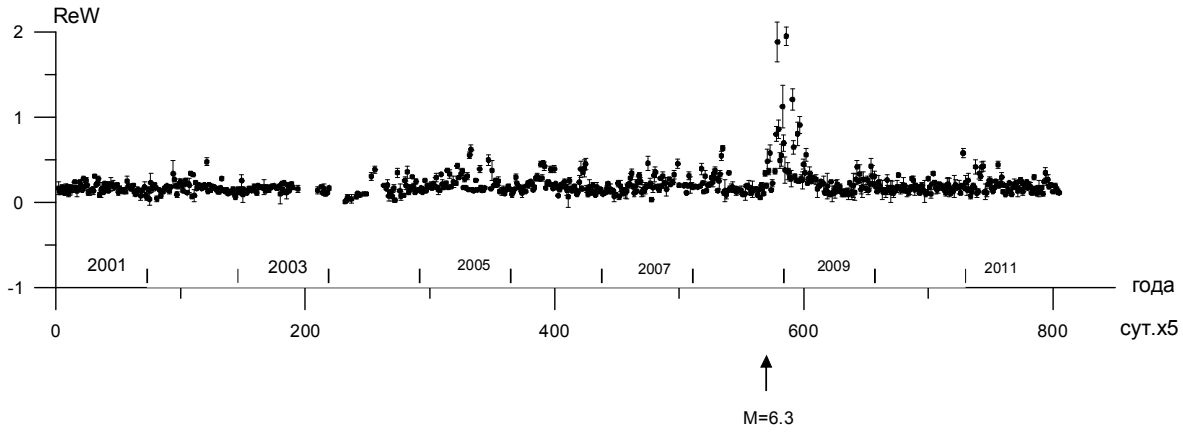


Рисунок 3 – Временной ряд вещественного типпера на периоде 143 с. На временной оси показан момент Култукского землетрясения.

Анализ временных рядов типперов за многолетний период свидетельствует, что в поведении Re**W** в диапазоне периодов от 600 до 3000 с выражены годовые вариации, характеризующие электропроводность геологической среды. На временном ряде вещественного типпера на периоде 1000 с., на котором он определяется более устойчиво, годовые вариации практически не выражены в поведении мнимого типпера. Следует отметить, что по данным МТЗ на указанных периодах проявились проводящие зоны в литосфере рифтовой зоны, связываемые с глубинными разломами [Мороз, 2013]. Есть основание полагать, что годовые вариации магнитного типпера связаны с электропроводностью глубинных разломов. О возможной природе такого изменения проводимости однозначно пока судить трудно. Можно предположить, что годовые вариации проводимости разломов могут быть вызваны обращением Земли вокруг Солнца, в результате которой проявляется годовая цикличность в изменении трещиноватости литосферы, степени насыщенности гидротермальными растворами и степени их минерализации.

Разработана методика интерпретации глубинных магнитотеллурических зондирований в сейсмоактивных регионах с целью выявления разломов, проникающих в земную кору и верхнюю

мантию. Методика создана на основе анализа экспериментальных данных и изучения пробных моделей с помощью численного двумерного и трёхмерного моделирования магнитотеллурического поля. Глубинные разломы выражены в виде расхождения ориентированных кривых кажущегося электрического сопротивления. Периоды вариаций, на которых проявляется расхождение кривых, характеризуют глубину разломов. В результате интерпретации МТЗ выявлены глубинные разломы, вокруг Южной части оз. Байкал. Разломы начинаются с глубин в первые сотни метров - первые километры и проникают глубже в нижние части земной коры – верхнюю мантию. На большинстве пунктов низкочастотные ветви поперечных кривых располагаются ниже продольных. Это свидетельствует, что глубинные разломы являются проводящими. Высокая проводимость разломов, может быть связана с насыщенностью пород высокоминерализованными растворами. Также не исключается наличие электронопроводящих пород. На рис. 4 показано местоположение и направление глубинных разломов, выявленных по данным МТЗ.

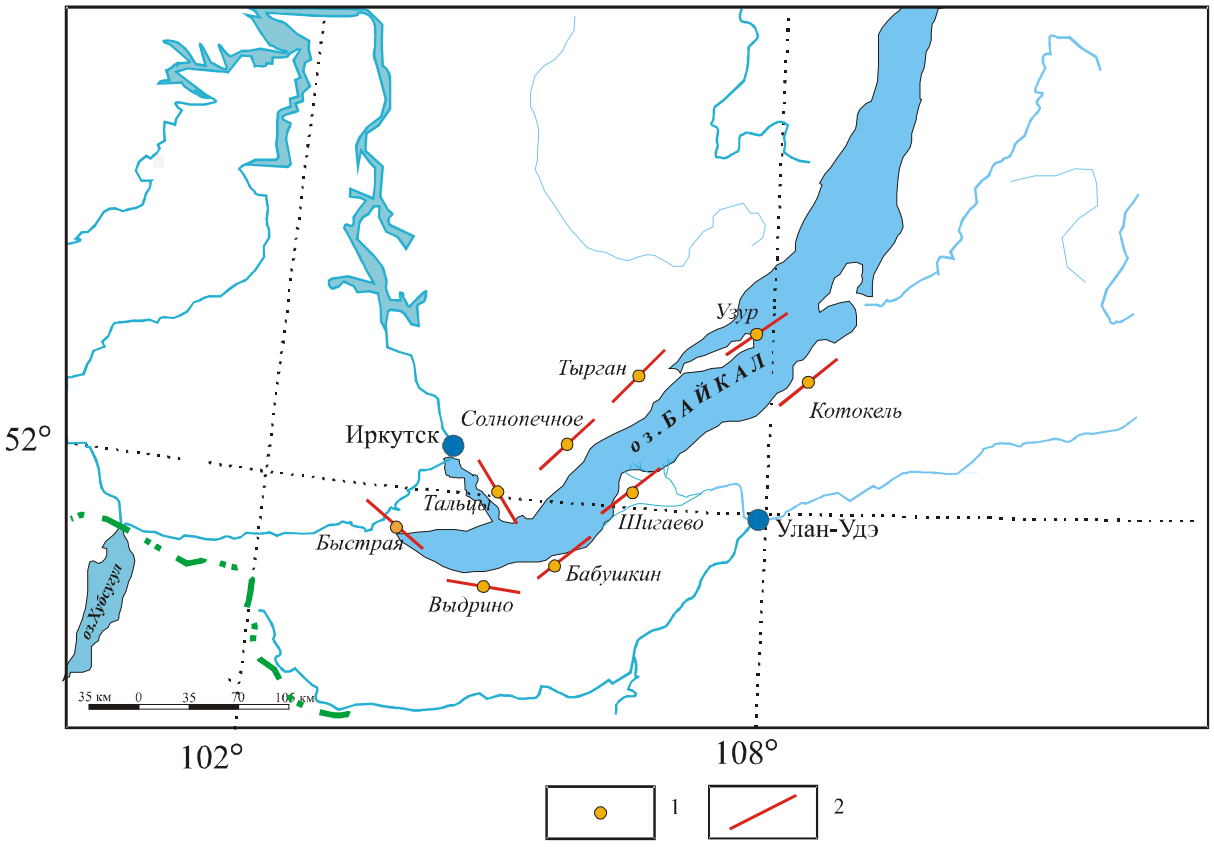


Рисунок 4 – Местоположение и ориентировка глубинных разломов в южной части оз. Байкал
1 – пункты МТЗ; 2- ориентировка глубинных разломов.

Ранее, при обработке полученных временных рядов вибросейсмического мониторинга установлено, что для отдельных сеансов амплитуды и фазы монохроматических колебаний значительно отличаются от близких по времени наблюдений [Татьков, 2008]. Анализ исходного

сигнала, зарегистрированного в ближней зоне - на платформе вибратора и на глубине 6м показал, что в монохроматическом режиме «плохие» сеансы вибратора отличаются нестабильностью фазового спектра, меняющегося в пределах ±100 градусов. В 2014 году изучена стабильность излучения монохроматического вибросигнала на частотах 7, 8, 9 Гц (рис. 5). Показано, что для частоты 7 Гц среднее отклонение фазы излученного сигнала равна14 град., при этом наблюдаются смещение фазы сигнала 180 град. На частоте 8 Гц среднее отклонение не превышает 1.5 град и для частоты 9 Гц отклонения не превышает 0,7 град.

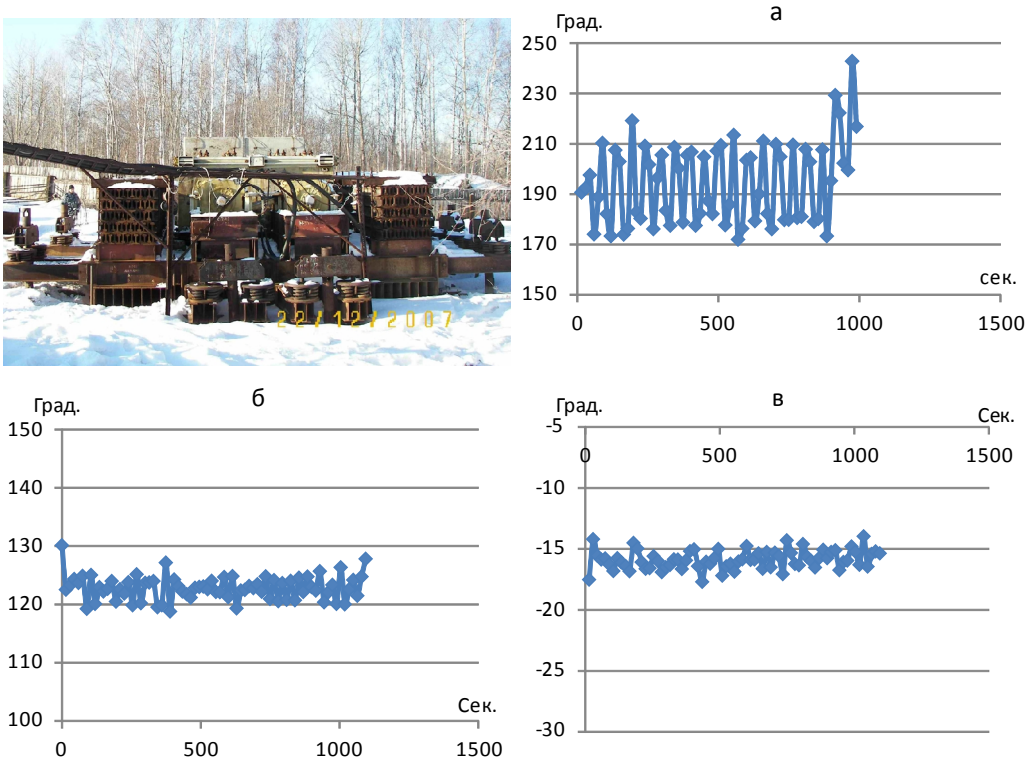


Рисунок 5 – Вариации фазы вибросейсмического монохроматического сигнала на разных частотах, а – 7 Гц, б – 8 Гц, в – 9 Гц. В левом углу – вибратор ЦВ-100.

Для изучения основных факторов, влияющих на стабильность работы вибратора, предложено исследовать параметры поверхностных волн в ближней зоне вибратора (на удалении не более 200 м от источника). В ближней зоне вибратора ЦВ-100 были проведены наблюдения с сейсморазведочной установкой с линейным расположением 12 сейсмоприемников и шагом 3м в диапазоне 6 – 10 Гц. Для определения фазовой скорости распространения поверхностных волн использовано спектральное разложение. Таким образом получены дисперсионные кривые и графики затухания поверхностных волн Рэлея для ближней зоны вибратора

1. Мониторинг объектов инфраструктуры сейсмоопасных территорий.

Осуществление мониторинга сейсмической устойчивости жилых домов, жизненно важных объектов и сооружений с массовым сосредоточением людей требует разработки критериев и процедур оценки дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений в системах жизнеобеспечения.

Обследования различных инженерных сооружений, находящихся в различных категориях технического состояниях, показало слабую частотную зависимость динамических характеристик от категории технического состояния инженерного сооружения. Поэтому, для обнаружения скрытых дефектов, вызванных ошибками монтажа или длительной эксплуатацией, требуется использование пространственно-распределенных систем наблюдения дающих полную информацию о динамике основных конструктивных элементов сооружений [Патент…, 1999, Способ…, 2000].

Ранее нами показано, что модальный метод обследования зданий параллельно с изучением точечных динамических характеристик, таких как частоты, формы колебаний и декременты затухания, позволяет исследовать скорости и волновые карты распространения изгибных сейсмических волн *в объеме* здания, что намного повышает информативность исследований [Татьков, 2006]. Проведено тестирование методики в комплексе с вибрационными испытаниями блок-секции 9-этажного здания серии 1-120 в г. Иркутске. Особенностью данной серии является сборные колонны со «штепсельными» межэтажными стыками. Так, для исследуемого сооружения в продольном направление на первоначальном этапе и после вибрационной 9-ти бальной нагрузки скорость распространения изгибных волн в объеме здания не изменилась и примерно равна 350 м/с, имеет равномерный характер без видимых зон отражений волн (рисунок 6 А, Б). Для поперечного направления картина совсем другая. Карта распространения изгибных волн носит сложный, неоднородный характер. На первоначальном этапе выделяются две зоны с различными скоростями (рисунок 6В): первая зона с 1 по 6 этаж имеет скорость волны порядка 500 м/с; вторая зона с 7 по 9 этаж - 350 м/с. После цикла вибрационной нагрузки на вертикальном годографе четко выделяются три зоны по высоте с резкими границами по вертикали и различающихся скоростями. В средней зоне блок секции на границе 6 и 7 этажей появились отражения волн и участки пониженной когерентности. Выявленные границы зон с различными скоростными характеристиками и искажениями эпюр колебаний соответствуют местам соединений колонн «штепсельного» типа с нарушенной технологией сборки стыка.

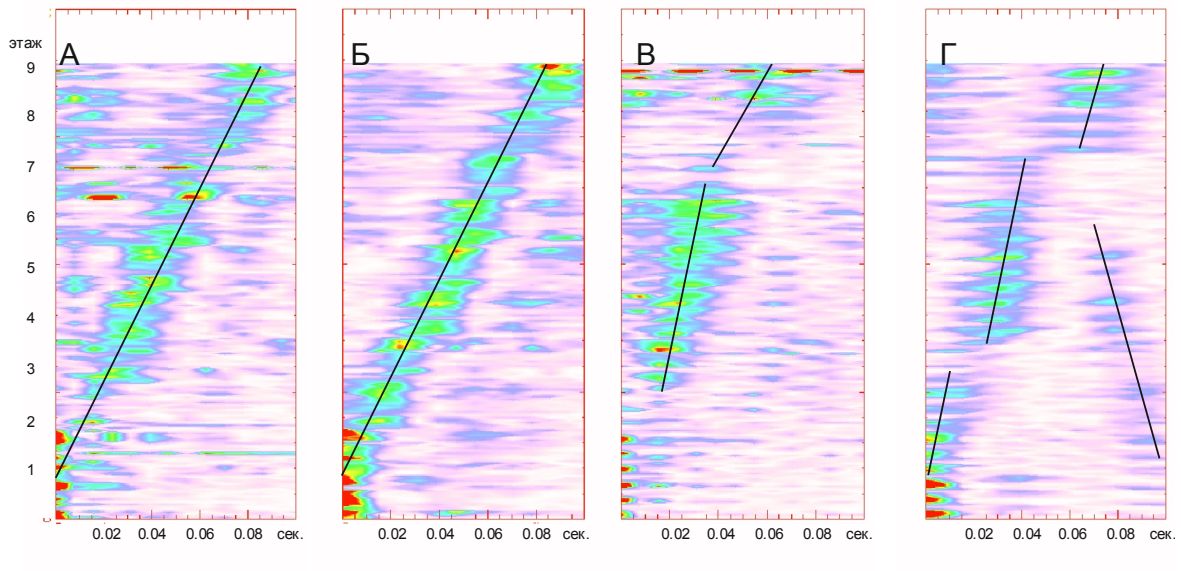


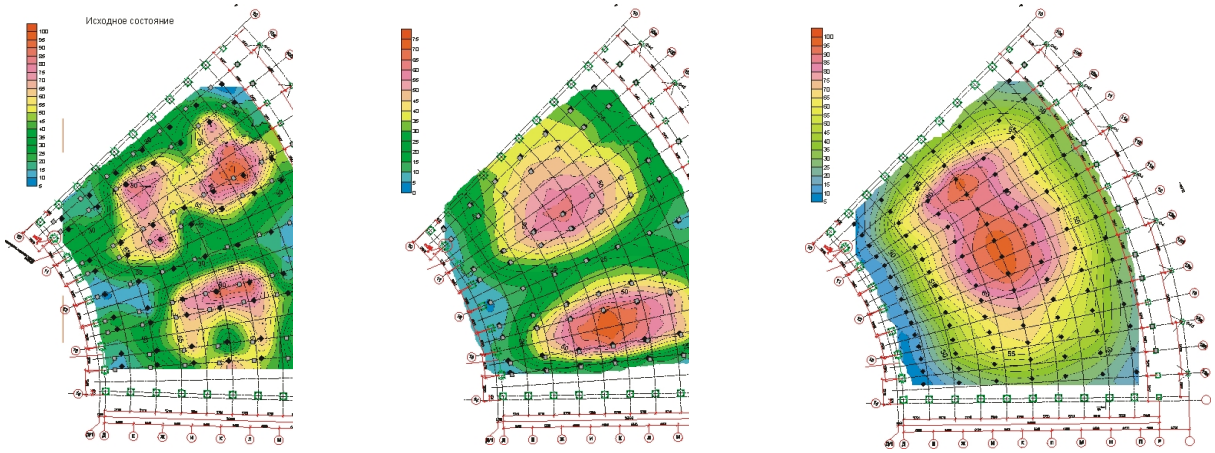
Рисунок 6 – Распространение волнового пакета по продольному (А- до, Б – после вибрационных испытаний) и поперечному (В - до, Г – после вибрационных испытаний) направлениям 9-этажного каркасного здания серии 1-120 с.

В 2012 г. строительное усиление жесткости ферменной конструкции большепролетного здания физкультурно-спортивного комплекса (ФСК) в г. Улан-Удэ, сопровождалось инструментальным мониторингом собственных форм колебаний с использованием модального метода диагностики зданий. Обследование комплекса проводилось микродинамическим (модальным) методом в 3 этапа.

- Первый этап – исходное состояние, определение исходных динамических характеристик комплекса со всеми дефектами;
- Второй этап – после протяжки болтовых соединений;
- Третий этап – после выполнения всех работ, установки гравёров, затяжки болтовых соединений и выполнения сварочных работ.

В результате обследования получены пространственные формы колебания ферменного покрытия спорткомплекса для I исходного состояния и после II и III этапов строительных работ (рис. 7). Проведенные исследования показали положительную динамику улучшения пространственной целостности ферменной конструкции. Согласно первоначальным исследованиям, покрытие не представляло собой единого целого, выделяются отдельные локальные максимумы с повышенной амплитудой колебания, свидетельствующие об отсутствии жестких связей между различными элементами покрытия. Следующий этап исследования, проведенный после протяжки болтовых соединений, показал значительное улучшение целостности ферменных конструкций. В динамике покрытия выделяются устойчивые собственные формы, которые можно сопоставить с расчетными формами колебания. На конечном этапе после

проведения всего ряда ремонтных работ динамическая картина стала соответствовать колебаниям мембраны и расчетным значениям собственных частот. Данное распределение амплитуд и частот можно взять за начальное состояние для дальнейшего мониторинга динамических характеристик ферменного покрытия спортивного комплекса.



а б в

Рисунок 7 – Динамика изменения амплитуд усиления вертикальных колебаний на частоте 1.9 Гц для I(а), II(б) и III(в) этапов мониторинга в 2012 г.

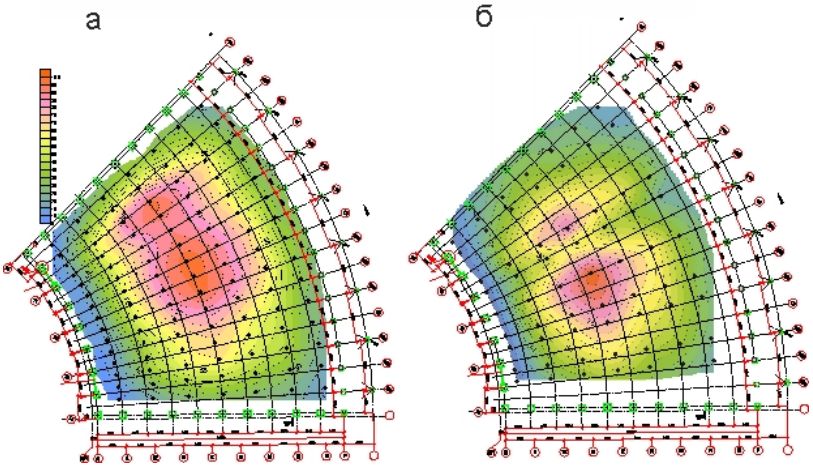


Рисунок 8 – Динамика изменения амплитуд вертикальных колебаний перекрытия здания ФСК, а – исходное состояние, февраль 2012 г, б – текущее состояние, июнь 2014 г.

В 2014 г. проверка состояния комплекса показала положительную динамику улучшения динамических характеристик, свидетельствующих о стабильном состоянии пространственной ферменной конструкции (рис. 8). В результате показано, что методика модального обследования

зданий дает полное описание текущей вибрационной картины конструкций и позволяет оценивать изменения в динамическом поведении конструкций сооружений во времени.

Заключение

Проведенные детальные исследования сейсмического режима в очаговых областях Центрального Байкала показали, что положение роев и групп землетрясений более четко трассирует линейные структуры сейсмогенных разломов земной коры, по сравнению с всем потоком землетрясений. Согласно данным лабораторных экспериментов (Соболев, 2006) механизм генерации роевых групп землетрясений может быть связан с инжекцией воды в область активных трещин. Решение этого вопроса требует привлечения данных о вариациях глубинной электропроводности.

Зафиксирована сезонная периодичность слабых землетрясений с характерным изменение периодов во времени; известно, что такое поведение характерно для динамики самоорганизующихся систем с обратными связями. Периодичность потока микроземлетрясений свидетельствует о квазистационарном режиме функционирования системы на низшем иерархическом уровне. В последнее время получены данные говорящие об определяющей роли скорости деформации на сейсмический режим. Квазистационарность процесса характеризуется малыми скоростями деформации, квазистохастичность возникает на фоне более быстрых деформаций

По данным магнитотеллурических измерений выявлено аномальное возмущение типпера во время сильнейшего Култукского землетрясения, которое может быть связано с появлением геоэлектрической проводящей неоднородности, возникшей в результате землетрясения. При этом появление неоднородности привело к увеличению типпера в несколько раз.

Для увеличения точности вибромониторинга, предложено исследовать параметры поверхностных волн в ближней зоне вибратора (на удалении не более 200 м от источника). Получены параметры затухания сейсмических волн в дальней и ближней зоне сейсмического вибратора ЦВ100 для упругих объемных и поверхностных волн.

Проведено практическое применение разработанного аппаратно-программного комплекса для задач постоянного и периодического мониторинга динамических характеристик инженерных сооружений на примере здания Геологического института СО РАН и сооружения Физкультурно-спортивного комплекса г. Улан-Удэ. Для постоянного мониторинга показана стабильность и постоянство передаточной функции, выбранной в качестве основного показателя динамических характеристик. На примере сооружения Физкультурно-спортивного комплекса г. Улан-Удэ показана высокая эффективность методики контроля технического состояния инженерных сооружений, основанной на анализе микросейсмических колебаний

Список использованных источников

1 Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья / Под ред. Солоненко В.П. Новосибирск, Наука, 1981, 168 с.

2 Татьков Г.И., Резанов И.Н., Нефедьев М.А. и др. Особенности неотектонической структуры и сейсмичности Усть-Селенгинской впадины // Байкал – природная лаборатория для исследований окружающей среды и климата. ЛИСНА, Иркутск, 1994, с. 46–56.

3 Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М., Наука, 2003, 270 с.

4 Мороз Ю.Ф., Татьков Г.И., Мороз Т.А., Тубанов Ц.А., Предеин П.А. Изменения геомагнитного поля и магнитного типпера в Байкальской рифтовой зоне // Геофизические исследования. 2013. Том 14. №3. С. 10-23

5 Татьков Г.И., Ковалевский В.В., Базаров А.Д., Тубанов Ц.А., Толочко В.В. Эксперименты по вибросейсмической интерферометрии на Байкальском геодинамическом полигоне // Отечественная геология. – 2008. – № 3. – С. 94–97.

6 Патент России № 2140625 / В.С. Селезнев, А.Ф.Еманов, А.П.Кузьменко, В.Г. Барышев, В.С. Сабуров. - 1999.- Бюл. № 30.

7 Способ приведения к единому времени регистрации разновременных записей регистрации: Патент России № 2150684 / В.С. Селезнев, А.Ф. Еманов, А.П. Кузьменко, В.Г. Барышев, В.С. Сабуров.- 2000.- Бюл.№ 33.

8 Татьков Г.И. Микродинамические исследования высотного здания из монолитного железобетона / Г.И. Татьков, А.Д. Базаров, В.Г. Баранников // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2006. – № 6. – С. 27–31.

Приложение А. Публикации по проекту за 2014 год.

Статьи в отечественных рецензируемых изданиях

Базаров А.Д., Суржиков А.П. Разработка аппаратно-программного комплекса для контроля динамических характеристик инженерных сооружений // Контроль. Диагностика. – 2014. - №11. С. 57-61.

Бержинская Л.П., О.И Саландаева С., А.Д. Базаров, Дэмбэрэл, Д.В. Киселев Оценка сейсмической надежности современной застройки г. Улаанбаатора // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2014. - № 1. - С. 49-55.

Мороз Ю. Ф., Карпов Г. А., Мороз Т. А., Николаева А. Г., Логинов В. А. Геоэлектрическая модель кальдеры Узон на Камчатке. Вулканология и сейсмология. 2014. № 5. С. 38-51.

Татьков И.Г., Татьков Г.И., Бадерин А.М., Ковбасов К.В. Результаты применения электротомографии методом многоразносного комбинированного профилирования при поисках рудного золота на территории Муйского террейна// Разведка и охрана недр. 2014. № 1.С. 32–38.

Татьков И.Г., Дамдинов Б.Б., Гармаев Б.Л., Будяк А.Е. Комплексная геолого-геофизическая модель верхней части разреза среднеголготайского золоторудного месторождения. //Геология и минерально сырьевые ресурсы Сибири, 2014, №3, с.77-80

Гордиенко И.В., Булгатов А.Н., Нефедьев М.А., Орсоев Д.А. Геолого –геофизические, прогнозно-металлогенические исследования и перспективы освоения минеральных ресурсов Северо-Байкальского рудного района // Геология и геохимия месторождений полезных ископаемых. Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2014.№ 2 (45) с. 5-17.

Патенты, авторские свидетельства

BuildMod- программа для анализа динамических характеристик инженерных сооружений: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2014619571, Рос. Федерация. заявка №2014614214 / Базаров А.Д.; правообладатель ГИН СО РАН; дата поступления: 05.05.2014; дата регистрации: 18.09.2014.

Не рецензируемые издания

Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А. О дисперсии магнитотеллурического импеданса в связи с сильными землетрясениями на Камчатке. Сборник материалов шестого международного симпозиума. «Проблемы геодинамики и геологии внутриконтинентальных орогенов». Бишкек, 2014, с. 202 – 205.

Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М., Мороз Т.А. О глубинной электропроводности восточного побережья Камчатки. Сборник материалов международного симпозиума: «Проблемы геодинамики и геологии внутриконтинентальных орогенов». Бишкек, 2014, стр. 206- 210. Moroz Yu. F., Moroz T.A. Anomalous variations of the MT response function caused of strong Kamchatka earthguakes. Book

of abcstracts. 10zh International Conference “Problems of geocosmos” St. Peterburg, October 6 – 10, 2014 c 19.

Moroz Yu.F., Samoylova O.M., Moroz T.A. The investigation of the three dimensional effect in magnetoteluric field of Kamchatka east, Book of abstracts. 10zh International Conference “Problems of geocosmos” St. Peterburg October 6 – 10, 2014 c 20.

Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А. Разломы литосферы до и после сильнейшего Олюторского землетрясения в Корякском нагорье по геофизическим данным. Тезисы докладов Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей из других стран «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ». г..Иркутск 11 – 16 августа 2014 г. с. 58.

Мороз Ю.Ф. Мороз Т.А., Карпов Г.А.Флюидная проницаемость зоны глубинного разлома в кальдере Узон на Камчатке. Тезисы докладов Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей из других стран «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы тектонофизический анализ» г..Иркутск 11 – 16 августа 2014 г. с. 157

Мороз Ю.Ф. Мороз Т.А., Смирнов С.Э. Аномальное поведение фазы импеданса в связи с сильными землетрясениями материалы конференции. Материалы конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы» Петропавловск-Камчатский. ИВИС ДВО РАН, 2014 с. 206 – 213.

Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М., Мороз Т.А. Глубинное строение побережья северной Камчатки по геофизическим данным. Материалы конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы» Петропавловск-Камчатский. ИВИС ДВО РАН, 2014 с. 200 – 205.

Цыдыпова Л.Р., Герман Е.И., Предеин П.А. Спектральные характеристики и временные вариации микросейсмического фона территории Забайкалья // XV Уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник докладов. Екатеринбург: Игф УрО РАН, 2014. С. 239-241;

Цыдыпова Л.Р., Эрдынеев Б.Р. Исследования сейсмичности и глубинного строения по Селенгинской локальной сети // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы II Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции. Геологический полигон «Шира», Республика Хакасия, Россия. 31 июля – 7 августа 2014 г. / Новосиб. гос. ун-т; Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. С. 270-272;

Цыдыпова Л.Р., Мордвинова В.В., Тубанов Ц.А., Кобелев М.М., Предеин П.А. Строение земной коры и мантии юго-востока Байкальской горной области по данным обменных PS волн // Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ: Тезисы докладов Всероссийского совещания с участием приглашенных исследователей из других стран (11-16 августа 2014 г., г. Иркутск). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. С. 38;

Цыдыпова Л.Р., Тубанов Ц.А., Предеин П.А., Герман Е.И. Изучение динамических характеристик сейсмического шума по данным цифровых станций Селенгинской локальной сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН. 2014. С. 342-345.

Поверхностные урановые месторождения Витимского плоскогорья как геохимический барьер в криолитозоне / С.В. Бартанова, Н.Е. Астахов, Т.Т. Тайсаев // Материалы IX Международного симпозиума, г. Миасс, 9-11 сентября 2014г. - Т. 4. - С.24

Tcydypova L.R., Mordvinova V.V., Tubanov Ts.A., Kobelev M.M., Predein P.A. Velocity structure of the Earth's crust and mantle in Transbaikalia from broad-band seismic data // The 10th General Assembly of the Asian Seismological Commission: "Working together towards an earthquake-resilient Asia". Abstracts. Makati City (Philippines). 17-20 November 2014. P. 45.

Суворов В.Д., Тубанов Ц.А., Мордвинова В.В. Скорость продольных и поперечных волн в верхней части земной коры Байкальского рифта // Геофизические методы исследования земной коры. Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Пузырева (9-13 декабря 2014). Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2014. С. 269-272.

Ковалевский В.В., Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Тубанов Ц.А., Базаров А.Д. Коррекция сезонных изменений вибрационных сейсмограмм при вибросейсмическом мониторинге Южнобайкальского региона // Геофизические методы исследования земной коры. Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Пузырева (9-13 декабря 2014). Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2014. С. 269-272.