

ОТЗЫВ

официального оппонента Вознесенского Александра Сергеевича на диссертационную работу Федоровой Ларисы Лукиничны «Научно-методические основы георадиолокационных исследований горно-геологических условий россыпных месторождений криолитозоны», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Актуальность темы диссертации

Горная промышленность является ключевой отраслью экономики России, на которую приходится около 30% промышленного производства и более 60% экспорта сырья. Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса РФ подчеркивает важность освоения россыпных месторождений алмазов, золота и платины, значительная часть которых находится в Республике Саха (Якутия). Отработка данных месторождений ведется в сложных геокриологических условиях, характеризующихся наличием многолетнемерзлых толщ, специфическими формами рельефа и процессами сезонного промерзания и оттаивания, влияющими на устойчивость массивов.

Для рационального планирования и безопасного ведения горных работ необходима оперативная и точная информация о геологическом строении и физико-механических свойствах мерзлых пород. Метод георадиолокации является одним из наиболее перспективных дистанционных методов эксплуатационной разведки благодаря высокому разрешению и экологической безопасности. Однако его применение на россыпях криолитозоны осложняется резким сезонным различием электрофизических свойств горных пород в талом и мерзлом состоянии, а также сложной волновой картиной, требующей адаптированных алгоритмов для обработки данных георадиолокации. В связи с этим разработка научно-методических основ георадиолокационных исследований, учитывающих особенности распространения электромагнитных волн в массивах горных пород россыпных месторождений криолитозоны, является актуальной научной проблемой, имеющей большое значение для горнодобывающей отрасли.

Решение этой проблемы автор видит в разработке научно-методических и технологических основ изучения горно-геологических условий и геокриологических параметров массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны методом георадиолокации, направленных на повышение информативности и достоверности результатов эксплуатационной разведки.

Тема исследования и содержание работы соответствует паспорту специальности 2.8.3 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Общая характеристика содержания диссертационной работы

Представленная диссертационная работа изложена на 258 страницах, включает введение, 6 глав, заключение, список литературы из 259 наименований и 2 приложения.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы объект, предмет, цель и задачи исследования, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту. Сформулированная цель убедительно обоснована потребностями геофизического сопровождения горных работ. В первой главе проведен анализ современного состояния методов оценки свойств массивов горных пород в криолитозоне и развития георадиолокации. Во второй главе представлены разработанные георадиолокационные модели массива горных пород криолитозоны и результаты электродинамического моделирования. В третьей главе описаны алгоритмы и программно-информационное обеспечение обработки и интерпретации георадиолокационных данных. Четвертая глава посвящена методике оценки влажности дисперсных горных пород и грунтов. В пятой и шестой главах представлены технологии георадиолокационных зондирований при изучении горно-геологических условий дражных полигонов и проведении инженерно-геологических изысканий на участках горных работ, включая дистанционные методы и скважинную георадиолокацию. В Заключении обобщены основные научные и практические результаты.

Следует отметить логичность и последовательность изложения материала, четкость при формулировке выводов, эрудицию автора при изложении технических вопросов по исследуемой теме.

Анализ основных научных положений, выносимых на защиту

Автором в первом положении утверждается, что разработанные георадиолокационные модели верхней части разреза россыпных месторождений Якутии достоверно отражают особенности строения и состояния массивов горных пород с учетом электрофизических свойств мерзлых пород. Доказательство этого научного положения осуществляется во второй главе, где показано, что георадиолокационные модели построены для алмазоносных россыпей Субарктической зоны и для золотоносных россыпей Умеренной зоны и отражают слоистый разрез массивов горных пород россыпных месторождений.

Второе положение утверждает, что созданные алгоритмы и интерпретационные признаки, учитывающие закономерности изменения характеристик сигналов, обеспечивают корректную оценку горно-геологических условий в криолитозоне.

Согласно третьему положению, оценка влажности горных пород по данным мониторинговых измерений возможна на основе установленной эмпирической связи скорости электромагнитной волны и влажности в диапазоне $7\% < W < 25\%$. Доказательству данного научного положения посвящена 4 глава работы, в которой представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих наличие установленной связи при измерениях георадаром с антенными блоками 1200МГц (в лабораторных условиях) и 400МГц (в натуральных условиях).

Четвертое положение утверждает, что разработанная автором технология наземных и дистанционных георадиолокационных измерений позволяет прослеживать границы продуктивных горизонтов, выявлять структурные особенности и картировать геокриологические объекты на участках ведения горных работ. В 5 главе диссертационной работы представлены результаты георадиолокационных измерений, полученных при решении указанных в научном положении задач.

В пятом научном положении говорится о технологии выявления участков развития криогенных процессов в массивах горных пород по данным режимных георадиолокационных наблюдений. В п.6.3 диссертационной работы представлена методика георадиолокационных наблюдений в режиме мониторинга, её обоснование и некоторые результаты использования на эксплуатируемом месторождении криолитозоны, что в целом доказывает научное положение.

Научная новизна диссертационной работы:

К основным результатам, обладающим научной новизной, относятся:

Разработка комплекса георадиолокационных моделей геологического и геокриологического разрезов россыпных месторождений криолитозоны.

Установление эффекта пространственного гармонического резонанса на длинах волн, соизмеримых с размерами подземных льдов, что проявляется в режекции спектра частот.

Выявление эффекта накопления заряда на контрастных по электропроводности границах, позволяющего оценивать зоны измененной проводимости среды.

Разработка технологии наземных и дистанционных георадиолокационных измерений, а также алгоритмов и ПО для обработки данных строения мерзлых массивов.

Установление эмпирической зависимости относительного снижения скорости высокочастотной электромагнитной волны от влажности пород в талом состоянии по сравнению с мерзлым, позволившей создать методику мониторинга влажности грунтов.

Значимость результатов диссертации для науки и практики

Научная значимость работы заключается в разработке типичных георадиолокационных моделей россыпей Якутии, а также в создании новых критериев для интерпретации радарограмм. Практическим результатом работы является трансформация метода георадиолокации из вспомогательного в базовый инструмент эксплуатационной разведки. Разработанные методики позволяют оперативно прослеживать границы продуктивных пластов, картировать зоны нарушенностей, подземных льдов и таликов. Это существенно влияет на повышение безопасности открытых горных работ и обоснование рациональных технологических решений горнодобывающими компаниями.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных автором, сомнений не вызывает, что подтверждается комплексным подходом к исследованию: сочетанием компьютерного (в том числе методами FDTD и ABCD-матриц), математического и физического моделирования, большим объемом экспериментальных и натурных измерений, непротиворечивостью полученных результатов общим законам физики и исследованиям других авторов. Данные, полученные с помощью разработанных георадиолокационных технологий, прошли верификацию и валидацию по результатам бурения, шлихового опробования и комплекса других геофизических методов (ДЭМП, ВИКИЗ и др.).

Замечания по диссертационной работе

1. Работа содержит новые знания, касающиеся закономерностей распространения электромагнитных волн в многолетнемерзлых массивах. Но эти закономерности желательно было бы отразить в явном виде непосредственно в научных положениях. Адекватное представление о таких

закономерностях получается только при совместном чтении пунктов «Научные положения» и «Новизна» (п. 2, 3, 5).

2. В работе представлена эмпирическая формула зависимости снижения скорости волны от влажности ($N_v=1,55 \cdot W+c$), которая заявлена для диапазона влажности от 7% до 25%. Автору следовало бы более подробно описать физические ограничения метода при значениях объемной влажности, превышающих 25%, которые часто встречаются в сильнольдистых породах.

3. При описании электродинамического моделирования автор справедливо указывает на преимущества дифференциальных ABCD-матриц для 1D и 2D сред перед стандартными конечно-разностными методами. Однако вопрос масштабирования данного подхода для полноценного 3D-моделирования сложных геологических структур раскрыт недостаточно полно.

4. Описывая технологию георадиолокации с борта воздушного судна (при скорости 100-150 км/ч на высоте 20-30 м), автор не приводит детальной оценки влияния таких скоростных параметров на горизонтальную разрешающую способность метода при локализации малоразмерных объектов.

5. В тексте диссертации встречаются незначительные стилистические погрешности и опечатки, которые, тем не менее, не искажают смысла изложенного текста.

Указанные замечания носят локальный, непринципиальный характер и не снижают ценности как всей работы, так и содержащихся в ней научных положений, выводов, рекомендаций.

Основные результаты диссертационной работы Л. Л. Федоровой изложены в 132 публикациях, в том числе в 42 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, входящих в базы Scopus и Web of Science, 2 монографиях, 1 патенте на изобретение и 4 свидетельствах на программное обеспечение. Оформление диссертации и автореферата соответствует предъявляемым требованиям ВАК к докторским диссертациям. Автореферат и диссертация написаны грамотным научным языком. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Основные положения докладывались и получили высокую оценку на многочисленных профильных международных и всероссийских конференциях.

Заключение

В диссертации Федоровой Ларисы Лукиничны на тему «Научно-методические основы георадиолокационных исследований горно-

геологических условий россыпных месторождений криолитозоны», являющейся законченной научно-квалификационной работой, на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научная проблема обоснования и разработки методических и технологических основ изучения горно-геологических условий россыпных месторождений криолитозоны методом георадиолокации, что имеет важное значение для решения задач по ускоренному развитию минерально-сырьевой базы страны.

Работа соответствует требованиям Положения ВАК о присуждении учёных степеней, утверждённому постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Федорова Лариса Лукинична, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Официальный оппонент: доктор технических наук по специальности «05.15.11 Физические процессы горного производства», профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Горного института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

29.04.2026  А. С. Вознесенский

Я, Вознесенский Александр Сергеевич, согласен на обработку, размещение моих персональных данных и отзыва на диссертацию на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук и в Федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА).

29.04.2026  А. С. Вознесенский

Местонахождение НИТУ МИСИС: Россия, 119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4, стр. 1.

Тел.: +7-499-236-95-70, эл. почта: asvoznenskii@misis.ru.

Подпись Вознесенского Александра Сергеевича заверяю:

Проректор по науке и инновациям
НИТУ МИСИС





М. Р. Филонов