

ОТЗЫВ

официального оппонента на работу Антоновской Галины Николаевны «Сейсмический мониторинг состояния антропогенных объектов и территорий их размещения, включая Крайний Север», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 - геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

г. Екатеринбург

30 августа 2018 г.

Актуальность темы исследований. Объект исследований. Тема исследований, представленных автором в диссертационной работе, в современном мире является весьма актуальной. Автор справедливо отмечает, что понятие сейсмический мониторинг сегодня требует широкого охвата проблемы – от исследований территорий размещения антропогенных объектов различного назначения до изучения состояния их конструкций и контроля работы сложных машин и механизмов. При этом элементами сейсмического мониторинга могут являться различные методы сейсмических исследований. В особенности тема актуальна сегодня для территорий Крайнего Севера в свете глобальных изменений происходящих в арктических регионах РФ и сопредельных стран. Развитие новых подходов автор обосновывает необходимостью крупных обобщений существующих представлений и методик с анализом и пересмотром нормативных требований к сейсмическому мониторингу антропогенных объектов и территорий их размещения. Отдельно отмечается, что важной основой создаваемых решений является современная приборная база, вычислительные и информационно-коммуникационные возможности и, главное, комплексный многодисциплинарный подход к мониторингу. К объекту исследований автор относит природные и техногенные сейсмические сигналы, создаваемые собственными и вынужденными колебаниями антропогенных объектов, верхнюю часть земной коры, разрывные нарушения, организацию сейсмических наблюдений, сейсмичность Западного арктического сектора РФ.

Цель, поставленная автором, заключается в разработке методических основ и практических рекомендаций для оценки состояния антропогенных объектов и территорий их размещения на основе сейсмических наблюдений.

Для достижения цели в работе автором решаются следующие **задачи**:

-Систематизируются сведения о сигналах, используемых при сейсмическом мониторинге, проводится анализ возможностей регистрирующей аппаратуры, формулируются требования к сейсмическим датчикам и способам передачи данных, проводится опробование наиболее эффективных решений.

-Расширяется география сейсмического мониторинга Западного арктического сектора РФ, повышается чувствительность сети станций по магнитуде до 3.5 для всего региона.

-Уточняется карта сейсмичности Западного арктического сектора РФ и выявляются зоны природно-техногенных опасностей.

-Разрабатывается методика оценки состояния уникальных сооружений при предполагаемых сейсмических воздействиях.

-Разрабатывается набор сейсмических методов оперативного обследования и мониторинга состояния конструкций, грунтов основания и площадок размещения антропогенных объектов различного назначения при высоком уровне промышленных шумов.

-Разрабатываются методические основы сейсмического мониторинга при возникновении недопустимой вибрации гидроагрегата ГЭС вследствие гидродинамических пульсаций.

Научная новизна представленной соискателем работы определена следующими положениями:

1.Мониторинг слабой сейсмичности Западного арктического сектора РФ по данным Архангельской сейсмической сети показывает наличие сейсмических событий в местах расположения особо ответственных объектов.

2.Обнаружена сейсмическая активность на склоне континентального арктического шельфа, что подтверждает деструктивные процессы на шельфе.

3.Получены новые знания о сейсмичности Западного арктического сектора РФ, что позволило провести сейсмотектоническое структурирование территории.

4.Впервые обобщен опыт инструментального мониторинга конструкций уникальных сооружений с использованием сейсмических методов.

5.Разработаны сейсмические способы обследования сооружений, в том числе при высоком уровне промышленных шумов.

6.Разработана методика сейсмической диагностики состояния сооружений с использованием сигналов, создаваемых мощным электрооборудованием.

7.Показана возможность контроля работы гидроагрегатов ГЭС путем регистрации сейсмических сигналов в удаленной от агрегатов точке.

Сформулированные цель, задачи, научная новизна, защищаемые положения, актуальность темы отражены автором во введении диссертационной работы. Здесь же проведен достаточно обширный литературный обзор темы исследований с использованием зарубежных и отечественных источников информации, нормативных документов. В первой главе рассмотрены проблемы сейсмического мониторинга при обеспечении сейсмобезопасности объектов. Отмечается, что в настоящее время в проблеме мониторинга ответственных объектов наблюдаются такие пробелы, как недостаточная проработка методик, моральное старение созданных ранее систем мониторинга, отсутствие нормативов по комплексному анализу данных. В связи с этим насущной стала разработка на основе сейсмических данных современных методик и практических рекомендаций по оценке состояния антропогенных объектов и территорий их размещения. Причем ряд нестандартных решений и методических вопросов по отмеченным элементам проблемы уже выполнены на отраслевом уровне и представлены в настоящей работе. Во второй главе рассматривается

необходимое аппаратурно-методическое оснащение системы сейсмического мониторинга. Отмечено, что прогресс в приборостроении и информационных технологиях позволяет сегодня использовать однотипную аппаратуру для одновременной регистрации сейсмических сигналов разной природы с возможностью их последующего полноценного анализа. Это же в свою очередь позволяет расширить сферу решаемых задач системами сейсмического мониторинга, в том числе осуществлять исследования территории размещения объектов и стыковку с результатами изучения состояния объекта и работы его оборудования. В третьей главе диссертационной работы рассматривается сейсмический мониторинг Западного арктического сектора РФ. Проведены архивные и литературные исследования истории и развития этого вопроса во времени, вплоть до современных тенденций. Подробно рассмотрены вопросы формирования и развития Архангельской сейсмологической сети, благодаря возникновению и расширению которой удалось расширить географию мониторинга Российской Арктики вплоть до 100° в. д. Этот факт позволил снизить представительную магнитуду регистрации сейсмических событий для данного региона до 2.7 – 3.5. Планируется дальнейшее расширение сети с тем, чтобы поднять чувствительность системы до 1.8. В четвертой главе работы автором рассмотрены вопросы применения сейсмического мониторинга для изучения состояния плотин ГЭС и гидроагрегатов. Перечислены факторы, оказывающие негативное влияние на состояние гидротехнических сооружений. Предложены варианты мониторинговых исследований для изучения этих факторов. Представлен обширный фактический материал, использование которого с применением разработанных автором методик позволяет:

- получить сведения об изменении деформационных свойств изучаемых материалов еще до визуальных проявлений деформаций;
- выявить аномальные участки в теле плотины;
- получить реальную модель работы конструкции, в том числе ее сочленения с геологической средой;
- предотвращать чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера на ранней стадии их возникновения.

Интересные исследования приведены автором в пятой главе – сейсмические способы обследования антропогенных объектов различного назначения. Представленные в главе сейсмические способы позволяют объединить в единый комплекс подходы прикладной геофизики и строительной науки, при этом получить важные практические результаты. Существенно, что сейсмические подходы не требуют применения крупногабаритной техники, просты в исполнении, позволяют получить информацию о состоянии и пригодности к эксплуатации изучаемого сооружения. В шестой главе диссертации рассматриваются перспективы развития систем сейсмического мониторинга на Крайнем Севере.

Материалы, изложенные автором в главах 1 – 6 диссертационной работы, в полной мере обосновывают вынесенные на защиту положения. По инициативе Антоновской Галины Николаевны и по результатам работ Архангельской сейсмологической сети в 2013 г. был присужден международный сейсмологический код **АН**. Результаты сетевых наблю-

дений ориентированы на текущий мониторинг сейсмической обстановки Европейского сектора Арктики, защиту национальных интересов РФ при освоении Арктики, прогноз возникновения катастрофических природных явлений. Ряд разработанных под руководством автора современных систем сейсмического мониторинга сегодня внедрены и успешно функционируют на различных промышленных и гражданских объектах, в том числе и за рубежом.

Таким образом, настоящая диссертационная работа **имеет важное народнохозяйственное значение**, а решаемые в ней задачи, носят не только прикладной характер, но позволяют формировать и развивать новые направления, методические приемы, алгоритмы в востребованной области сейсмических исследований: Сейсмический мониторинг антропогенных объектов и территорий их размещения, включая Крайний Север, что особенно актуально сегодня.

В диссертационную работу включены результаты исследований и разработок, выполненных при поддержке программы НИР, проектов РФФИ, программы Президиума РАН, программ УрО РАН, грантов Президента РФ и т. п. Результаты работы представлялись автором на различных международных и Российских конференциях и симпозиумах. Основные результаты исследований изложены в 19 статьях в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК, 3 патентах, 4 монографиях (в соавторстве)

По диссертационной работе имеются замечания и возникают следующие вопросы:

1.Глава 2, стр.44 (верхняя строчка): «...акустические (ультразвуковые)...». Акустика (сейсмоакустика) – действительно килогерцы и десятки килогерц. Но ультразвук – это, как правило, дефектоскопия, десятки и сотни килогерц – мегагерцы.

2.Глава 2, стр.44 (второй абзац): «...датчики, АЦП, усилители, фильтры...». Нарушена структурная последовательность прибора. Нужно: датчик – входной усилитель – антиалайзинг фильтр – АЦП (если сигма-дельта со сверхдискретизацией, то будет еще встроенный усилитель и цифровой фильтр с децимацией).

3.Продолжение таблицы 2.4, стр. 52 «Основные технические характеристики...», последняя строчка. Reg3MSD – это программный модуль комплекса Регистр – SD, измерительный модуль - это «Регистр» (Сенин Л.Н., Сенина Т.Е., Воскресенский М.Н. Аппаратно-программный комплекс «Регистр-SD» для изучения сейсмодинамических характеристик объектов, находящихся под воздействием упругих колебаний. ПТЭ, № 4, 2017.). Масса прибора не превышает 0,8 кг (столбец 7 таблицы), мгновенный динамический диапазон – не хуже 120 дБ (столбец 4, в этом столбце следовало бы указать, какой это диапазон: мгновенный или общий, с учетом коэффициентов усиления входного усилителя).

4.Глава 4, стр. 154 (четвертый абзац): «... ΔI_c определяется по формуле (РСН 60-86)...». Это неверно. Данный РСН определяет нормы производства работ, а приведенная формула 4.1 определяется техническими требованиями к производству работ. А это уже РСН 65-87. Здесь же - по формуле 4.1. В ней участвует не V_S , как приведено в тексте диссертации, а $V_{P,S}$ – скорость продольной ИЛИ поперечной волны.

5.Глава 4, стр. 155 (первый абзац): «...относительно исходной (фоновой) балльности, принимаемой...в соответствии с РСН 60-86...». Очевидно, описка. Исходная балльность принимается в соответствии с картой ОСР, а не с РСН.

6.Глава 4, рис. 4.30 и текст на стр. 194 (второй абзац) и на стр. 195 (первый абзац). Здесь не очень понятно объяснение распределения амплитуд техногенных сигналов, показанное на рис. 4.30. Различающиеся формы кривых для $f=3,13$ Гц объясняется доминированием волны одного типа (стр.194). Но на стр. 195 утверждается, что на этой частоте из источника «выходит» поперечная волна, которая затем складывается с поверхностной волной Релея. Но это же волны разной природы формирования и распространения – сферическая и плоская. Аналогично для частоты 6,25 Гц. На стр. 194 утверждается, что это смесь волн разной природы, а на стр. 195 – смесь продольной и поперечной волны. Но обе эти волны одной природы – сферические, объемные волны. Хотелось бы более понятного разъяснения утверждений о распределении амплитуд на рис. 4.30.

7.Глава 4, раздел 4.7.1, стр. 199 (первый абзац): «...аналоговых велосиметров...». Здесь и везде по тексту. Возникает естественный вопрос. А что, бывают цифровые велосиметры? Не со встроенными АЦП, а именно цифровые?

Здесь же: «...наблюдения сигнала в полосе частот 0,1 – 50 Гц...Частота дискретизации 100 Гц...». Полезный сигнал частотой 50 Гц будет регистрироваться частотой дискретизации 100 Гц с искажениями, поскольку критерий Найквиста никто не отменял.

8.Глава 5, стр. 245 – 246. О расчете «типичного» значения частоты вибраций при движении метропоездов ($f = 6,67$ Гц) на основании периода вращения колеса поезда. Для одного колеса, снабженного эксцентриком, наверное, что-то похожее получится, но для множества колес с разнонаправленными эксцентриками и стыками рельс – очень сомнительно. Наверное поэтому пик на частоте 6,67 Гц на спектрограмме (рис. 5.33) практически не просматривается. Хорошо видны пики 10 и более Гц. Непонятно, к какому нормативному документу эта частота привязана? Вообще, проектировщики (конструкторы) пользуются главным образом СП 23-105-2004, ГОСТ 12.1.012, САНПиН 2.2.4/2.1.8. 566-96. В первом определены наиболее характерные частоты в октавных полосах для поездов метрополитена со среднегеометрическими частотами 16, 31.5 и 63 Гц. Именно с этими частотами связаны все нормативные значения виброскоростей (максимальные и эквивалентные значения) для жилых, административно-управленческих зданий, палат больницы и т. п., на которые ориентируются проектировщики. Допустимые значения виброускорений приведены в табл. 10 САНПиН 2.2.4/2.1.8. 566-96. Для частот 16, 31.5 и 63 Гц по любой из осей X, Y, Z они составляют соответственно: 0.28, 0.56 и 1.1 м/с². Следовало бы осуществить полосовую фильтрацию акселерограммы (рис. 5.32) для характерных частот и после анализа полученных результатов делать выводы о допустимости или недопустимости полученных значений.

В заключение нельзя не отметить, что диссертация написана грамотным языком с точки зрения техники, с минимальным количеством огрехов правописания, изложение текста оставляет чрезвычайно благоприятное впечатление.

Несмотря на имеющиеся замечания, диссертационная работа Антоновской Галины Николаевны «Сейсмический мониторинг состояния антропогенных объектов и территорий их размещения, включая Крайний Север» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и содержит решение проблемы современного сейсмического мониторинга применительно к антропогенным объектам и территориям их размещения, включая Арктический регион. Работа имеет важное народнохозяйственное значение, а решаемые в ней задачи, носят не только прикладной характер, но позволяют формировать и развивать новые направления, методические приемы, алгоритмы в востребованной области сейсмических исследований.

Диссертация соответствует критериям, установленным в 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 Г. Н. Антоновская достойна присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент
заведующий лабораторией сейсмометрии,
ведущий научный сотрудник
Института геофизики им. Ю. П. Булашевича
Уральского отделения РАН
доктор технических наук

Лев Николаевич Сенин

«Я, Сенин Лев Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку»

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 100
Тел.: 8 (343) 267-95-67, E-mail: selenik@rambler.ru

30 августа 2018 г.

Подпись Л. Н. Сенина заверяю:

