

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИОННУЮ РАБОТУ

Фидаровой Мадины Ивановны

«Оценка геоэкологических рисков, формируемых геодинамическими воздействиями, на основе анализа интенсивности землетрясений (на примере г. Владикавказ), представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.21. Геоэкология

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований

Диссертационная работа М.И. Фидаровой посвящена развитию методологии оценки сейсмической интенсивности, как наиболее точной интегральной характеристики сейсмических воздействий. В горных районах, большей частью характеризующихся высокой сейсмической опасностью, находится значительное количество промышленных и гражданских зданий, гидротехнических сооружений и объектов транспортной инфраструктуры, создающих различные виды антропогенного воздействия на природную среду. Интенсификация урбанизации, образование крупных городов и городских агломераций, развитие туризма приводят к активному освоению горных территорий. Факторами, определяющими интегральный геоэкологический риск территорий, являются: природные – геолого-тектонические, техногенные, экологические и социально-экономические процессы, состояние которых определяет потенциал ущерба и его проявленную величину. Каждый из этих факторов характеризуется особенностями текущего состояния и уровнем реализации. Современные цифровые геоинформационные технологии позволяют производить системную оценку состояния каждого фактора риска на основе алгоритмов машинного обучения. Основой такой оценки является, несомненно, адекватный выбор величин, определяющих опасности различного вида и зависящих от решаемой геоэкологической задачи. Так, для оценки геоэкологического риска целесообразно использовать макросейсмическую интенсивность в баллах, когда важно получить обоснованные формулы пересчета непрерывных физических величин, выражаемых через параметры инструментальных данных в интенсивность макросейсмической шкалы. С другой стороны в инженерных задачах требуется задание сейсмических воздействий. При этом, установление сейсмической опасности в единицах пиковых ускорений не отражает, в целом, все особенности процесса, но является определенной величиной, для которой по инструментальным данным строятся региональные модели, а интенсивность, выраженная в баллах, отличается меньшей

«разрешающей способностью» исходных данных, выраженной в целочисленных баллах. В этой связи разработка инструментально обоснованного подхода будет сочетать преимущества обеих мер воздействий. Использование в современной практике дробных баллов сейсмической интенсивности, несомненно, требовало обоснования, которое и дается в данной работе на основе современных представительных наборов данных и методологии машинного обучения.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов

К числу наиболее существенных результатов, представленных в диссертации, следует отнести следующие:

1. Впервые выполнена всесторонняя оценка различных параметров динамических и сейсмических записей, подходящих для разработки меры «инструментальной интенсивности», с помощью современных методов машинного обучения – по данным расчета коэффициента корреляции Пирсона, F-теста, модели «случайный лес» и взаимной совместной информации, представляющей непосредственную основу для оценок геоэкологического риска.

2. Сопоставление макросейсмической интенсивности и инструментальных показателей записей динамических и сейсмических событий впервые выполнено с помощью базы данных сильных движений K-Net (Япония), а также записей и результатов обследования отдельных районов на территории Кавказа.

3. Установлены основные параметры, определяющие формирование интенсивности динамического и сейсмического воздействия. Повышение точности достигается совместным использованием интенсивности Фаджфара с максимальным значением амплитудного спектра Фурье, что определило использование в качестве наиболее надежных мер интенсивности модифицированной меры Фаджфара-Анга, а также комбинации пиковой скорости/ускорения и меры Заалишвили – площади спектра колебаний, тесно связанных с геоэкологическим состоянием горно-породного массива.

4. Разработаны методические основы оценки состояния грунтовой толщи по критерию дисперсии, подтверждающиеся инструментальными данными, когда вводимые поправки, обуславливающие различный геоэкологический риск, рассчитываются в форме доверительных интервалов. На основе инструментальной меры интенсивности разработана методика геоэкологического районирования территории с учетом геоэкологических эффектов в задачах сейсмического микрорайонирования.

Обращает на себя внимание весьма большой объем использования реальных записей

сильных движений при изучении и анализе данных.

Научные положения, выводы и рекомендации сформулированы лично автором, обоснованы анализом представительного объема инструментальных записей сильных движений, систематизацией обширных литературных и фондовых данных по макросейсмическому проявлению землетрясений, а также нормативных документов.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, трех приложений, в том числе, 65 рисунков, 22 таблиц, списка литературы из 171 наименований. Общий объем работы составляет 308 страниц.

Во **введении** диссертации показана актуальность работы, поставлены цели и задачи исследования, сформулированы защищаемые положения, приведены научная новизна, теоретическое и практическое значение результатов исследования.

Цель диссертации сформулирована четко и конкретно, как и задачи, решение которых было необходимо для достижения поставленной цели.

В **первой главе** проведен анализ современного состояния исследуемой проблемы, рассмотрена структура и основные характеристики современных сейсмических шкал, основные факторы, определяющие повреждаемость застройки на основе результатов инженерного макросейсмического обследования и существующие количественные меры повреждаемости физической системы, на основе которых может быть разработана инструментальная мера сейсмической интенсивности.

Несмотря на наличие большого количества мер инструментальной интенсивности, предложенных различными авторами, нет общепринятой меры, которая бы была регуляризирована с макросейсмической интенсивностью. В работе отмечено, что главная проблема в установлении такой зависимости состоит в неравномерности сейсмических шкал. Показано, что наиболее равномерной изначально являлась шкала МСК. Действующая шкала сейсмической интенсивности ШСИ-2017 (ГОСТ Р 57546-2017), несомненно является прогрессивной – в ней формализована реакция различных объектов (категорий сенсоров: людей, предметов быта, зданий и сооружений) на сейсмические воздействия, данная шкала является шкалой интервалов. Но при этом определение интенсивности по инструментальным данным традиционно основано на максимальных значениях ускорений, скоростей или смещений. Использование интегрального параметра, например, комбинации ускорения и скорости, как параметров не только характеризующихся различной частотой колебаний, но и физически описывающих разные величины – силы, воздействующие на систему, и передаваемую системе энергии

позволяют учитывать в более полной мере геоэкологическое состояние среды.

Во **второй главе** выполнен анализ известных способов получения соотношений между различными сейсмическими шкалами мира. Установлены неравномерности указанных сейсмических шкал, обусловленные особенностями реакции объектов-индикаторов. Выявлены наиболее обоснованные соотношения для пересчета величин интенсивностей, полученных в различных диапазонах сейсмической шкалы JMA, в величины сейсмической шкалы MSK или MMI (США, Европа). Показано, что шкала MSK (ШСИ-2017) является наиболее подходящей основой для разработки инструментальной меры сейсмической и динамической интенсивности в силу своей равномерности (является «шкалой интервалов»). Полученные соотношения между шкалами использованы для обработки базы данных сети K-NET.

Третья глава посвящена формированию набора данных инструментальных показателей записей колебаний грунтовой толщи, и предварительному анализу связи между собой и с макросейсмической интенсивностью MSK. Выполнен расчет целого ряда инструментальных параметров (максимальных скоростей, смещений и ускорений, среднеквадратической скорости преобладающего периода, интенсивности Ариаса (кумулятивный квадрат ускорений), кумулятивной абсолютной скорости, интенсивности Анга, интенсивности Хаузнера, индекса полной входной энергии, и мер интенсивности Заалишвили - площади реального спектра колебаний, площади нормализованного спектра колебаний, средневзвешенной частоты колебаний, и создан соответствующий набор данных. Выполнена предварительная оценка различных параметров сейсмических записей подходящих для разработки меры «инструментальной интенсивности» по данным расчета целого ряда современных статистических параметров – коэффициента корреляции Пирсона, F-теста, важности признаков и взаимной совместной информации

В **четвертой главе** на основе созданного набора данных параметров, характеризующих сейсмические воздействия, производится разработка инструментальной меры сейсмической или динамической интенсивности. Для расчета регрессионных соотношений использовался метод опорных векторов. Данный метод обладает целым рядом преимуществ по сравнению с методом наименьших квадратов: более устойчив к выбросам в данных, более гибок в своей способности моделировать нелинейные данные, имеет лучшие возможности обобщения, поскольку он использует методы регуляризации, чтобы избежать переобучения. Также для этого применялась процедура кроссвалидации (перекрестной проверки). В результате по критерию наибольшего коэффициента

детерминации (R^2) и среднего арифметического отклонения выбраны наиболее оптимальные модели сейсмической интенсивности..

Предложенные модели инструментальной меры сейсмической или динамической интенсивности должны обладать следующим важным свойством – быть применимы для расчета приращений интенсивности при оценках геоэкологической опасности территории. Практическому применению различных моделей инструментальной интенсивности посвящена пятая глава.

В **пятой главе** на примере территории г. Владикавказа на обширном материале Геофизического института ВНЦ РАН выполнено сравнение полученных моделей на данных постоянно действующей сети сейсмических наблюдений на территории г. Владикавказа (способ слабых землетрясений) и расчетного метода, основанного на использовании способа МОВ (многократно отраженных волн). Рассмотрены полученные закономерности, а также формулы, включенные в ШСИ-2017, и полученные проф. В.Б. Заалишвили динамические интенсивности для мощных источников (площади спектра, средневзвешенная частота колебаний в сочетании с амплитудными параметрами).

В результате предложено использовать качестве нового критерия оценки приращений интенсивности дисперсию разброса значений около среднего. Наблюдается закономерность увеличения разброса значений с ухудшением категории, но поскольку данный параметр связан также со слоистостью среды, в пределах одного и того же комплекса инженерно-геологических элементов данный параметр будет различаться. При этом введение данной величины позволяет обеспечивать непревышение уровня воздействия для заданной обеспеченности (вероятности непревышения). Сама величина дисперсии, как характеристика сложности инженерно-геологических условий может использоваться при геоэкологическом районировании. о результатах выполненной оценки была построена уточненная карта-схема СМР территории г. Владикавказа.

В **заключении** диссертационной работы дан перечень основных полученных результатов и рассматриваются направления дальнейших исследований.

Перейдем к общей оценке диссертационной работы. С точки зрения ее научной новизны и практической ценности результатов следует отметить, что цели и задачи исследования вполне соответствуют существующим мировым научным тенденциям. Результаты работы оформлены в форме целостной методологии, готовой для практического применения. Адекватный учет параметров сейсмического движения грунта

позволяет повысить точность принятия решений в целом ряде геоэкологических задач. Таким образом в практику геоэкологических исследований введены сейсмические методы инструментальной оценки состояния грунтовых условий.

В качестве общих **замечаний** считаем необходимым указать следующее.

1. В работе в качестве основы использованы данные сильных движений, в пятой главе формулы применены для записей землетрясений, полученных на территории г. Владикавказа, т.е. применен способ регистрации слабых землетрясений. Не совсем ясно насколько это обосновано.

2. В работе используются разные наименования для параметра разброса значений около среднего, связанного со слоистостью среды и ее дисперсностью; желательно выбрать один, и исключить неоднозначное понимание «дисперсии среды» и «дисперсии как отклонения от среднего».

3. В работе приводится много разных методов в Главе 3, при этом в Главе 4 строятся регрессионные модели на основе метода опорных векторов. Не ясно: почему выбран этот метод, если другие модели могли дать лучшие результаты.

4. В диссертационной работе на рис. 5.30 (рис. 9б автореферата) озаглавленного «Дифференциация внутри каждой категории комплекса ИГЭ» приведены не все участки.

5. В тексте диссертационной работы встречаются небольшие редакционные погрешности, имеются смысловые повторы в отдельных главах, но в целом материал излагается вполне последовательно и логично.

Несмотря на указанные замечания, в целом, диссертационная работа М.И. Фидаровой представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему – учета сейсмических воздействий в геоэкологических задачах - и связанную с решением научной проблемы разработки адекватной модели инструментальной меры сейсмической интенсивности. Решение этих задач важно для предупреждения чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера. Поэтому необходимо также отметить, что результаты работы имеют важное практическое значение.

Результаты настоящей диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на международных и всероссийских научных и научно-практических конференциях, и опубликованы в 7 статьях в журналах, входящих в Перечень списка ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых

должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, при этом 10 статей опубликованы в журналах, входящих в базу данных WoS и/или Scopus), других ведущих российских журналах по теме работе, всего 23 печатные работы.

Аннотация и опубликованные статьи достаточно полно отражают содержание диссертационной работы. Все защищаемые положения подтверждены выводами.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с ред. и изменениями) для ученой степени кандидата наук, а ее автор - Мадина Ивановна Фидарова, несомненно, достойна присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 1.6.21. Геоэкология.

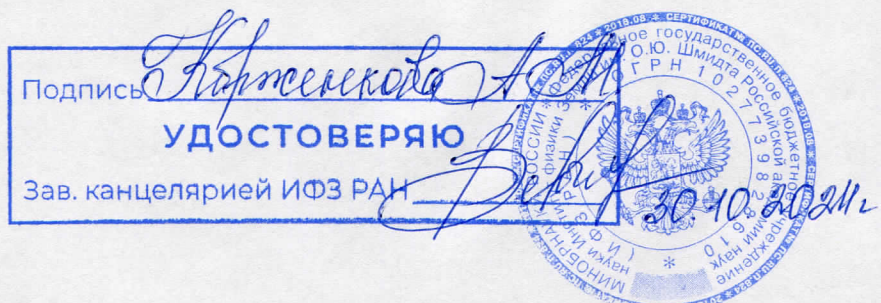
Официальный оппонент

Зав. лабораторией палеосейсмологии и палеогеодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
доктор геолого-минералогических наук (25.00.01 – Общая и региональная геология),
старший научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю. Шмидта РАН

Андрей Михайлович Корженков

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

« 8 » _октября 2024 года



Адрес: ИФЗ РАН, 123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1.

e-mail: korzhenkov@ifz.ru, Тел.: +7 (499) 766-26-56, Факс: +7 (499) 766-26-54