

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.201.02
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № ____

решение диссертационного совета от 26 июня 2026 г., протокол № 52

О присуждении Федоровой Ларисе Лукиничне, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно-методические основы георадиолокационных исследований горно-геологических условий россыпных месторождений криолитозоны» по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» принята к защите 10 марта 2026 г., протокол заседания № 50, диссертационным советом 24.1.201.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН), 614013, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13а, утвержденным приказом Минобрнауки России №144/нк от 15 февраля 2022 г.

Соискатель Федорова Лариса Лукинична, 26 марта 1963 года рождения, защитила в 1999 году кандидатскую диссертацию «Разработка методики высокочастотного импульсного электромагнитного зондирования неоднородностей мерзлого горного массива» по специальности 05.15.11 «Физические процессы горного производства». Защита состоялась в диссертационном совете K003.44.01., созданном на базе Института горного дела Севера СО РАН (677018, г. Якутск, пр. Ленина 43). В настоящее время Федорова Л.Л. работает ведущим научным сотрудником в Институте горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) – обособленном подразделении Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН).

Докторская диссертация выполнена в Институте горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. Александров Павел Николаевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории Взаимодействия электромагнитных полей и геологической среды Центра геоэлектромагнитных исследований – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук (г. Троицк),
2. Вознесенский Александр Сергеевич, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры Физических процессов горного производства и геоконтроля Горного института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва),

3. Гриб Николай Николаевич, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры Горного дела Технического института (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова» (г. Нерюнгри).

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН) (г. Новосибирск). Ведущая организация дала положительный отзыв, подписанный заведующим лабораторией Физических методов воздействия на массив горных пород ИГД СО РАН, д.т.н. Сердюковым С.В., старшим научным сотрудником лаборатории горной геофизики ИГД СО РАН, к.т.н. Денисовой Е.В., и утвержденный директором ИГД СО РАН, к.т.н. Хмелининым А.П. Отзыв обсужден и одобрен на совместном заседании сотрудников лабораторий Горной геофизики и Физических методов воздействия на массив горных пород 12 мая 2026 г. (Протокол №2).

Соискатель имеет 158 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 132, в том числе 42 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 монографии, 1 патент, 4 прикладные программы и 2 базы данных в соавторстве.

Основные публикации по теме диссертации, включенные в перечень ВАК:

1. Нерадовский, Л. Г. Методические возможности георадиолокации мониторинга состояния мерзлых грунтов / Л. Г. Нерадовский, А. В. Омеляненко, Л. Л. Федорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – №7. – С. 44-47.
2. Федорова, Л. Л. Решение задач обработки и интерпретации георадиолокационных данных на основе вейвлет-анализа / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №8. – С. 153-158.
3. Соколов, К. О. Выявление границ продуктивного слоя алмазоносной россыпи частотно-временным анализом данных георадиолокации мерзлого горного массива / К. О. Соколов, Л. Л. Федорова, А. В. Омеляненко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 7. – С. 147-151.
4. Федорова, Л. Л. Особенности обработки георадиолокационных данных при исследовании структуры геологических разрезов россыпных месторождений золота / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № S4. – С. 100-107.
5. Федорова, Л. Л. О возможности применения георадиолокации при подготовке и отработке дражных полигонов / Л. Л. Федорова, М. П. Федоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 380-383.
6. Саввин, Д. В. Результаты экспериментальных исследований криогенного состояния горных пород методом георадиолокации в условиях открытой разработки месторождений криолитозоны / Д. В. Саввин, Л. Л. Федорова, А. В. Омеляненко, М. Р. Никифорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 8. – С. 305-309.
7. Куляндин, Г. А. Определение электрофизических свойств пород горного массива методом георадиолокационного каротажа / Г. А. Куляндин, Л. Л. Федорова, А. В. Омеляненко, В. В. Оленченко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 8. – С. 300-304.

8. Федорова, Л. Л. Георадиолокация массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны, перекрытого электропроводящим слоем / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 8. – С. 310-316.
9. Саввин, Д. В. Динамическая фильтрация георадиолокационных данных мерзлого горного массива неоднородной структуры / Д. В. Саввин, Л. Л. Федорова, А. В. Омеляненко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 6. – С. 143-147.
10. Куляндин, Г. А. Георадиолокационные исследования структурных особенностей и обводненности перекрывающих пород при отработке угольных месторождений открытым способом / Г. А. Куляндин, А. В. Омеляненко, Л. Л. Федорова // Записки горного института. – 2013. – Т. 200. – С. 49-53.
11. Федорова, Л. Л. Опыт применения георадиолокационных технологий при разработке алмазоносных месторождений криолитозоны / Л. Л. Федорова, А. В. Омеляненко // Записки горного института. – 2013. – Т. 200. – С. 99-103.
12. Федорова, Л. Л. Георадиолокационное картирование структурных неоднородностей массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов, Д. В. Саввин, М. П. Федоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 11. – С. 267-273.
13. Куляндин, Г. А. Георадиолокация геоструктур дражных полигонов месторождения реки Аллах-Юнь / Г. А. Куляндин, Л. Л. Федорова // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. – № 4. – С. 108-113.
14. Федорова, Л. Л. Георадиолокационные исследования горно-геологических условий дражных полигонов / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов, Г. А. Куляндин // Горный журнал. – 2015. – № 4. – С. 10-14.
15. Федоров, В. Н. Электродинамическое моделирование структурных особенностей массива горных пород россыпных месторождений при георадиолокации / В. Н. Федоров, Л. Л. Федорова // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – № 8-2. – С. 48-50.
16. Федорова, Л. Л. Картирование структурных неоднородностей мерзлого горного массива методом георадиолокации / Л. Л. Федорова, Д. В. Саввин, В. Н. Федоров // Горная промышленность. – 2015. – № 5(123). – С. 99-101.
17. Федорова, Л. Л. Изучение горно-геологических условий месторождения «Маят» на основе современных методов обработки данных георадиолокации / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов, Д. В. Саввин // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 9. – С. 190-195.
18. Федорова, Л. Л. Программно-методическое обеспечение георадиолокационного мониторинга криогенных процессов в подповерхностных грунтах / Л. Л. Федорова, М. П. Федоров, А. С. Стручков, Д. В. Саввин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № S21. – С. 154-162.
19. Соколов, К. О. Картирование палеорусел на участках россыпных месторождений криолитозоны методом георадиолокации / К. О. Соколов, Н. Д. Прудеский, Л. Л. Федорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № S21. – С. 514-521.
20. Саввин, Д. В. 3D картирование гипсометрии плотика дражных полигонов на примере месторождения р. Аллах-Юнь методом георадиолокации / Д. В. Саввин,

- А. С. Стручков, Г. А. Куляндин, Л. Л. Федорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № S21. – С. 504-513.
21. Федорова, Л. Л. Георадиолокационная оценка влажности горных пород / Л. Л. Федорова, Г. А. Куляндин, К. О. Соколов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 8. – С. 152-158.
22. Федорова, Л. Л. Георадиолокационная диагностика криогенных процессов в грунтах оснований автодорог г. Якутска / Л. Л. Федорова, Д. В. Саввин, Д. А. Мандаров, М. П. Федоров // Инженерные изыскания. – 2017. – № 9. – С. 66-73.
23. Прудеский, Н. Д. Физическое моделирование распространения электромагнитной высокочастотной волны в массиве горных пород с трещиной заполненной льдом / Н. Д. Прудеский, К. О. Соколов, Л. Л. Федорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 11. – С. 107-113.
24. Федоров, В. Н. Двухмерная электродинамическая модель неоднородной среды с потерями / В. Н. Федоров, Л. Л. Федорова, К. О. Соколов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 10. – С. 132-137.
25. Саввин, Д. В. Опыт георадиолокационных исследований при инженерно-геологических изысканиях в Центральной Якутии / Д. В. Саввин, Л. Л. Федорова, Е. Э. Соловьев // Инженерные изыскания. – 2018. – Т. 12. – № 7-8. – С. 92-100.
26. Николаев, С. П. Оценка состояния массива георадиолокационным зондированием для совершенствования буровзрывных работ в условиях криолитозоны / С. П. Николаев, Б. Н. Заровняев, Л. Л. Федорова, Г. А. Куляндин // Горный журнал. – 2018. – № 12. – С. 9-13.
27. Федорова, Л. Л. Исследования геокриологических параметров массива горных пород для прогнозирования развития негативных криогенных процессов / Л. Л. Федорова, Г. А. Куляндин, Д. В. Саввин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2019. – № 6. – С. 183-192.
28. Соловьев, Е. Э. Исследование геокриологических условий массива мерзлых горных пород неразрушающими электромагнитными методами / Е. Э. Соловьев, Д. В. Саввин, Л. Л. Федорова // Горный журнал. – 2019. – № 2. – С. 31-37.
29. Федорова, Л. Л. Георадиолокационные исследования геокриологических объектов массива горных пород месторождений криолитозоны / Л. Л. Федорова, Е. Э. Соловьев, К. О. Соколов, Г. А. Куляндин // Горный журнал. – 2019. – № 2. – С. 38-42.
30. Нерадовский, Л. Г. Опыт изучения природы периодичности сигналов георадиолокации методами спектрального анализа / Л. Г. Нерадовский, Л. Л. Федорова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 6. – С. 95-106.
31. Соколов, К. О. Алгоритм обработки и интерпретации георадиолокационных данных при изучении геокриологических структур многолетнемерзлых пород / К. О. Соколов, Л. Л. Федорова, А. А. Федоров // Известия Уральского государственного горного университета. – 2020. – Вып. 3(59). – С. 75-80.
32. Sokolov, K. Prospecting and Evaluation of Underground Massive Ice by Ground-Penetrating Radar / K. Sokolov, L. Fedorova, M. Fedorov // Geosciences (Switzerland). – 2020. – Vol. 10. – № 7. – P. 1-14.

33. Нерадовский, Л. Г. Модели реконструированного участка автодороги «ВИЛЮЙ» в Якутске по данным георадиолокации / Л. Г. Нерадовский, Л. Л. Федорова // Разведка и охрана недр. – 2020. – № 11. – С. 40-48.
34. Федорова, Л. Л. Георадиолокационные исследования оттайки мерзлых горных пород в лабораторных условиях / Л. Л. Федорова, М. П. Федоров, Г. А. Куляндин, Д. В. Саввин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 5. – С. 99-111.
35. Федорова, Л. Л. Исследование особенности строения техногенных отвалов методом георадиолокации / Л. Л. Федорова, Г. А. Куляндин, С. И. Поисеева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 243-254.
36. Savvin, D. V. Geophysical studies of permafrost conditions of the Kangalassky coal mine dam / D. V. Savvin, L. L. Fedorova, G. A. Kulyandin // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 4. – С. 38-46.
37. Fedorov, M. P. Identification of River Ice Cover Structure by Ground Penetrating Radar Data / M. P. Fedorov, L. L. Fedorova // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2022. – Vol. 19. – P. 1-5.
38. Федорова, Л. Л. Определение участков талых пород в многолетнемерзлом массиве по данным георадиолокации / Л. Л. Федорова, Г.А. Куляндин, Н. Д. Прудеский // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 11. – С. 192-198.
39. Федорова, Л. Л. Георадиолокационные модели массива горных пород Субарктической зоны Якутии / Л. Л. Федорова, К. О. Соколов, Н. Д. Прудеский, С. Д. Шамаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 12-2. – С. 129-140.
40. Куляндин, Г. А. Геофизический мониторинг криогенного состояния горных пород бортов и откосов горнотехнических сооружений на территории Якутии / Г. А. Куляндин, Л. Л. Федорова, М. П. Федоров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 7-1. – С. 105-115.
41. Федорова, Л. Л. Физическое моделирование георадиолокационного мониторинга криогенных процессов в массиве рыхлых горных пород / Л. Л. Федорова, М. П. Федоров, А. С. Свинобоев // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 11. – С. 106-111.
42. Федорова Л. Л. Георадиолокационные модели массива горных пород россыпных месторождений золота умеренной климатической зоны Якутии / Л. Л. Федорова, Г. А. Куляндин, С. Д. Шамаев // Горная промышленность. – 2025. – № 4S. – С. 87-93.

Публикации в журналах ВАК содержат в сумме 295 страниц и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента **Александрова П.Н.** В отзыве отмечаются: характеристика содержания работы по главам, актуальность темы диссертации; научная новизна; обоснованность и достоверность научных положений; теоретическая и практическая значимость полученных результатов; публикационная результативность соискателя; соответствие автореферата содержанию диссертации. Оппонент приводит в своем отзыве следующие замечания по диссертации:

- Попытку рассмотреть взаимодействие импульса электромагнитного поля и сплошной среды следует признать неудачной.
- Система уравнений (2.1) совершенно соответствует уравнениям Максвелла. Отсюда следует формула (2.2) для случая плоской волны $E_z = H_z = 0$ и поляризации $E_y = H_x = 0$: $\frac{\partial H_y}{\partial z} = -\sigma E_x, \frac{\partial E_x}{\partial z} = -i\omega\mu H_y$.
Имеет место ошибка в знаке в формуле (2.2), что приводит к дальнейшим неточностям.
- Для формулы (2.6) имеем $\frac{E_x(z+\Delta z)}{H_y(z+\Delta z)} = \frac{E_x(z) - Z\Delta z H_y(z)}{-Y\Delta z E_x(z) + H_y(z)} = \frac{\frac{E_x(z)}{H_y(z)} - Z\Delta z}{-Y\Delta z \frac{E_x(z)}{H_y(z)} + 1} \neq \frac{E_x(z)}{H_y(z)}$.
- Не ясно как введена величина $\sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{i\omega\mu}{i\omega\epsilon}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$.
- В формулах (2.11) и (2.12) необходимо уточнить, они справедливы еще при дополнительном условии $\Delta z \rightarrow 0$.
- Не указываются у вводимых величин индексы (2.13, 2.14, 2.20), что затрудняет определение конкретной компоненты электромагнитного поля.
- Формулы (2.26) не следуют из уравнений Максвелла.
Не ясно как получена система уравнений (2.31). Нет произведения $\Delta x \Delta y$, которое должно появляться при осреднении по данной площадке. Мне не удалось повторить данный результат.
- Рис. 2.14 и 2.15 интересны, однако не уточнено, что задается – источник, приемник, как вычисляется сигнал во временной области (нужно хотя бы указать частотный диапазон и форму импульса в источнике).

2. Положительный отзыв официального оппонента **Вознесенского А.С.** В отзыве отмечена актуальность диссертации, обсуждены ее структура и содержание, а также представлен анализ научных положений и новизны исследования. Отдельно подчеркнуты значимость для науки и практики, степень обоснованности и достоверности сформулированных научных положений, выводов и рекомендаций. Оппонент отмечает следующие замечания:

- 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).
- 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.
- 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.

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

3. Положительный отзыв официального оппонента **Гриба Н.Н.** В отзыве отмечаются актуальность диссертационной работы, ее цель и научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость. Кроме того, подчеркиваются степень обоснованности научных положений, достоверность выводов и рекомендаций, а также значимость результатов апробации работы. Дана оценка содержания глав диссертации, которая соотнесена с защищаемыми положениями. Оппонент приводит в своем отзыве замечания по диссертации:

- В главе 2, посвященной георадиолокационным моделям, для численного моделирования используется как авторская программа на основе ABCD-матриц, так и программная среда grgMax. Желательно было бы более чётко обосновать, для каких типов задач предпочтительнее тот или иной инструмент.
- Глава 3. В предложенных интерпретационных признаках, для выделения неоднородностей в массиве горных пород, не учитывается такой важный параметр, как минерализация жидкости (льдистости) заполняющих поровое пространство.
- Глава 4. При физическом моделировании, из рисунка 4.3 следует, что на разных песках (кварцевый песок и горный песок), при одних и тех же диапазонах изменения влажности, разрешающая способность метода георадиолокации различна. Следовало бы пояснить, почему?
- В главе 5, при описании технологии георадиолокации с борта воздушного судна, указаны оптимальные параметры полета (скорость 100-150 км/ч, высота 20-30 м). Однако не обсуждается, как влияют на качество данных вибрации, а также не приведены примеры радарограмм, полученных с разных типов носителей (самолёт, вертолёт, БПЛА) для сравнения.
- Глава 6. При изучении геокриологических процессов, следовало бы применить комплексирование георадиолокационного метода с другими геофизическими методами, например, сейсморазведкой, электроразведкой, что позволило бы повысить достоверность оценки развития опасных криогенных процессов.
- Некоторые рисунки (например, рис. 2.22, 3.12) имеют мелкую детализацию осей и условных обозначений, на рисунке 3.23, нет названия осей, что затрудняет их восприятие.

4. Положительный отзыв **ведущей организации.** В отзыве отражена актуальность темы диссертационной работы, а также представлен анализ ее структуры, содержания и научных положений. Кроме того, указана научная новизна, практическая значимость и отмечено соответствие автореферата содержанию диссертации. Ведущая организация приводит следующие замечания и вопросы:

- В работе основное внимание уделено георадиолокационным исследованиям в диапазоне частот до 400 МГц. Представляется, что для решения ряда задач детального изучения строения россыпных отложений перспективным может быть использование

более высоких частотных диапазонов, обеспечивающих более высокое пространственное разрешение.

- В работе подробно рассмотрена роль диэлектрической проницаемости мерзлых пород, однако влияние электропроводности среды на затухание георадиолокационного сигнала освещено в меньшей степени. Дополнительный анализ этого фактора мог бы расширить представление о глубинности метода в различных горно-геологических условиях.
- Предложена эмпирическая зависимость скорости распространения электромагнитной волны от влажности дисперсных пород. Было бы полезно дополнительно привести оценку погрешности определения влажности и диапазон применимости данной зависимости.
- При построении георадиолокационных моделей массива горных пород использованы результаты численного и физического моделирования. Для повышения воспроизводимости результатов необходимо подробнее представить параметры моделирования и исходные электрофизические характеристики сред.
- Работа ориентирована преимущественно на россыпные месторождения криолитозоны Якутии. Представляет интерес оценка применимости предложенных методических решений в других горно-геологических условиях, например, в талых рыхлых отложениях.
- В работе успешно используются амплитудные и кинематические признаки радарограмм. Дополнительное применение спектральных и статистических атрибутов георадиолокационных сигналов могло бы расширить возможности автоматизированной интерпретации данных.
- В работе показана высокая эффективность метода георадиолокации. Вместе с тем представляется перспективным дальнейшее развитие методик комплексирования ГРЛ с другими геофизическими методами, например, электроразведкой или сейсмоакустическими исследованиями.
- Разработаны алгоритмы обработки георадиолокационных данных. В дальнейшем представляется перспективным развитие методов автоматизированной интерпретации радарограмм, в том числе с применением современных методов анализа данных.

На автореферат поступило 15 отзывов.

1. Положительный отзыв от Влодова М. Л., д.ф.-м.н., профессора, зав. кафедрой Сейсмометрии и геоакустики Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», г. Москва (*без замечаний*).

2. Положительный отзыв от Оленченко В.В., д.г.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории геоэлектрики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск (*1 замечание*).

Замечание: В качестве незначительного замечания необходимо отметить, что на стр. 26 упоминается термин «горный песок», хотя по описанию (песок с примесью глинистых частиц) эта смесь называется супесью.

3. Положительный отзыв от Попова А. В., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Земного

магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, г. Москва, г. Троицк (3 замечания).

Замечания:

- 1) Некоторые синтетические радарограммы не вполне согласуются с результатами полевых работ (случай 1А и 2У);
- 2) Числовые оценки влажности грунтов по данным георадиолокации претендуют на чрезмерную точность $<0,1\%$ недостижимую в натурных измерениях;
- 3) Объем и подробность изложения выходит за принятые рамки автореферата.

4. Положительный отзыв от Кулижникова А.М., д.т.н., профессора, заместителя начальника отдела методов проектирования Федерального автономного учреждения «Российский дорожный научно-исследовательский институт», г. Москва (4 замечания).

Замечания:

1) Соискателем используются термины, например, «аномальная зона» (стр. 14), «аномалии георадиолокационных разрезов» (стр. 20), «аномалии радарограммы» (стр. 21) и т.д., которые представляется целесообразным заменить известными терминами в нормативно-технической документации, например, «ослабленные зоны», «неоднородные грунты», «разуплотненные грунты», «неоднородные включения» и т.д. Встречается в геофизике термин «аномалия» – отклонение геофизического поля земли от нормальных значений. Возникают вопросы: какая зона в геологии является аномальной, что относится к аномалии разрезов и радарограмм? Действующими геологическими ГОСТами определен перечень технических терминов, но нет определения термина «аномалия». В автореферате диссертации также отсутствует определение «аномалии»;

2) Выполненные исследования в работе базируются на импульсных георадарах (в лучшем случае двухчастотных), в то время как на первые позиции за рубежом и в Российской Федерации выходят мультимчастотные и линейночастотные георадары, которые выполняют исследования в диапазоне изменяющихся частот. Отношение диссертанта к таким конструкциям георадаров и их применению на многолетнемерзлых грунтах не просматривается в содержании автореферата, как и к использованию искусственного интеллекта (нейронные сети) при обработке и интерпретации радарограмм;

3) В автореферате фигурирует влажность грунта в % (например, стр. 25-27), но до стр. 28 автореферата не понятно о какой влажности идет речь: о влажности по массе или влажности по объему (%), которая определяется георадиолокационными методами. Только на 28 стр. появилась весовая влажность, но она не определяется георадиолокационными методами. Только на 28 стр. появилась весовая влажность, но она не определяется георадиолокационными методами, для ее определения на объектах надо знать и определять традиционными методами на каждом участке плотность грунтов?

4) На стр. 31 указано, что в условиях ограниченного пространства и пересеченной местности используется угловое георадиолокационное сканирование, выдающее радарограмму, аналогичную реализации по методике профилирования, но из одной точки наблюдений. Хотелось бы узнать подробнее.

5. Положительный отзыв от Стогния В.В., д.г.-м.н., профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизического института Владикавказского научного центра Российской академии наук, г. Владикавказ (1 замечания).

Замечание: Выбор в качестве метода исследований горно-геологических условий россыпных месторождений криолитозоны РЛЗ, обладающего высокой разрешающей способностью по разрезу правильно, однако в автореферате следовало бы отметить и другие методы изучения криолитозоны и, в тезисной форме, историю их развития, что способствовало бы обоснованию методологии исследований.

6. Положительный отзыв от Иголкиной Г.В., д.г.-м.н., старшего научного сотрудника, ведущего научного сотрудника лаборатории Скважинной геофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург (*без замечаний*).

7. Положительный отзыв от Заровняева Б.Н. д.т.н., профессора, профессора кафедры Горное дело Горного института Федерального государственного автономного учреждения высшего образования Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Якутск (*без замечаний*).

8. Положительный отзыв от Нерадовского Л.Г., д.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории инженерной геокриологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск (*4 замечания*).

Замечания:

1) Изложена только привычная для геофизиков кинематическая сторона взаимодействия электромагнитной волны с горными породами со значениями диэлектрической проницаемости и скорости распространения волны. О динамической стороне энергетического взаимодействия нет ни слова, ни одного значения эффективного или удельного затухания электромагнитной волны;

2) В рубрике «Степень разработанности темы» нет ссылок на результаты исследований и в том числе, на результаты моих исследований, в которых доказана возможность георадиолокации в решении нетривиальных задач количественной оценки не только влажности (льдистости), но и температуры, эффективной теплоёмкости, засоленности мёрзлых четвертичных дисперсных отложений песчано-глинистого состава, а также прочности скально-полускальных горных пород. Такая ограниченность создаёт иллюзию о георадиолокации как методе изучения главным образом структурных задач, исключая задачи петрофизики;

3) Полностью отсутствует информация о погрешности определения георадиолокацией глубины залегания радиоотражающих границ на россыпных месторождениях в сравнении с данными буровых работ. Без этой информации не может быть корректно решена задача комплексного прогноза запасов россыпного золота или алмазов в толще рыхлых отложений по данным буровых работ и георадиолокации;

4) Нет анализа возможности применения вместе с георадиолокацией других малоглубинных наземных методов геофизики, что нарушает ставшую уже классической методологию поиска и разведки месторождений полезных ископаемых с применением принципа рационального комплексирования геолого-геофизических методов, предложенного Г.С. Вахромеевым и А.Г. Тарховым.

9. Положительный отзыв от Ефремова В.Н., д.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории инженерной геокриологии Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск (1 замечание).

Замечание: Названия третьих колонок в таблицах 1 и 2 (стр. 14, 15) следовало бы уточнить, обозначив их как «Геолого-геоэлектрический разрез».

10. Положительный отзыв от Шишлянникова Д.И., д.т.н., профессора, профессора кафедры Горная электромеханика Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь (2 Замечания).

Замечания:

1) На рисунках 1 и 3 приведены радарограммы, на которых нет шкал;

2) На стр. 25 разработана методика оценки влажности дисперсных пород для Центральной Якутии, но не указана возможность применения методики в других регионах.

11. Положительный отзыв от Набатова В.В., д.т.н., доцента, доцента кафедры Физических процессов горного производства и геоконтроля Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», г. Москва (1 замечание).

Замечание: Как в процессе ведения исследования учитывались такие аспекты, как сезонные изменения электрофизических свойств пород, не связанные с криогенными процессами? Например, такие, как изменение уровня грунтовых вод, их капиллярное поднятие, изменение минерализации, биологическая активность. В какой степени, по мнению авторов, они могут оказывать влияние на результаты исследования?

12. Положительный отзыв от Зайцева А.И., чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., директора; Бобровой Д.А., к.г.н., заведующего лабораторией оптимизации измерительных платформ, старшего научного сотрудника Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск (2 замечания).

Замечания:

1) Разработанная методика оценки влажности горных пород экспериментально подтверждена (апробирована) лишь для диапазона влажности 7–25%. В качестве перспективы дальнейших исследований целесообразно рассмотреть возможность адаптации данной методики для пород с экстремально низкой (<7%) или высокой (>25%) влажностью, что особенно актуально при изучении техногенных отвалов;

2) Технология дистанционных измерений с борта воздушного судна, разработанная автором, является важным шагом вперед. В качестве перспективного направления представляется целесообразным детализировать алгоритмы фильтрации топографических помех для обеспечения максимальной точности в условиях сложного рельефа горных районов Якутии.

13. Положительный отзыв от Яковлева В.Л., советника РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., главного научного сотрудника; Панжина А.А., к.т.н., ученого секретаря Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург (1 замечание).

Замечание: В рамках диссертационных исследований разработаны 8 георадиолокационных моделей и установлены 2 физических эффекта, наблюдаемые при распространении электромагнитных волн. Непонятно, насколько полно они соответствуют и применимы ко всему многообразию горно-геологических условий, встречающиеся при разработке россыпных месторождений, расположенных на огромной территории Якутии. Например,

не рассмотрены возможности георадиолокации при изучении месторождений кластерной организации.

14. Положительный отзыв от Федотовой Ю.В., к.т.н., ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией цифровых методов исследований горнотехнических систем Института горного дела – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск (4 замечания).

Замечания:

1) Масштаб глубин и времен моделей и сигналограмм (таблицы 1,2) и вертикальный масштаб значений скоростей (рисунок 6) разный, что затрудняет адекватное сопоставление данных.

2) На рисунке 7 представлены зависимости, полученные для различных пород по результатам испытаний образцов. Однако для каждой породы приведены значения разного количества полученных результатов: от 4 для горного песка (минимум, допускаемый ГОСТом - 6 образцов), до 13 для пород 2-й террасы долины Туймаада. По приведенным данным видно, что для образцов кварцевого и горного песков разброс значений больше, а соответственно, и достоверность полученной зависимости ниже, чем у двух других типов пород.

3) Автором указывается, что экспериментальными георадиолокационными исследованиями мерзлых горных пород, характерных для рыхлых отложений Центральной Якутии, с влажностью (W , %) от 3 до 20% определены закономерности динамики скорости распространения георадиолокационного сигнала (V , м/нс) в породах при их оттайке. При этом на основе установленной эмпирической связи V и W автором разработана методика георадиолокационного мониторинга изменения влажности (в пределах 7-25%) дисперсных горных пород. Из данных, приведенных в автореферате не понятно почему методика не учитывает влажность от 3 до 7% и на каком основании методика расширена для влажности 20-25%.

4) Недостаточно аргументированы ограничения метода георадиолокации на участках с повышенной проводимостью и глинистостью разреза, где происходит сильное затухание электромагнитного сигнала.

15. Положительный отзыв от Аузина А.А., д.т.н., доцента, профессора кафедры Геофизики Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж (2 замечания).

Замечания:

1) В плане оформления диссертационной работы, некоторое удивление вызывает разделение ее на главы. ГОСТ 7.32 – 2017. "Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления" не предполагает такого названия структурного элемента текста, как "глава".;

2) В пункте 3 "Научная новизна..." говорится, что "...выявлен эффект накопления заряда на контрастных по электропроводности границах раздела сред...". Если имеется в виду эффект Маквелла-Вагнера, то его вклад в общую диэлектрическую проницаемость гетерогенной среды хорошо известен и описан в ряде работ (Daniels, D. J. Ground Penetrating Radar и пр.). Это – достаточно низкочастотный эффект, который может наблюдаться на

частотах менее 100 МГц. Интересно, на каких частотах он наблюдался автором диссертации.

Все отзывы положительные, в них отмечена актуальность работы, ее научная значимость и практическая важность. Отмечается высокий теоретический уровень работы, привлечение современных методических подходов и обширного фактического материала. Имеющиеся в отзывах замечания связаны с оформлением автореферата работы, недостаточной подробностью описания некоторых деталей проведенных исследований в автореферате, а вопросы носят уточняющий характер.

В отзывах на автореферат отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты Александров П.Н., Вознесенский А.С., Гриб Н.Н. являются одними из ведущих специалистов в области геофизики, геофизических методов поиска и разведки полезных ископаемых, по которым проводились исследования в диссертационной работе Федоровой Л.Л. Оппоненты имеют большое число публикаций с результатами теоретических и экспериментальных исследований в области геофизики и обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) является одним из ведущих научных центров фундаментальных исследований в области геофизики и горных наук в России, в нем активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем геомеханики, геофизики, геологии и горных наук.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан комплекс методических и технических решений, позволяющий исследовать горно-геологические и геокриологические условия россыпных месторождений криолитозоны методом георадиолокации;

предложены алгоритмы, программно-методическое обеспечение обработки данных, интерпретационные признаки и критерии, учитывающие установленные закономерности изменения характеристик георадиолокационных сигналов и особенности формирования радарограмм при зондировании массивов мерзлых горных пород;

доказано, что методика георадиолокационного мониторинга, основанная на применении установленной эмпирической связи скорости распространения электромагнитной волны и влажности горных пород ($7\% < W < 25\%$), учитывающей криогенное состояние и вещественный состав исследуемых дисперсных горных пород, позволяет оценить их влажность по данным георадиолокационных измерений, выполненным в разное время года;

введены типичные георадиолокационные модели верхней части геологического разреза россыпных месторождений Якутии, достоверно отражающие особенности строения и состояния массивов горных пород россыпных месторождений криолитозоны.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказан эффект пространственного гармонического резонанса на длинах волн, соизмеримых с геометрическими размерами пластовых льдов, проявляющегося в виде режекции спектра частот георадиолокационных сигналов, что дает возможность выявить наличие подземных льдов в массиве горных пород;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы современные методы моделирования и натурных экспериментальных исследований, позволившие построить георадиолокационные модели геологических разрезов россыпных месторождений криолитозоны с отображением палеорусел и строения дражного полигона, а также модели геокриологических разрезов, включающие подземный лед и талик;

изложены алгоритмы обработки данных георадиолокации массивов горных пород, учитывающие закономерности и особенности распространения георадиолокационных сигналов, позволяющие определить морфологическое строение участка исследования и картировать его структурные неоднородности;

раскрыты закономерности распространения георадиолокационных сигналов и особенности формирования волнового поля радарограмм при зондировании массивов многолетнемерзлых горных пород, на основе которых определены интерпретационные признаки структурных неоднородностей геологического строения россыпных месторождений криолитозоны;

изучены особенности распространения электромагнитных волн в мерзлых горных породах в процессе их оттайки, на основе которых разработана модель связи скорости распространения электромагнитных волн и влажности дисперсных горных пород, описываемая эмпирической формулой, учитывающая криогенное состояние и вещественный состав горных пород;

проведена модернизация алгоритмов обработки данных георадиолокации для выявления участков развития криогенных процессов в грунтах основания горно-технических сооружений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена технология георадиолокационных исследований, позволяющая прослеживать границы продуктивных горизонтов, определять местоположение зон нарушенностей строения массивов горных пород, картировать пространственное распределение геокриологических параметров разрабатываемого массива горных пород, что имеет важное значение для выбора рациональных технологических решений открытой разработки россыпных месторождений и обеспечения безопасности проведения горных работ;

определены интерпретационные признаки георадиолокационных волновых полей, связанные с участками повышенной влажности, пучения пород, зон суффозии для оценки геокриологических условий разрабатываемого породного массива россыпных месторождений криолитозоны;

создана технология георадиолокационных наблюдений в режиме мониторинга для выявления и контроля развития криогенных процессов в грунтах оснований горнотехнических сооружений, эксплуатируемых при освоении россыпных месторождений;

представлен программно-методический комплекс георадиолокационного мониторинга криогенного состояния массива горных пород, включающий специализированный алгоритм для выявления негативных криогенных процессов и оценки влажности пород и позволяющий систематизировать результаты измерений и обработки, хранить их в базе данных (БД) и отображать в геоинформационной системе (ГИС).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных работ получены с применением сертифицированного оборудования и современных, апробированных методик в объеме, необходимом для статистической обработки данных;

теория построена на основе фундаментальных физических законов, согласующихся с известными и экспериментальными данными. Параметрическое обеспечение и калибровка моделей выполнены на основании результатов компьютерного моделирования и полученных натурных данных;

идея базируется на анализе георадиолокационных волновых полей и классификации составляющих волнового поля; экспериментах по регистрации данных георадиолокации с применением различных методик зондирования; сравнении синтетических и реальных волновых полей; статистическом анализе и обобщении полученных результатов, геологической интерпретации радарограмм;

использовано сравнение полученных в диссертации результатов моделирования и натурных экспериментальных исследований с результатами полученными другими авторами, проводившими исследования в области георадиолокационных исследований;

установлена сходимость результатов натурных и аналитических исследований с фактическими данными о строении и состоянии массива горных пород, подтвержденных бурением заверочных скважин и шпуров (погрешность не превышает 10%).

использованы передовое оборудование для регистрации георадиолокационных данных, а также современные программные комплексы, позволяющие проводить их эффективную цифровую обработку и интерпретацию.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач, разработке георадиолокационных моделей и интерпретационных признаков радарограмм для исследования неоднородностей строения массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны. Автором лично предложены оригинальные методики, разработаны алгоритмы программного обеспечения, реализующие процесс цифровой обработки данных; выполнена их апробация при георадиолокационных исследованиях горно-геологических условий участков разрабатываемых месторождений Якутии; проведены эксперименты по физическому моделированию в лабораторных условиях и полевые исследования на первых этапах при участии, а в последствии под руководством автора; выполнен анализ полученных результатов; сформулированы научная новизна, основные научные положения диссертации и выводы.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается

наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям п. 9 постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней», (с изменениями и дополнениями): в ней содержатся разработанные теоретические положения, совокупность которых можно рассматривать как научно обоснованный комплекс новых технических и технологических решений для выполнения георадиолокационных исследований, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие минерально-сырьевой базы.

На заседании 26 июня 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Федоровой Л.Л. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против - нет, не проголосовало - нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.1.201.02
д-р техн. наук, профессор
Санфиоров Игорь Александрович

 Санфиоров И.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.201.02
канд. техн. наук
Лобанов Сергей Юрьевич

 Лобанов С.Ю.

29 июня 2026 г.

