ЗАКЛЮЧЕНИЕ

комиссии диссертационного совета 24.1.087.02 для принятия к защите диссертации

Копылова Дмитрия Валентиновича

«Применение бесконтактной электроразведки методом сопротивлений для повышения эффективности инженерно-геологических изысканий и геотехнического мониторинга в криолитозоне»

на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 1.6.9 – «Геофизика»

Общая характеристика работы и актуальность исследования.

Объектом исследования в диссертации Д.В. Копылова являются линзы высокольдистых грунтов, подземные льды и талики Пур-Тазовского междуречья (Ямало-Ненецкий автономный округ).

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эффективности и детальности инженерно-геологических изысканий и геотехнического мониторинга объектов инженерной инфраструктуры в криолитозоне.

В настоящее время, когда идет активное освоение арктической территории, остро стоит вопрос о повышении эффективности инженерно-геологических изысканий (ИГИ) и геотехнического мониторинга (ГТМ) в криолитозоне. Одномерные методы исследования мерзлых грунтов, которые дают информацию в одной точке геологического пространства, неэффективны, так как свойства грунтов криолитозоны непостоянны как по глубине, так и по латерали, как в пространстве, так и во времени. Расстояние между инженерно-геологическими скважинами, регламентированное в государственных нормах и правилах, не позволяет прослеживать субвертикальные границы изменения свойств грунтов. С целью повышения эффективности ИГИ и ГТМ в криолитозоне необходимо применять более информативные и относительно недорогие методы. Одним из таких перспективных для условий криолитозоны методов является бесконтактная электроразведка методом сопротивлений с высокоплотной системой наблюдения и двумерной инверсией данных, которая позволяет определить субвертикальные границы талых и мерзлых грунтов и снизить риск пропуска локальных неоднородностей, связанных с изменением свойств грунтов.

Цель работы – повысить эффективность и детальность инженерно-геологических изысканий и геотехнического мониторинга в криолитозоне с помощью бесконтактной электроразведки методом сопротивлений с высокоплотной системой наблюдений и обработкой данных двумерной инверсией.

Основные задачи исследований:

1. Выполнить численное моделирование с целью обоснования целесообразности применения бесконтактной электроразведки методом сопротивлений для обнаружения линз высокольдистых грунтов, льдов и таликов с учетом влияния деятельного слоя.
2. Разработать и апробировать комплекс методов геотехнического мониторинга за состоянием грунтов основания линейных сооружений в криолитозоне с учетом технической и экономической эффективности.

Методы исследования

Для решения задач использован комплексный подход, включающий анализ литературных источников и данных инженерно-геологических изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Аналитический обзор охватил публикации по геокриологии, инженерному мерзлотоведению и геофизическим методам в криолитозоне. Рассмотрены нормативные документы, регламентирующие порядок проведения ИГИ в условиях многолетнемерзлых

грунтов. Оценка применимости бесконтактной электроразведки проведена на основе анализа выявленных ограничений стандартных методов: пропуска аномальных зон при редкой сети точек, неэффективности сгущения сети зондирования.

При исследованиях использовалось современное сертифицированное оборудование и программное обеспечение: электроразведочная аппаратура «БИКС» для выполнения полевых бесконтактных электроразведочных исследований, георадар «ОКО» с неэкранированной антенной 50 МГц, программы «ZondRes2D», «ZondRes3D» и «Res2Dinv» для интерпретации данных электроразведки и математического моделирования методом конечных элементов.

Достоверность исследований обеспечивается опорой на фундаментальные работы по геокриологии, действующие государственные нормативные документы и комплексный методический подход. Сравнение традиционных и бесконтактных электроразведочных методов выполнено по критериям информативности, детальности и экономической эффективности. Результаты электроразведки в криолитозоне подтверждаются данными бурения и термометрии скважин, а сами методы применяются в практике изысканий на арктических объектах инфраструктуры.

Практическая значимость работы заключается в развитии методики бесконтактной электроразведки методом сопротивлений применительно к криолитозоне – от изучения закономерностей распределения электрического сопротивления мерзлых грунтов до разработки комплексного мониторинга на основе интеграции разнородных данных. Внедрение бесконтактной электроразведки с высокоплотной системой наблюдения позволяет повысить эффективность инженерных изысканий в криолитозоне. Комплекс методов геотехнического мониторинга, согласованный с требованиями действующих сводов правил, применяется на реальных объектах нефтегазовой инфраструктуры.

Результаты исследований используются в лекционном курсе и на лабораторных занятиях «Электроразведка» на кафедре Прикладной геофизики Тюменского индустриального университета (ТИУ) с 2024 г., где Д.В. Копылов является преподавателем курса. Применение материалов диссертации в учебном процессе подтверждается актом об использовании предложения, подписанным заведующим кафедрой Прикладной геофизики ТИУ, д.т.н. С.К. Туренко.

Технология бесконтактной электроразведки с обработкой данных двумерной инверсией при ИГИ в криолитозоне внедрена в практику ООО «Меретояханефтегаз» по результатам опытно-промышленных испытаний (ОПИ). Доказана экономическая эффективность технологии по сравнению с классическим методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Результаты диссертационной работы применяются при проведении инженерных изысканий в криолитозоне на объектах ЗАО «ПИРС», что подтверждается актом о внедрении результатов, подписанным директором департамента изысканий ЗАО «ПИРС» А.В. Маненко.

Комплексный подход к контролю за состоянием оснований и фундаментов в рамках геотехнического мониторинга успешно применяется при ОПИ на Тазовском месторождении и месторождениях «Газпромнефть-Ямал». Применение материалов диссертации подтверждается актом об использовании предложения, подписанным начальником службы геотехнического мониторинга многолетнемерзлых пород, к.т.н. Д.С. Паздериным.

Научная новизна диссертационной работы определяется следующими результатами:

1. Установлено, что для качественного выделения таликов с низкими удельными электрическими сопротивлениями и линз высокольдистых грунтов и льдов с высокими сопротивлениями необходимо проводить исследования в условиях промерзшего деятельного слоя.
2. Обоснована целесообразность применения бесконтактной электроразведки методом сопротивлений с высокоплотной системой наблюдения и обработкой данных двумерной инверсией для картирования и изучения криогенных объектов и увеличения информативности инженерно-геологических изысканий.
3. Впервые для повышения качества интерпретации результатов геотехнического мониторинга и контроля состояния грунтов криолитозоны в процессе эксплуатации зданий и сооружений разработан и опробован комплексный подход, включающий нивелирование, термометрию, аэромониторинг и электроразведку.

Научные результаты, выносимые автором на защиту:

1. Талые области с пониженными удельными электрическими сопротивлениями и линзы высокольдистых грунтов и льдов с высокими сопротивлениями целесообразно картировать в зимний период года, когда деятельный слой в мерзлом состоянии.

2. Применение бесконтактной электроразведки методом сопротивлений с высокоплотной системой наблюдения и обработкой данных двумерной инверсией в криолитозоне позволяет обнаружить и оконтурить потенциально опасные криогенные объекты, увеличив информативность инженерно-геологических изысканий.

3. Комплексный подход к контролю за состоянием грунтового основания сооружений в криолитозоне с помощью нивелирования, термометрии, аэромониторинга и электроразведки в рамках геотехнического мониторинга повышает качество интерпретации геотехнических исследований и обеспечивает детальное изучение грунтов основания инженерной инфраструктуры в процессе эксплуатации.

Личный вклад диссертанта заключается в участии на каждом этапе исследования. В основу диссертационной работы входят данные, полученные лично автором в период с 2016 по 2025 гг. в процессе проведения геофизических исследований в составе инженерно-геологических изысканий и геотехнического мониторинга на территории нефтегазовых месторождений Арктики. Личный вклад автора состоит в апробации методики бесконтактной электроразведки с высокоплотной системой наблюдения и обработкой данных двумерной инверсией для условий криолитозоны и в создании комплексного подхода к геотехническому мониторингу. Автором оценено влияние деятельного слоя на результаты бесконтактных измерений, проведены полевые работы, выполнена обработка и интерпретация данных с верификацией по данным бурения, предложена и апробирована схема комплексного мониторинга на основе электроразведки, нивелирования, термометрии и аэромониторинга, согласованная с требованиями действующих сводов правил.

Все указанное дает основание утверждать, что **диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.6.9 – «Геофизика» по техническим наукам,** а именно п. 16: Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей, в том числе применительно к геофизической разведке; п. 18: Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений; п. 27: Применение геофизических методов

при решении экологических задач и мониторинге состояния окружающей среды, включая многолетнемерзлые породы.

По теме диссертации опубликовано 14 научных работ. Из них 4 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных Министерством науки и высшего образования РФ в перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК), в том числе 2 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в международной цитатно-аналитической базе Scopus. 10 публикаций – в сборниках материалов конференций. **Результаты исследования представлены** в публикациях по категориям ВАК: $К_1$ – 3 статьи, $К_2$ – 1 статья.

При экспертизе текста диссертации, автореферата, публикаций, а также результатов проверки текста системой «Антиплагиат» **комиссией установлено,** что оригинальных блоков в диссертации с учетом добросовестного самоцитирования – 95,33%:

- соискателем сделаны ссылки на все источники заимствования материалов, **фактов некорректного цитирования или заимствования без ссылки** на соавторов в тексте диссертации и автореферате **не обнаружено**;
- **сведения, представленные соискателем** об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, **достоверны**;
- **несоответствий** текста диссертации, представленного соискателем в диссертационный совет, тексту диссертации, размещенному на сайте, **не выявлено**;
- **недостоверных сведений в документах**, представленных соискателем в диссертационный совет, **не выявлено**.

Комиссия рекомендует:

1. Принять к защите диссертацию Д.В. Копылова «Применение бесконтактной электроразведки методом сопротивлений для повышения эффективности инженерно-геологических изысканий и геотехнического мониторинга в криолитозоне», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

2. Ведущей организацией назначить Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (101000, Москва, Уланский переулок, дом 13, строение 2, а/я 145, тел.: +7 (495) 623-31-11, e-mail: direct@geoenv.ru, sergueevdo@mail.ru).

3. В качестве официальных оппонентов рекомендуются:

Кошурников Андрей Викторович, доктор геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.9 – «Геофизика» и 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», ведущий научный сотрудник кафедры геокриологии геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, геологический факультет, телефон: +7 (495) 939-12-81, моб. +7-916-985-47-73, e-mail: geocry@geol.msu.ru, koshurnikov@msu-geophysics.ru).

Христофоров Иван Иванович, кандидат технических наук по специальности 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия», заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук (ИМЗ СО РАН) (677010, г. Якутск, ул.

Мерзлотная, д. 36, телефон: +7 (4112) 33-44-76, моб. +7-924-662-29-35, e-mail: mpi@ysn.ru, zodik@mail.ru).

Комиссия диссертационного совета:

Председатель комиссии
д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, доцент — В.Н. Глинских

д.т.н., доцент — Ю.И. Колесников

д.т.н. — В.В. Оленченко

