Федеральное агентство научных организаций

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

УДК 550.34

№ госрегистрации 01201374135

УТВЕРЖДЕНО
РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА
Протокол №13 от 20.11.2014
Председатель Ученого совета
и.о. директора института, д.г.-м.н.
_____ А.А. Цыганков
«25» декабря 2014 г

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Программа ОНЗ РАН 7. Геофизические данные: анализ и интерпретация

по заданию к теме
ОНЗ РАН 7.7. СТРУКТУРА И СОВРЕМЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЛИТОСФЕРЫ МОНГОЛО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА
за 2014г.

Ответственный
исполнитель раздела
от ГИН СО РАН
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)
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 9 стр., 5 рис., 8 источников, 1 прил.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ, ДОБРОТНОСТЬ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, БАЙКАЛЬСКИЙ РИФТ, ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ

Объектом исследования являются локальные неоднородности земной коры очаговых областей Байкальского рифта.

Целью работы является изучение латеральных вариаций параметров затухания сейсмических волн в земной коре Байкальского рифта по данным локальной системы сейсмологических наблюдений.

Данные сейсмологических наблюдений (сейсмограммы, каталоги, бюллетени параметров сейсмических волн) систематизированы посредством программирования реляционных баз данных.

Для оценки добротности литосферы использованы методы нормализации по кода-волнам. Разработана специальная программа, реализующая методы расчета добротности. Наблюдается сравнительная разница в форме зависимости добротности от частоты для разных направлений от станции. Для профилей имеющих северо-восточную направленность характерна более резкая частотная зависимость добротности, что говорит об локальных отличиях упругих свойств земной коры Байкальского рифта и высокой неоднородности среды распространения волн.

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

Определения, обозначения и сокращения

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

База данных – это информационная модель, позволяющая упорядоченно хранить данные о группе объектов, обладающих одинаковым набором свойств. Программное обеспечение, предназначенное для работы с базами данных, называется система управления базами данных (СУБД).

Добротность среды (Q-фактор) - параметр, характеризующий поглощающие свойства среды.

Земна́я кора́ — внешняя твёрдая оболочка (кора) Земли, верхняя часть литосферы. В целом для земной коры характерна вертикальная и горизонтальная неоднородность (анизотропия), которая отражает различный характер её эволюции в разных частях планеты.

Сейсмическая кода (seismic coda) – колебания, наблюдаемые в хвостовой части сейсмич. волн (любого типа). Предполагается, что сейсмическую коду образуют волны, многократно рассеянные на неоднородностях среды (кода-волны).

Введение

Сейсмическая добротность Q является безразмерным параметром, описывающим затухание сейсмической энергии при прохождении волны в геологической среде, и необходима при расчете искусственных сейсмограмм, при изучении макросейсмических проявлений при сильных землетрясениях и т.д. Байкальский рифт является одним из наиболее сейсмически активных регионов России. Несмотря на интерес к региону из-за его высокого сейсмического потенциала и длительную историю сейсмологических исследований, исследование добротности (Q) до сих пор носило оценочный характер, можно упомянуть лишь несколько публикаций на эту темы (Жадин, Дергачев, 1973; Егоркин и др., 1981; Букина и др., 1983; Копничев, 1991; Потапов и др., 1996; Еманов и др., 1999; Добрынина и др., 2011, 2014; Dobrynina, 2011).

Сейсмические волны, распространяясь в неоднородной литосфере, поглощаются и рассеиваются, формируя волновые поля сложной структуры. Процессы рассеяния и поглощения колебаний в среде зависят от частоты, поэтому важно раздельно регистрировать разные частотные составляющие колебаний, при этом длительность анализируемых сейсмограмм и частотный диапазон желательно иметь как можно большими.

Методика оценки добротности с использованием метода нормализации позволяет оценить добротность в среде по данным продольных (P) и поперечных волн (S). Совместное изучение этих параметров является перспективным направлением для исследования латеральных неоднородностей среды.

Основная часть

Изучение латеральных вариаций параметров затухания сейсмических волн в земной коре Байкальского рифта по данным локальной системы наблюдений

Изучение затухания сейсмических волн проведено по данным базы данных цифровых записей локальной сети наблюдений. Организация любой системы сбора данных, тесно связана с разработкой программных средств обработки данных, включая базу данных и средства визуального отображения. Подход, избранный нами, разделяет сбор (регистрацию данных) и обработку данных, что позволяет использовать модульный подход. Сформированная база сейсмологических данных за период 2001-2011 г.г. включает в себя как данные, так и средства обработки и визуализации сейсмограмм, графиков и картографической информации. В основу положена модульная структура автоматизации на базе среды программирования Python, которая имеет большое количество математических и графических библиотек, и не уступающий в скорости обработки данных своим аналогам. Другим достоинством данного языка является возможность его встраивания в любые приложения. При разработке приложений для обработки сейсмограмм были использованы библиотеки математической обработки numpy и scipy, графический пакет matplotlib, библиотека обработки временных рядов scikits.timeseries. В качестве базы данных используется SQLite, для связи её с Django используется технология ORM (Object-relational mapping — объектно-реляционное отображение), позволяющая связывать таблицы базы данных с объектами и классами языка программирования. Таким образом становится возможным переход на любую поддерживаемую базу данных (помимо SQLite, это PostgreSQL, MySQL, Miscrosoft SQL Server, Oracle, ряд иерархических и документ-ориентированных баз данных).

Для расчета добротности нами использован метод нормализации, согласно которому отношение амплитуды P-волны к амплитуде коды и амплитуды S-волны к амплитуде коды подчиняются следующим выражениям:

$$ln\left[\frac{A_P(f,r)r^{\gamma}}{A_c(f,t_c)}\right]_{r\pm\Delta r} = -\frac{\pi f}{Q_P(f)V_P}r + const(f)$$

(1)

$$ln\left[\frac{A_S(f,r)r^{\gamma}}{A_c(f,t_c)}\right]_{r\pm\Delta r} = -\frac{\pi f}{Q_S(f)V_S}r + const(f),$$

где A_p - нормализованная амплитуда р-волны, A_S- нормализованная амплитуда S-волны, A_c- нормализованная амплитуда коды, t_c- время вступления коды,*r*- расстояние до эпицентра, *γ*-параметр геометрического расхождения (в первом приближении *γ*=-1), V_P и V_S - скорости р- и s-волн. Средние скорости пробега прямых волн взяты равными 5.7 км/с и 3.2 км/с для P- и S-волн, соответственно.

Для расчетов отобрано 85 землетрясений с энергетическим классом от 9.1 до 12.6, зарегистрированных сейсмостанцией «Хурамша» (hrm), эпицентры которых располагаются вдоль восьми азимутальных профилей (Рис. 1).

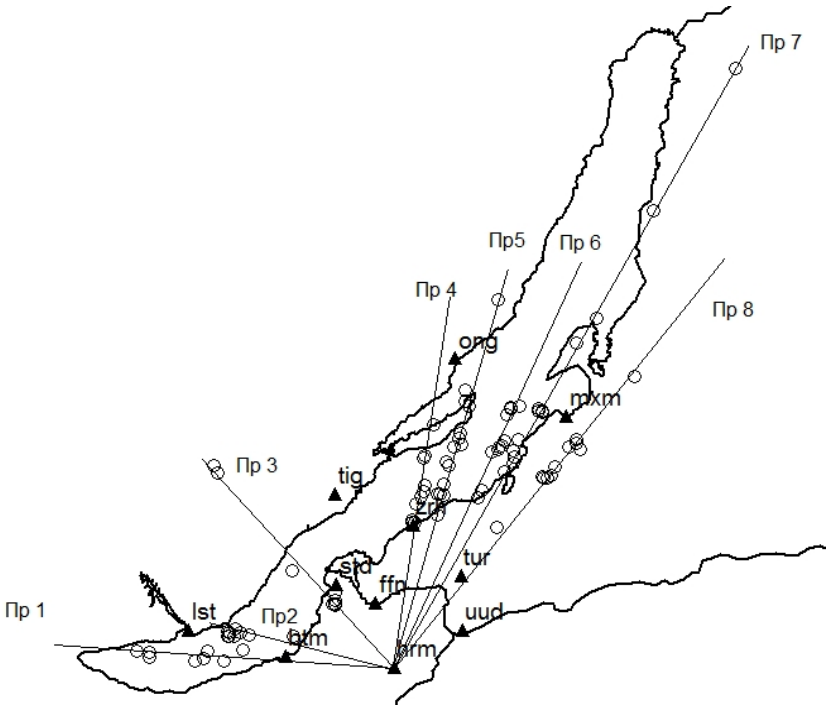

Рисунок 1 - Схема расположения «профилей» для изучения характеристик затухания сейсмических волн на сейсмостанции Хурамша (hrm).

Данный подход позволяет физически обоснованно оценить параметры затухания сейсмических волн, с учетом локальных особенностей геологического строения вдоль сейсмических трасс (рис. 2).

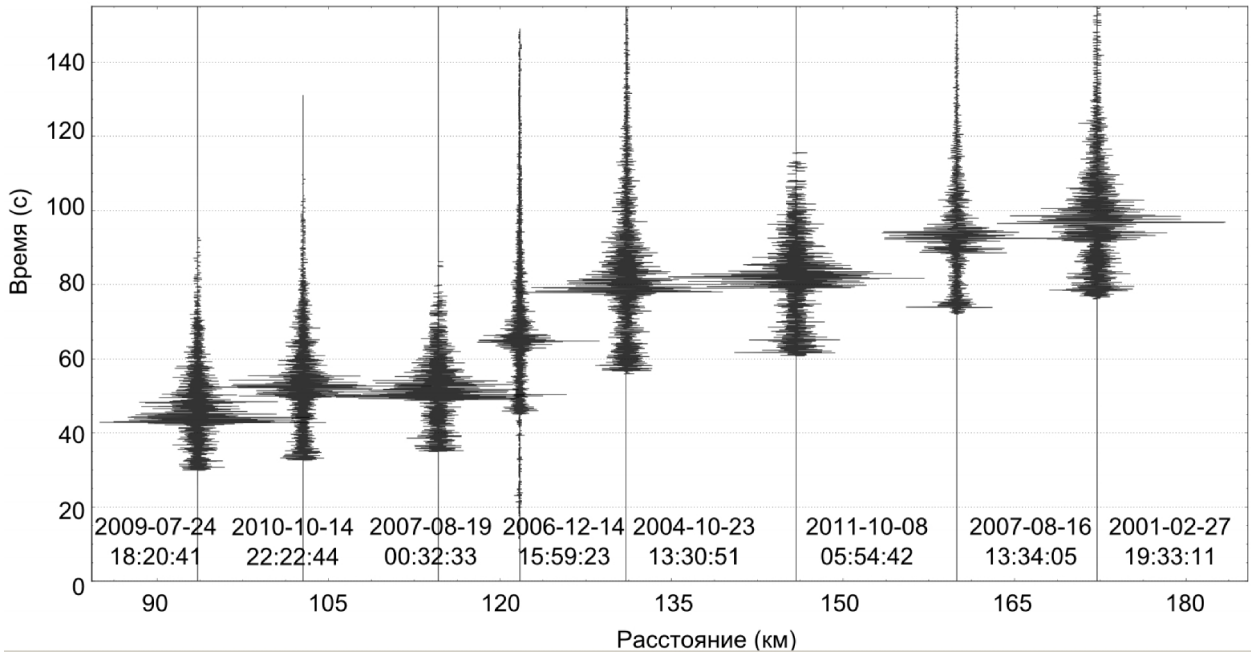

Рисунок 2 - Монтаж сейсмограмм землетрясений профиля № 5, зарегистрированных на сейсмостанции Хурамша (указаны дата и время землетрясений).

Предварительно сейсмограммы были отфильтрованы пропускающим фильтром Баттерворта в четырех октавных полосах с центральными частотами 1, 3, 6 и 12 Гц. По отфильтрованным сейсмограммам для каждого частотного диапазона вычислены среднеквадратические значения амплитуд для прямых P- и S-волн и коды по вертикальной и горизонтальным компонентам соответственно. Значения выбирались в временных окнах исходя из времен вступлений P- и S-волн и двойного времени пробега S-волны (Рис. 3).

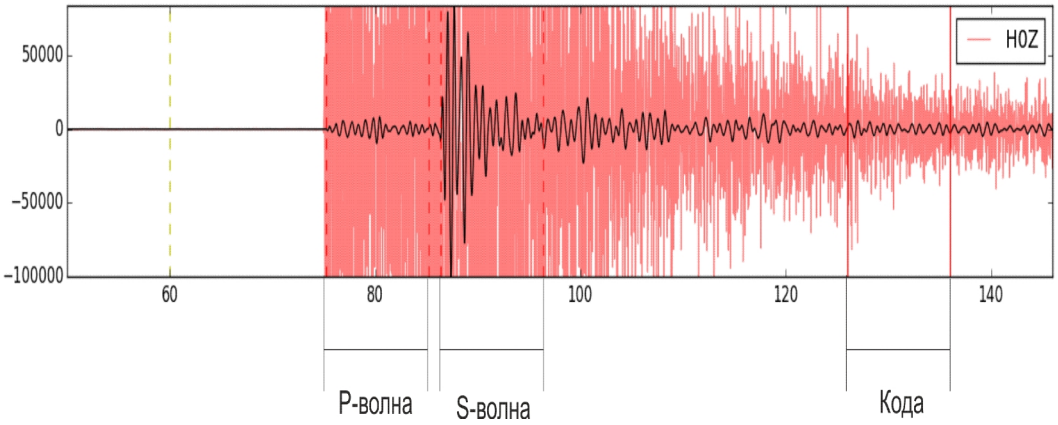

Рисунок 3 - Исходная и фильтрованные сейсмограммы (в полосе 0.5-1.5 Гц, центральная частота 1 Гц). Указаны участки сейсмограммы для расчетов среднеквадратической амплитуды.

Произведен расчет нормированных амплитуд (1) для событий, отнесенных к отдельным профилям, параметры Q_P и Q_S определены из коэффициентов наклона уравнений линейной регрессии в логарифмической шкале соответственно для четырех различных частотных диапазонов (Рис. 4).

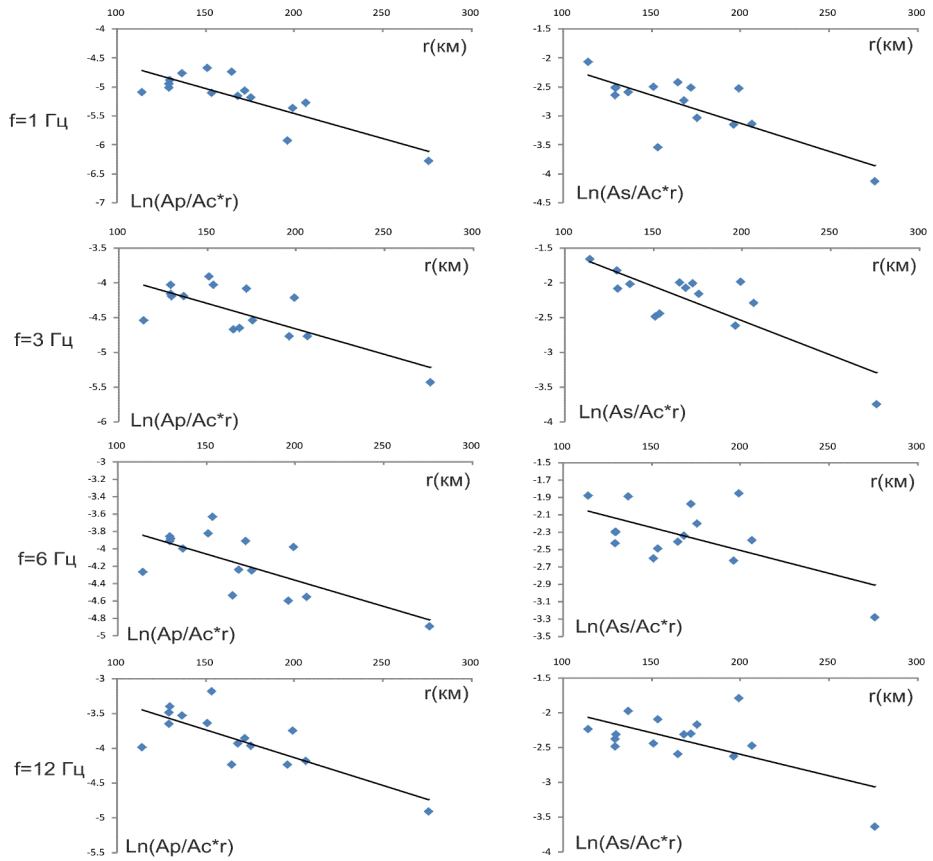

Рисунок 4 - Расчетные графики для профиля №5. По коэффициенту наклона прямой определены значения добротности на соответствующих частотах.

Из анализа значений добротности и ее частотных зависимостей (Рис. 5) выявлены следующие закономерности:

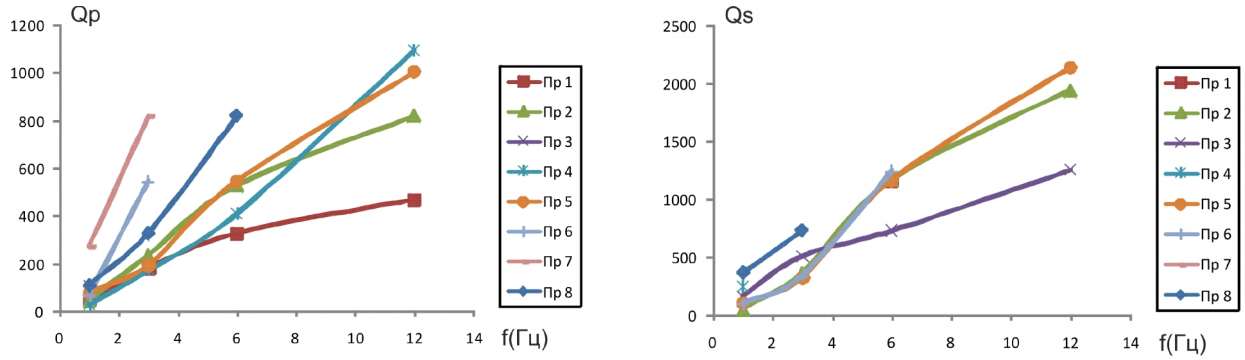

Рисунок 5 - Частотная зависимость добротности для разных профилей.

Для одних и тех же событий в области частот порядка 1 Гц значения Qp и Qs практически равны, а с увеличением частоты наблюдается ощутимая разница, так, в частотной полосе с центральной частотой 12 Гц имеем отношение добротностей Qs≈1.7Qp. Такая разница свидетельствует о различиях поглощения средой продольных и поперечных волн на высоких частотах. Наблюдается сравнительная разница в форме зависимости добротности от частоты для

разных профилей. Для профилей имеющих северо-восточную направленность (профили 6-8) характерна более резкая частотная зависимость добротности, что, говорит об локальных отличиях упругих свойств земной коры Байкальского рифта и высокой неоднородности среды распространения волн.

Заключение

Несмотря на разнородность полей добротности и частотного параметра, полученных ранее (Добрынина и др., 2011) при осреднениях для отдельных тектонических зон, полученные нами результаты показывают возможность оценки затухания и степень неоднородности среды для конкретных тектонических структур региона. При этом можно выполнять расчеты затухания для каждой сейсмической станции по профилям разного азимута. Это позволит получить оценку анизотропии среды и влияние крупных разломов на затухание сейсмических волн.

Таким образом, уплотнение сети сейсмологических станций позволяет получить качественно новые результаты, чем это позволяет сделать разреженная региональная сеть наблюдений.

Список использованных источников

1 Жадин В.В., Дергачев А.А. Измерение добротности земной коры по записям микроземлетрясений (на примере Западной Тувы и Байкальской рифтовой зоны). // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. т. 2. С. 17–22.

2 Егоркин А. В., Кун В. В., Чернышев Н. М. Поглощение продольных и поперечных волн в коре и верхней мантии Западно–Сибирской плиты и Сибирской платформы // Физика Земли. 1981. № 2. С. 37–50.

3 Букина К. И., Виллемсон Л. Х., Ковачев С. А., Соловьев С. Л. Амплитудные кривые объемных волн байкальских землетрясений по наблюдениям автономных донных сейсмографов // Физика Земли. 1983. № 3. С. 82–87.

4 Копничев Ю. Ф. Новые данные о строении верхней мантии Байкальской рифтовой системы // ДАН. 1991. Т. 325. № 5. С. 944–949.

5 Потапов В.А., Чечельницкий В.В., Иванов Ф.И. Характеристика рассеяния сейсмических волн близких землетрясений в Прибайкалье // Геофизические исследования в Восточной Сибири на рубеже XXI века. Под ред. Склярова Е.В. Новосибирск: Наука. 1996. С. 172–176.

6 Еманов А.Ф., Селезнев В.С., Соловьев В.М., Чичинин И.С., Капцов О.В., Кашун В.Н., Жемчугова И.В., Дучков А.Д. Исследование динамических особенностей сезонных изменений волновых полей при вибросейсмическом мониторинге среды // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 3. С. 474–486.

7 Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Саньков В.А. Сейсмическая добротность литосферы юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 5. С. 712–724.

8 Dobrynina A.A. Coda-wave attenuation in the Baikal rift system lithosphere // Phys. Earth Planet. In. 2011. V. 188. P. 121–126. doi:10.1016/j.pepi.2011.05.008.

Приложение А. Публикации по заданию к теме за 2014 год.

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.