

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИОННУЮ РАБОТУ

Эртелевой Ольги Олеговны

«Параметры сейсмических колебаний в эпицентральных областях землетрясений»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук,
по специальности: 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных
ископаемых»

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.

Диссертационная работа Эртелевой О.О. посвящена развитию методологии оценки и уменьшения ожидаемого ущерба при сильных и разрушительных землетрясениях. Наиболее тяжелые последствия этого стихийного бедствия в виде массовой гибели населения, повреждения зданий и сооружений, вплоть до полного их разрушения - составляющая сейсмических катастроф (Ашхабадское землетрясение 1948 года, Спитакское землетрясение 1988 года, Нефтегорское землетрясения 1995 года и др.). В процессе формирования застройки, способной противостоять сейсмическим воздействиям, при проектировании и строительстве сейсмостойких зданий и сооружений, необходимо правильно оценить параметры ожидаемых сейсмических воздействий. В этой связи отметим, что в действующих строительных нормах России при их задании, в общем, никак не учитывается ни магнитуда, ни механизм очага, ни расстояние. Нередко существующие теоретические представления плохо согласуются с накопленными эмпирическими данными. При этом совершенствование теории, как правило, происходит именно путем сопоставления теоретических и эмпирических результатов. В то же время требования практики предполагают установление особенностей колебаний, опасных для зданий и сооружений, характерных для параметров колебаний грунта в эпицентральной зоне землетрясения. В качестве параметров колебаний рассматриваются амплитуды, преобладающие периоды и продолжительности колебаний грунта, а также соотношения амплитуд на различных составляющих падающей сейсмической волны, форма спектров, коэффициенты динамического усиления и др. Несомненный интерес представляет изучение зависимостей указанных параметров от магнитуды, механизма очага и грунтовых условий на основе современных данных. Этой актуальной проблеме и посвящена рассматриваемая диссертационная работа.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов.

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

1. Предложены новые модели затухания ускорений и скоростей колебаний грунта в различных зонах с учетом магнитуды землетрясения, типа подвижки в очаге, кратчайшего расстояния от поверхности разрыва и грунтовых условий и установлены соответствующие эмпирические уравнения.

3. Установлены зависимости параметров спектра реакции в ускорениях и скоростях колебаний от различных факторов (магнитуды, типа механизма очага, расстояния, грунтовых условий, уровня и продолжительности колебаний).

4. Впервые установлен закон масштабирования скоростей колебаний грунтов.

5. Описана зависимость отношения уровней амплитуд скоростей на вертикальной и горизонтальных составляющих сейсмического сигнала от различных факторов.

6. Впервые установлена средняя форма спектров реакции в скоростях колебаний для отдельного землетрясения.

Научные положения, выводы и рекомендации сформулированы лично автором, обоснованы анализом представительного объема инструментальных записей колебаний грунтов, полученных на различных, удаленных друг от друга, территориях, систематизацией обширных литературных и фондовых данных, а также нормативных документов.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 512 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. Объем диссертационной работы составляет 290 страниц машинописного текста, включая 77 рисунков и 21 таблицу.

Во **введении** диссертации показана актуальность работы, поставлены цели и задачи исследования, сформулированы защищаемые положения, приведен перечень публикаций и конференций, где работа была апробирована.

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

В **первой главе** рассмотрен весьма представительный материал и проведен детальный анализ литературных данных по теме диссертации. Особое внимание уделено различиям в ближней и дальней зонах землетрясения. Показано, что до настоящего времени однозначного, физически обоснованного определения, ближней зоны нет. Анализ также показал, что описание затухания сейсмических волн одной формулой формирует значительные ошибки. Особое внимание в главе уделено различным показателям движения и их влиянию на точность оценок характеристики сейсмического воздействия, в том числе, механизм очага, продолжительность колебаний, спектры скоростей и другое. В

результате анализа автором установлено следующее. Во-первых, показано, что имеются значительные достижения в области инженерной сейсмологии, которые в отечественных нормативных документах все еще не используются. Во-вторых, многие теоретические представления об очаге землетрясения, процессах генерации и распространении сейсмических волн противоречат накопленным эмпирическим данным. В-третьих, многие особенности задания сейсмических воздействий остаются плохо изученными, например, параметры сейсмического движения грунта в скоростях колебаний и др. Эти и другие проблемы, выявленные О.О. Эртелевой на основе проведенного анализа, по существу, являются постановкой обобщенной задачи, решаемой в диссертации путем использования современных способов и подходов.

Во **второй главе** рассматривается классификация методов прогнозов параметров сейсмических колебаний, описывается исходный эмпирический материал и методы его обработки. Обращает на себя внимание большой объем использованных записей сильных движений. Например, для магнитуды $M = 8$ обработано более 500 записей, для каждого интервала магнитуд $M = 4 - 7$ имеется более, чем по тысяче записей, для интервала $M = 3 - 4 - 650$ записей и для магнитуд $M = 2-3 - 150$ записей. Тысячи записей использованы при оценке влияния на параметры сейсмического движения грунта различных факторов. При обработке эмпирических данных диссертант не использует традиционный метод наименьших квадратов и крайне редко использует ортогональную регрессию. В основном при анализе данных автором используется метод медиан, который по надежности явно превосходит метод наименьших квадратов.

В **третьей главе** рассматриваются пиковые ускорения, в качестве основной меры сейсмического воздействия, используемой в отечественных строительных нормах. Здесь диссертант уточняет законы затухания ускорений с расстоянием. Известные формулы по оценке преобладающих периодов и продолжительности колебаний диссертант уточняет, переходя от гипоцентральных к кратчайшим до поверхности разлома расстояниям. В формулу для определения величины периода колебаний вводится специальный член, учитывающий грунтовые условия. Много внимания в главе уделено зависимости коэффициента динамического усиления от уровня колебаний, механизма очага и грунтовых условий. Здесь, в частности, на основе данных анализа инструментального мониторинга получено и уточнено много соотношений. Изучалось влияние механизма очага и других характеристик землетрясения на формирование амплитуд ускорений на вертикальной и горизонтальной составляющих. В главе впервые установлены зависимости продолжительности колебаний ускорений в ближней зоне от различных параметров очага и геологической среды, а также зависимости величины коэффициента

усиления от различных факторов. На наш взгляд, подобные исследования с использованием современной методологии по своей целенаправленности, в таком объеме и с такой детальностью ранее не проводились.

Материалы и выводы **третьей главы обосновывают первое защищаемое** положение.

В **четвертой главе** рассматриваются величины пиковых скоростей колебаний грунта в качестве меры сейсмических воздействий. На наш взгляд, в связи с малой разработанностью указанной темы, глава могла бы стать отдельной, самостоятельной темой докторской диссертации. Отметим, что указанный параметр в отечественных нормах вообще не рассматривается, хотя, например, в Японии, скорости колебаний грунта являются основным нормативным параметром при расчете подземных сооружений. В то же время в ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» указывается, что скорости колебаний имеют несколько лучшую корреляцию с повреждаемостью зданий по сравнению с ускорениями. По литературным данным (см. главу 1) известно, что при расчетах, как правило, рассматриваются закономерности затухания скоростей колебаний с расстоянием. При этом величину затухания сейсмических волн с расстоянием, как правило, описывают одним выражением, коэффициенты которого зависят исключительно от свойств среды. В результате анализа установлены принципиально различные закономерности распространения сейсмических волн. Установлено, что на кривой затухания отчетливо выделяются три зоны (разломная, ближняя и дальняя), каждой из которых соответствует своя аппроксимирующая функция. Затухания скоростей колебаний грунтов для разломной, ближней и дальней зон источника рассматриваются отдельно. Показано, что в ближней зоне в соответствие с корреляционными уравнениями, преобладающий период и продолжительность колебаний зависят только от магнитуды и в дальней зоне - от магнитуды и расстояния. Этот вывод, исходя из проявлений заметной физической нелинейности в грунтах, логически обоснован. Многие зависимости, приведенные в главе, установлены впервые.

Анализируемые материалы и выводы четвертой главы **обосновывают второе и третье защищаемые** положения.

В **пятой главе** описывается методика прогноза параметров сейсмического движения грунта, которая в соответствии с исследованием, включает величины преобладающего периода, продолжительности колебаний и пикового ускорения, которые определяются магнитудой события, механизмом очага и локальными грунтовыми условиями. Для каждой зоны ВОЗ указанные параметры будут различаться и число синтетических акселерограмм, даже для простого случая, может достигать 32. Это, учитывая

разнообразие механизмов очага и грунтовых условий, обуславливает основные трудности в создании банка синтетических акселерограмм. Проведение работ по детальному сейсмическому районированию - наиболее простой путь для учета региональных особенностей. Материалы и выводы пятой главы **обосновывают четвертое защищаемое** положение.

В **заключение** 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 исследований нашли применение при проектировании многих важных объектов строительства: АЭС «Бушер» в Иране, система трубопроводов Восточная Сибирь - Тихий океан, трасса магистрального газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», транспортные переходы через Керченский и Татарский проливы. Кроме того результаты исследований нашли применение в ряде нормативных документов.

Исследования выполнены в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований», утвержденной Правительством РФ и Российской Академией наук на 2013 - 2020 годы.

Адекватный учет параметров сейсмического движения грунта позволяет повысить точность расчетов сейсмостойкости проектируемых объектов при снижении затрат на строительство. Установленные закономерности формирования и распространения сейсмических волн могут быть использованы при исследованиях в области физики очага землетрясения, а также для дальнейшего развития методов прогноза землетрясений.

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

1. Диссертант в работе не сопоставляет результаты анализа литературных данных с особенностями задания сейсмических воздействий в строительных нормах различных стран. Это могло бы стать непосредственным внедрением фундаментальных результатов работы в практику.

2. В связи с выявлением, при анализе распространения сейсмических волн, т.н. разломной и ближней зон землетрясения, было бы вполне обоснованным, учитывая представительность объема используемых реальных записей сильных движений, оценить уровень проявляемой нелинейности грунтов. О возможности подобного учета автор в работе упоминает и даже показывает на отдельных примерах при анализе кривой затухания для первой и третьей-четвертой категорий грунта, но отмечает там же, что в

задачи работы подобное целенаправленное исследование не входило. Действительно, по особенностям оценок уровня сейсмической опасности работа приближается к подходам детального сейсмического районирования, где задача исследования нелинейных свойств грунтов не ставится. В то же время отдельные результаты работы могут быть с успехом использованы и для целей сейсмического микрорайонирования.

3. Используемый в работе метод медиан, к сожалению, не описан с достаточной детальностью, нет ссылки на соответствующие литературные источники.

4. В тексте диссертационной работы встречаются редакционные погрешности, имеют место отдельные неточности, смысловые повторы, особенно в первой главе, хотя суть проблемы излагается вполне последовательно и логично.

Экспериментальный материал, в целом, представлен и отвечает задачам исследований. Работа достаточно хорошо иллюстрирована, хотя и здесь можно было бы акцент делать и на другом демонстрационном материале, например, в виде схем или фото отдельных участков, что придало бы работе определенную яркость.

В целом, несмотря на указанные замечания, диссертационная работа Эртелевой О.О. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему - определение количественных характеристик ожидаемых сейсмических колебаний - и связанную с решением научной проблемы разработки адекватной модели очага землетрясений и исследований процессов генерации / распространения сейсмических волн. Решение этих задач весьма важно для предупреждения чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера, а именно, при создании методических основ и разработке практических рекомендаций по оценке ожидаемых сейсмических воздействий на основе детального анализа реальных записей сильных движений грунта. Необходимо также отметить, что результаты работы, наряду со значительной фундаментальной составляющей имеют важное практическое значение. Результаты исследований могут найти применение в новых строительных нормах РФ, что позволит повысить надежность проектирования и снизить расходы на практическое строительство, обеспечивая высокую рентабельность сейсмостойкого строительства.

Результаты настоящей диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на Международных и Всероссийских научных и научно-практических конференциях, и опубликованы в 29 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 (15 статей из них опубликованы в журналах, входящих в базу данных WoS и/или Scopus), других ведущих российских журналах по

теме работе, а также использованы в 4 нормативных документах, в том числе в новой Российской сейсмической шкале - Национальном стандарте Российской Федерации (в соавторстве).

Автореферат 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) для ученой степени доктора наук, а ее автор Ольга Олеговна Эртелева достойна присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности: 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент

Директор, зав. отделом геофизики, инженерной сейсмологии и геоинформатики Геофизического института – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»,
доктор физико-математических наук, профессор

Владислав Борисович Заалишвили

Я, Заалишвили Владислав Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а

«13» апреля 2020 года

Подпись Заалишвили В.Б. удостоверяю

Начальник общего отдела Геофизического института – филиала Владикавказского научного центра РАН

13.04.2020г. Л.Г. Крыгина
подпись, дата

Адрес: 362002, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а
E-mail: cgi_ras@mail.ru, Телефон 8-8672-764084

