

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор ГИН СО РАН**

Д. Г.-М. Н.

**А. А. Цыганков**

марта 2022 г.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения  
Российской академии наук (ГИН СО РАН)**

Диссертация «ЗАТУХАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ» выполнена в лаборатории методов сейсмопрогноза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН).

В период подготовки диссертации Предеин Петр Алексеевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологический институт им. Н. Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН) в лаборатории методов сейсмопрогноза ГИН СО РАН в должности инженера (с 2010 по 2013 г.), младшего научного сотрудника (с 2013 г. по настоящее время).

В 2006 г. окончил Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления по специальности «Прикладная информатика». В 2013 г. поступил в очную аспирантуру при ГИН СО РАН по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», которую окончил в 2016 г.

Документы о сдаче кандидатских экзаменов по предметам «английский язык» и «история и философия науки» выданы Федеральным исследовательским центром «Красноярский научный центр» СО РАН в 2009 г., и Федеральным

государственным бюджетным учреждением науки Геологический институт СО РАН по предмету «геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» в 2016 г.

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Добрынина Анна Александровна, работает в должности ученого секретаря Федерального государственного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

Материалы диссертации представлены соискателем на заседании Ученого совета ГИН СО РАН.

### **ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

– 14 членов Ученого совета: к.г.-м.н. Бурмакина Г. Н., д.г.-м.н. Дамдинов Б. Б., к.б.н. Дорошкевич С. Г., д.г.-м.н. Жатнуев Н. С., к.г.-м.н. Избродин И. А., к.г.-м.н. Канакин С. В., к.г.-м.н. Кислов Е. В., д.г.-м.н. Минина О. Р., к.г.-м.н. Орсоев Д. А., д.г.-м.н. Плюснин А. М., к.г.-м.н. Тубанов Ц. А., к.б.н. Хензыхенова Ф. И., к.г.-м.н. Хубанов В. Б., д.г.-м.н. Цыганков А. А.

– приглашенных 26 человек.

**Заслушали:** доклад П. А. Предеина «ЗАТУХАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ» по теме диссертации.

### **Был заслушан:**

– отзыв научного руководителя к.ф.-м.н. А. А. Добрыниной.

### **Выступления специалистов, ознакомившихся с работой до заседания:**

– д.г.-м.н. Плюснин А. М. (ГИН СО РАН)

– к.г.-м.н. Цыдыпова Л. Р. (ГИН СО РАН)

В обсуждении приняли участие: д.г.-м.н. Плюснин А. М., к.г.-м.н. Цыдыпова Л. Р., д.г.-м.н. Дамдинов Б. Б., д.г.-м.н. Цыганков А. А.

Замечания, высказанные при обсуждении, не носят принципиального характера; касаются формы изложения материалов, формулировок защищаемых положений, и не требуют существенной переработки представляемой диссертационной работы.

**Объектом исследования** данной работы являлась центральная часть Байкальской рифтовой системы (БРС) – Южнобайкальская впадина и прилегающие к ней территории, поглощающие свойства литосферы региона и параметры затухания сейсмических волн.

#### **Актуальность темы исследования.**

Центральная часть Байкальской рифтовой системы находится в одном из наиболее сейсмоопасных регионов Российской Федерации. Согласно картам общего сейсмического районирования, на прилегающих к ней территориях южной окраины Сибирской платформы и Забайкалья возможны сотрясения с интенсивностью 7–9 баллов по шкале ШСИ-17. Высокий уровень сейсмической активности исследуемого региона подтверждается данными о палеоземлетрясениях, макросейсмическими сведениями о сильных сотрясениях прошлого и информацией о современных землетрясениях с магнитудами до 6.8.

В силу неоднородности строения литосферы параметры затухания варьируют в зависимости от региона. Однако затухание на региональных, и тем более, локальных масштабах, изучено недостаточно. Карты общего сейсмического районирования ОСР-97, ОСР-97\*, ОСР-2012, и ОСР-2015 не учитывают региональных параметров излучения и распространения сейсмических волн. В частности, для построения карт используется единое значение эффективной сейсмической добротности  $Q \approx 150$  на частоте  $f = 1.0$  Гц для всей материковой части Северной Евразии (кроме Курило-Камчатского региона и полуострова Крым). Кроме того, в расчетах используются соотношения связи сейсмической интенсивности с пиковым ускорением, полученные по данным наблюдением в Калифорнии (США), что приводит к существенным ошибкам.

**Цель работы:** выявление закономерностей и особенностей распространения, а также пространственных вариаций затухания сейсмических волн землетрясений, произошедших в центральной части Байкальской рифтовой системы.

**Задачи исследования:**

1. Количественно оценить затухание сейсмических волн: продольных, поперечных, кода-волн, по записям локальных и региональных землетрясений, произошедших в районе Южнобайкальской впадины, определить зависимость добротности от частоты и величину коэффициента затухания.
2. Исследовать вклад рассеяния на неоднородностях среды и внутреннего поглощения в общее затухание сейсмических волн.
3. Установить закономерности пространственных вариаций поля поглощения сейсмических волн. Для этого провести картирование исследуемого региона по параметрам затухания, сделать анализ вариаций характеристик затухания и их связи с глубинным строением, плотностью разломов, тепловым потоком и степенью современной сейсмической активности структур.

**Фактический материал и методы исследования.** В работе использованы цифровые записи землетрясений, полученные региональной сетью сейсмических станций Бурятского и Байкальского филиалов ФИЦ ЕГС РАН, сводная база данных обработки данных Бурятского филиала ФИЦ ЕГС РАН за 1999-2021 гг., каталоги и бюллетени землетрясений Прибайкалья и Забайкалья, каталоги землетрясений Северной Евразии за 2000-2018 гг. Для оценки затухания сейсмических волн использовался комплекс методов, основанных на анализе кода-волн. Выполнялась оценка затухания по сейсмической коде с использованием модели однократного рассеяния; использовался метод нормализации коды для расчета затухания по прямым волнам; оценивался вклад в общее затухание отдельных его компонент: рассеяния на неоднородностях среды и внутреннего поглощения с использованием метода инверсии огибающей коды, проводилось двумерное картирование параметров затуханий сейсмических волн методом перекрывающихся эллипсов.

**Личный вклад автора.** Автором выполнен отбор сейсмограмм локальных и региональных землетрясений для оценки затухания, разработаны оригинальные

приложения для конвертации сейсмических данных из различных форматов, приложение для расчета затухания по прямым волнам методом нормализации к коде и для оценки по огибающей коды; выполнялся расчет добротности различными методами, и проводилось двумерное картирование по параметрам затухания для исследуемого региона.

#### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Результаты работ лично докладывались автором на следующих научных совещаниях и конференциях: XXVI Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» (г. Иркутск, 2015 г.), Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике, г. Улан-Удэ (III, 2015 г.; IV, 2017 г.; V, 2019 г.), III Всероссийское совещание и II всероссийская молодежная школа по современной геодинамике «Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе», (г. Иркутск, 2016 г.), V Всероссийская научно-практическая конференция, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН. ГИН СО РАН, (г. Улан-Удэ, 2018 г.), Российско-монгольская международная конференция «Солнечно-земные связи и геодинамика Байкало-монгольского региона», г. Иркутск (XII, 2018 г.; XIII, 2019 г.), Всероссийское совещание «Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ», (г. Иркутск, 2021 г.), XV международная сейсмологическая школа «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных», (г. Новосибирск, 2021 г.).

**Практическая значимость.** Характеристики затухания сейсмических волн, полученные для Южнобайкальской впадины и окружающих ее территорий, могут применяться при сейсмическом районировании различной степени детальности, анализе макросейсмических проявлений при сильных землетрясениях, для расчета синтетических сейсмограмм, необходимы при определении очаговых параметров региональных землетрясений и их магнитудной классификации.

#### **Основные публикации по теме диссертации:**

*Статьи в изданиях, включенных в «Перечень...» ВАК Минобрнауки России*

1. Мороз Ю. Ф., Татьков Г. И., Мороз Т. А., Тубанов Ц. А., Предеин П. А. Изменения геомагнитного поля Земли магнитного типпера в Байкальской рифтовой зоне // Геофизические исследования. 2013. № 5, с. 29-42.
2. Добрынина А. А., Саньков В. А., Герман В. И., Тощакова С. А., Предеин П. А., Чечельницкий В. В., Тубанов Ц. А. Временные вариации затухания сейсмических волн в очаговых областях сильных землетрясений юга Восточной Сибири // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Иркутск, 2015. С. 114-120.
3. Добрынина А. А., Саньков В. А., Предеин П. А., Чечельницкий В. В., Тубанов Ц. А. Неоднородности поля затухания сейсмических волн на территории Южного Прибайкалья и Забайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Серия "Науки о Земле". 2016. Т. 17. С. 46-63.
4. Добрынина А. А., Предеин П. А., Саньков В. А., Тубанов Ц. А., Санжиева Д. П.-Д., Горбунова Е. А. Пространственные вариации затухания сейсмических волн в Южнобайкальской впадине и прилегающих областях (Байкальский рифт) // Геодинамика и тектонофизика. – 2019. – Т. 10. – №. 1. – С. 147-166.
5. Тубанов Ц. А., Санжиева Д. П.-Д., Кобелева Е. А., Предеин П. А., Цыдыпова Л. Р. Кударинское землетрясение 09.12.2020 г. ( $M_w=5.5$ ) на озере Байкал: результаты инструментальных и макросейсмических наблюдений // Вопросы инженерной сейсмологии. Т. 48, №4, с.32-47.
6. Predein P.A., Dobrynina A.A., Tubanov T.A., German E.I. CodaNorm: A software package for the body-wave attenuation calculation by the coda-normalization method //SoftwareX. – 2017. – Т. 6. – С. 30-35.

*Тезисы докладов научных конференций:*

1. Предеин П. А., Тубанов Ц. А., Герман Е. И. Изучение затухания сейсмических волн в земной коре Байкальского рифта методом нормализации // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVI Всероссийской молодежной конференции (г. Иркутск, 20–25 апреля 2015 г.). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2015. С. 140–142.
2. Добрынина А.А., Герман В.И., Тубанов Ц.А., Предеин П.А. Сейсмическая добротность литосферы южного обрамления Сибирской платформы // Строение

литосферы и геодинамика: Материалы XXVI Всероссийской молодежной конференции (г. Иркутск, 20–25 апреля 2015 г.). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2015. С. 64–66.

3. Герман Е.И., Тубанов Ц.А., Предеин П.А. Методика расчета сейсмической добротности земной коры по прямым S-волнам // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Материалы III всероссийской молодежной конференции / Улан-Удэ. – 2015. – С. 322-324.

4. Добрынина А.А., Саньков В.А., ТощакOVA С.А., Предеин П.А., Чечельницкий В.В. Мониторинг поглощения сейсмических волн в очаговых областях сильных землетрясений южной части Байкальской рифтовой системы // Материалы международного научного конгресса "Интерэкспо Гео-Сибирь" / Изд-во: Сибирский государственный университет геосистем и технологий. – 2017. – Т. 4. №1. С. 215-219.

5. Предеин П. А., Добрынина А. А., Тубанов Ц. А., Герман Е. И. Оценка параметров затухания сейсмических волн в центральной части Байкальской рифтовой зоны по записям близких землетрясений // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ, 27-31 августа 2018 г.). С. 300-302.

6. Предеин П. А., Добрынина А. А., Саньков В. А., Чечельницкий В. В., Герман В. И. Временные вариации поглощения короткопериодных сейсмических волн в эпицентральных областях сильных землетрясений // Тезисы докладов XII Российско-монгольской международной конференции «Солнечно-земные связи и геодинамика Байкало-монгольского региона: результаты многолетних исследований и научно-образовательная политика» (г. Иркутск, 1-5 октября 2018 г.). С. 121-122.

7. Предеин П. А., Добрынина А. А., Тубанов Ц. А. Затухание низкочастотной составляющей спектра сейсмических волн в центральной части Байкальского рифта // Материалы V Всероссийской молодежной научной конференции (г. Улан-Удэ, 27-31 августа 2019 г.). 2019. С. 63-64.

8. Добрынина А.А., Предеин П.А., Саньков В.А., Тубанов Ц.А., Санжиева Д.П.-Д. 2D-модель затухания короткопериодных сейсмических волн в коре и верхней мантии Южнобайкальской рифтовой впадины // Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых "Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы" / Под редакцией С.В. Рассказова, С.П. Приминой. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2019, с. 55-56.
9. Добрынина А.А., Предеин П.А., Саньков В.А., Тубанов Ц.А., Горбунова Е.А., Санжиева Д.П.-Д. Пространственные вариации затухания короткопериодных сейсмических волн в центральной части Байкальского рифта // Геодинамика. Геомеханика и геофизика: Материалы девятнадцатой Всероссийской конференции (22-28 июля 2019, Новосибирск, Алтайский край). – Новосибирск: Издательство ИНГТ СО РАН, 2019. – С. 170–173.
10. Предеин П. А., Добрынина А. А., Тубанов Ц. А. Внутреннее поглощение и рассеяние сейсмических волн в литосфере центральной части Байкальской рифтовой системы //Разломообразование в литосфере и сопутствующие процессы: тектонофизический анализ. – 2021. – С. 208-209.
11. Предеин П. А., Добрынина А. А., Тубанов Ц. А. Затухание объемных волн в центральной части байкальского рифта: методы оценки и результаты //Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. – 2021. – С. 73-73.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что диссертационная работа П. А. Предеина соответствует паспорту специальности:

Согласно паспорту научной специальности **25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»**, работа соответствует пунктам №3, №6 и №9.

Пункт №3: Сейсмология (за исключением аппаратурных разработок и ситуаций, когда данные о современной или палеосейсмической активности используются в рамках традиционного геотектонического анализа).



Пункт №6: Математическое моделирование геодинамических процессов любых пространственных и временных масштабов. Изучение земной коры в рамках упругих, упругопластических, упруго-хрупких, вязко-упругих и т.п. моделей.

Пункт №9: Теория распространения сейсмических и электромагнитных волн в Земле. Теория потенциальных полей.

Работа Предеина Петра Алексеевича «ЗАТУХАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ» является законченным исследованием, имеет научную и прикладную значимость и рекомендуется, после внесения исправлений, касающихся формы изложения материалов и формулировок защищаемых положений, к представлению в диссертационный совет при ИЗК СО РАН для защиты на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Заключение принято на заседании Ученого совета ГИН СО РАН.

Присутствовало на заседании 14 членов Ученого совета ГИН СО РАН, председатель – д.г.-м.н. Цыганков А.А., секретарь – к.б.н. Дорошкевич С.Г.

Результаты открытого голосования Ученого совета ГИН СО РАН по вопросу о рекомендации к защите диссертационной работы П. А. Предеина: за – 14, против – нет, воздержалось – нет.

Протокол №2 от 17 февраля 2022 г.

Председатель Ученого совета

д.г.-м.н.

А.А. Цыганков

Секретарь Ученого совета

к.б.н.

С.Г. Дорошкевич

