

УТВЕРЖДАЮ

Директор ДВГИ ДВО РАН



д.г.-м.н. И.А. Тарасенко

«5» сентября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения
Российской академии наук на диссертационную работу
Предеина Петра Алексеевича «**Затухание сейсмических волн в
центральной части Байкальской рифтовой системы**»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-
минералогических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Актуальность темы исследований обоснована огромным вниманием, уделяемым научным сообществом проблеме сейсмической безопасности в сейсмически активных районах. Результаты проведенного исследования дают основу для актуализации карт сейсмического районирования отдельных территорий РФ.

Целью работы является исследование характеристик затухания сейсмических волн в центральной части Байкальской рифтовой системы по кода-волнам местных землетрясений.

Структура и содержание работы. Диссертация Предеина П.А. объемом 153 страницы включает 60 рисунков, 9 таблиц и 5 приложений, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 143 наименований. Работа хорошо структурирована и изложена.

Во **введении** приводится общая характеристика диссертации, определяются цели и задачи исследования, приводятся актуальность работы, научная новизна и практическая значимость. Представлены этапы выполнения работы, фактический материал и методы исследования. Сформулированы защищаемые положения. Приведена информация о личном вкладе автора диссертации, способах апробации работы и наиболее важных публикациях и результатах интеллектуальной деятельности, выполненных в рамках защищаемой диссертации. Представлено обоснование соответствия диссертации паспорту специальности 25.00.10.

Первая глава посвящена достаточно глубокому обзору тектонического строения и сейсмичности Байкальской рифтовой системы. Обобщены материалы исследования глубинного строения согласно различным методикам сейсмического зондирования. Представлен обзор предшествующих работ, посвященных изучению характеристик затухания сейсмических волн в исследуемом районе.

Во **второй главе** представлены методики, используемые автором для изучения характеристик затухания сейсмических волн в исследуемом районе. В частности, представлены методы оценки добротности среды по кода-волнам, комбинированные методы, использующие одновременно амплитуды кода-волн и прямых волн. Автором также описан спектральный метод одновременного определения характеристик внутреннего поглощения и поглощения, связанного с рассеянием на случайных неоднородностях. Представлено достаточно подробное описание фактического материала, используемого в анализе.

В **третьей главе** представлены результаты исследования кода-волн и характеристик затухания с использованием разных методов. Проведено сравнение добротности среды, определенной в исследуемом районе по коде сейсмических волн, с аналогичными оценками в других регионах Земли.

В **четвертой главе** представлен анализ пространственных вариаций характеристик затухания, оцененных по записям локальных и региональных

землетрясений. Оценен вклад внутреннего поглощения, а также вклад рассеяния в общее затухание сейсмических волн. Выполнено сопоставление результатов определений с геолого-геофизическими данными.

В заключении приводятся выводы по результатам исследования.

Научная новизна исследований и основных результатов. В диссертационной работе впервые определены характеристики затухания прямых и coda-волн для центральной части Байкальской рифтовой системы с помощью комплекса методов. Впервые показана корреляция характеристик затухания с геофизическими характеристиками среды. Впервые оценен вклад внутреннего поглощения, а также вклад рассеяния в общее затухание сейсмических волн.

Достоверность диссертационной работы обеспечена корректностью постановки задач, большим объёмом исходного материала, известными теоретическими представлениями, использованием современных методик, аппаратуры и программ, адекватных поставленным целям и задачам.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации. Согласно глобальной модели (Saskia et al., 2005) в исследуемом районе преобладает смешанный сейсмотектонический режим по классификации, предложенной в (García et al., 2012): часть исследуемой территории относится к региону с активной тектоникой, а некоторая область попадает в зону со стабильной континентальной корой. Поэтому оценка добротности и ее сопоставление с подобными определениями в других районах Земли является крайне важным практическим аспектом, который позволяет дать интерпретацию тектонического типа землетрясений в контексте характеристик затухания. В свою очередь это позволяет обоснованно импортировать модели затухания сильных движений грунта из других регионов Земли с хорошей сейсмологической изученностью и использовать их в задачах количественной оценки сейсмической опасности.

Автором на защиту вынесены следующие положения:

1. Установлены региональные закономерности затухания амплитуд объемных продольных и поперечных волн и сейсмической коды в литосфере Южнобайкальской впадины, учитывающие особенности среды распространения, которые могут использоваться для районирования территории по степени тектонической активности.

2. Методом инверсии огибающей коды с использованием разделения затухания сейсмических волн на компоненты в литосфере Южнобайкальской впадины доказана доминирующая роль внутреннего поглощения в общем затухании, вклад рассеянной компоненты затухания зависит от размеров неоднородностей среды.

3. Пространственное распределение областей повышенного и пониженного затухания в Южнобайкальской впадине соответствует положению неоднородностей земной коры и верхней мантии – области пониженного затухания сейсмических волн согласуются с областями повышенной плотности верхней коры, а области высокого затухания согласуются с положением выступа аномальной мантии и областями высокой плотности эпицентров землетрясений, выделившейся сейсмической энергии и теплового потока.

Замечания по диссертационной работе:

1. В обзоре сейсмичности центральной части БРС (глава 1.3) диссертант использует карты ОСР-2016 в качестве меры максимально возможных сотрясений на исследуемой территории. Следует отметить, что карты ОСР-2016 были введены и отменены почти сразу же (например, <https://www.faufcc.ru/about-us/news-68531/>). Принципиально новым в картах ОСР-2016 является отказ от интенсивности в качестве инженерного параметра сейсмических воздействий. В построении данных карт использовалось в определенном смысле «среднероссийское» уравнение затухания пикового ускорения грунта. Такой подход может вносить

существенные смещения нормативной сейсмичности от сбалансированных оценок в виду региональных специфик излучения, распространения и затухания сейсмических волн. В принципе автор далее об этом упоминает в терминах добротности среды, однако карты ОСР-2016 являются не самым удачным материалом для обзора сейсмичности.

2. В диссертационной работе, главе 2.1.1, описывается сложная трехсегментная модель геометрического расхождения волнового фронта. Однако в вычислениях добротности по коде (глава 2.2.1, формула (7)) используется упрощенная модель геометрического расхождения, представленная в виде коэффициента $1/r$. Также в работе не представлено сравнение теоретической модели геометрического расхождения с эмпирическими данными и соответствующее обоснование используемой модели.

3. Формирование волнового фронта за счет геометрического расхождения является сложным процессом. Переупрощенная модель геометрического расхождения сферического волнового фронта, представленная в виде коэффициента $1/r$, объясняет функциональную зависимость добротности среды от частоты (например, Morozov, 2008; Morozov et al., 2008; Morozov, Teotia, 2017; и др.). В работе И.В. Морозова (Morozov, 2008) введено понятие геометрического затухания, которое объединяет эффекты, связанные с геометрическим расхождением и рассеянием сейсмических волн, а коэффициент добротности является частотно-независимым, что отличается от традиционных аналитических представлений функции затухания сейсмических волн. Также, такие оценки характеристик затухания в представлении И. Морозова коррелируют с тектоническими характеристиками среды, в пределах которой распространяются сейсмические волны. К сожалению, в диссертационной работе этому вопросу не уделено внимание.

Заключение

Диссертация Предеина Петра Алексеевича «Затухание сейсмических волн в центральной части Байкальской рифтовой системы» является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему по определению характеристик распространения и поглощения сейсмических волн в геологической среде.

В диссертации, автореферате и публикациях соискателя в достаточной степени аргументированы и обоснованы основные научные положения и выводы. Полученные результаты обладают научной новизной. Представленное исследование имеет важное прикладное значение. Автореферат полностью и правильно отражает основное содержание диссертации.

В работе содержится решение ряда актуальных научных задач, имеющих существенное практическое значение для уточнения исходной сейсмичности отдельных территорий РФ.

Защищаемые положения являются новыми, полностью обоснованными результатами работы и получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии.

Полученные результаты П.А. Предеина прошли апробацию в рамках 10 всероссийских конференций, в том числе с международным участием. По теме диссертации опубликовано 20 статей, 4 из которых в журналах, входящих в перечень рекомендуемых ВАК. Опубликованные автором работы в полной мере отражают содержание исследований, основные выводы и защищаемые положения диссертации.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции Постановления Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а представленные замечания нисколько не умаляют значимость выводов и

ценность работы. Предеин Петр Алексеевич заслуживает присуждения
искомой ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых»

Ведущий научный сотрудник Сахалинского филиала Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Дальневосточного
геологического института Дальневосточного отделения Российской академии
наук,
кандидат физ.-мат. наук



Коновалов Алексей Валерьевич

Диссертационная работа и отзыв обсуждены 15 августа 2022 г. на заседании
семинара Сахалинского филиала Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Дальневосточного геологического института
Дальневосточного отделения Российской академии наук (протокол № 1 от 15
августа 2022 г.). По результатам рассмотрения отзыв одобрен в качестве
официального отзыва ведущей организации.

Министерство России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ДГИ ДВО РАН)
Подпись А.В. Коновалова заверяю.

Инспектор
по кадрам Т.Н. Саломаш
«05» 09 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской академии наук, 693022, Приморский край, город Владивосток,
проспект 100-летия Владивостока, дом 159, тел.: +7 (423) 231-87-50, e-mail:
office@fegi.ru

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ В ОТЗЫВЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saskia M. Schulte, Walter D. Mooney, An updated global earthquake catalogue for stable continental regions: reassessing the correlation with ancient rifts, *Geophysical Journal International*, Volume 161, Issue 3, June 2005, Pages 707–721, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02554.x>
2. García D., Wald D.J., Hearne M.G. (2012). A global earthquake discrimination scheme to optimize ground-motion prediction equation selection, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 102(1): 185–203
3. Igor B. Morozov, Geometrical attenuation, frequency dependence of Q, and the absorption band problem, *Geophysical Journal International*, Volume 175, Issue 1, October 2008, Pages 239–252, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03888.x>
4. Igor B. Morozov, Chaoying Zhang, Joel N. Duenow, Elena A. Morozova, Scott B. Smithson; Frequency Dependence of Coda Q, Part I: Numerical Modeling and Examples from Peaceful Nuclear Explosions. *Bulletin of the Seismological Society of America* 2008; 98 (6): 2615–2628. doi: <https://doi.org/10.1785/0120080037>
5. Atul Jhjhria, Igor B. Morozov, S. S. Teotia; Frequency-Dependent Coda Amplitude Decays in the Region of Himalaya, India. *Bulletin of the Seismological Society of America* 2017; 107 (4): 1817–1827. doi: <https://doi.org/10.1785/0120170032>