

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Геофизического института - филиала
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального научного
центра "Владикавказский научный центр
Российской академии наук" (ГФИ ВНЦ РАН)



/ Кануков А.С.

«18» Мая 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Геофизического института - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра "Владикавказский научный центр Российской академии наук" (ГФИ ВНЦ РАН)

на диссертацию **Орловой Ирины Петровны**

«Разработка технологии сейсмического мониторинга состояния транспортных сооружений в условиях Крайнего Севера и Сибири», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Грунтовые условия и изменение их состояния в значительной мере определяют безопасность работы транспорта. Территории Крайнего Севера и Сибири представлены вечномерзлыми и сезонномерзлыми грунтами, деградация которых приводит к существенным изменениям их несущей способности для сооружений различного назначения и особенно для протяженных железнодорожных путей. К сложным грунтовым условиям для дорожных структур надо отнести также обводненные грунты, распространенные повсеместно. Инструментальное изучение свойств грунтов и их изменений при различных техногенных воздействиях ведется около ста лет, при этом проблема далеко не исчерпана.

Актуальность работы определяется требованиями к обеспечению безопасности на транспорте. Это связано, с одной стороны, с увеличением грузоперевозок и скоростей поездов, т.е. увеличением воздействий на грунты

основания пути, а с другой – с необходимостью перехода к непрерывным наблюдением (мониторингу) за состоянием грунтов для определения их изменения на ранней стадии развития негативных процессов.

Новизна работы состоит в ряде факторов. Прежде всего, в том, что, практически впервые предложена технология непрерывного сейсмического мониторинга состояния грунтов основания пути, т.к. ранее проводились периодические обследования. Также новым является и то, что на стадии получения сейсмических записей предлагается проводить обработку с выделением информативных параметров. Это существенно снижает объем данных и делает возможным их оперативной передачи, т.е. можно вести мониторинг из удаленной точки. Несомненно, новым является полноценное использование колебаний от движущегося поезда для просвечивания грунтов по меньшей мере по четырем независимым параметрам. Также впервые представлены материалы сверхнизкочастотного (периоды 100 с) воздействия поезда на грунты, причем эти данные активно используются в интерпретации материалов.

Практическая значимость определяется тем, что представлена очень чувствительная технология выявления изменений в грунтах, т.е. появляется возможность осуществить в грунтах укрепляющие мероприятия до начала развития опасных процессов. Важно также, что в диссертации рассмотрены практически все блоки технологии: аппаратура, способы обработки и интерпретации данных, а также возможности организации сети наблюдений.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, включает 124 страницы текста, 42 рисунка, 10 таблиц, список литературы насчитывает 112 наименований.

Во введении показана актуальность проблемы, сформулированы цели и задачи работы, научная новизна, практическая значимость результатов работы.

В главе 1 рассматриваются опасные геологические процессы и методы обследования грунтов оснований железнодорожных путей. Следует

отметить, что изложение начато с описания типов и строения железнодорожного полотна (стр. 14-16), что необходимо для понимания проблемы для неспециалистов-путейцев, тем не менее, тут возможно сокращение.

Обширные сведения о деформировании грунтов были достаточно успешно обобщены автором в виде таблицы основных видов остаточных деформаций земляного полотна, существенных для изучаемой проблемы. Такой же табличный подход следовало бы применить в разделе 1.3. «Основные методы инструментального обследования состояния пути», который может быть расширен. Тем не менее, постановка задачи диссертации проведена убедительно.

Глава 2 «Основные представления о взаимодействии подвижного состава и грунтов основания пути» представлена как отдельное рассмотрение из-за того, что здесь обсуждаются вопросы применимости различных моделей. Учитывая, что вопрос сложный и многоплановый, в разделе 2.1. «Обзор представлений и моделей» сведения удачно приведены в виде таблицы 3 «Методы, применяемые для расчета деформаций грунта», при этом основной упор сделан на собственные расчеты.

Представлено два вида моделирования – конечно-элементное и аналитическое. Для первого использованы разрезы малоглубинной сейсморазведки, проводившейся одновременно с регистрацией поездов. Проведено упрощение разрезов до получения основных слоев и рассмотрены варианты изменения параметров слоев при сезонном замерзании или обводнении. Расчеты показали общий вид полей напряженно-деформированного состояния (НДС) и позволили оценить, какие следует ожидать изменения амплитуд, тем самым оценить разрешающую способность технологии мониторинга.

В главе 2 содержится материал, относящийся к защищаемому положению 1 – рассмотрение аналитических моделей деформирования земляного полотна при воздействии на него движущегося поезда,

использующие решения задач Буссинеска и Эльзассера. Сравнение с экспериментом проводится в главах 3 и 4. Рассмотрение аналитических решений было необходимо по двум причинам. Во-первых, это задачи, описывающие динамику изменения НДС грунта в отличие от численного моделирования, где задается статическое воздействие. Во-вторых, аналитические решения в зависимости от набора параметров среды позволяют не рассчитывать колоссальное количество моделей при изменениях в грунтах при мониторинге, а из решения определить какие параметры влияют и насколько.

Глава 3 «Экспериментальные сейсмометрические исследования земляного полотна» посвящена аппаратно-методическим вопросам. На примере анализа записей установленных вблизи ж/д пути велосиметров и акселерометров обсуждается подбор типа датчиков. Существенно, что работа построена на записях одних из лучших современных сейсмометров, но автор приводит сводку с сопоставлением датчиков других типов, что важно для удешевления технологии.

В главе также рассматриваются вопросы подбора параметров записи, которые удовлетворяют требованиям: информативны для выявления процессов в грунтах, мало зависят от характеристик поезда, прежде всего веса, и определяются однозначно, что позволяет реализовать автоматизацию предварительной обработки. Последнее важно для возможности вести мониторинг из удаленной точки, при этом не передавать всю сейсмограмму, а только массив параметров записи поезда. Кроме того, автоматическая обработка существенна для внедрения технологии, т.к. не требует специальных знаний персонала. Алгоритмы предобработки приводятся в разделе 4.4., хотя логично было бы поместить их в главу 3.

Таким образом, в главе 3 обосновывается защищаемое положение 3, в частности важные элементы технологии – подбор датчиков и обработка сигнала.

Глава 4 «Основы технологии сейсмического мониторинга состояния грунтов основания пути с использованием движущихся поездов» практически доказывает защищаемое положение 2.

На экспериментальном материале показана действенность выбранных параметров записи для выявления изменений в грунтах. Рассматриваются два случая. Первый – два эксперимента 2017 и 2019 гг., сильно различающиеся погодными условиями, что привело к изменению влагонасыщенности грунта. Наблюдения 2017 г. были непродолжительными с недостаточной статистикой, поэтому основной упор сделан на материалы 2019 г., где статистики достаточно (1590 поездов) и время наблюдений – начало резкого сезонного оттаивания грунта, т.е. можно следить за малыми вариациями параметров грунта. Эти изменения не относятся к опасным явлениям, но являются оценкой чувствительности технологии.

Завершает главу раздел 4.6, где приведены возможности мониторинга других ж/д сооружений с двухосевым инклинометром, в разработке которого участвовал автор.

Материал, изложенный в главе 4 подтверждает 2 и 3 защищаемые положения.

Остановимся более подробно на идеологии построения технологии, в том числе анализа сейсмических записей. По существу, представленная диссертационная работа наследует подход, который развивался в конце XX века в ИФЗ РАН в рамках тематики «Вибрационное просвечивание Земли», руководимой чл.-корр. А.В. Николаевым. Отметим следующие существенные моменты. Прежде всего – активное использование динамических характеристик записи (амплитуд, мощности), значительно более тензочувствительных, чем кинематика, что важно для мониторинга на ранней стадии. Во-вторых, глубокая проработка волновых полей. Использована все запись – и высокочастотные, и низкочастотные составляющие, практически из одного сигнала получаются 4 независимых параметра для мониторинга. Для каждой частотной полосы применен индивидуальный подход – для

высокочастотного сигнала, в котором нет характерных волновых форм, предложено «заглубление» с оценкой мощности всей записи поезда. Для низкочастотных фильтраций – параметры индивидуальной волновой формы (амплитуда «хвоста» и пр.). И, наконец, достаточно нетрадиционное решение использовать для просвечивания не единичный хорошо повторяющийся зондирующий сигнал, а ансамбль воздействий поездов с устойчивыми медианными значениями параметров. Именно эти особенности являются залогом прорыва в технологии мониторинга грунтов на железной дороге.

Основные замечания.

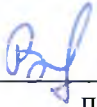
1. Сведения о возможных изменениях параметров грунтов (хотя бы скоростей Р- и S-волн), хотя бы при деградации мерзлоты и обводнении, существенные для технологии «размазаны» по работе, хотя им место в главах 1 или 2. Понятно, что при многообразии типов грунтов это достаточно большой обзор, но важный для понимания возможностей технологии. Надеемся, автор сделает его в будущем.
2. Исследования производились на одном из участков ж/д пути в Архангельской области. Понятно, что технология принципиально новая, и постановка каждого эксперимента требует значительных финансовых и трудовых затрат, но автор мог бы спрогнозировать, что было бы получено в других условиях, на других грунтах. Важно также было бы оценить, в каких ситуациях технология неэффективна.
3. Показана важная роль температуры воздуха (а, следовательно, и прогрева грунта) при вариациях параметров среды. Но в работе не рассмотрен вопрос о комплексировании сейсмометрических наблюдений с измерениями температуры, в том числе, в толще грунта.
4. Несколько искусственно, на наш взгляд, материалы работы «привязаны» к результатам наклономерных измерений, выполненных автором. Тут можно было бы, например, оценить в каком количестве, и каким, собственно, сооружениям на железной дороге необходим такой мониторинг.

Диссертация Орловой Ирины Петровны выполнена на актуальную тему совершенствования геофизических методов мониторинга грунтов оснований ответственных сооружений, обладает научной новизной и содержит решение задачи создания технологии сейсмического мониторинга опасных процессов в грунтах на ранней стадии, имеющей существенное значение для обеспечения безопасности на транспорте.

В целом, работа представляет законченное исследование, написана хорошим научным языком, достаточно полно иллюстрирована. Все защищаемые положения хорошо обоснованы. Автореферат диссертации соответствует основному содержанию работы. Основные результаты исследований опубликованы в трех статьях в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, и неоднократно обсуждались на различных конференциях.

Содержание диссертации «Разработка технологии сейсмического мониторинга состояния транспортных сооружений в условиях Крайнего Севера и Сибири», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук отвечает критериям пункта 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, а его автор Орлова Ирина Петровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Научный руководитель, Геофизический институт – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», и заведующий отделом геофизики, инженерной сейсмологии и геоинформатики, доктор физико-математических наук, профессор

 18.03.22 Заалишвили Владислав Борисович
подпись, дата

Я, Заалишвили Владислав Борисович даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

В.Б. 18.03.22 Заалишвили Владислав Борисович
подпись, дата

Ведущий научный сотрудник, Геофизический институт – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», и.о. зам. заведующего отделом геофизики, инженерной сейсмологии и геоинформатики, кандидат технических наук

М.А. 18.03.22 Мельков Дмитрий Андреевич
подпись, дата

Я, Мельков Дмитрий Андреевич даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

М.А. 18.03.22 Мельков Дмитрий Андреевич
подпись, дата

Отзыв рассмотрен и обсужден на заседании Ученого совета Геофизического института ВНЦ РАН «18» марта 2022 г., протокол № 3, и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации

Председатель Ученого совета, д.ф.-м.н., проф. В.Б. 18.03.22 В.Б. Заалишвили
подпись, дата

Подпись Заалишвили В.Б. удостоверяю

Начальник общего отдела Геофизического института – филиала Владикавказского научного центра РАН



Л.Г. 18.03.22 Л.Г. Крыгина
подпись, дата

Адрес: 362002, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова 93а
E-mail: cgi_ras@mail.ru
Телефон 8-8672-764084