



«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор Института геологии  
КарНЦ РАН  
доктор геолого-  
минералогических наук  
*В.В. Щипцов* В.В. Щипцов  
«9» марта 2016 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук на диссертационную работу Конечной Яны Викторовны «Особенности природной сейсмичности западного сектора арктической зоны РФ по данным станций Баренц-региона» по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» на соискание ученой степени кандидата технических наук

### Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.

Диссертационная работа Конечной Я.В. посвящена кругу проблем, связанных с исследованием сейсмичности арктических территорий и, в первую очередь, получению и обработке данных. *Тема работы, без сомнений, представляется актуальной, т.к. нацелена на повышение детальности знаний о сейсмичности Арктики.* Этот регион в настоящее время является одним из наименее изученных, при этом наиболее перспективным для промышленного освоения и прежде всего, это нефтегазоносные провинции Баренцевоморского шельфа и примыкающих к нему приарктических районов Субарктики. *Актуальность темы также обусловлена развитием региональных сейсмических сетей на субарктических территориях и необходимостью решения ряда специфических задач, связанных со сложностью пространственного размещения станций, в первую очередь на арктических островах.* Учитывая, с одной стороны, ограничения в расположении пунктов и, с другой стороны, возможности современных технологий регистрации и передачи данных, рассматриваются вопросы повышения разрешающей способности сети (в частности, Архангельской сейсмической сети АСС), совершенствование методов обработки сейсмических данных, оценки магнитудной чувствительности, которая определяет возможность регистрации слабой сейсмичности.

*Приведенные автором исследования были тесно увязаны с планами научно-исследовательских работ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экологических проблем Севера УрО РАН, а также частично поддержаны рядом грантов.* Основные результаты получены лично автором или при ее непосредственном участии – от сбора и обработки записей землетрясений Арктического региона, составления каталога сейсмических событий до синтеза большого количества

разнородной геолого-геофизической информации. Этот синтез геофизических, геотектонических и сейсмологических данных составляет научную новизну работы.

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения. Библиографический список включает 153 наименования. Объем работы - 217 страниц, включая 84 рисунка, 23 таблицы и 3 приложения.

**Во введении** обосновывается актуальность работы, *формулируются цель, задачи исследования и защищаемые положения. На защиту выносятся три положения. Все они в достаточной степени аргументированы и обоснованы в тексте работы. В соответствии с целями и задачами работы, а также для логичного обоснования защищаемых положений проведено разбиение излагаемого материала на главы.*

**Первая глава** включает обзор характеристик сейсмических сетей, расположенных на арктических и субарктических территориях. *Учитывая, что работа представляется на соискание ученой степени кандидата технических наук, детально описана оснащённость сетей и их возможности, исходя из решаемых задач.* Принимая во внимание, что эффективность сети отражается в выпускаемых каталогах, проведен обзор современных сейсмических каталогов, который указывает на недостаток данных о слабой сейсмичности российской части Арктики. Стоит отметить, что при анализе каталогов автором скрупулезно проделана большая работа - удалось изучить не только доступные отечественные источники, но и проработать обширный материал иностранных источников. Помимо анализа оснащения и каталогов, в первой главе приводится обзор результатов наблюдений сетями - сведений о сейсмичности. Диссертантом, в основном, рассмотрены работы отечественных исследователей, т.к. именно они описывают сейсмичность Баренцева моря и его окружения.

*В целом, обзоры первой главы еще раз подчеркивают актуальность работы и позволяют автору сформулировать основные задачи диссертации.*

**Вторая глава** посвящена Архангельской сейсмической сети (АСС) как основного «инструмента» диссертанта, где возможно производить изменения в оборудовании, размещении станций, обработке данных. Приведена информация о современной пространственной конфигурации и аппаратурно-методическом оснащении станции АСС. Детально описан процесс производства наблюдений, начиная от способа передачи данных до момента формирования сейсмического каталога. Также обсуждается широкий круг вопросов и средств, применяемых при обработке сейсмических данных: пакеты программ, используемые годографы, способы определения локальной магнитуды. В качестве основного программного комплекса используется разработка ГС РАН Windows Seismic Grafer (WSG). При этом применяется ряд вспомогательных программ, в том числе

разработанных в АСС. Известно, что качество локации событий определяется годографом. За основу принят годограф Varents, дополняемый в ряде случаев NORP (таблицы годографов приведены в приложении диссертации). Обсуждение применимости того или иного годографа рассмотрено в главе 3. В описании также раскрыта применяемая формула для расчета локальной магнитуды. *Столь подробное описание инструментов исследования отвечает соискательству автора на кандидата технических наук.*

Значительная часть второй главы посвящена анализу чувствительности АСС. Для оценки чувствительности применены методы, апробированные ранее для АСС на телесеismicких событиях (Морозов, 2008): построение кумулятивного графика повторяемости, карты минимальных магнитуд, а также сравнительный анализ каталогов АСС, NORSAR и ГС РАН. Комплекс этих методов позволяет судить о пороге регистрации seismicких событий без пропусков (график повторяемости), уровне минимальных значений магнитуд, а также о пространственном распределении эпицентров, выявить зоны регистрации и «тени». *Примененный метод показал, что для АСС география наблюдений в Арктике существенно расширилась, особенно восточнее 30° в.д. Это очень важный результат полученный автором, т.к. ранее этот район был «белым пятном» на карте Арктики. Этот факт также отражен в защищаемом положении.*

Проведенное исследование чувствительности АСС убедительно показало, что магнитудный порог для наблюдений seismicности Арктики снизился с 3.5 до 2.7. Землетрясения с магнитудой 3.5 это такие события, которые должны присутствовать не только в региональных, но уже и в телесеismicких каталогах (таких как Служба срочных донесений ГС РАН). Значение магнитуды 2.7 обеспечивает уверенную регистрацию событий (в том числе техногенного характера) на расстояниях 500-600 км от станции. В случае АСС это стало возможным после расширения сети в Арктике и применении концепции виртуальной сети. Как видно из последующего изложения, снижение магнитудного порога позволило выявить слабую seismicность арктического шельфа и тем самым дать основу для теоретических расчетов значений  $M_{min}$ .

*Материалы второй главы обосновывают первое защищаемое положение.*

**Третья глава** посвящена предлагаемым автором методам обработки seismicких данных и приемам для увеличения точности и достоверности результатов наблюдений. *По сути, в третьей главе речь идет о разрешающей способности АСС. Автором четко описана эта проблема и пути развития АСС для мониторинга Арктики.* Далее диссертант пошагово решает ряд задач, приводящих к повышению точности локации событий. Они состоят в:

- выборе подходящего регионального годографа для исследуемого региона;
- анализе данных о вновь установленных сейсмических станций;
- подборе оптимального перечня «внешних» для АСС станций.

Автор удачно использует понятие «виртуальной сети» для составляемого набора станций. Обсудим более подробно эти шаги.

При выборе оптимального годографа автором привлекались две известные региональные скоростные модели Varents (разработка Кольского филиала ГС РАН) и NORP (лаборатория сейсмологии ИЭПС УрО РАН), а также глобальная модель IASPEI 91. На ряде экспериментальных примеров убедительно показано, что наиболее эффективным является годограф Varents. *Похвально, что автор использует все возможности АСС, в том числе по записям карьерных взрывов получен локальный годограф.*

Далее проведен анализ данных заполярных сейсмических станций «Земля Франца-Иосифа», «Амдерма» и «Нарьян-Мар», необходимость установки которых обоснована автором. Для каждой станции определены ее возможности, район регистрации и тип сейсмических событий (техногенной или естественной природы). Подобраны фильтры, необходимые для качественного выделения региональных и локальных событий.

К вопросу о возможностях развития сети наблюдений в Арктике. Для этого региона (в основном, на арктических островах, где особенно сложные условия установки новых станций), идея организации виртуальной сети представляется разумным подходом. *Использование в качестве основы интерпретации не столько времен прихода фаз, а непосредственно исходных записей других сетей позволяет «вглядеться» в запись нескольких станций и увидеть там слабые события, выявляемые отчетливо только на одной станции. Это улучшает точность локации землетрясений, а также снижает вероятность пропуска слабых землетрясений.*

Надо отметить, что идея виртуальной сети давно «витает в воздухе», в первую очередь, для тех регионов, где недостаточно плотные сети или отдельные станции относятся к разным центрам. В перспективе представляется возможным создание такой виртуальной сети из станций АСС, Кольского филиала ГС РАН, ИГ КарНЦ РАН, Калининграда, Пулково для мониторинга сейсмичности Северо-Запада Русской платформы.

Обоснованность, принятых диссертантом, методических подходов подкреплена расчетом ошибок метода - как абсолютных их значений (рассчитаны эллипсы ошибок), так и относительных (вычислены отклонения относительно «эталонных» эпицентров). *Подробность изложения материала позволяет заключить, что данная методика, предложенная Конечная Я.В., достаточно хорошо проработана.*

*Материалы третьей главы полностью обосновывают второе защищаемое положение.*

В четвертой главе диссертант приводит анализ сейсмичности по данным полученного каталога и рассматривает примеры записей отдельных землетрясений Архангельской области, Урала и Новой Земли, ключевых для понимания сейсмичности региона. Анализ проводится, в том числе, как иллюстрация апробации предложенных методов обработки данных. Рассмотрение каждого землетрясения сопровождается максимально возможной информацией: данными других сейсмологических центров, в т.ч. зарубежных и исторической справкой о сейсмичности района. *И заметим, что проведенные рассмотрения имеют самостоятельную научную ценность.* Подобные сравнения позволяют судить о достоверности полученных диссертантом результатов. Также в некоторых случаях (землетрясение в Архангельской области и на Полярном Урале) приводится сопоставление с геологическими данными. Для землетрясения 28.03.2013 г. вычислен механизм очага.

*Во второй части четвертой главы автор впервые вводит в научный оборот и анализирует слабую сейсмичность склона континентального шельфа на севере Баренцева и Карского морей.* Отмечается, что в северной части морей эпицентры зарегистрированных землетрясений соотносятся с отрицательными морфоструктурами континентального склона (грабенам). В районе грабенов эпицентры также расположены неравномерно. Большинство из них наблюдаются в устьевых частях грабенов. **Выдвинуто предположение, что слабая сейсмичность в северной части Баренцева моря связана с явлением изостатической компенсации лавинного осадконакопления в зоне перехода "континент-океан".** Эта мысль четко отражена в выводах четвертой главы и определяет третье защищаемое положение.

*Научная новизна работы заключается, в первую очередь, в формировании представлений о слабой сейсмичности акваторий северных морей. Во-вторых, получен сейсмический каталог для территории российской Арктики за период 2011-2014 гг., позволяющий уточнить картину распределения эпицентров сейсмических событий. В-третьих, выдвинута концепция организации виртуальной сети в Арктическом регионе, повышающая точность определения параметров эпицентров. И наконец, автором работы получен локальный годограф для территории Архангельской сети.*

**Наряду с несомненными достоинствами диссертационной работы, необходимо указать на некоторые недостатки:**

- *В первой главе при обзоре современных сетей диссертанту следовало бы рассмотреть проблему создания и использования виртуальной сети (или*

аналогичных подходов) в других регионах. Желательно привести примеры ее организации другими службами.

- В качестве замечания к третьей главе – автору стоило бы расширить список изучаемых региональных годографов, может быть, привлечь иностранные источники (например, сейсмологическую службу NOR SAR, лидирующую в данном регионе).
- Автором не показана возможность использования сейсмической группы в составе виртуальной сети, что является тенденцией в развитии сейсмических наблюдений.
- Расширение Архангельской сети не сказалось на увеличении чувствительности на приарктических территориях. Например, на Русской платформе.

Несмотря на высказанные замечания, работу следует признать законченной и выполненной на достаточно высоком научном уровне, диссертация написана хорошим научным языком. Личный вклад автора четко охарактеризован на всех этапах исследований, обеспечивающих решение важных прикладных задач регионального сейсмического мониторинга. Представленные результаты достоверны, выводы обоснованы.

Диссертация построена на большом фактическом материале, содержит четкие пояснения, рисунки, графики, примеры. Она написана квалифицированно, аккуратно оформлена. По каждой главе имеются выводы. Существенно, что практические результаты, полученные автором, признаны мировым сейсмологическим сообществом.

Основные этапы исследований, выводы и результаты представлены в автореферате, содержание которого в полной мере отражает материалы диссертации.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842) для ученой степени кандидата наук, а ее автор Конечная Яна Викторовна достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Заведующий лабораторией геофизики,  
доктор геолого-минералогических наук,  
Заслуженный деятель науки РФ,  
Адрес: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11  
Тел.:  
E-mail: [sharov@krc.karelia.ru](mailto:sharov@krc.karelia.ru)



Николай Владимирович Шаров

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ  
СТАРШИИ ДОКУМЕНТОВЕД  
Н.С. ПРОГАСОВА  
«09» 03 2016 г.

«Я, Шаров Николай Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку»

Отзыв рассмотрен и обсужден на расширенном заседании лаборатории геофизики одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которой является «Неотектоника, сейсмичность и геоэкология Северо-Запада России» 9 марта 2016 г., протокол № 1 и одобрен в качестве официально отзыва ведущей организации.

Заведующий лаборатории Геофизики,  
доктор геолого-минералогических наук

Николай Владимирович Шаров

Подпись сотрудника Н.В. Шарова заверяю:

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

СТАРШИЙ ДОКУМЕНТОВЕД

Н.С. ПРОТАСОВА *Протасова*

- 09 - 03 2016 г.

