

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Морозова Алексея Николаевича

«Сейсмичность западного сектора Российской Арктики и прилегающих территорий за инструментальный период наблюдений»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.9. «Геофизика»

Актуальность, цель и задачи исследования. Диссертационная работа Морозова А.Н. «Сейсмичность западного сектора Российской Арктики и прилегающих территорий за инструментальный период наблюдений» посвящена решению научной проблемы, имеющей важное хозяйственное и экономическое значение для страны, и связанная с получением новых и уточнённых сведений о сейсмическом режиме арктических территорий Российской Федерации. Целью диссертационной работы является разработка совокупности решений, направленных на повышение достоверности определения основных параметров землетрясений (гипоцентр, магнитуда) в западном секторе Российской Арктики и проведение на их основе исследований по созданию уточнённых и унифицированных каталогов землетрясений за весь инструментальный период наблюдений, в том числе для территорий, ранее недоступных для детальных сейсмических наблюдений.

Особенности развития инструментальных наблюдений напрямую влияли на сейсмологическую изученность арктических территорий. В Евразийской Арктике объектом исследования становились сейсмоактивные районы, такие как срединно-океанические хребты, архипелаг Шпицберген, шельф моря Лаптевых и отчасти полуостров Таймыр. Напротив, центральная и восточная части Баренцево-Карского региона, которые включают в себя западный сектор Российской Арктики, всегда имели слабую инструментальную представительность и, соответственно, слабую сейсмическую изученность. При этом вычисление параметров очагов арктических землетрясений в течение инструментального периода проходило с использованием данных не всех функционировавших в Арктике сейсмических станций, с применением устаревших в настоящее время скоростных моделей и алгоритмов локации. В итоге распределение эпицентров землетрясений, особенно на шельфовых территориях, не всегда соответствует действительности. Данный фактор может иметь

последствия для последующих исследований, связанных с оценкой сейсмической опасности территории, с построением геодинамических моделей и исследованием напряженно-деформированного состояния земной коры.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования Морозова А.Н. не вызывает сомнений. Поставленные автором научные задачи обеспечили достижение заявленной цели.

Научная новизна и практическая значимость работы состоит в следующем:

– Создан сводный электронный архив, содержащий бюллетени сейсмических станций, функционировавших в первой половине XX в., сведения об их аппаратуре, а также сводные бюллетени и каталоги землетрясений начала XX в. Архив позволяет проводить исследования по уточнению основных параметров очагов ранее зарегистрированных землетрясений на основе наиболее полных наборов инструментальных данных.

– Создан метод вероятностной локации ранне-инструментальных землетрясений на основе совместного анализа их макросейсмических и инструментальных данных. Данный метод позволяет проводить локацию землетрясений при небольшом количестве макросейсмических сведений и данных лишь одной или двух сейсмических станций для территорий, которые характеризуются умеренной сейсмичностью, но долгое время не обладали плотной сетью сейсмических станций из-за малонаселённости и труднодоступности.

– Вычислены и апробированы новые региональные скоростные модели; создана комбинированная модель, состоящая из 11 региональных моделей; уточнена шкала магнитуды *ML*. Всё это позволяет повысить достоверность локации и магнитудных оценок землетрясений в западном секторе Российской Арктики и на прилегающих территориях.

– Выявлены соотношения между магнитудами разных типов, вычисленные в отечественных и зарубежных региональных сейсмологических центрах, что даёт возможность унифицировать магнитуды при создании сводных каталогов землетрясений, для оценки сейсмической опасности арктических территорий.

– Выявлены «забытые» сильные землетрясения Арктики, зарегистрированные в первые десятилетия XX в. и не упоминающиеся в современных каталогах, что может

оказать влияние на итоговую оценку сейсмической опасности некоторых арктических территорий.

– Создан наиболее полный уточнённый каталог землетрясений Арктики за период с 1904 по 1920 г., с параметрами очагов для большей части рассмотренных землетрясений, существенно отличными от первоначальных, указанных в различных источниках.

– Создан новый уточнённый, унифицированный каталог землетрясений для западного сектора Российской Арктики за период с 1908 по 2020 г., который позволит уточнить пространственное распределение землетрясений в регионе и предложить рекомендации по корректировке границ, значений максимально возможных магнитуд и глубин доменов в ЛДФ-моделях карт общего сейсмического районирования ОСР-97 и ОСР-2016 для данного региона.

– Выявлены зоны повышенной сейсмичности в Баренцево-Карском регионе в районах, ранее недоступных для детального сейсмического мониторинга и, соответственно, не представленные в ЛДФ-моделях карт ОСР-97 и ОСР-2016.

– Впервые по данным многолетних стационарных сейсмических наблюдений выявлены пространственно-временные особенности проявления слабой сейсмичности и роевых последовательностей срединно-океанического хребта Гаккеля – одной из главных сейсмоактивных зон в Арктике. Полученные результаты позволили уточнить наши представления о проявлении вулканотектонических процессов, протекающих в пределах хребта.

– Создан единый уточненный каталог современных землетрясений приарктических территорий севера Восточно-Европейской платформы, с использованием апробированной региональной модели современного алгоритма локации и на основе бюллетеней частично исходных данных всех региональных сейсмических сетей, функционирующих на севере платформы.

– Уточнение параметров очагов землетрясений, зарегистрированных за инструментальный период на севере Русской плиты, позволило исключить землетрясения, не относящиеся к данному региону и, наоборот, включить ранее не фигурировавшие в сейсмических каталогах по Европейскому Северу.

Таким образом, теоретическая и практическая значимость работы определяется получением новых знаний, имеющих отношение к фундаментальным областям

сейсмологии, и возможностью их применения при оценке сейсмической опасности арктических территорий и для обеспечения безопасной эксплуатации промышленных систем и объектов при освоении крупных месторождений в западном секторе Российской Арктики.

Достоверность полученных результатов и их апробация. Достоверность полученных результатов обеспечена статистически представительным фактическим сейсмологическим материалом, унифицированным подходом к интерпретации полученных данных и комплексированием методов исследований. Основные результаты и положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на различных международных и всероссийских конференциях, опубликованы в 28 статьях рецензируемых рейтинговых российских и зарубежных журналах, входящих в список ВАК РФ и индексируемых в Web of Science, Scopus и RSCI, в том числе в журналах Bulletin of the Seismological Society of America, Seismological Research Letters, Journal of Seismology, Russian Journal of Earth Sciences и Физика Земли.

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 380 наименований и 3 приложений. Работа изложена на 286 страницах машинописного текста и содержит 71 рисунок и 35 таблиц.

В **главе 1** приведён анализ развития инструментальных наблюдений и истории изучения сейсмичности Арктики. Автор уделяет внимание техническим ограничениям, с которыми сталкивались исследователи при изучении сейсмичности арктических территорий в течение всего инструментального периода. В главе обосновывается актуальность и необходимость исследований по обобщению и уточнению основных параметров арктических землетрясений, зарегистрированных за весь период инструментальных наблюдений.

В **главе 2** приведены результаты разработки совокупности решений, направленной на повышение достоверности определения основных параметров землетрясений первой половины XX в. и современных землетрясений западного сектора Российской Арктики, включающая в себя: новые и апробированные региональные одномерные скоростные модели; комбинированную скоростную модель для Евразийской Арктики, состоящую из 11 региональных моделей;

глобальную скоростную модель *ak135*; уточненную шкалу локальной магнитуды *ML* и корреляционные связи между магнитудами разных типов; новый метод вероятностной локации ранне-инструментальных землетрясений, реализованный в программе ProLom (Probabilistic Locator by Macroseismics); современный алгоритм локации, реализованный в программе NAS (New Association System); сводный электронный архив бюллетеней сейсмических станций первой половины XX в. и интеграция цифровых данных отечественных и зарубежных сейсмических станций, функционирующих в XXI в. Полученные в главе результаты доказывают первое и второе защищаемые положения.

В главе 3 обобщены все обнаруженные автором данные о землетрясениях, зарегистрированных в Арктике за период с 1904 по 1920 г., и проведено уточнение основных их параметров с использованием совокупности решений, описанной в главе 2. Создан уточнённый и унифицированный каталог землетрясений Арктики за период с 1904 по 1920 г., включающий «забытые» сильные землетрясения, не упоминающиеся в современных каталогах, и содержащий параметры эпицентров для большей части землетрясений, существенно отличающиеся от первоначальных, приведенных в различных источниках. Полученные в главе результаты являются частью доказательства третьего защищаемого положения.

В главе 4 описаны результаты исследований по уточнению основных параметров землетрясений, зарегистрированных в Баренцево-Карском регионе в течение всего инструментального периода, и созданию нового уточнённого и унифицированного каталога землетрясений западного сектора Российской Арктики за период с 1908 по 2020 г. Созданный каталог отражает зоны повышенной сейсмичности в районе желобов Франц-Виктория и Св. Анны, о. Белый, архипелагов Новая Земля и Северная Земля и позволил сформулировать рекомендации по изменению границ, значений максимально возможных магнитуд и глубин доменов ЛДФ-моделей карт ОСР-97 и ОСР-2016 для данного региона. Полученные в главе результаты являются частью доказательства третьего защищаемого положения.

В главе 5, на основе данных многолетних стационарных наблюдений Архангельской сейсмической сети (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН) и с применением предложенной в главе 2 совокупности решений, выявлены пространственно-временные закономерности проявления современной слабой сейсмичности и роевых

последовательностей в пределах хребта. Данные закономерности характеризуют особенности проявления вулканотектонических процессов в пределах хребта Гаккеля с ультрамедленным спредингом. Описанные в главе результаты могут служить основой для дальнейшего изучения пространственно-временных вариаций сейсмичности и более правильного понимания связи ее с геологическим строением региона, и развивающимися в его пределах геодинамическими процессами. Полученные в главе результаты являются доказательством четвертого защищаемого положения.

В главе 6 представлены результаты создания единого уточненного каталога современных землетрясений приарктических территорий севера Восточно-Европейской платформы, за период с 2004 по 2018 г., на основе объединения каталогов, бюллетеней и частично исходных данных всех региональных сейсмических сетей, функционирующих на севере платформы. Исследование было проведено на основании научных результатов, представленных в главе 2.

В заключении приводятся основные выводы по результатам диссертационной работы и рассматриваются перспективы по их возможному применению.

Список литературы обширен, включает в себя 380 источников, в том числе 233 на иностранном языке.

В приложениях приведены сводные бюллетени и каталоги землетрясений, полученные при выполнении диссертационного исследования.

Таким образом, диссертация является законченным научно-исследовательским трудом и представляет собой целостную, единую работу, посвященную сейсмичности западного сектора Российской Арктики. Диссертационное исследование выполнено автором самостоятельно, на высоком научном уровне. В заключение каждой главы сделаны четкие и обоснованные выводы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Замечания. К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. В главе 1, возможно, стоило более подробнее описать значение создания Единой системы сейсмических наблюдений в СССР для мониторинга Арктического региона.
2. В главе 4, посвященной созданию нового уточнённого и унифицированного каталога землетрясений западного сектора Российской Арктики за период с

1908 по 2020 г., не достаточно аргументировано, т.е. чем именно обусловлен выбор такой границы района исследования.

3. В главе 5 представлены результаты многолетних стационарных сейсмических наблюдений за современной сейсмичностью хребта Гаккеля и роевыми последовательностями. Отмечено, что исследование было проведено с использованием совокупности решений, описанной в главе 2. Однако не совсем понятно, какие именно положения разработанной совокупности применялись.
4. В тексте диссертации имеется некоторое количество ошибок и опечаток. Встречаются рисунки, в главе 1 и 3, с англоязычными надписями. Не для всех рисунков приведены условные обозначения; не все сокращения расшифрованы.

Отмеченные замечания не умаляют достоинств диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Морозова А.Н. посвящена решению фундаментальной задачи сейсмологии – получению достоверных сведений о параметрах произошедших землетрясений. Для этого автором предложена совокупность решений, направленная на повышение достоверности определения основных параметров землетрясений первой половины XX в. и современных землетрясений западного сектора Российской Арктики. На основе данной совокупности были созданы: уточнённый каталог землетрясений Арктики за период с 1904 по 1920 г. и новый уточнённый, унифицированный каталог землетрясений западного сектора Российской Арктики за период с 1908 по 2020 г. Также были выявлены пространственно-временные закономерности проявления современной слабой сейсмичности и роевых последовательностей землетрясений в пределах срединно-океанического хребта Гаккеля.

Диссертация, представленная на соискание учёной степени доктора технических наук, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное и экономическое значение для страны, связанная с получением

новых и уточнённых сведений о сейсмическом режиме арктических территорий Российской Федерации.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени доктора наук, а её автор, Морозов Алексей Николаевич, несомненно заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.6.9. «Геофизика».

Я, Гриб Николай Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор кафедры «Горное дело»
Технического института (филиала)
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова» в г. Нерюнгри

Николай Николаевич Гриб

678960, РС(Я), г. Нерюнгри, ул. Кравченко, д. 16;
grib-n-n@yandex.ru;
тел. +7(41-147) 4-49-38

25 апреля 2024 г.

