

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д999.004.03
НА БАЗЕ ТРЕХ ОРГАНИЗАЦИЙ: ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ),
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ВУЛКАНОЛОГИИ И
СЕЙСМОЛОГИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ),
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА КОСМОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ) ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 26 ноября 2020 г. №4.

О присуждении **Богинской Наталье Владимировне**, гражданство РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Закономерности вариаций потока сейсмических событий на о. Сахалин перед сильными землетрясениями как основа методов среднесрочной оценки сейсмической опасности LURR и СРП**» по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых принята к защите 25.09.2020 г., протокол № 2 объединенным диссертационным советом Д999.004.03 на базе Федерального

государственного бюджетного учреждения науки Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации), почтовый адрес: 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, д. 1Б, тел. 8(4242)791517, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации), почтовый адрес: 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, тел. 8(4152)302502, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации), почтовый адрес: 684034, Камчатский край, Елизовский район, п. Паратунка, ул. Мирная, 7, тел. 8(41531)33193, приказ о создании диссертационного совета № 120/нк от 17.02.2015 г.

Соискатель Богинская Наталья Владимировна, 1977 г. рождения, в 2012 г. окончила Сахалинский государственный университет по специальности природопользование, в 2019 г. окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Диссертационная работа выполнена в лаборатории сейсмологии Федерального государственного бюджетного учреждения Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации). С 2018 г. по настоящее время работает в ИМГиГ ДВО РАН в качестве научного сотрудника лаборатории сейсмологии.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук, Закупин Александр Сергеевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение

науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория сейсмологии, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по науке.

Официальные оппоненты:

1. Шебалин Петр Николаевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, г. Москва, директор.

2. Чебров Данила Викторович, кандидат физико-математических наук, Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», г. Петропавловск-Камчатский, директор.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Отзывы официальных оппонентов содержат замечания редакционного характера, выявляя наличие некоторых опечаток, ряда неточностей и непонятных формулировок, порядка изложения. Оппонентами отмечается, «...следовало бы провести анализ устойчивости результатов в зависимости от выбора положения эллипса с помощью аппарата диаграммы ошибок (Молчан, 1991). При описании расчетов, результаты которых составили первое защищаемое положение, стоило уделить внимание детализации, например в работе в явном виде не приведены формулы для пересчета тензора напряжений от приливов в нормальное и касательное к плоскости разрыва напряжения и не указана модель, на основе которой рассчитывается тензор напряжений от приливов. Так как после проявления предвестника LURR за определенный период времени происходит несколько всплесков сейсмичности, не обязательно связанных с будущим землетрясением, то не удивительно, что «двухэтапный» метод прогноза, использующий сначала LURR, а затем СПП, опробован лишь ретроспективно. Нужны

дополнительные тесты, подтверждающие неслучайность всплесков сейсмичности перед сильными землетрясениями. Также указывается, что, было бы желательно прояснить вопрос с магнитудным диапазоном для расчета параметра LURR. Оппоненту не понятно, почему автор использует землетрясения с магнитудами от 3.3 до 5.0 при прогнозе землетрясений с магнитудами $M_w > 5.5$ и почему исключены землетрясения с магнитудами 5.1-5.4. На взгляд одного из оппонентов, необоснованно включение слабого Крильонского землетрясения в набор событий для ретроспективного анализа. Высказаны рекомендации по улучшению и дополнению содержания работы.

Оба оппонента пришли к выводу, что несмотря на замечания, диссертация, с учетом актуальности и большого объема проделанной автором работы, является законченным научным исследованием, имеющим важное практическое значение для сейсмологии.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, г. Москва, в своем **отрицательном** заключении, составленным заместителем директора, заведующим лабораторией сильных землетрясений и сейсмометрии (305) Татевосяном Рубеном Эдуардовичем, доктором физико-математических наук и заведующим лабораторией физики землетрясений и неустойчивости горных пород (301) Пономаревым Александром Вениаминовичем, доктором физико-математических наук, указывает, что диссертация Богинской Н.В. имеет ряд достоинств, такие, как убедительные результаты полученные в ходе проведенных исследований и успешную попытку предложить методику среднесрочного прогноза землетрясений на о. Сахалин, однако выражено сомнение в обоснованности предложенных Богинской Н.В. формулировок защищаемых положений, которые не отражают значимость полученных результатов. Так же отмечено, что личный вклад автора, как следует из текста диссертации и автореферата, показан не полностью, обзор проблемы не отражает действительное состояние вопроса, диссертация содержит выводы, не обоснованные в тексте,

и содержит неточные формулировки и термины. Вместо изложения выбранных для исследования методов приведены только названия программ расчёта, причем диссертант не является автором этих программ; заключение не соответствует ³ ^а ^и ^ш ^Щ ^а ^е ^м ^м положениям, а также неубедительно показана научная новизна.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, все по теме диссертации, из которых 4 - в изданиях, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией, 1 проиндексирована в реферативной базе SCOPUS и 1 в реферативной базе WOS. По теме диссертации опубликовано 8 статей в сборниках материалов всероссийских и международных конференций. Научные работы, опубликованные соискателем посвящены изучению возможностей метода среднесрочной оценки сейсмической опасности LURR (load-unload response ratio) на примере оценок для острова Сахалин. А также предложен универсальный подход для оценки сейсмической опасности методом СРП. Установлена связь формирующихся последовательностей с развитием очаговой области и появлением аномальных значений параметра LURR и получен ряд признаков, по которым в режиме реального времени можно выделить место и время (с точностью до недель) главного события.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 5.8 п.л., личный вклад автора в опубликованных статьях с другими авторами пропорционален числу авторов и составляет 40-45%, половина представленных в опубликованных статьях расчетов выполнена лично автором. Проверка диссертации по системе «Антиплагиат» показала 91,75% оригинальности.

Наиболее значительные работы:

1. Zakupin A.S., Levin Yu.N., **Boginskaya N.V.**, Zherdeva O.A. Development of medium-term prediction methods: A case study of the August 14, 2016 Onor (Mw = 5.8) earthquake on Sakhalin // Russian Geology and Geophysics.-2018.-V. 59.-P. 1526-1532.

2. Закупин А.С., **Богинская Н.В.**, Андреева М.Ю. Методические аспекты исследования форшоковых последовательностей методом СРП (саморазвивающиеся процессы) на примере Невельского землетрясения на Сахалине // Геосистемы переходных зон. - 2019. - Т. 3, №4. - С. 377-389.
3. Закупин А.С., Богомолов Л.М., **Богинская Н.В.** Применение методов анализа сейсмических последовательностей LURR и СРП для прогноза землетрясений на Сахалине // Геофизические процессы и биосфера. - 2020. - Т. 19, № 1. - С. 66-78.
4. Закупин А.С., **Богинская Н.В.** Современная сейсмичность в районе Центрально-Сахалинского разлома (юг о. Сахалин): ложная тревога или отодвинутый прогноз? // Геосистемы переходных зон. - 2019. - №1. - С. 27-34.

На диссертационную работу поступили 10 отзывов, все **положительные**.

Отзывы прислали:

1. Кузиков Сергей Иванович, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, и.о. зав. лабораторией Изучения современных движений земной коры методами космической геодезии Научной станции Российской академии наук.

Замечания рецензента: автору необходимо было сформулировать более компактно содержание 2 и 3 защищаемых положений.

2. Шестаков Николай Владимирович, к.т.н., доцент отделения горного и нефтегазового дела Политехнического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет».

Замечания рецензента:

- Почему именно методы LURR и СРП выбраны как основа для разработки «... методологии и алгоритмов, сужающих временные рамки прогноза сейсмических событий»?

- Как быстро предлагаемая автором диссертации методология может быть внедрена в практику работы СФ ФИЦ ЕГС РАН и какие ресурсы для этого требуются?

Могут ли предлагаемые автором методики и алгоритмы быть адаптированы и эффективно использоваться для оценки сейсмоопасности в других сейсмически активных регионах нашей страны и Мира?

3. Василенко Николай Федорович, к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатории сейсмологии Федерального государственного бюджетного учреждения Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Без замечаний.

4. Еманов Алексей Александрович, к.г.-м.н., заместитель директора по науке, ведущий научный сотрудник лаборатории региональной сейсмологии Алтае-Саянского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук».

Замечания рецензента: хотелось бы отметить, что согласованность и непротиворечивость полученных результатов по отношению к более ранним исследованиям, как указано в автореферате, зачастую является необходимым требованием, но не всегда достаточным. При этом в данной работе обоснованность не вызывает сомнений.

5. Левин Юрий Николаевич, директор Сахалинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук».

Без замечаний.

6. Макаров Евгений Олегович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории акустического и радонового мониторинга Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения

науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук».

Замечания рецензента: автор, описывая мировые сильные землетрясения и землетрясения о. Сахалин, в некоторых случаях не указывает шкалу используемых магнитуд, ограничиваясь только символом М и фактической величиной; не совсем понятным представляется использование слова "несколько" в таблице 2 в автореферате для указания времени упреждения от момента обнаружения предвестника до прогнозируемого события при описании результатов ретроспективного анализа ожидаемых параметров землетрясений по методу LURR.

7. Сычев Владимир Николаевич, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, и. о. зав. лабораторией моделирования энергонасыщенных сред, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Научная станция Российской академии наук (НС РАН)

Замечания рецензента: в работе не представлен элементарный статистический анализ ретроспективных прогнозов с применением используемых алгоритмов. Было бы нелишним показать в процентном соотношении количество успешных прогнозов и ложных тревог.

8. Беседина Алина Николаевна, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории «Деформационных процессов в земной коре» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт динамики геосфер им. академика М.А. Садовского

Замечания рецензента:

- В автореферате отсутствует обоснование выбора землетрясений с магнитудами выше 5.5; на рис. 1 наблюдается две аномалии параметра LURR для области 3, однако нет объяснения второй аномалии.

9. Пупатенко Виктор Викторович, к.т.н., старший научный сотрудник лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина

Замечания рецензента: в автореферате не хватает более подробного обсуждения проблем и перспектив использования метода СРП как краткосрочного предвестника (в том числе совместно с методом LURR); действительно положение асимптоты определяется ненадежно?; в каких условиях можно ожидать повышение надежности до приемлемого уровня?; какие упрощения позволили авторам цитируемой в разделе «актуальность исследования» статьи (Тихонов и др., 2017) сделать вывод, что ошибка прогноза во времени, полученная по методу СРП, составляет не более суток?

10. Пантелеев Иван Алексеевич, к.ф.-м.н., руководитель Центра коллективного пользования «Исследования материалов и вещества» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук; старший научный сотрудник лаборатории термомеханики твердых тел и Плехов Олег Анатольевич, д.ф.-м.н., профессор РАН, зам. директора по науке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук.

Замечания рецензента: в автореферате не приведены результаты сравнения динамики параметра LURR во временной окрестности конкретного события для различных способов его вычисления: $\psi=1$, U_2 , 0. Другими словами, какой из параметров потока сейсмических событий (сейсмическая энергия, деформация Беньоффа или количество событий) является наиболее оптимальным с точки зрения поиска пространственно-временных аномалий?

- Если параметр LURR является индикатором перехода геосреды к неупругому деформированию, то как с точки зрения механики объяснить наступление сейсмического события после возвращения этого параметра к фоновому уровню, а не в его максимуме?
- Стр. 6 «...подразумевается, что нагрузочная кривая для главного напряжения и главной деформации может описывать...». О каком из трех главных напряжений и деформаций идет речь?

В отзывах отмечается научная новизна и актуальность диссертационного исследования, его адекватность и оригинальность использованных методов, значимость полученных результатов. В отзывах отмечено, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне, выводы по диссертации достоверны и полностью отражают поставленные задачи. Критические замечания в отзывах сводятся к следующему: рекомендации показать в процентном соотношении количество успешных прогнозов и ложных тревог, в автореферате отсутствует обоснование выбора землетрясений с магнитудами выше 5.5 и не хватает более подробного обсуждения проблем и перспектив использования метода СРП как краткосрочного предвестника (в том числе совместно с методом LURR); Также указывается, что в автореферате не приведены результаты сравнения динамики параметра LURR во временной окрестности конкретного события для различных способов его вычисления: $t=1$, 'A, 0. Другими словами, какой из параметров потока сейсмических событий (сейсмическая энергия, деформация Бенъофа или количество событий) является наиболее оптимальным с точки зрения поиска пространственно-временных аномалий? Отрицательных отзывов нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией оппонентов и сотрудников ведущей организации, их опытом проведения научно-исследовательских работ и тем, что направление их научной деятельности в значительной степени пересекается с тематикой диссертации, посвященной исследованию сейсмичности о. Сахалин методами среднесрочной оценки сейсмической опасности LURR и СРП. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют за последние 5 лет статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах в областях, связанных с темой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **получены** универсальные параметры для обработки сейсмических каталогов о. Сахалин, при которых вероятность появления ложных аномалий в методе LURR сведена к нулю.

- **показана** хорошая эффективность метода LURR с использованием полученных универсальных параметров для среднесрочных прогнозов сильных землетрясений на острове Сахалин. Предвестники зарегистрированы в 75% случаев (6 из 8 землетрясений с $M > 5.5$).

- **установлено**, что после появления предвестника LURR в течение 1-2 лет в сейсмическом процессе наблюдаются режимы с обострением, последний из которых реализуется от недели до 2.5 месяцев до сильного землетрясения, при том, что общее число таких режимов в 100% случаев не превышает двух.

- **установлены** аномальные значения параметра LURR которые наблюдались на территории Сахалина в шести областях с линейными размерами не более 200 км за 1-2 года до сильных землетрясений ($M > 5.5$) в период с 1988 по 2017 гг.

- **показано**, что совместное применение методов LURR и СРП, каждый из которых был ранее адаптирован для каталогов землетрясений Сахалина, позволяет улучшить точность определения времени ожидаемого события

Теоретическая значимость исследования обоснована:

- **развитием** методов и подходов для среднесрочного прогноза землетрясений, что позволило применить последовательно методы LURR и СРП для о. Сахалин;

- **доказана** возможность выявления форшоковых последовательностей (методом СРП) перед сильными землетрясениями с помощью метода LURR;

- **изложены** аргументы для применения саморазвивающихся процессов в рамках теоретических представлений, на которых построен метод LURR;

- **впервые проведены** расчёты по среднесрочной оценке сейсмической опасности конкретного региона за более чем тридцатилетний период наблюдений в рамках подхода, объединяющего методы, которые физически описывают два ключевых этапа подготовки сильных землетрясений на о.

Сахалин, проявляющиеся в характерных особенностях сейсмических последовательностей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы для разработки аналитических систем по прогнозу сейсмической опасности на о. Сахалин. Такая возможность подтверждена результатами успешных реальных прогнозов последних сахалинских землетрясений: Онорского 2016 г. (MW=5.8) и Крильонского 2017 г. (MW=5.0) (протокол заседаний СФ РЭС № 3 от 11.05.2016 г., протокол заседаний СФ РЭС № 2 от 16.03.2017 г.).

Создан алгоритм последовательного применения двух методов анализа сейсмических последовательностей, который на примере о. Сахалин позволил значительно снизить время реализации среднесрочных прогнозов.

Определены значения параметров обработки сейсмических каталогов методами LURR и СРП, которые являются универсальными и фиксированными для исследования сейсмичности о. Сахалин. Данные параметры, определяющие качественный и количественный состав расчетной выборки событий, позволяют достичь наилучших показателей по ложным тревогам, пропускам событий и времени до прогнозируемого события.

Оценка достоверности результатов обеспечивается использованием большого объема сейсмологических данных, **согласованием** используемых подходов с аналогичными исследованиями других ученых, **согласованностью** и непротиворечивостью **результатов** при выборе различных параметров обработки.

Личный вклад соискателя состоит в том, что он проделал большую работу по анализу всех известных сейсмологических сводок, выбору данных о землетрясениях о. Сахалин с 1998 по 2017 год, провел систематизацию и унификацию каталогов землетрясений за выбранный период, по магнитуде. Диссертант подготовил каталоги (рабочие выборки) сейсмических событий

для работы по методам LURR и СПП. При определении единой базы расчета для метода LURR диссертантом были получены фиксированные значения магнитуд (с которыми события учитываются в выборке), величины скользящего окна и сдвига, а также размера и вида расчетной области. Это потребовало подготовить и рассчитать тысячи вариантов расчетных выборок (комбинации пяти параметров) в ручном режиме. Также диссертант самостоятельно произвел расчеты по выявлению аномальных параметров сейсмического процесса для о. Сахалин с 1988 по 2017 гг. Автор лично и в соавторстве интерпретировал полученные результаты исследования и принял непосредственное участие в формировании выводов и публикаций по настоящему исследованию.

На заседании 26 ноября 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Богинской Наталье Владимировне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве **17** человек, из них **7 (семь)** докторов наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, участвовавших в заседании, из **девятнадцати** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **ноль** человек, проголосовали открытым голосованием: за - **14 (четырнадцать)**, против - **1 (один)**, воздержавшиеся - **2 (два)**.

Заместитель председателя диссертационного совета,
академик РАН, д.ф.-м.н.

Гордеев Е.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Андреева М.Ю.

Дата оформления Заключения 27.11.2020 г.