

ОТЗЫВ

**официального оппонента
кандидата геолого-минералогических наук
Мироманова Андрея Викторовича
по кандидатской диссертации**

Какоуровой Анны Александровны

**По теме Мигрирующая сейсмичность Байкальского региона в
статистике поля эпицентров землетрясений**

представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности

25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Для отзыва автором представлены диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук объемом 156 страниц, включая 22 таблицы и 59 рисунков. Список используемой в работе литературы состоит из 235 источников.

Работа посвящена разработке технологии формализованного определения и выделения цепочек землетрясений, позволяющей единообразно обработать инструментальные данные всех зарегистрированных толчков, набрать статистику выделенных цепочек, установить закономерности пространственно-временного и энергетического распределения цепочек, выявить основные свойства и изучить явление “миграции” сейсмичности в литосфере региона.

Автор поставила перед собой целью изучение мигрирующей сейсмичности в статистике эпицентрального поля землетрясений Байкальского региона через определения и выделения цепочек землетрясений в широком диапазоне энергетических классов с применением формализованной методики, выявление закономерностей пространственно-временного и энергетического распределения цепочек и анализ “миграций” сейсмических событий. Для достижения этой цели по мнению автора необходимо решение следующих задач:

1. Разработать и протестировать методику выделения квазилинейных цепочек землетрясений в эпицентральных полях сейсмичности на разных иерархических уровнях Байкальского региона.
2. Установить статистические критерии, позволяющие параметризовать выделение цепочек землетрясений.
3. На трёх иерархических уровнях Байкальского региона определить и выделить цепочки землетрясений представительных энергетических классов, установить основные закономерности их пространственно-временного, азимутального и энергетического распределения, а также особенности распределений цепочек различной длины.
4. Для выявления возможных цепочек «миграций» землетрясений изучить взаимосвязь пространственно-временного распределения цепочек разной длины с областями сейсмотектонической деструкции литосферы

Актуальность исследования:

Рассмотренная тематика представляет интерес для специалистов в области сейсмологии и прогноза землетрясений, тем более, что исследования по общему сейсмическому районированию территории Российской Федерации показали, что почти треть территории страны подвержена семибальным сейсмическим воздействиям, требующим обязательных антисейсмических мероприятий. Повышенное внимание к мигрирующей сейсмичности обусловлено тем, что в этом геофизическом явлении имеется потенциальная возможность прогноза сильных сейсмических событий: локализация и динамика процесса «миграции» очагов землетрясений хорошо вписываются в рамки модели лавинно-неустойчивого трещинообразования с подготовкой и реализацией сильного землетрясения.

Предложенная автором тема диссертации «Мигрирующая сейсмичность Байкальского региона в статистике поля эпицентров землетрясений» является актуальной в силу следующих причин:

- актуальной является разработка методики формализованного определения и выделения цепочек землетрясений, позволяющей единообразно обработать инструментальные данные всех зарегистрированных толчков и набрать статистику выделенных цепочек на различных масштабных уровнях литосферы.

- актуальность работы повышается проверкой возможности формирования не только цепочек «миграции» землетрясений, возникновение которых обусловлено геофизическими процессами в земной коре, но и цепочек формирующихся при случайном пространственно-временном распределении сейсмических событий – псевдомиграций.

Автор сформулировала на основе проведенных исследований следующие защищаемые положения:

1. На основе формализованной методики в эпицентральной поле сейсмичности Байкальского региона выделены многочисленные квазилинейные цепочки землетрясений, состоящие в основном из трех сейсмических событий
2. Время между землетрясениями в цепочках подчиняется экспоненциальному закону распределения Пуассона. Длины цепочек группирующихся сейсмических событий соответствуют логнормальному распределению
3. В эпицентральной поле сейсмичности Байкальского региона формируется пять типов квазилинейных цепочек землетрясений: цепочки группирующейся сейсмичности, локальные цепочки, обусловленные динамикой разломно-блоковых структур, субрегиональные цепочки, отражающие определенные условия напряженно-деформированного состояния среды, а также случайно сформированные региональные и трансрегиональные цепочки.

Научная и практическая значимость исследований

Научная новизна и теоретическая значимость работы отражены в обобщении и систематизации пространственно-временных закономерностей распределения землетрясений в земной коре Байкальского региона – изучение ансамблей квазилинейных цепочек землетрясений. В рамках этого направления разработаны и

применены формализованная методика определения и выделения квазилинейных цепочек землетрясений, основанная на азимутальном анализе эпицентров большого количества толчков, и имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности – модель, реализованная в виде компьютерных программ и основанная на пространственно-временном взаимодействии между землетрясениями. При разработке и тестировании базовой модели мигрирующей сейсмичности впервые выявлены цепочки, возникающие в поле «эпицентров» случайных имитационных событий, интерпретированные как псевдомиграции. Впервые с применением формализованной методики в эпицентральной зоне сейсмичности БРС выделено большое количество цепочек землетрясений, осуществлен анализ их пространственно-временного и азимутального распределения и установлены главные статистические закономерности.

С точки зрения практической значимости исследования, предложенная методика выделения цепочек псевдомиграций, подтвержденная в рамках базовой модели мигрирующей сейсмичности на примере распределения случайных событий, вносит вклад в теорию «миграции» сейсмичности. Выявленная в работе связь цепочек возможных сейсмомиграций с зонами сеймотектонической деструкции литосферы различного масштаба позволяет использовать данное свойство для изучения напряженно-деформированного состояния земной коры, геодинамических процессов и сейсмичности региона, что является одной из основных задач для эффективного проведения антисейсмических мероприятий. С помощью математического моделирования, выполненного автором, показана эффективность применения методики для повышения точности представленных результатов.

Содержание, оформление и автореферат

Диссертация состоит из введения, четырех глав, каждая из которых описывает предлагаемые автором пути решения поставленных задач, и заключения.

В первой главе автор дает геолого-геофизическую характеристику Байкальского региона и Байкальской рифтовой системы (далее БРЗ и БРС соответственно) и описывает известные на настоящий момент исследования, позволяющие судить о строении земной коры в районе БРЗ, а также о характере сейсмологической обстановки.

Здесь автор делает вывод о том, что БРЗ можно рассматривать как единый глобальный разлом, то его можно классифицировать в качестве крупного раздвига, представленного сложным комплексом структур. В целом неотектоническое развитие морфоструктурных элементов БРЗ происходит в результате сложных разрывных и изгибовых деформаций, которые затрагивают не только кристаллический фундамент, но и осадочный чехол. При этом эпицентральной зоне землетрясений имеет сложный мозаичный вид, а эпицентры сконцентрированы в полосы различной ширины преимущественно северо-восточного-западного направления.

Во второй главе диссертации описана разработанная автором методика исследования “миграции” очагов землетрясений, включающая в себя модели эпицентральных полей землетрясений и имитационных событий, методику азимутального анализа пространственно-временной последовательности толчков и событий в заданном угловом секторе допустимой нелинейности, а также результаты тестирования для площадок круглой и прямоугольной формы.

В выводах второй главы автор указывает, что явление «миграции» очагов землетрясений наблюдалось в разных сейсмоактивных регионах Земли, не исключая и изучаемый автором регион - БРС. Разработанная автором диссертации методика на основе имеющейся базы данных по достаточно длительному периоду инструментальных наблюдений и созданной автором имитационной базовой модели мигрирующей сейсмичности позволяет достоверно, корректно и надежно выделить цепочки землетрясений в эпицентральной области сейсмичности Байкальского региона.

В третьей главе на основе своих исследований автор описывает пропорциональность распределения чисел цепочек землетрясений с распределением чисел землетрясений БРС и ее районов, проводит анализ взаимосвязи времен и расстояний между землетрясениями в цепочках. Анализ пространственно-временного и энергетического распределения цепочек на всех иерархических уровнях БРЗ показал, что распределение цепочек формируется распределением землетрясений. Детально описаны характеристики землетрясений и практика применения моделей статистической обработки сейсмологических данных, позволяющие количественно охарактеризовать наличие “миграции” на исследуемой территории.

В четвертой главе автор рассмотрела возможные подходы к решению этих проблем на основе выделенных в главе 3 распределений цепочек, соответствующих различным масштабным уровням деструкции литосферы, а также скоростей возможных «миграций», полученных предшественниками.

В заключение можно отметить, что автор компетентно и на базе множества фактических данных обосновывает актуальность и необходимость разработки формализованного метода, позволяющего определять и выделять квазилинейные цепочки землетрясений различных энергетических классов. Автором разработан метод определения и выделения цепочек землетрясений в эпицентральной области сейсмичности, основанный на азимутальном анализе. Разработана имитационная базовая модель мигрирующей сейсмичности для большой территории.

Все сделанные выводы апробированы автором и имеются публикации соответствующего уровня.

Замечания по работе

Для того чтобы использовать те или иные статистические критерии необходимо достаточно детально сравнить их возможности при анализе фактического материала в зависимости от его характера. В своих публикациях автор это делала, а в диссертации отвела этому недостаточное внимание.

Автор использует в тексте такие термины как Байкальская рифтовая зона, Байкальская рифтовая система, перемежая их в тексте и до конца не понятно – считает ли автор это одним и тем же объектом исследования или разными.

Не смотря на высокоточные вычисления, выполняемые, по утверждению автора, при обработке сейсмологических данных, они все равно имеют определенную погрешность, обусловленную рядом причин - от аппаратных до методических. Однако автор приводит результаты вычислений с точностью до второго и даже третьего знака после запятой, не указывая погрешность измерений обрабатываемых параметров, что вызывает обоснованные сомнения в точности последующих построений.

Общее заключение

Указанные замечания нисколько не умаляют ценность проделанной работы и не подвергают сомнению сделанные автором выводы. Считаю, что А.А. Какоурова заслуживает присвоения ей степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Мироманов Андрей Викторович

15.09.2022 г.

доцент кафедры Прикладной геологии,

геофизики и геоинформационных систем ФГБОУ ВО ИРНИТУ,

к.г.-м.н., доцент

Тел. 89148994611, e-mail: mav@istu.edu

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83

Я, Мироманов Андрей Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

15.09.2022 г.





Верно

Специалист УП

Handwritten signature

25. 09

2022 г.