

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
Баранова Сергея Владимировича
на тему: «Теоретические основы оценки опасности сильных
афтершоков землетрясений »
по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы
поисков полезных ископаемых»

Всестороннее изучение афтершоковых последовательностей представляется весьма важным как с точки зрения определения количественных характеристик итоговых последствий землетрясений, так и с позиций уточнения механизма очага сейсмического события и установления свойств геофизической среды, которые хорошо проявляются в ее возмущенном состоянии. При наличии обширной литературы, посвященной изучению основного толчка, недооценивается роль афтершоков особенно сильных землетрясений. Отсутствуют обобщающие сведения о статистике, размерах зоны афтершоковой активности и ее продолжительности.

В этой связи большое значение имеют работы, связанные с определением характеристик афтершоковых процессов и оценкой их опасности. Исходя из этого исследования С.В. Баранова, нацеленные на установление общих закономерностей развития афтершоковых процессов и разработку основ методик прогнозирования ожидаемых магнитуд афтершоков сильных землетрясений и оценку их опасности, следует рассматривать как весьма актуальные.

В качестве основной цели исследований С.В. Баранов выбрал углубленный анализ афтершоковых последовательностей, что представляет значительный интерес для построения новых и уточнения имеющихся моделей, описывающих процесс релаксации среды при сильных возмущениях в виде сброса напряжений, а также моделей вторичных

сейсмических процессов, сопровождающих землетрясения. Следует отметить, что, несмотря на то, что афтершоковый процесс в том или ином виде изучен, диссертанту удалось раскрыть новые стороны этого процесса, которые раскрывают перспективы для выполнения новых исследований.

Сформулированные диссертантом задачи исследований в полной мере соответствуют поставленной цели работы и обеспечивают ее достижение.

Выполненный в главе 1 обзор основных особенностей поведения среды при сильных землетрясениях, имеющихся моделей афтершокового процесса и способов выделения сейсмических проявлений основного толчка и афтершоков позволил С.В.Баранову составить хорошую основу для выполнения собственных исследований с четким планом решения поставленных задач.

Глубокий анализ затронутой проблемы и большой объем выполненных диссертантом исследований позволяют рассматривать ряд полученных им научных результатов, как новые и которые отличают автора рассматриваемой работы от предшественников.

Прежде всего, следует отметить предложенное С.В.Барановым соотношение между размером зоны афтершоков и магнитудой землетрясения, обоснованное детальным анализом статистического материала, описывающего глобальные характеристики сильных сейсмических событий (глава 2). Указанное соотношение, а также метод оценки и алгоритм прогноза пространственной области с афтершоками высокой магнитуды представляют собой новые важные элементы количественного описания афтершокового процесса, и несомненно будет востребовано при выполнении практических оценок.

Весьма интересными следует считать разработанные диссертантом подходы, нацеленные на повышение качества прогноза сильных землетрясений, в виде алгоритма для оценки области, в которой прогнозируется появление афтершоков с заданным пороговым значением энергии и критерия оценки качества прогноза.

Новыми и важными представляются заключения автора диссертации об отсутствии упорядоченности в энергетических характеристиках афтершокового потока. Полученный результат, развиваемый автором в разделе 3.3, следует рассматривать как основу и предложение для выполнения дальнейших более углубленных исследований статистических характеристик афтершокового процесса. Действительно, все имеющиеся подходы к описанию афтершокового процесса в том или ином виде основываются на предположении о снижении потенциальных возможностей напряженной среды в части релаксационных проявлений. Однако, не исключается, что наиболее сильные афтершоки в свою очередь порождают постафтершоковый процесс (афтерафтершоки) и в этом случае генеральная совокупность данных должна быть представлена рядом выборок, каждую из которых необходимо рассматривать отдельно (следует заметить, что известная модель эпидемического типа ETAS в ряде случаев не дает желаемых результатов). Задача еще более усложняется, если принимать во внимание возможность наличия форафтершоков.

В главе 3 С.В.Баранов анализирует продуктивность землетрясений. Можно считать, что здесь автору удалось впервые на основе детального анализа большого количества данных получить обобщающий закон распределения количества афтершоков вне зависимости от магнитуды основного толчка и, что весьма важно, показать, что параметр распределения примерно одинаков для разных магнитуд основного толчка. Это убедительно демонстрирует рис.3.10. Установленная возможность описания закона продуктивности землетрясений единственным параметром, характеризующим экспоненциальное затухание, позволило автору оценить влияние глубины очага, фактически величины литостатического давления, на продуктивность события. Все это хорошо вписывается в возможные более совершенные методы прогноза сильных сейсмических событий.

Весьма важной частью диссертации является глава 4, связанная с оценкой магнитуды сильнейшего афтершока. На основе детального

рассмотрения нескольких вариантов С.В.Баранову удалось выстроить доведенный до методики подход, обеспечивающий прогнозирование магнитуды сильнейшего афтершока с использованием информации, полученной в первые часы после основного толчка. Разработанный С.В.Барановым подход, учитывающий неполноту каталогов и превосходящий по вероятностным характеристика известным подходам, несомненно отличается новизной и может быть с успехом использован на практике.

Глава 5 диссертации, нацеленная на создание основ методики прогнозирования опасности афтершоков сильных землетрясений, содержит оценки длительности периода времени после землетрясения, в течение которого возможны афтершоки опасной магнитуды. В результате выполнения сложных процедур, связанных, в частности, с выбором и обоснованием алгоритма выделения афтершоков и моделей, описывающих длительность афтершокового процесса, С.В.Барановым с использованием нескольких представительных каталогов землетрясений, включая глобальный каталог USGS, разработана полуэмпирическая модель, позволяющая оценивать длительность периода времени после основного толчка, в течение которого возможно проявление сильных афтершоков. При этом автором предусмотрена процедура уточнения результатов оценки, выполненной по усредненной модели, с использованием информации об афтершоках, произошедших за первые 12 часов после землетрясения. Следует отметить вполне удовлетворительные результаты верификации предложенного подхода с привлечением эмпирических данных.

Установленные в диссертации эмпирические обобщения и теоретические обоснования наблюдаемых закономерностей пространственных и временных распределений афтершоков сильных землетрясений представляют значительный интерес с точки зрения совершенствования и разработки новых методов прогнозирования опасных последствий указанного природного явления. Результаты диссертации с

успехом могут быть использованы не только в Единой геофизической службе РАН, но также в ряде академических институтах (Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта, Институт динамики геосфер и т.д.). Особое значение имеет то, что результаты работы С.В.Баранова уже нашли свое практическое применение и успешно апробированы в созданной автором автоматической информационной системе оценки опасности сильных афтершоков землетрясений AFCAST.

Основные замечания по диссертации. Сформулированная диссертантом основная цель исследований связана, в частности, с развитием теоретических основ оценки опасности сильных афтершоков. Однако в диссертации при широком наборе характеристик самого афтершокового процесса, оценке магнитуды наиболее сильного афтершока и т.д. отсутствуют элементы, относящиеся к собственно оценке опасности афтершоков.

Диссертация представляет собой яркий пример работы, выполненной в рамках статистической сейсмологии. Это привело к тому, что математическая сторона исследований, в которых все выводы делаются на основе статистических расчетов, несколько отодвигает на задний план физику процесса. В целом афтершоковый процесс рассматривается как поток неких независимых событий. Для описания этого потока привлекаются обобщающие зависимости, такие как зависимость количества афтершоков от времени, повторяемости афтершоков с разной магнитудой в том или ином виде. Нельзя отрицать, что использование формализованного представления об афтершоковых последовательностях не привело, можно прямо утверждать, к блестящему результату. Правда, при этом следует отметить, что С.В.Баранов дважды обращает внимание на физическую сторону процесса: в первом случае, когда рассматривает по-отдельности афтершоки землетрясений с разными фокальными механизмами, и во втором – при учете наличия сейсмогенного разрыва. Тем не менее, возникают некоторые вопросы, главные из которых: 1) действительно ли афтершоковый процесс не

зависит от геологических характеристик района, свойств активной тектонической структуры, блочно-иерархического строения среды и т.д.?; в связи с этим, 2) подобны ли афтершоковые последовательности сходных по основным параметрам землетрясений в плане времени возникновения наиболее сильного афтершока?; 3) какова достоверность определения размеров зоны афтершоков на основе данных, полученных в первые 12 часов после основного толчка, поскольку в этот период можно оперировать только сведениями срочных сейсмических донесений, которые, во-первых, недостаточно точны в части оценки магнитуды и координат события, а, во-вторых, не содержат информацию о фокальном механизме землетрясения, что, вообще говоря, судя по тексту работы важно знать; 4) как в этом случае осуществляется поправка результатов оценок с использованием референтной модели в виде круга на форму зоны афтершоков, например, в виде стадиона? И т.д.

Анализируя общую логику работы, можно заключить, что автор рассматривает главный толчок (землетрясение) и афтершоки как сходные процессы, имеющие общую причину – высвобождение накопленной в среде упругой энергии. Однако, при этом автор допускает наличие афтершоков для основного толчка и фактически затушевывает возможность появления афтершоковых последовательностей и форафтершоков для самих даже наиболее сильных афтершоков, рассматривая генеральный афтершоковый процесс интегрально. Не следовало бы по тому поводу привести в работе некоторые оценки?

В диссертации анализируются генеральные выборки афтершоков сильных землетрясений из известных баз данных. В одну выборку собираются все афтершоки вне зависимости от их фокального механизма.

Представленные в диссертации оценивания магнитуды предстоящих сильнейших афтершоков в зависимости от времени после основного толчка с учетом уже зарегистрированных афтершоков и длительности опасного периода афтершоков с магнитудой не ниже заданной по данным за 12-ти

часовой период после основного толчка представлены как методики. Однако, по сути это скорее методы.

При хорошем оформлении работы в целом и качественном иллюстрационном материале имеются опечатки в виде отдельных написаний некоторых слов, пропущенных предлогов и т.д. (как пример стр. 142) и написания название страны с маленькой буквы (например, на стр. 193) и т.д.

Следует отметить, что перечисленные выше замечания ни в коей мере не умаляют научной значимости рассматриваемого диссертационного исследования.

Общая оценка диссертационной работы.

Диссертация Баранова Сергея Владимировича "Теоретические основы оценки опасности сильных афтершоков землетрясений" представляет собой законченную выполненную на высоком научном уровне научно-исследовательскую работу, обладает несомненной новизной и выполнена на актуальную тему. Результаты исследований можно рассматривать как открытие нового научного направления в геофизике, связанного с разработкой методов и методик оценки опасности сейсмических последствий сильных землетрясений на основе статистического анализа и обобщения афтершоковых событий.

Результаты и выводы диссертационной работы доведены до сведения научной общественности в виде большого количества публикаций, из которых 23 публикации в научных изданиях из списка ВАК, в том числе 15 в статьях, индексируемых в базе данных WoS.

Выдвинутые на защиту положения работы раскрыты и хорошо обоснованы.

Аннотация диссертации в полной мере отражает содержание и основные результаты диссертационных исследований.

Диссертация Баранова Сергея Владимировича "Теоретические основы оценки опасности сильных афтершоков землетрясений" отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Баранов Сергей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,

Заведующий лабораторией приповерхностной геофизики

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института динамики геосфер имени академика М.А.Садовского

Российской академии наук (ИДГ РАН)

СПИВАК Александр Александрович

01 октября 2019 года

Контактные данные:

тел.: +7(916)8474199, e-mail: spivak@idg.chph.ras.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация: 04.00.22 – Геофизика.

Адрес места работы:

119334, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер имени академика М.А.Садовского Российской
академии наук, г. Москва, Ленинский проспект, дом 38, корпус1.

Лаборатория приповерхностной геофизики.

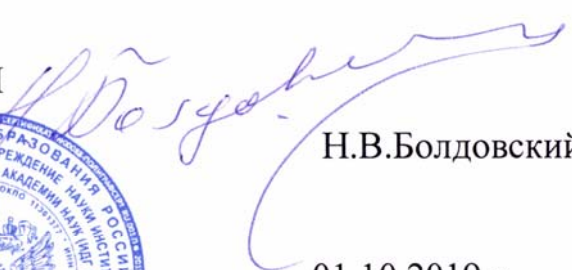
Тел.: +7(499)1376611; e-mail: geospheres@idg.chph.ras.ru

Подпись сотрудника Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института динамики геосфер имени академика
М.А.Садовского Российской академии наук Спивака Александра
Александровича удостоверяю:

Ученый секретарь ИДГ РАН

докт. геол.-мин.наук




Н.В.Болдовский

01.10.2019 г.