

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИГ КарНЦ РАН, доктор  
геолого-минералогических наук

С.А. Светов

«18» сентября 2018 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации Института геологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» на диссертационную работу Антоновской Галины Николаевны «Сейсмический мониторинг состояния антропогенных объектов и территорий их размещения, включая Крайний Север», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы включает 493 публикации, объем работы 317 страниц.

**Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.** Термин «сейсмический мониторинг» уже надежно вошел в современную жизнь, является неотъемлемой частью обеспечения безопасности людей, проживающих в регионах с выраженной сейсмической активностью, а также систем контроля состояния ответственных сооружений. В связи с развитием промышленности, в том числе на малонаселенных территориях, усложнению технической сферы, накоплением сведений о сейсмичности платформ сейсмический мониторинг распространился и на районы, не являющиеся в сейсмологическом плане активными. Повышение требований к экологической безопасности сопровождается бурным развитием приборной базы и информационно-коммутационных сервисов.

Стоит отметить, что при несомненном научно-техническом прогрессе в области сейсмического мониторинга практически нетронутыми остаются методы обработки регистрируемых сигналов. Это особенно существенно для регионов, где сильные землетрясения происходят крайне редко, но при этом отмечаются нарушения в состоянии конструкций из-за их связанности с геологической средой.

Основное направление – разрабатывать новые методы анализа волнового поля, расширять представления о работе сооружений при колебаниях разной природы, дополнять знания о геодинамике платформенных территорий с подключением слабой сейсмичности, и максимально использовать аппаратные возможности.

Рецензируемая диссертационная работа как раз и нацелена на решение этих проблем, обобщения и систематизации ошибок и достижений в различных сферах сейсмического мониторинга.

**Целью исследований** является разработка методических основ и практических рекомендаций по оценке состояния антропогенных объектов и территорий их размещения на основе сейсмических наблюдений.

### **Степень обоснованности результатов исследований**

В работе автор использовал достаточно широкий круг теоретических представлений и большой объем эмпирических данных. Основные положения, рекомендации и выводы, содержащиеся в диссертации, представляются научно обоснованными и достоверными, что подтверждается повторяемостью результатов исследований, глубоким

анализом представительного массива информации с использованием различных методов: математической статистики, в том числе спектрального анализа сигналов, аналитического и сравнительного методов, построение математических моделей.

**Достоверность и научная новизна исследований, полученных результатов и выводов.** Заслуживает особого внимания принятый диссертантом подход, что сейсмический мониторинг разных объектов может составлять единое целое, но при этом сохраняется принятое на практике разделение целого на три класса: сейсмологический мониторинг территорий, инженерно-сейсмометрический мониторинг и вибрационный мониторинг работы промышленных установок. Для каждого из них проведено детальное рассмотрение и показана возможность объединения их в единое целое. Такой подход обладает несомненной новизной и оригинальностью, т.к. в зарубежной практике вопрос объединения систем даже не поднимался, а в России данная проблема отнесена на далекую перспективу. В связи с этим, а также, учитывая укрупнение и усложнение промышленных комплексов, диссертационная работа Г.Н. Антоновской является востребованной и актуальной.

**Практическая значимость данной работы заключается в следующем:**

1. Архангельская сейсмическая сеть получила международный сейсмологический код АН, и зарегистрирована в качестве уникальной научной установки.

2. Системы сейсмического мониторинга успешно функционируют на ряде ответственных объектов. Система мониторинга Чиркейской ГЭС принята в промышленную эксплуатацию в 2015 г. Разработанные методические приемы были применены на международном уровне при обследовании плотины Song Tranh-2, Вьетнам, где была выявлена причина нарушений целостности плотины.

3. Показаны перспективы обеспечения дистанционного контроля безопасности гидротехнических сооружений путем комплексирования систем вибрационного контроля гидротурбины и сейсмомониторинга плотины с использованием сейсмического оборудования нового поколения.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты могут быть использованы как основа для выбора средств и методов сейсмического мониторинга сооружений и территорий их размещения, дают важную информацию для разработки карты сейсмического районирования арктических морских акваторий.

Внедрение результатов диссертационной работы позволит сократить количество опасных ситуаций, возникающих на ответственных объектах, в том числе расположенных на территориях Крайнего Севера, а также района транспортного коридора Северного морского пути.

**Краткая характеристика диссертационного исследования**

Во **введении** автор кратко излагает актуальность работы, формулирует цели и задачи, защищаемые положения, научную и практическую значимость работы.

**Глава 1.** Обсуждаются проблемы сейсмического мониторинга при обеспечении сейсmobезопасности объектов. Рассматривается современное состояние и задачи систем сейсмического мониторинга, приводится их классификация, формулируются общие требования к системе сейсмического мониторинга и даже выдвигаются требования к квалификации специалистов.

**Глава 2.** Обсуждается аппаратно-методическое оснащение системы сейсмического мониторинга.

Приводится обзор и характеристики анализируемых параметров сигналов и сейсмической аппаратурой. Материал удобно представлен в табличном виде,

позволяющий специалистам существенно сэкономить время поиска информации в многочисленных литературных источниках.

Отметим, что на протяжении многих лет диссертант уделяет много внимания развитию сети сейсмических наблюдений на Севере, продолжая дело, начатое по инициативе чл.-корр. РАН Феликса Николаевича Юдахина. В результате в российской Арктике вновь открываются сейсмические станции. Это архипелаг Земля Франца-Иосифа, пос. Амдерма в Ненецком автономном округе, архипелаг Северная Земля. В работе собраны сведения о состоянии сетей сейсмических наблюдений на Крайнем Севере, делая упор на Архангельскую сейсмическую сеть, ее техническое оснащение. При этом Архангельская сейсмическая сеть существует как отдельная структура, не входящая в состав Единой геофизической службы РАН, но успешно с ней сотрудничающей. Существенно, что изначально система создавалась как «открытая» для интегрирования в нее данных соседних сетей и станций.

Тем не менее, преобладающая часть работы посвящена мониторингу сооружений и объединению различных систем сейсмического мониторинга в единое целое. Автор разрабатывает технико-методические приемы построения комплексной системы сейсмического мониторинга, при этом поднимается вопрос отсутствия необходимой приборной базы для осуществления поставленной цели. Результатом является создание сейсмического регистратора ADAS3, в разработке технического задания которого принимала участие Г.Н. Антоновская. Новые возможности комплексной системы мониторинга демонстрируются на примере гидротехнических сооружений (ГТС) и районов их размещения.

В главе Завтор кратко излагает возможности созданной Архангельской сети в области сейсмического мониторинга Европейской Арктики и Западного арктического сектора РФ в частности. Показан вклад сети в сейсмический мониторинг Арктики, создан обобщенный сейсмический каталог для исследуемой территории с подключением данных западных сетей и исторических сведений, оценена чувствительность Архангельской сейсмической сети. Представительная магнитуда для рассматриваемого региона составляет 3.5, что является хорошим показателем с учетом действующих сейсмических станций и их удаленности относительно друг друга.

Поднимается вопрос уточнения глубинного строения Западного арктического сектора РФ и показаны возможные пути решения данной задачи. Приводится оценка эллипсов ошибок эпицентров землетрясений для различных районов Европейской Арктики. Научные результаты, демонстрируемые в работе, дополняют имеющие дискретные сведения о сейсмической активности и геодинамике континентального шельфа и срединно-арктических хребтов, что является движением, хоть и медленным, к получению более полной картины.

Далее Галина Николаевна делает попытку обобщения накопленных данных сейсмического мониторинга не только для понимания геодинамики региона, но и как попытку разделения территории на зоны, существенные для планирования промышленного освоения. Тут удачно проведено обобщение разнородных геолого-геофизических данных: рельефа дна, геологических, сейсмологических, ГСЗ, геотермики, моделей геодинамических процессов. В результате демонстрируется карта-схема сеймотектонического структурирования Баренцевоморского региона и прилегающих областей, предлагается схема развития сетей сейсмических наблюдений с расчетами теоретических значений минимальных магнитуд. В итоге, для представленной конфигурации сети Западного арктического региона РФ может быть достигнута магнитуда 1.8, что теоретически будет способствовать пополнению имеющихся отрывочных данных о структуре земной коры и верхней мантии российской Арктики, а также позволит распространить карту сейсмического районирования на морские акватории.

В главе 4 рассматриваются возможности комплексной системы сейсмического мониторинга для гидротехнических сооружений как яркого примера сложной природно-технической системы. Следует отметить, что данный комплекс был установлен в Республике Дагестан на Чиркейской ГЭС и все выводы, представленные в работе, формулируются на основе анализа полученных экспериментальных данных.

В этом разделе диссертации автор предлагает ряд нетривиальных подходов для обследования состояния плотин и гидроагрегатов. Здесь как раз ярко демонстрируются возможности современной сейсмологической аппаратуры и применения матаппарата для анализа волнового поля. Полученные выводы критически анализируются с подключением знаний о работе сооружений и построением расчетных моделей.

Автор показывает разнообразные возможности использования сигналов различной природы, в том числе и слабых, для оценки состояния плотин и грунтов оснований. Для демонстрации приведен пример обследования плотины во Вьетнаме. Галина Николаевна прекрасно демонстрирует варианты анализа волнового поля с применением различных сейсмических методов. Здесь не только показано комплексирование полученных результатов, что способствует объяснению причин ухудшения состояния плотины, но и наблюдается вклад каждого метода в решение данной задачи, хотя автор не делает на этом упор и не проводит данной аналитики.

**Пятая глава** посвящена различным способам обследования сооружений. Здесь следует отметить, что большинство наработок в области инженерно-сейсмического мониторинга Галиной Николаевной было сделано при подготовке кандидатской диссертации. Данную главу следует рассматривать как ее продолжение. Складывается впечатление, что автор тестирует разработанные методики для расширения их возможностей, постоянно усложняя задачи. В результате был создан целый набор на наш взгляд простых способов, позволяющий оценить состояние объекта. Здесь опять следует отметить, что простота заключается в большом объеме знаний о принципах работы конструкции, полученных при постоянных консультациях с проектировщиками.

В **шестой главе**, автор, по-видимому, позволил себе помечтать, показывая перспективы развития систем сейсмического мониторинга на Крайнем Севере, что указывает на нацеленность автора развивать сейсмическое освоение этого региона. Существенно, что разработаны схемы, объединяющие не только системы мониторинга, но и ведомства. Надо отдать должное, что идеи поддержаны научно-исследовательскими проектами, что показывает их актуальность и, будем надеяться, на производственную востребованность.

В **заключение** диссертационной работы дан перечень ее результатов.

В **приложении** приведена таблица с параметрами воздействий природной и техногенной сейсмичности на сооружения платформенных территорий.

В целом следует отметить, что в диссертационной работе предложено новое аппаратно-методическое решение в области мониторинга антропогенных объектов и изложены новые способы анализа сейсмического поля в широком динамическом диапазоне. Тем самым, диссертационная работа является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема обеспечения сейсмобезопасности функционирования промышленных, жилых и историко-культурных сооружений, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение.

К защите автором выносятся пять положений. Все они в достаточной степени доказаны и обоснованы в тексте диссертации. Первое защищаемое положение доказано в главе 3. Второе защищаемое положение полностью доказано в главе 2. Материалы и выводы четвертой и пятой глав обосновывают третье, четвертое и пятое защищаемые положения.

Основные результаты научных работ, выполненные под руководством и личном участии Г.Н. Антоновской, опубликованы в 18 статьях в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, 3 патентах, 1 руководстве и 3 монографиях. Результаты, полученные на различных этапах исследований, были представлены Г.Н. Антоновской лично на международных и российских научных конференциях и симпозиумах.

В качестве замечаний укажем следующее:

1. Архангельская сеть не лишена изъянов, касающихся качества и количества установки пунктов сейсмических наблюдений, типов регистрирующей аппаратуры, и используемых методик по расчету ряда параметров сейсмичности. Естественно, что нет ничего без изъянов, но, на наш взгляд, в работе, претендующей на методику создания сети мониторинга, следует указать недостатки созданной сети и мероприятия по их исправлению.

2. В работе приводятся оценки эллипсов ошибок эпицентров землетрясений для различных районов Европейской Арктики. Результаты для некоторых из них, например, для хребта Гаккеля оставляют желать лучшего, хотелось бы услышать мнение диссертанта об аппаратурно-методических приемах улучшения локации.

3. Следует уточнить принципы и гипотезы, используемые при составлении карты-схемы сеймотектонического структурирования Баренцевоморского региона и прилегающих областей. Это особенно важно, т.к. полученный результат закладывает основы сейсморайонирования акваторий Арктики.

4. Термин «Дорожная карта» не совсем уместен, скорее это дань моде, следовало бы дать иное название разделу.

5. Представленные примеры разнообразных методов и подходов при обследовании объектов носят характер индивидуального подхода к каждому из объектов, нет общей систематизации и четкого плана необходимых действий.

Несмотря на высказанные замечания, все защищаемые положения можно считать доказанными, работу следует признать законченной и выполненной на высоком научном и техническом уровне, диссертация написана хорошим научным языком. Личный вклад автора охарактеризован на всех этапах исследований. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

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 доктора наук, а ее автор Галина Николаевна Антоновская заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Заведующий лабораторией геофизики

Института геологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»,

доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки РФ

Шаров Николай Владимирович

185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д.11,  
ИГ КарНЦ РАН

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

Отзыв и диссертация рассмотрены и обсуждены на заседании лаборатории геофизики ИГ КарНЦ РАН 03 сентября 2018 г., протокол № 3, направление научно-исследовательской деятельности которой «Геолого-геофизические модели и сейсмичность юго-восточной части Фенноскандинавского щита», что соответствует тематике представленной диссертации, и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Отзыв рассмотрен и утвержден в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета ИГ КарНЦ РАН (протокол № 8 от 18 сентября 2018 года).

Заведующий лабораторией геофизики  
КарНЦ РАН, доктор геолого-минералогических наук,  
заслуженный деятель науки РФ

Шаров Николай Владимирович

Подпись Шарова Николая Владимировича заверяю:

ведущий специалист по документам



Титова Л.В.

18.09.2018