

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д003.022.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 5 октября 2022 г. № 20 о присуждении Какоуровой Анне Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Мигрирующая сейсмичность Байкальского региона в статистике поля эпицентров землетрясений» по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите 10.03.2022 г. (протокол № 2) диссертационным советом Д003.022.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, приказ Минобрнауки России № 931/нк от 28.09.2017 г.

Соискатель Какоурова Анна Александровна, 1990 г. рождения, в 2014 г. окончила ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» по специальности 010501.65 – «Прикладная математика и информатика». В 2014-2018 гг. обучалась в очной аспирантуре при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН) по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых». Работает младшим научным сотрудником лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Диссертация выполнена в ФГБУН Институте земной коры СО РАН.

Научные руководители – доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Ключевский Анатолий Васильевич; главный научный сотрудник лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ФГБУН Института земной коры СО РАН, кандидат геолого-минералогических наук Брыжак Евгений Вадимович, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ФГБУН Института земной коры СО РАН.

Официальные оппоненты:

- 1) Селезнев Виктор Сергеевич – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Сейсмологического филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» и
- 2) Мироманов Андрей Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии, геофизики и геоинформационных систем ФГБОУ ВО ИРНИТУ

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука Сибирского отделения Российской

академии наук (г. Новосибирск) в своем положительном отзыве, составленном кандидатом геолого-минералогических наук, заведующим лабораторией естественных геофизических полей Дядьковым П.Г., указала, что новизна диссертации состоит в следующем: развивается новое направление в исследовании пространственно-временных закономерностей распределений землетрясений в земной коре Байкальского региона на основе изучения ансамблей квазилинейных цепочек землетрясений.

Диссертация Какоуровой Анны Александровны отвечает всем требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях списка ВАК опубликовано 6 работ, также получен 1 патент.

В опубликованных работах изложены основные положения диссертационной работы.

Наиболее значимые по теме диссертации работы:

1. Какоурова А. А. Имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности: зона разлома / А. А. Какоурова., А. В. Ключевский // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 6 (125). – С. 49–59.

2. Ключевский А. В. Имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности / А. В. Ключевский, А. А. Какоурова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 8 (115). – С. 74–84.

3. Ключевский А. В. Основные критерии выделения цепочек землетрясений в литосфере Байкальского региона / А. В. Ключевский, А. А. Какоурова // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2018. – Т. 23. – С. 64–73.

4. Ключевский А. В. Исследование мигрирующей сейсмичности в литосфере Байкальской рифтовой зоны / А. В. Ключевский, А. А. Какоурова // Доклады академии наук. – 2019. – Т. 488. – № 3. – С. 83–88.

5. Какоурова А. А. Мигрирующая сейсмичность в литосфере Байкальской рифтовой зоны: пространственно-временное и энергетическое распределение цепочек землетрясений / А. А. Какоурова, А. В. Ключевский // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 11. – С. 1577–1594.

6. Какоурова А. А. Геоинформационные критерии выделения квазилинейных цепочек миграции землетрясений в эпицентральных полях сложной геометрии и переменной плотности распределения толчков / А. А. Какоурова, А. В. Ключевский, В. М. Демьянович, А. А. Ключевская // Геоинформатика. – 2021. – № 2. – С.4–25.

7. Патент 2659334 Российская федерация МПК. Способ определения цепочек землетрясений в эпицентральном поле сейсмичности / А. В. Ключевский, А. А. Какоурова, А. А. Ключевская, В.М. Демьянович, Е. Н. Черных; заявитель и патентообладатель ФГБУН ИЗК СО РАН. № 2017131805; заявлено 09.11.2017, опубликовано 29.06.18, Бюллетень № 19.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Никифоров С. П., д.г.-м.н., главный специалист по инженерной сейсмологии и геофизике ООО «Научно-производственный центр по инженерным изысканиям» (г. Москва). 2. Нерадовский Л. Г., д.т.н. старший научный сотрудник лаборатории инженерной геокриологии ФГБУН науки «Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова» Сибирского отделения РАН (г. Якутск) 3. Квашук С. В., д.г.-м.н., профессор кафедры мостов, тоннелей и подземных сооружений Института транспортного строительства Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г.

Хабаровск). 4. Быков В. Г., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники ФГБУН Института тектоники и геофизики Дальневосточного отделения РАН (г. Хабаровск). 5. Долгая А. А., к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории активной тектоники и палеосейсмологии ФГБУН Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (г. Петропавловск-Камчатский). 6. Меркулова Т. В. к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории сейсмологии и сейсмотектоники ФГБУН Института тектоники и геофизики Дальневосточного отделения РАН (г. Хабаровск). 7. Колесников Ю. И., д.т.н., главный научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмичности ФГБУН Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск). 8. Кузьмин М.И., академик РАН, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск).

Все отзывы положительные.

В отзывах содержатся критические замечания:

1) Исследование явления сейсмомиграции весьма информативно для «большой» сейсмологии, но для обоснования разработки антисейсмических мероприятий разрыв в масштабности явлений слишком велик, и как автор видит его практическую реализацию/применение в уже существующих алгоритмах разработки антисейсмических мероприятий? В качестве аванса на необозримое будущее? 2) В автореферате соискателя, к сожалению, отсутствует информация об оценке/наличии возможной/вероятной связи цепочек «миграционной» сейсмичности и широко применяемых при сейсмическом районировании понятий/обоснований сейсмолинеаментов и доменов (областей рассеянной сейсмичности). 3) Литосфера, как очаг, если под ним понимать не локальный участок, а региональное пространство, землетрясениями разрушена, а цепочки эпицентров толчков продолжают формироваться в этом очаге. Не странно ли это? 4) Исследования выполнены по фактическому материалу, собранному на территории Байкальского региона, но этот регион не стал для соискателя объектом исследования. Вместо него выбор по непонятной причине сместился на распределение эпицентров землетрясений. Основным же предметом исследования для стали квазилинейные пространственно-временные последовательности (цепочки) землетрясений. Разве это не одно и то же в разных по виду, но одинаковых по содержанию формулировках? 5) Отчего такая непонятная ориентация на зарубежье (наименование соискателем своей интеллектуальной собственности (компьютерных программ) не на русском, а на иностранном языке)? 6) Названия программ в работе указаны, а их описания, пусть даже краткого, нет. 7) Так ли уж, нов такой подход? 8) Региональные и, тем более, трансрегиональные цепочки землетрясений не могут быть случайно сформированными. 9) Являются ли полученные в диссертационном исследовании научные выводы по формализованному выделению квазилинейных цепочек землетрясений основанием для внесения коррективов в карты сейсмического районирования прибайкальского региона в пределах БРС. Если да – то насколько значительны будут такие коррективы и в каких районах? 10) В целом текст автореферата производит впечатление, что автор слишком часто представляла свою работу знакомой с сутью исследования публике и, как следствие, привыкла опускать некоторые подробности, которые для неподготовленного читателя неочевидны. Так, в тексте автореферата отсутствует описание компьютерных программ, реализующих модель мигрирующей сейсмичности. Каков функционал разработанных программных средств, в какой среде велась разработка? 11) В тексте также отсутствует формализованное описание самой модели и алгоритмов исследования. В тексте часто упоминается допустимая нелинейность q , но нет точного определения или схемы с пояснением, что

конкретно автор имеет в виду под этим термином. 12) Автор говорит о том, что эмпирические распределения времени и расстояния между событиями в цепочках не подчиняются экспоненциальному закону. Проводились ли проверки на соответствие другим законам распределения, например, распределению Вейбулла? 13) Из текста автореферата непонятно, почему автор вводит те или иные граничные условия при выделении групп цепочек. Почему именно 60 км для t_{12} , почему 370 и 200 км для субрегиональных цепочек. В целом, кстати, непонятно, почему расстояния между каждыми двумя событиями в цепочке не должно быть выше 370 км, а общая длина цепочки при этом должна быть не менее 200 км. 14) Отсутствуют данные о длительности миграционных цепочек и скорости миграций для разных иерархических уровней (локального, субрегионального, регионального и трансрегионального). 15) Четко не сформулированы признаки, по которым происходит отделение миграций от «псевдомиграции». Непонятно, почему скорость миграции ограничена величиной 200 км/год. 16) Не показаны примеры цепочек регионального и трансрегионального уровня, а ведь эти цепочки могут включать сильные события, что важно для региона. 17) В автореферате при описании методики выделения квазилинейных цепочек не указано, задаётся ли некоторый максимальный интервал времени между последовательными событиями в цепочке. Без такого ограничения в огромном обрабатываемом массиве эпицентров может оказаться множество эпицентров последовательных землетрясений, попадающих в заданный сектор, но разделённых большими интервалами времени (вплоть до десятилетий). Возможно, что в тексте диссертации о таком ограничении говорится, но в автореферате (п. 2.2) этого нет. Или события не считаются последовательными, если во временном интервале между ними произошли землетрясения в других секторах? Из текста это неясно.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области сейсмологии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *получен* научный задел для формирования методического подхода, применение которого позволяет единообразно и строго выделять цепочки землетрясений, используя большие объёмы исходных данных о землетрясениях;

выявлены закономерности пространственно-временного, азимутального и энергетического распределения землетрясений;

обоснована возможность формирования случайных цепочек землетрясений;

предложены возможные подходы поиска цепочек «миграции» землетрясений в эпицентральной поле сейсмичности Байкальского региона на основе распределения расстояний между эпицентрами землетрясений в цепочках.

Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

с целью выявления цепочек «миграции» землетрясений расширены возможности изучения сейсмичности за счёт применения формализованной методики выделения цепочек землетрясений, позволяющей использовать большие выборки землетрясений различных энергетических классов; методика позволяет формировать каталоги, содержащие большое количество цепочек землетрясений для дальнейшего анализа и поиска закономерностей в распределении цепочек и связи с зонами деструкции земной коры.

Обоснована возможность формирования не только цепочек сейсмомиграций, обусловленных геофизическими процессами, но и случайного формирования цепочек. Этот результат получен на основе анализа пространственно-временного распределения цепочек землетрясений, а также имитационного моделирования сейсмичности. Обоснование формирования двух видов цепочек вносит вклад в теорию мигрирующей сейсмичности.

Выявлена связь цепочек возможных сейсмомиграций с зонами деструкции земной коры, что может быть использовано для изучения геологических процессов в земной коре Байкальского региона.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

при изучении мигрирующей сейсмичности в эпицентральном поле землетрясений Байкальского региона методы исследования состояли из исследования сейсмичности статистическими методами, азимутального анализа поля эпицентров землетрясений и имитационных событий, имитационного моделирования и графического метода;

в качестве фактического материала использовалось большое количество землетрясений представительных энергетических классов (более 52000) и имитационных событий (до 1000000 событий);

точность, полнота и надежность выделенных цепочек подтверждена тестированием методики на имитационной модели со вставленными детерминированными цепочками имитационных событий;

методика выделения цепочек землетрясений формализована и реализована в виде компьютерных программ; поскольку точность компьютерных вычислений является высокой, точность определений и вычислений в основном определяется погрешностью фактического материала;

использованы данные, полученные соискателем за время работы в Институте земной коры СО РАН, включая обучение в очной аспирантуре, на основе сейсмологических данных, полученных Байкальским и Алтае-Саянским филиалами ФИЦ ЕГС РАН;

полученные в ходе диссертационного исследования результаты сравнивались с основными результатами предшественников;

установлено, что выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и современными идеями по исследуемой проблематике; исследование опирается на обширный массив материалов отечественной и зарубежной литературы.

Личный вклад соискателя состоит в следующем. Формализованная методика определения и выделения цепочек землетрясений разработана при непосредственном участии соискателя: разработаны программы для формализации определения и выделения цепочек, землетрясений и реализации имитационной базовой модели мигрирующей сейсмичности, соискателем сформированы массивы исходных сейсмологических данных и проведены необходимые расчёты. Определены и выделены цепочки землетрясений в эпицентральном поле различных иерархических уровней Байкальского региона, произведён анализ их пространственно-временного и энергетического распределения, установлены закономерности формирования возможных цепочек «миграций» в эпицентральном поле землетрясений Байкальского региона. При участии соискателя выявлена возможность формирования случайных цепочек землетрясений, а также цепочек «миграций»

эпицентров землетрясений; выявлены области возможного формирования цепочек «миграций» землетрясений. Основные выводы и положения диссертации были продемонстрированы соискателем в докладах и выступлениях на научных конференциях, а также в соавторстве с коллегами из Института земной коры СО РАН опубликованы в российских научных журналах, входящих в перечень ВАК.

На заседании 5 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Какоуровой Анне Александровне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» 7 докторов наук из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета,
член-корреспондент РАН



Гладкочуб Д.П.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук



Добрынина А.А.

5 октября 2022 г.