

## Отзыв на диссертационную работу

**Эргелевой Ольги Олеговны**

по теме: «**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

Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Общий объем работы составляет 290 страниц, в том числе: 77 рисунков, 21 таблица; список литературы содержит 512 наименований.

Целью исследований являются количественные характеристики сейсмических колебаний в эпицентральных областях землетрясений. Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- 1 Исследованы пиковые ускорения колебаний грунта, включая общие закономерности формирования и распространения сейсмических колебаний от очага землетрясения, выражением которых должен стать закон затухания ускорений в ближней и дальней зонах для землетрясений различной интенсивности.
- 2 Исследованы соотношения уровня различных компонент и установлены зависимости таких соотношений от свойств очага и среды.
- 3 Исследована продолжительность колебаний и установлены соответствующие корреляционные соотношения для прогноза этого параметра.
- 4 Исследованы спектры реакции ускорений с использованием средней формы спектра, включая внутренние соотношения между отдельными характеристиками спектра, такими как ширина спектра, преобладающий период, коэффициент динамического усиления.
- 5 Исследован коэффициент динамического усиления: зависимость его величины от различных параметров очага и среды, а также от параметров записи ускорений и спектральных характеристик.
- 6 Исследованы скорости колебаний – установлены закономерности затухания пиковых скоростей, исследованы соотношения различных компонент скорости от факторов среды и очага, а также исследовано влияние этих же факторов на величину продолжительности колебаний в скоростях; разработаны соответствующие корреляционные соотношения для практического применения.
- 7 Исследован спектр реакций в скоростях – установлены средние формы спектра скорости, рассмотрена зависимость величин преобладающего периода, коэффициента динамического усиления от различных факторов очага и среды, установлены соотношения между отдельными характеристиками спектра, разработаны соответствующие корреляционные уравнения.
- 8 Разработана методика прогнозирования параметров сейсмических колебаний для практического применения, основанная на корреляционных соотношениях, полученных в диссертационной работе.

На основе проведенных исследований автором сформулированы следующие защищаемые положения:

- 1 Единый для всех магнитуд закон затухания нормированных по магнитуде пиковых амплитуд ускорений грунта в эпицентральной области землетрясения с учетом зависимости декремента поглощения от уровня колебаний, в соответствии с которым волновое поле делится на 3 зоны с различными законами затухания волн. Зависимости характеристик ускорений сейсмических колебаний от параметров очага и среды, установлены для ближней и дальней зоны отдельно.
- 2 Закон масштабирования пиковых скоростей, устанавливающий зависимость 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 сейсмических колебаний от параметров очага и среды. Согласно закону затухания скоростей в эпицентральной области землетрясений существуют 3 зоны с различными характеристиками сейсмических колебаний.
- 4 Методика прогноза параметров сильного движения грунта, основанная на эмпирических корреляционных соотношениях, связывающих характеристики сейсмических колебаний с параметрами очага и среды.

В первой главе диссертации приведены результаты анализа литературных данных по теме исследования. Рассмотрено понятие ближней зоны землетрясения, наиболее опасной для людей и сооружений при сейсмических событиях. Автор отмечает, что четкого определения этого понятия нет. Наиболее обоснованная с физической точки зрения оценка размеров этой зоны зависит от магнитуды. Наиболее популярным и хорошо исследованным параметром сейсмических колебаний является ускорение. Разработаны уравнения затухания, установлены зависимости записи и спектра от характеристик среды и очага, средняя форма спектра реакции. Большинство исследований относится к максимальной горизонтальной компоненте, в то же время вопросы, касающиеся второй горизонтальной и вертикальной компоненты, остаются плохо изученными. Открытым остается вопрос влияния продолжительности колебаний на сейсмический эффект. Наблюдается резкое повышение интереса к скорости колебаний грунта, однако этот параметр еще мало исследован.

Во второй главе обоснован выбор метода исследования, его особенности, использованная база данных и методика их обработки. Приведена классификация методов прогноза параметров сейсмических колебаний. Наиболее традиционным является использование инструментальной шкалы сейсмической интенсивности, хотя недостаток метода заключается в неоднозначной связи сейсмической интенсивности с ускорениями грунта. Наиболее достоверные результаты дает использование статистических оценок параметров сейсмической записи. Описан использованный при исследовании метод параметризации. В качестве параметров приняты: уровень колебаний, преобладающая частота колебаний, продолжительность колебаний. При исследовании спектров реакции сейсмических колебаний в качестве основных параметров приняты коэффициент динамического усиления и логарифмическая ширина спектра. В основные параметры

сильных движений грунта введен также безразмерный параметр колебаний – количество циклов.

Отмечено, что оценка параметров колебаний на основе представительного ансамбля записей региональных землетрясений может быть реализована лишь при наличии густой сети станций сильных движений и продолжительного срока наблюдений. Как известно, служба сильных движений в России отсутствует, в силу чего в диссертационной работе использованы общемировые данные.

Одной из разновидностей модельных методов является комбинированный метод построения расчетного спектра, когда резонансная частота сейсмических колебаний считается равной собственной частоте сооружения (так называемый, «резонансный» метод в теории сейсмостойкости). Однако здесь за рамками исследования остались достаточно тонкие вопросы, связанные с достоверной оценкой собственной частоты сооружения. Суть проблемы заключается в зависимости собственной частоты сооружения от уровня динамической нагрузки, при котором она фиксируется. Получивший широкое распространение в инженерной практике метод микродинамических испытаний дает завышенные значения частоты сооружения за счет того, что при микронных значениях амплитуд колебаний сооружения неконструктивные элементы (стенное заполнение, перегородки) участвуют в формировании его обобщенной жесткости. При высоких значениях инерционной нагрузки, когда амплитуды колебаний сооружения измеряются сантиметрами (реальное землетрясение, вибрационные испытания опытных объектов), неконструктивные элементы выключаются из работы, что приводит к заметному снижению собственной (резонансной) частоты. На основании результатов натуральных экспериментальных исследований и мелкомасштабного моделирования различия в значениях собственных частот при разных уровнях динамической нагрузки могут достигать двукратных величин (работы проф. Тонких Г.П.). В качестве примера реализации резонансного метода при реальном сейсмическом воздействии может быть приведено землетрясение в Мехико (1985 г), при котором резонансная частота колебаний 15-20-этажных каркасных зданий составила примерно 0.5 Гц при преобладающей частоте сейсмических колебаний тоже 0.5 Гц, что привело к обрушению 250 и повреждению 165 зданий.

Третья глава посвящена исследованию характерных черт ускорений грунта. Установлен единый для всех магнитуд закон затухания амплитуд ускорений грунта в эпицентральной области землетрясений. Анализ эмпирического распределения амплитуд показал, что волновое поле делится на 3 зоны с различными законами затухания волн. Установлены зависимости продолжительности колебаний ускорений в ближней зоне от различных параметров среды и очага. Установлены зависимости величины коэффициента динамического усиления от различных факторов.

В четвертой главе исследовались скорости сейсмических колебаний. Установлен закон масштабирования пиковых амплитуд скоростей грунта. Установлен закон затухания скоростей в эпицентральной области землетрясения. Показано, что при распространении волн существуют 3 зоны с различными законами затухания. Установлена средняя форма спектра реакции в скоростях. В дальней зоне преобладающий период скорости зависит от магнитуды и расстояния. В ближней зоне преобладающий период зависит только от магнитуды. Аналогичная особенность характерна и для продолжительности колебаний

скорости. Оценены средние значения коэффициента динамического усиления при нормативном значении демпфирования.

В пятой главе изложен метод прогноза параметров сильных движений грунта, основанный на анализе имеющегося эмпирического материала в районе исследования. В результате его статистической обработки разрабатываются корреляционные прогнозные соотношения. В случае недостатка региональных данных используются среднемировые зависимости.

Разумеется, что в работе со столь сложной тематикой не удалось избежать некоторых погрешностей. Одна из них заключается в излишне громоздких формулировках защищаемых положений. Будучи очищенными от служебных слов, они приобретают более компактную и ясную форму, например, формулировка 4-го защищаемого положения (стр. 2 настоящего Отзыва).

Оценивая диссертационную работу О.О. Эртелевой в целом, обратимся к такому понятию как парадигма в науке.

Тридцать лет назад была опубликована статья члена-корреспондента АН Страхова В.Н., посвященная парадигме современной сейсмологии. Понятие «парадигмы» здесь употребляется в смысле известной работы Томаса Куна «Структура научных революций». По мнению автора упомянутой статьи в сейсмологии господствует парадигма эмпирического обобщения, ретроспективного анализа и аналогии. Господствующая парадигма позволяет достаточно надежно оценить потенциальную сейсмическую опасность, но не в состоянии точно предсказывать такие события, как разрушительные землетрясения. Оценка не отличается оптимизмом, однако она объективно отражает достигнутый уровень развития такой науки, как сейсмология. В ней отсутствует знание количественных физико-математических моделей эволюции тектоносферы Земли. Ей недоступен также один из главных факторов, определяющих развитие других наук - активный эксперимент. Диссертация О.О. Эртелевой принадлежит к числу работ, созданных в рамках господствующей парадигмы (ретроспективный анализ), но способствующих накоплению научного материала для совершенствования нынешней парадигмы сейсмологии в перспективе.

Все сделанные выводы апробированы автором и имеют публикации соответствующего уровня. Считаю необходимым отметить высокий научный уровень представленной диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Эртелева Ольга Олеговна, заслуживает присуждения ей степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Бержинский Юрий Анатольевич  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128  
e-mail: [beri@crust.irk.ru](mailto:beri@crust.irk.ru)  
тел. (3952) 425-997

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН).

Руководитель отдела сейсмостойкого строительства ФБГУН ИЗК СО РАН, кандидат геолого-минералогических наук

- Я, Бержинский Юрий Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета Д. 002.001.01 при ИФЗ РАН, и их дальнейшую обработку.

*Бержинский*

Подпись *Бержинского Ю.А.*  
\_\_\_\_\_ заверяю  
Ведущий инспектор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Института земной  
коры Сибирского отделения Российской  
академии наук \_\_\_\_\_ Тыркова М.Г.  
«*26*» *04* 20*20* г.

