

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Мадины Ивановны Фидаровой на тему *«Оценка геоэкологических рисков, формируемых геодинамическими воздействиями, на основе анализа интенсивности землетрясений (на примере г. Владикавказ)»*, представленной на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология

Актуальность работы не вызывает сомнений, так как для урбанизированных горных территорий проблема оценки и снижения геоэкологического риска с целью разработки мер по управлению и снижению ущерба является актуальной.

Целью работы является разработка научно-методической основы оценки вклада геодинамических, в том числе, сейсмических воздействий в геоэкологические риски урбанизированных горных территорий (на примере г. Владикавказ) на основе инструментальной меры интенсивности землетрясений.

Анализ содержания диссертационной работы

Представленная к защите диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, трех приложений, в том числе, 65 рисунков, 22 таблицы. Библиография включает 171 наименование. Общий объем работы составляет 308 страниц. Изложение диссертации ясное и четкое, автореферат соответствует содержанию диссертации.

Во введении показана актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, научная новизна и практическое значение, определены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор состояния решения проблемы параметризации сейсмических воздействий – мер повреждаемости физических систем, устройства сейсмических шкал и направления согласования макросейсмических и инструментальных данных. Отмечено, что главная проблема в установлении такой зависимости состоит в неравномерности сейсмических шкал и сделан вывод о преимуществах и возможностях новой шкалы сейсмической интенсивности ШСИ-2017 (ГОСТ Р 57546-2017).

Во второй главе рассмотрены соотношения между различными шкалами (MSK, MMI, JMA), в том числе впервые полученные в данной работе. Выполнена классификация методов перевода значений макросейсмической интенсивности и обоснован выбор способа пересчета значений японской шкалы JMA в MSK для дальнейшей работы. Вторая глава также затрагивает важный вопрос равномерности шкал (первое защищаемое положение).

В третьей главе выполнен расчет различных параметров основанных на инструментальных данных и описывающих сейсмические воздействия. Помимо корреляционного анализа автором применены различные методы: MI, Lasso importance, Random Forest importance.

В четвертой главе построены модели инструментальной меры сейсмической интенсивности в виде регрессионных выражений. Среди них выделена комбинация меры Фаджфара и Анга и предложены две модели, объединяющие эти два параметра, отдельно выделена модель, основанная на площади спектра колебаний и средневзвешенной частоте, которая также характеризуется высокой степенью соответствия инструментальным данным. Автором использованы современные технологии работы с данными: их подготовки и анализа. Для расчета регрессионных соотношений использован метод опорных векторов. Отмечены его преимущества перед методом наименьших квадратов.

В пятой главе приведена методология оценки геоэкологической опасности территории на основе учета сейсмического фактора. Использованы инструментальные данные сейсмических наблюдений на территории города Владикавказа – на участках с различными грунтовыми условиями и данные инженерно-геологических изысканий, на основе которых построены расчетные модели участков территории города и выполнено моделирование. Отмечается соответствие инструментальных и расчетных данных. Установлено, что каждый комплекс инженерно-геологических элементов характеризуется дисперсией – разбросом значений около среднего, описываемого функцией распределения. Предложенный параметр является дополнительной характеристикой грунтового комплекса и может быть использован для повышения обеспеченности оценок сейсмических воздействий в различных геоэкологических задачах.

В заключении приводятся основные выводы из содержания работы и рассматриваются направления дальнейших исследований.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов

Научную основу диссертации составляют комплекс сейсмологических, геолого-геофизических, макросейсмических, инженерно-строительных и других данных из разных районов мира: базы данных ГФИ ВНЦ РАН, база данных K-NET (Япония), материалы инженерно-геологических изысканий на территории г. Владикавказа при сейсмическом микрорайонировании города и отдельных объектов, проведенных ГФИ ВНЦ РАН в разные годы. Материалы исследований обрабатывались при помощи методов теории вероятностей и математической статистики – применялись корреляционный и регрессионный анализ (метод опорных векторов), метод главных компонент, модели «случайный лес». Математическое моделирование выполнялось на основе конечно-разломной модели в Программе FINSIM (Beresnev, 1998); реакции грунтовой толщи – методом отраженных волн на основе алгоритмов, разработанных в ГФИ ВНЦ РАН, работа с пространственными данными осуществлялась в программах ARCGIS 9 и QGIS, обработка данных – в программах MATLAB, Jupyter Notebook (библиотеки scipy, numpy, sklearn).

Выполнение основной задачи решалось созданием баз данных сильных грунтовых движений для целей машинного обучения, установлением соотношений между сейсмическими шкалами для унификации данных, статистической обработкой данных записей сильных движений на участках с различными эпицентрными расстояниями, грунтовыми условиями и значениями магнитуд землетрясений, а также исследованием различных характеристик динамического или сейсмического воздействия на природную среду и техногенные объекты для выбора параметра или группы параметров, наилучшим образом описывающих инструментальные данные, анализом различных характеристик и разработкой методологии вероятностной оценки получаемых инженерных и макросейсмических мер интенсивности и развитием методики оценки геоэкологических рисков в зависимости от уровня динамических, в том числе, сейсмических воздействий на примере сейсмического микрорайонирования территории г. Владикавказа.

На основании проведенных исследований 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. Сопоставление макросейсмической и инструментальной интенсивности по записям сейсмических событий впервые выполнено с помощью базы данных сильных движений K-Net (Япония), а динамических событий по записям искусственных источников и результатам обследования отдельных районов на территории Кавказа. 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. 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.

Работа, несомненно, имеет теоретическую и практическую значимость, результаты могут быть использованы профильными учреждениями.

Работа апробирована на многих Международных симпозиумах, Всероссийских и региональных конференциях и совещаниях, освещена в 23 научных публикациях, в том числе, в изданиях из баз данных Web of Science и/или Scopus – 10 и в изданиях, рекомендованных ВАК – 7.

Достоверность основных защищаемых положений:

1. Установлено, что шкала MSK, современной версией которой является действующий стандарт ШСИ-2017, характеризуется высокой равномерностью разметки, что определяет физическую обоснованность закономерностей, получаемых на ее основе, и обуславливает выбор шкалы в качестве основы для разработки инструментальной меры интенсивности.

2. Выявлено, что неоднородность среды определяет разброс значений около математического ожидания параметров, описывающих динамический эффект, и является дополнительной характеристикой грунтового комплекса, т.к. даже при одних и тех же величинах средней скорости поперечной волны в толще, участки могут относиться к разным сейсмическим категориям.

3. Установлено, что оценка параметров, формирующих интенсивность, может быть выполнена с учетом различной вероятности превышения приведенных значений на основе доверительных интервалов в дробных значениях ожидаемой интенсивности, определяющей геоэкологическое состояние территории.

4. Разработана научно-методическая основа геоэкологического районирования территории, основанная на эмпирических регрессионных соотношениях и оценках статистических характеристик получаемых величин, позволяющая непосредственно учитывать факторы и закономерности развития опасных природно-техногенных процессов и оценку

геоэкологического риска. Научно-методическая основа (как уже апробированная на рассматриваемой территории) имеет право на существование.

Завершая анализ диссертационной работы, считаем возможным сделать следующие замечания:

1. Желательно было бы сделать анализ ранжирования предлагаемых величин по приведенным в работе критериям и описать их более подробно: PCC MAD, STD, F-test, MI, Lasso importance, Random Forest importance. Какие особенности рассматриваемых величин они оценивают?

2. В качестве используемого полевого метода сейсморазведки в работе указан метод КМПВ, однако данные некоторых участков включают низкоскоростной слой на глубине. В работе не указано, как получены эти данные, поскольку КМПВ обладает ограничением на выделение низкоскоростных слоев, перекрытых более высокоскоростными слоями.

3. На рис. 5.31 диссертационной работы приводится дифференциация грунтов по признаку преобладающих частот их колебаний, однако отсутствует описание критериев выделения зон и расшифровка условных обозначений.

4. В главе 3 приведен обзор параметров для оценки сейсмической интенсивности (инструментальной меры). Здесь, на наш взгляд, имеет место определенная перегруженность данными. Это, очевидно, относится также к рис. 5.20-5.26 с примерами использования различных параметров движений.

5. В названии диссертации подчеркивается *«Оценка геоэкологических рисков формируемых геодинамическими воздействиями»*, но очень мало внимания уделяется освещению геодинамических условий региона. Ведь направленность неотектонических геодинамических процессов играют определенную роль. Не учет этого фактора, на наш взгляд, может привести к неправильной интерпретации оцененного сейсмического риска. В будущих исследованиях следует продумать, как ввести в оценку риска, неотектонический показатель.

Кроме того, имеют место несколько мелких замечаний, касающиеся оформления диссертации:

а) формулы в диссертации (№№ 1.1 - 1.4 и т.д.) следует набирать соответствующим инструментом для набора - Equation.

б) таблицы 2.2, 3.3, 5.7-5.9 выполнены не по ГОСТу.

Несмотря на вышеуказанные замечания, в целом, работа представляет собой полноценное законченное исследование. Научная ценность диссертации заключается в разработке научно-методической основы оценки вклада геодинамических, в том числе, сейсмических воздействий в геоэкологические риски урбанизированных горных территорий на основе инструментальной меры интенсивности землетрясений.

Результаты проведенных исследований обосновывают решение научной задачи – изучения оценки геоэкологических рисков, формируемых геодинамическими воздействиями, на основе инструментальной меры интенсивности землетрясений, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну защищаемых положений, их обоснованность, научное и прикладное значение представленной ра-

боты, 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 заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

Кандидат геолого-минералогических наук (специальность 25.00.07. - Гидрогеология),
ведущий научный сотрудник
Института геологии ДФИЦ РАН _____ /Р.А. Магомедов/

Я, Магомедов Рабадан Абдулкагирович, даю свою согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«18» октября 2024 г.
(дата)

_____ (подпись)

Подпись Рабадана Абдулкагировича Магомедова удостоверяю.

Специалист по кадрам 1-й категории

«18» октября 2024 г.
(дата)

_____ 3.Ш. Шуайбова
(подпись)

367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского 75. Институт геологии ДФИЦ РАН.
E-mail: ra-mag@yandex.ru. Тел.: 8928-550-66-80

