

**Отзыв официального оппонента на диссертацию
Орунбаева Сагынбека Жолчуевича на тему «Совершенствование
методов оценки сейсмической опасности на примере ряда районов
Киргизии», представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук, по специальности 25.00.10 – «Геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых»**

Диссертационная работа Сагынбек Жолчуевича Орунбаева выполнена в рамках дальнейшего развития методов оценки сейсмической опасности применительно к площадной оценке максимальных сейсмических воздействий, выраженных величиной максимальных скоростей (PGV), с использованием предложенного ранее в работе [Родкин и др., 2012] метода PGVEM. Учитывая практическое отсутствие записей сильных землетрясений для рассматриваемой территории размещения Верхне-Нарынского каскада ГЭС и г. Нарын актуальность и практическая значимость данной работы не вызывает сомнений. Не менее интересна и перспективна сравнительная оценка эффективности методов получения исходных данных для микрорайонирования (построение сейсмического разреза грунтовой толщи на основе анализа поля микросейсм методом реперной точки и методом H/V спектрального отношения). Определенный интерес как научный, так и практический интерес представляет адаптация методики детальной площадной оценки прогнозных величин V_{s30} на основе корреляции величин V_{s30} и локальных значений уклона местности для ряда районов Киргизии.

Содержание диссертации:

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и списка литературы. Работа изложена на 146 страницах, машинописного текста, включает 64 рисунка, 12 таблиц, 1 приложение и библиографический список, содержащий 138 наименований.

Во введении представлено обоснование актуальности и практической значимости темы диссертации, сформулированы цели исследования, перечисляются основные методы анализа данных, обосновывается научная новизна проведенной работы, кратко отражена структура и содержание работы, сведения по апробации результатов и список публикаций автора по теме диссертации. Автором по теме работы опубликовано 56 публикаций, из них 2 работы в рецензируемых изданиях списка ВАК, 24 – в списке РИНЦ, 30 в международных изданиях, отраженных в списках WOS и Scopus и 2 тезисов докладов на международных и российских научных конференциях.

Первая глава посвящена литературному обзору и анализу одной из основных проблем сейсмического районирования и отмечено, что в СССР, России и странах СНГ принята интегральная характеристика сейсмического воздействия, выраженная в баллах, с которой нормативно регламентирована связь с ускорениями и спектральными

характеристиками колебаний грунтов при землетрясениях. В США и ряда других стран принято учитывать величины пиковых ускорений на ряде характерных периодов. Вопрос что учитывать при обосновании сейсмостойкости балл или ускорение до настоящего времени остается открытым. Автором на основании анализа международных соотношений балльности и ускорений предпочтение отдано соотношению балл – скорость перед соотношением балл - ускорение. При этом отмечено, что в странах СНГ и России непосредственный расчет карт ОСР в терминах PGA и PGV невозможен, ввиду отсутствия записей сильных движений. В результате автором обосновывается актуальность оценки скорости колебаний грунта (PGV), необходимость использования метода оценки PGV по макросейсмическим данным и изучению грунтовых условий (сайт-эффекта). С учетом подробного и содержательного обзора автором сформулированы цели и задачи данного исследования, обоснованы комплекс методов решения поставленных задач, включая полевые и камеральные работы.

Вторая глава посвящена обоснованию применения метода оценки величин PGV по макросейсмическим данным по результатам площадных макросейсмических исследований района планируемого сооружения каскада Верхне-Нарынских ГЭС и верификации полученных оценок максимальной величины PGV с максимальными скоростями, соответствующими балльности площадки сооружения каскада, принятой в проекте. Как отмечено выше, основные положения метода оценки значений PGV при исторических землетрясениях и палеоземлетрясениях основаны на методе, впервые предложенном в работе Родкин М.В., Никонов М.В., Шварев С.В. Оценка величин сейсмических воздействий по нарушениям и смещениям в скальных массивах // Геодинамика и тектонофизика. 2012. Диссертантом впервые реализован данный подход в комплексе методов, направленных на решение задачи оценки PGV применительно к условиям Киргизии.

При проведении полевых работ учитывались данные о положении разломных зон, геоморфологии местности и требования метода PGVEM. В результате статистического анализа полученных значений была построена карта-схема (рис. 1) средних значений PGV для исследованного района планируемого сооружения Верхне-Нарынского каскада ГЭС. Близость разломов неплохо согласуется со средними оценками величин PGV (рис.1). Согласно новой макросейсмической шкале Ф.Ф. Аптикаева [2011], полученные средние значения PGV соответствуют балльности $I_0 \leq IX$, т.е. отвечают нормам антисейсмического строительства, заложенным в проект Верхне-Нарынского каскада ГЭС.

В третьей главе представлены результаты оценки и анализа микросейсмических записей для изучения пространственной изменчивости динамических характеристик грунта и получения карт фундаментальных резонансных частот грунта для территорий трех городских агломераций (г. Бишкек, г. Каракол и г. Нарын). Для г. Нарын весь комплекс работ осуществлялся автором [Ogunbaev, 2014]. Автором описаны методики проведения полевых наблюдений и методы их обработки, включая дисперсионные методы и статистические методы. В главе приводится описание разработки и реализации подходов

к оценке сайт-эффекта на основе решения прямой и обратной задачи взаимодействия поверхностной волны Рэлея с неоднородностями строения среды. Такой метод оценки используется в методе микросейсмического зондирования [Паролай, 2005], основанном на оценке свойств грунтового слоя по данным анализа пространственных вариаций спектра микросейсмического поля. Собственные частоты грунта определялись двумя методами: методом Стандартного спектрального отношения (SSR) и методом Накамуры. Значительный интерес представляют полученные автором карты фундаментальных резонансных частот для трех городских агломераций. Автором отмечено, что способ определения резонансных частот и строения осадочной толщи по методу H/V отношения Накамуры для исследованного района оказался предпочтительным. Этот метод позволил получить более устойчивые, логичные и лучше согласующиеся с геологическими данными результаты: основная резонансная частота закономерно изменяется с изменением мощности осадочного чехла, сложенного рыхлыми породами. При проведении аналогичных исследований на Камчатке [Скоркина, 2017] отмечалась неадекватность результатов применения метода спектрального отношения Накамуры. Диссертант столь противоречивый результат вполне резонно объясняется однородным слоистым строением среды исследуемой им территории и неоднородностью активного теплового поля на Камчатке.

В четвертой главе обоснована возможность распространения результатов точечных наблюдений микросейсмического поля на всю исследуемую территорию для детальных площадных оценок сайт-эффекта и рассматриваются возможные ограничения метода микросейсм, связанные с малой амплитудой микросейсм.

В диссертации по материалам открытых мировых баз данных подробно описана методика получения детальных прогнозных оценок величин сайт-эффекта (с разрешением вплоть до 1 арксекунды ~ 30 м) на основе данных по уклонам местности. Параметры регрессии пополняются и верифицируются полученными автором результатами по точечным микросейсмическим наблюдениям, проведенным с целью определения профиля скоростей s-волн на нескольких участках в бассейне Верхнего Нарына.

Оценка влияния увеличения интенсивности воздействия на сайт-эффект проводилась сравнением результатов микросейсмических наблюдений с результатами наблюдений с использованием искусственных вибровоздействий, производимых вибромашинной. Сравнение резонансных частот колебаний небольшого типового дома частного сектора и грунта, полученных с учетом микросейсм и сильных вибровоздействий позволило выявить дополнительный низкочастотный максимум отклика, который не был обнаружен при анализе микросейсм, что может служить одним из ограничений метода регистрации микросейсм.

Для площадного покрытия автором использован простой и недорогой метод, предполагающий корреляцию между наклоном рельефа (получаемым по топографии) и средним значением скорости S-волны в приповерхностном слое (обычно мощностью 30 м).

Автором применен ряд новых методологических разработок, связанных с вычислением кривизны местности по данным космической радарной снимки, и использованию этой информации совместно с геоморфологическими данными о местности.

Научная новизна диссертации – автором продемонстрирована эффективность использованного набора методов получения исходных данных для уточнения сейсмической опасности: определение сайт-эффекта и оценка величин возможных максимальных сейсмических воздействий (PGV) по результатам макросейсмического обследования и на основании анализа этой информации получен ряд интересных результатов.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается добротностью используемого математического аппарата, большим объемом используемых качественных данных полевых работ и верификацией полученных результатов с альтернативными оценками сейсмической опасности, учитываемой при обосновании сейсмостойкости каскада Верхне-Нарынских ГЭС.

Практическая значимость рассматриваемой диссертации следует из разработки новых методологических подходов к оценке количественных параметров сейсмических воздействий (PGV), использования нового вида получения информации для оценки сайт-эффекта и получения новых карт фундаментальных резонансных частот для трех городов Киргизии.

Автором предложен и реализован на ряде примеров комплекс новых подходов, обеспечивающих уточнение оценок сейсмической опасности в плане оценки величин максимальных воздействий (PGV) и оценки сайт-эффекта (1-ое защищаемое положение).

Применительно к территории Киргизии на основе полевых макросейсмических исследований впервые получена площадная оценка величин PGV при максимальных сейсмических воздействиях (2-ое защищаемое положение).

Для условий Киргизии выполнена сравнительная оценка эффективности методов оценки сайт-эффекта на основе методов сейсмического микрорайонирования, включая анализ поля микросейсм, метод реперной точки, H/V отношения и при построении сейсмического разреза грунтовой толщи продемонстрировано преимущество метода H/V отношения и ограниченность оценки сайт-эффекта только на основе анализа микросейсм (3-е защищаемое положение).

Для условий бассейна р. Нарын адаптирована методика детальной площадной оценки прогнозных величин Vs30 на основе корреляции величин Vs30 и локальных значений уклона местности (4-ое защищаемое положение).

Следует также отметить хорошую математическую подготовку автора, профессиональное проведение исследовательских работ и практическое применение сейсмических инструментов и космических снимков.

Характеризуя диссертацию в целом положительно, отметим, что она не свободна и от некоторых недостатков:

применительно к Сусамырскому землетрясению не представлены исходные данные в точках наблюдения (рисунок 2.3), учитываемые при оценке PGV (таблица 2.1);

не обоснована величина коэффициента $k = 0.7$, учитываемая при оценке PGV, согласно формуле (2.1);

на рисунке 2.6, рисунке 2.3 и в тексте диссертации не приведены исходные данные о сеймотектонических деформациях и параметрах сейсмогенного уступа при Кеминском землетрясении, на основе которых получены оценки PGV. Данное замечание касается и Сусамырского землетрясения, что затрудняет оценку достоверности верификации полученных результатов;

по тексту диссертации отмечена опечатка, на рисунке 3.8 и в подписи к нему использованы разные обозначения ко второму столбцу (NHVSR) и (HVSR) соответственно;

ссылки типа "Проведенные сопоставления (личное сообщение М.В.Родкина) показали, что применение обоих методов приводит к весьма близким результатам" (стр. 49 диссертации), не представляется достаточным для обоснования утверждения сопоставимости оценки величин пиковых массовых скоростей при землетрясениях методом PGVEM и методом DDA;

интервалы величин V_{s30} в зависимости от величины наклона местности в тектонически активных и стабильных областях (таблица 4.1) не обоснованы. Значительная неоднородность результатов наблюдений (рисунок 4.4) требует понимания природы этой неоднородности и ее учета при практическом использовании принятой автором классификации грунтов.

Автору при проведении дальнейших работ по оценке сейсмической опасности рекомендуется особое внимание уделить:

учету повторяемости максимальных землетрясений, для которых определены PGV по макросейсмическим данным и разработке рекомендаций по возможности распространению оценок PGV на остальные объекты каскада Верхне-Нарынских ГЭС, г. Нарын и рассматриваемого района в целом;

дополнить комплекс работ оценкой повторяемости максимальных землетрясений с учетом данных о сильнейших известных землетрясениях исследуемого района (таблица 3.2) и геодинамической активности одного из крупнейших новейших разломов Тянь-Шаня, известного как Центральный Нарынский разлом, проходящий прямо через город (рисунок 2.11);

при оценке сайт-эффекта в комплекс работ включать бурение опорных скважин и определение скоростного и плотностного разреза методами сейморазведки, поскольку автор справедливо отметил (стр. 76 абзац 1): "... недостатком метода может быть неоднозначность решения, при которой разные виды неоднородностей соответствуют одной и той же дисперсионной кривой".

Отмеченные выше замечания не являются принципиальными и ни в коей мере не снижают научно-практической значимости рассматриваемой работы.

Заключение. Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что представленная диссертация Орунбаева Сагынбек Жолчуевича – "Совершенствование методов оценки сейсмической опасности на примере ряда районов Киргизии" – является цельной, завершенной, выполненной на высоком научном уровне научно-квалификационной работой, а ее автор умеет самостоятельно ставить и решать крупные научные задачи. Работа выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, а ее результаты представляются практически значимыми для уточнения максимальных сейсмических воздействий в исследуемом районе и оценки сайт-эффекта для уточнения влияния грунтов при оценке сейсмической опасности. Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание работы. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор – Орунбаев Сагынбек Жолчуевича – заслуживает присуждения ему учетной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Доктор технических наук,

начальник отдела устойчивости к внешним воздействиям

Федерального бюджетного учреждения «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

27 ноября 2018 г.

Подпись Бугаева Е. Г. заверяю



В. А. Гремячкин,
ученый секретарь
ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Е.Г. Бугаев

Контактная информация:

Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Адрес: Россия, 107140, Москва, Малая Красносельская ул., д. 2/8, корп. 5

Телефон: 8(499) 264-06-48

Эл. почта: bugaev@secnrs.ru

«Я, Бугаев Евгений Геннадьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, а также их дальнейшую обработку».

Е.Г. Бугаев