

## ОТЗЫВ

на диссертационную работу Эртелевой Ольги Олеговны «Параметры сейсмических колебаний в эпицентральных областях землетрясений», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертационная работа О.О. Эртелевой посвящена актуальным вопросам оценки (прогноза) широкого диапазона параметров сильных движений грунта. Работа не только обобщает и развивает результаты многолетних исследований, но и привносит ряд новых, принципиально значимых результатов.

### **Актуальность темы исследования.**

В обосновании актуальности исследований приводятся общепринятые тезисы, объясняющие мировой тренд исследований по прогнозу сейсмической опасности. Сам факт актуальности подобных исследований сомнения не вызывает. Особенно остро проблема прогноза сейсмической опасности в количественных характеристиках за последние годы проявляется в России. Поэтому появление отечественных разработок в части построения уравнений прогноза движения грунта (УПДГ) не могут не радовать.

### **Содержание диссертации, методика работы.**

Первая глава диссертации содержит широкий обзор зарубежных и отечественных работ по прогнозу параметров движения грунта, определяющих сейсмическое воздействие, и принципиально значимых для решения задач сейсмостойкого проектирования. По каждому параметру рассмотрены методы прогноза, существующие в мировой практике. При этом показано, что накопленные эмпирические данные опровергают некоторые ранее принятые теоретические представления о процессах в очаговой зоне.

По результатам первой главы сформулированы семь взаимоувязанных исследовательских задач, в результате решения которых должна быть разработана методика прогнозирования конкретного набора параметров сейсмических колебаний. По существу это и есть практическая цель проделанной работы, хотя официальная цель диссертации сформулирована более туманно.

Во второй главе проведена классификация методов прогноза параметров колебаний. Обосновывается выбор метода базирующегося на статистических оценках параметров сейсмической записи в зависимости от характеристик очагов и среды, в силу наименьшей погрешности его результатов. К сожалению, сопоставлению погрешностей методов прогноза посвящен только один (последний) абзац раздела 2.1.4. Учитывая, что при формулировке цели диссертации указано, что работа посвящена повышению точности прогноза, данный вопрос стоило осветить более подробно.

Определен и обоснован конкретный перечень прогнозируемых количественных характеристик и даны их исчерпывающие определения. Необходимо отметить, что данный перечень значительно шире, чем в большинстве известных рецензенту методик и УПДГ.

При использовании статистических методов, принципиальным вопросом является используемая выборка исходных данных и методы ее приведения к единым шкалам, единицам и категориям. Данному вопросу посвящён раздел 2.3 второй главы. Следует отметить, что раздел в основном содержит статистику уже приведенных к единому виду данных, без указания алгоритмов и зависимостей для пересчета (за исключением магнитуд). Не даны оценки точности применяемых процедур унификации данных, и не учтен их потенциальный вклад в погрешности итоговых эмпирических соотношений. Не приведены численные критерии классификации механизмов очага и категорий грунта. Не вполне понятно пересчитывались ли гипоцентральные расстояния в кратчайшее до разрыва ( $R_{кр}$ ), или использовались только данные о тех землетрясениях, для которых  $R_{кр}$  изначально известны?

Третья и четвертая главы посвящены построению обеспечивающих прогноз эмпирических зависимостей в ускорениях и скоростях колебаний соответственно. В подразделах указанных глав последовательно вводятся и обосновываются зависимости, заявленные в основных задачах диссертации.

В целом полученный результат представляет собой комплекс взаимоувязанных соотношений, прогнозирующих отдельные характеристики колебаний на площадке в зависимости от магнитуды землетрясения  $M_s$ , кратчайшего расстояния до плоскости разрыва  $R_{кр}$ , кинематики очага и грунтовых условий площадки (в терминах категорий).

Для каждого соотношения дана величина стандартного отклонения. Стоит отметить, что современный подход к учету неопределенностей в уравнениях прогнозирования движения грунта (УПДГ) требует их разделения на эпистемические и алеаторные. Можно предположить, что глубокого анализа неопределенностей полученных соотношений не приводится. Тем не менее, полученные оценки стандартного отклонения, в принципе, позволяют использовать полученные результаты в вероятностном анализе сейсмической опасности. Этот важный положительный момент в диссертации не отмечен.

Существенным неудобством для однозначного практического использования полученных зависимостей является отсутствие четких критериев их применимости. Нет четко сформулированных интервалов магнитуд  $M_s$  и  $R_{кр}$ , в пределах которых соотношения корректны. Очевидно, что такие границы есть. Для примера рассмотрим уравнения  $\lg(R^*) = \lg(R_{кр}) - 0.33 \cdot M_s$  (3.1) и  $\lg(PGA) = 0.27 \cdot \lg(R^*) + 3.30$  (3.2), предлагаемые для разломной зоны. При  $R_{кр}$  стремящемся к нулю, PGA также стремится к нулю, что физически не корректно.

На с. 95 приведен тезис, что PGA для землетрясений одной кинематики на поверхности разрыва не зависит от магнитуды ( $PGA \sim const$ ). Однако, из уравнений (3.1), (3.2) и (3.7) следует, что PGA не зависит от  $M_s$  только на границе разломной и ближней зоны. При этом, в разломной зоне на одном и том же кратчайшем расстоянии с повышением магнитуды PGA будут уменьшаться. Так, по указанным формулам, на расстоянии 1 км от плоскости разрыва, для сдвиговых землетрясений с магнитудами  $M_s$  5.5 и 7.5, значения PGA составят 646 и 425  $см/с^2$  соответственно. Это противоречие связано с тем, что для всех магнитуд (с одинаковой кинематикой) по (3.2) принята одинаковая скорость нарастания  $\lg(PGA)$  от плоскости разрыва по направлению к границе с ближней зоной, которая отодвигается с ростом магнитуд. Очевидно, что при одинаковых ускорениях на плоскости разрыва независимо от  $M_s$ , обеспечить равные PGA на границе разломной и ближней зоны (расстояние  $R_{кр}$  до которой как раз зависят от  $M_s$ ), можно только приняв, что скорость нарастания  $\lg(PGA)$  зависит от  $M_s$  или не линейно зависит от  $\lg(R_{кр})$ .

Все выше сказанное справедливо и для уравнений (4.9) и (4.10), рекомендованных для прогноза PGV в разломной зоне. Из выше сказанного можно сделать вывод, что соотношения для разломной зоны весьма спорные. В более ранних работах О.О. Эртелевой и Ф.Ф. Аптикаева «проблема» разломной зоны решена более консервативно, и не приводит к указанным выше противоречиям.

Диссертационная работа кроме теоретической части содержит конкретные рекомендации по применению полученных результатов в практической плоскости инженерно-сейсмологических изысканий. В пятой главе излагается метод прогноза параметров сильных движений грунта по полученным соотношениям. Предлагаются алгоритмы корректировки соотношений по имеющимся эмпирическим данным в районе исследования. Особого внимания заслуживает метод задания ожидаемого спектра реакции в скоростях, который был опубликован впервые.

### **Степень обоснованности защищаемых положений**

В рассматриваемой диссертации сформулированы следующие защищаемые положения:

1. Единый для всех магнитуд закон затухания пиковых амплитуд ускорений грунта в эпицентральной области землетрясения с учетом зависимости декремента поглощения от уровня колебаний, в соответствии с которым волновое поле (по ускорениям) делится на 3 зоны с различными законами затухания волн. Зависимости характеристик ускорений сейсмических колебаний от параметров очага и среды, описывающие связь амплитуд, продолжительности колебаний, преобладающего периода и коэффициента динамического усиления с магнитудой, расстоянием, механизмом очага и грунтовыми условиями, установлены для ближней и дальней зон отдельно. Выявленные закономерности способствуют увеличению точности прогнозных оценок пиковых ускорений и их характеристик как во временной, так и в спектральной области.



2. Закон масштабирования пиковых скоростей, устанавливающий независимость на подобных расстояниях пиковых скоростей от магнитуд, и позволяющий при исследовании волнового поля рассматривать все эмпирические данные совместно.

3. Модель формирования и распространения сейсмических колебаний в скоростях, включающая закон затухания пиковых скоростей, закономерности формирования формы спектра реакции в скоростях и его среднюю форму, а также зависимости характеристик скоростей сейсмических колебаний от параметров очага и среды. Как и в случае пиковых ускорений, согласно закону затухания скоростей в эпицентральной области землетрясений, существуют 3 зоны с различными характеристиками сейсмических колебаний. Установленные закономерности являются основой для разработки системы прогнозных оценок в скоростях.

4. Методика прогноза параметров сильного движения грунта при землетрясениях, основанная на разработанных эмпирических корреляционных соотношениях, связывающих характеристики сейсмических колебаний с различными параметрами очага и среды, позволяющая производить оценку сейсмических воздействий с различным доверительным уровнем и являющаяся практической реализацией результатов проведенных исследований.

Защищаемые положения диссертации включают в себя большой набор эмпирических соотношений (около 30), для каждого из которых приведена совокупность эмпирических данных и теоретических выводов, обосновывающих его корректность. Замечания, сформулированные выше, вызывают только формулы, определяющие пиковые ускорения и пиковые скорости непосредственно в разломной зоне, что в целом не портит общего положительного впечатления от диссертации.

Необходимо отметить, что проделан колоссальный объем кропотливой работы, требующей высокого профессионализма. Результаты работ имеют ярко выраженный прикладной характер, что подтверждено их включением в нормативные документы РФ. Полученные эмпирические соотношения могут быть в полной мере использованы при разработке карт общего сейсмического районирования РФ в количественных характеристиках сейсмических воздействий.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, согласно «Положению о присуждении ученых степеней». Её автор, Эртелева Ольга Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.10 - геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Я, Перетокин Сергей Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Первый заместитель директора  
Некоммерческого партнерства  
«Экологический центр рационального  
освоения природных ресурсов» (НП «ЭЦ РОПР»),  
Кандидат технических наук  
E-mail: [saperetokin@yandex.ru](mailto:saperetokin@yandex.ru)

С.А. Перетокин

Мира пр., д.53, г. Красноярск, 660049  
Тел.: +8 (962) 080-00-47  
E-mail: [ec\\_ropr@mail.ru](mailto:ec_ropr@mail.ru)

Подпись С.А. Перетокина заверяю  
Отдел кадров НП «ЭЦ РОПР»

ВЕД. СПЕЦИАЛИСТ  
Г. Г. МУСАЕВ АРОВА

