

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ТюмНЦ СО РАН
Н.С. Малыгина
« 17 » февраля 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ведущей организации Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук

на диссертационную работу Горохова Ивана Викторовича на тему отзыв "Влияние снежно-ледового покрова на результаты георадиолокационного зондирования донных отложений пресных водных объектов Якутии", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Актуальность темы диссертации соответствует цели диссертации – оценка влияния снежно-ледового покрова на результаты георадиолокации в зимний период. Большинство рек и озёр криолитозоны начинают промораживаться в середине октября и остаются в ледяном покрове более 6 месяцев в году, при этом мощность, строение и структура льда в реках и озерах меняются в течение всего холодного периода. В связи с этим в регионах с ранним ледоставом и длительным зимним периодом особенно актуален вопрос совершенствования приемов зимней георадиолокации, учитывающих оптимальные условия проведения исследований, их проектирования и выполнения без существенного снижения эффективности метода в сравнении с результатами, полученными с водной поверхности.

Структура и содержание. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 131 наименования. Общий объем работы включает 138 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 40 графических иллюстраций.

Степень достоверности и обоснованности научных положений полученных результатов исследования обеспечивается результатами численного моделирования и большим объемом экспериментальных и натурных измерений. Все исследования, описанные в диссертационной работе выполнены современным оборудованием с применением

разработанной методики исследований и данными контрольного бурения льда.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Впервые для условий криолитозоны проведена серия мониторинговых наблюдений, в которых исследовано распространение электромагнитных волн с центральными частотами 150, 250 и 400 МГц в гетерогенной системе «атмосфера – снежный покров – пресный лед – вода – донные отложения», с учетом изменения условий зондирования в течение зимнего периода и позволяющие прогнозировать эффективность исследований свойств и строения донных грунтов.

2. Установлена взаимосвязь между толщиной, структурой, диэлектрической проницаемостью сезонно-мерзлых покровов водных объектов криолитозоны (снег, лед) и глубиной зондирования георадарного сигнала, что определяет возможности метода при оценке мощности и строения донных отложений пресных водных объектов.

3. Установлено, что при толщине льда более одного метра и наличии снежного покрова наблюдается уменьшение уровня помех от трещин и верхней границы льда, что обеспечивает более надежную интерпретацию георадарных данных о строении донных отложений.

4. Разработано и апробировано новое техническое средство для полевых исследований – платформа, обеспечивающая регулирование высоты антенного блока, эффективность которой обоснована минимизацией естественных помех, возникающих во льду, что повышает достоверность георадиолокационного изучения строения донных отложений со льда.

5. Впервые предложен и апробирован методический подход к выявлению палеонтологических объектов (ископаемой мамонтовой кости) в донных отложениях с использованием георадара на основе морфологических признаков, служащих косвенными критериями оценки их ресурсного потенциала.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Разработано и внедрено новое техническое средство для полевых исследований – специализированная антенная платформа, позволяющая повысить качество данных за счет уменьшения погрешности при регистрации донных отложений пресноводных водоёмов с поверхности льда.

2. Обоснована методика с использованием разработанной платформы с ледового покрова в качестве стабильной опорной поверхности, что обеспечивает высокоточную географическую привязку данных и позволяет проводить повторные съемки в единой системе координат. Это создает основу для мониторинга сезонных и многолетних изменений инженерно-геокриологических условий дна водоемов, необходимого при

проектировании и эксплуатации подводных сооружений (трубопроводов, кабельных трасс, опор мостов).

3. Предложен и апробирован высокоэффективный метод картирования и оценки ресурсного потенциала донных отложений. На примере р. Колымы показана возможность дистанционного выявления участков, перспективных на наличие палеонтологических объектов (ископаемая мамонтовая кость), что позволяет оптимизировать планирование и проведение поисково-оценочных работ, повышая их экономическую эффективность и снижая экологическую нагрузку.

Личный вклад автора. Представленные в диссертационной работе экспериментальные и аналитические результаты выполнены непосредственно автором. Автор принимал личное участие на всех этапах исследований, включая полевые исследования, обработку и интерпретацию данных, разработку технического средства и математическое моделирование. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, в том числе 2 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 патента.

В первой главе диссертации содержит описание фундаментальных принципов работы георадиолокации, описание объекта исследования с точки зрения георадиолокационных исследований, а также проведен литературный обзор научных работ.

Вторая глава: проведено аналитическое решение ожидаемых результатов георадиолокации водных объектов при различных толщинах сред. Описана методика натурного эксперимента, заключающаяся в измерениях на протяжении всего периода ледостава для учета динамики накопления и нарастания снежного и ледяного покровов. Результаты натурных исследований дополнены данными численного моделирования на программном комплексе gprMax.

В третьей главе приведены результаты натурного моделирования георадиолокации донных отложений с поверхности льда и снега с применением разработанной антенной установки, позволяющей изменять высоту антенного блока над поверхностью. Наблюдаемые результаты раскрывают и обосновывают использование антенной установки для повышения эффективности приема полезных отраженных сигналов.

Четвертая глава содержит результаты апробации методических подходов, выявленных в результате натурных экспериментов. Разработаны критерии для оценки перспективности участков акваторий для добычи бивней мамонта, основанные на анализе донных отложений.

Защищаемые положения, следующие:

1. Установлено, что при георадиолокационном зондировании антенной с центральной частотой 150 МГц с поверхности пресного льда толщиной до 0,25 м эффективность не снижается по сравнению с зондированием с открытой воды, что подтверждает возможность его использования при исследовании донных отложений пресных водных объектов криолитозоны.

2. Разработан методический подход георадиолокационного зондирования с применением специализированной платформы, позволяющей повысить горизонтальную разрешающую способность и качество регистрируемых данных о строении донных отложений за счет повышения соотношения амплитудных значений сигнал/шум.

3. Доказана эффективность георадиолокации со снежно-ледяного покрова с использованием антенны частотой 150 МГц для мониторинга и картирования участков донных отложений р. Колымы, перспективных на наличие ископаемой мамонтовой кости, по характерным морфологическим признакам на радарограммах при глубинности зондирования до 12 м.

В заключении обобщены результаты исследований Горохова И.В. В результате проведённых исследований решена актуальная научно-техническая задача, связанная с повышением эффективности георадиолокационного изучения донных отложений водных объектов криолитозоны. Полученные результаты позволили обосновать возможности применения метода со снежно-ледяного покрова и предложить новые подходы к повышению достоверности получаемых данных.

Автореферат и научные публикации соискателя в полном объеме соответствуют содержанию диссертации. Диссертация соответствует паспорту специальности ВАК России 1.6.7. - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Не подвергая сомнению высокую научную и практическую значимость работы, необходимо отметить ряд **замечаний и вопросов**.

1. Учитывая сезонную зависимость качества данных, необходимо дать методические рекомендации, включающие оптимальное время проведения работ методом георадиолокации для исследования пресноводных акваторий, а также оптимальные мощности снега и льда.

2. Непонятно, в каком состоянии находятся грунты на дне акваторий: в мёрзлом или талом. Какое отношение имеет криолитозона к работе?

3. Текст работы содержит грамматические и лексические ошибки.

Соответствие диссертации научной специальности. Диссертация Горохова Ивана Викторовича "Влияние снежно-ледового покрова на результаты георадиолокационного зондирования донных отложений пресных водных объектов Якутии" является законченной самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, результаты которой обеспечивают решение фундаментальных проблем в области наук о Земле. Представленная к защите диссертация соответствует требованиям, установленных в пунктах 9-11, 13, 14 "Положения о присуждении учёных степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями от 01 октября 2018 г.) на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Горохов Иван Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7. - Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Общее заключение

Замечания не снижают научной ценности и высокого качества работы. Научные результаты исследования вносят вклад в решение актуальной проблемы геокриологии. Основные итоги работы заключаются в следующем: проведён критический анализ методов георадиолокации водных объектов Севера; выявлены ограничения при работе со льда и намечены пути улучшения. Полевыми исследованиями установлены закономерности распространения радиоволн в системе «снег–лёд–вода–дно» и влияние толщины покровов на сигнал при разных частотах. Разработана и апробирована технология зимней георадиолокации донных отложений, успешно применённая в инженерной геологии и палеонтологических поисках, что подтвердило влияние снежно-ледяного покрова на результаты и повысило надёжность данных.

Отзыв обсуждён и одобрен на расширенном заседании Ученого совета Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (протокол № 1 от «29» января 2026 г.).

И.о.директора ИКЗ ТюмНЦ СО РАН

А.В. Соромотин

Отзыв подготовили:

Судакова М.С., к.ф.-м.н., с.н.с. Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук.

Адрес: Россия 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, д.86. Сайт: <http://www.ikz.ru/>
29 января 2026 г.

_____ М.С. Судакова

Соромотин А.В., и.о. директора, д.б.н. Института криосферы Земли - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Адрес: Россия 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, д.86. Сайт: <http://www.ikz.ru/>

29 января 2026 г.

_____ А.В. Соромотин

Я, Судакова Мария Сергеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

29 января 2026 г.

_____ М.С. Судакова

Я, Соромотин Андрей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

29 января 2026 г.

_____ А.В. Соромотин

Подписи "Заверяю"

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук

*Губкина специосектор по коррач
2026 10.06*