



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук» о диссертационной работе Горюхова Ивана Викторовича: «Влияние снежно-ледового покрова на результаты георадиолокационного зондирования донных отложений пресных водных объектов Якутии».

В период подготовки диссертации соискатель И.В. Горюхов работал в ФИЦ ЯНЦ СО РАН в должности младшего научного сотрудника (июль 2019 г. – по настоящее время), в ИМЗ СО РАН в должности (по совместительству) ведущего инженера (с марта 2025 г. – по настоящее время), а также в части изучения озёр Бестяхской террасы (Центральная Якутия) принимал участие в гранте РНФ № 22-17-20040 (2023-2024) «Субаэральные и подозерные талики в сплошной криолитозоне Восточной Сибири: происхождение, современное состояние и реакция на изменение климата».

В 2019 г. И.В. Горюхов окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Амосова» по специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки» с присвоением квалификации «Горный инженер-геофизик». В 2021 г. поступил в очную аспирантуру Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, завершив обучение в 2024 г. Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель – Христофоров Иван Иванович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

По итогам обсуждения диссертационной работы И.В. Горюхова принято следующее заключение.

Личное участие автора. Диссертационная работа выполнена в рамках базового проекта ФНИ ИМЗ СО РАН 122011800076-2 (2021-2025) «Устойчивость природно-технических систем в криолитозоне и разработка технологий использования криогенных ресурсов» и гранта РНФ № 22-17-20040 (2023-2024) «Субаэральные и подозерные талики в сплошной криолитозоне Восточной Сибири: происхождение, современное состояние и реакция на изменение климата». Автор с 2019 года участвовал в подготовке и проведении полевых и экспериментальных исследований, проводимых ИМЗ СО РАН и ЯНЦ СО РАН в рассматриваемом регионе.

Представленные в диссертационной работе экспериментальные и аналитические результаты выполнены непосредственно автором. Автор принимал личное участие на всех этапах исследований, включая определение методических особенностей георадиолокации,

обработку и интерпретацию данных измерений, систематизацию и научный анализ полученных результатов.

Достоверность. Основные результаты исследований и положения диссертации были доложены и обсуждены автором на 11 всероссийских конференциях.

По теме диссертации опубликовано 14 работ: 3 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК Минобрнауки РФ, 11 – в материалах и тезисах научных конференций, а также зарегистрировано 2 патента.

Научная новизна.

1. Впервые для условий криолитозоны проведена серия мониторинговых наблюдений, в которых рассматривается 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 уменьшается уровень 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, обеспечивающее 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.

Защищаемые положения.

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 пресноводных водоемов криолитозоны.

2. Предложен методический подход георадиолокационного зондирования с применением специализированной платформы, позволяющий 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 антennы частотой 150 МГц для мониторинга и картирования участков донных отложений р. Колыма, перспективных на наличие ископаемой мамонтовой кости, по характерным морфологическим признакам на радарограммах при глубинности зондирования до 12 м.

Практическая значимость.

1. Разработано и внедрено новое техническое средство для полевых исследований – специализированная антенная платформа, – позволяющее повысить качество данных за счет уменьшения погрешности регистрируемых данных о донных отложениях пресноводных водоемов 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. Колыма 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.

Работа И.В. Горохова по классификационным признакам соответствует кандидатской диссертации по специальности 1.6.7 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (технические науки). Целесообразность защиты диссертации не вызывает сомнений.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Основные научные результаты, содержащиеся в диссертации И.В. Горохова и обосновывающие, выдвигаемые на защиту научные положения, отражены в следующих публикациях:

- статьи в ведущих рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Горохов И.В., Христофоров И.И., Данилов К.П. Оценка влияния сезонного льда и снега при георадиолокационном зондировании водных объектов суши на примере реки Лена // Успехи современного естествознания. 2025, №8.

2. Горохов И.В., Христофоров И.И., Данилов К.П., Петухова Е.С. Натурное моделирование георадиолокационного зондирования дна р. Колымы для поиска костных остатков животных мамонтовой фауны. Проблемы Арктики и Антарктики. 2025;71(1):74-86. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2025-71-1-74-86>.

3. Патент на полезную модель № 226629 U1 Российская Федерация, МПК G01V 3/15, G01S 13/88, H01Q 1/12. Платформа для антенного устройства георадара: № 2024110513: заявл. 17.04.2024: опубл. 14.06.2024 / И. И. Христофоров, И. В. Горохов, К. П. Данилов; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук.

4. Патент на изобретение № 2825556 C1 Российская Федерация, МПК G01V 3/15, G01S 13/88, H01Q 1/12. Способ зимнего георадиолокационного исследования подводных объектов: № 2024110515: заявл. 17.04.2024: опубл. 27.08.2024 / И.И. Христофоров, И.В. Горохов, К.П. Данилов; правообладатель ФБГУН ИМЗ СО РАН.

5. Петухова Е.С., Христофоров И.И., Чепрасов М.Ю., Нестерова Е.А., Горохов И.В., Данилов К.П., Боецков Г.Г., Протопопов А.В., Лыткин В.М. С дроном за мамонтами. Природа 2023, 07. DOI:10.7868/S0032874X23070013.

- в материалах конференций:

1. Христофоров И.И., Данилов К.П., Горохов И.В., Омельяненко П.А, Лебедева Л.С., Дэвид Густаффсон. Особенности георадиолокации пресноводных водоемов криолитозоны в зимний период. Сборник научно-практической конференции «Георадар 2021» / под редакцией М.С. Судаковой, М.Р. Садуртдинова. –М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2022. – 170 с. С.104-107

2. Христофоров И.И., Данилов К.П., Горохов И.В. В сборнике: Мониторинг в криолитозоне. Исследование влияния толщины льда на георадиолокацию донных отложений рек и озер в зимний период. Сборник докладов Шестой конференции геокриологов России с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов. Под редакцией Р.Г. Мотенко. М., 2022. С. 441-443.

3. Христофоров, И. И. Исследование влияния толщины льда на георадиолокацию донных отложений рек и озер в зимний период / И. И. Христофоров, К. П. Данилов, И. В. Горохов // Мониторинг в криолитозоне : Сборник докладов Шестой конференции геокриологов России с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов, Москва, 14–17 июня 2022 года / Под редакцией Р.Г. Мотенко. – М.: "КДУ", "Добросвет", 2022. – С. 441-443.

4. Горохов И.В., Христофоров И.И., Данилов К.П. Результаты физического моделирования георадиолокационного зондирования донных отложений пресноводных водоемов в зимний период // Электроразведка 2022: сборник тезисов научно-практической конференции, Москва, 26–28 октября 2022 года. – Москва: Издательский Дом "Академия Естествознания", 2023. – С. 169-176.

5. Горохов, И. В. Особенности георадиолокации пресноводных водоемов с поверхности льда / И. В. Горохов, И. И. Христофоров, К. П. Данилов // Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии: Материалы VII Всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием, посвященного 150-летию и 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Михаила Ивановича Сумгина и Кирилла Фабиановича Войтковского, Якутск, 27 июня – 07 июля 2023 года. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 2023. – С. 17-19.

6. Горохов, И. В. Предпосылки применения метода георадиолокации для обнаружения бивней мамонтов на дне пресноводных водоемов криолитозоны / И. В. Горохов, И. И. Христофоров, К. П. Данилов [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 30-летию Академии наук Республики Саха (Якутия) и 40-летию геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова, Якутск, 21–24 марта 2023 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2023. – С. 52-56.

7. Горохов, И. В. Результаты натурного эксперимента по георадиолокации с поверхности речного льда / И. В. Горохов, И. И. Христофоров // Аспирантские чтения-2023: Сборник материалов республиканской научной конференции, Якутск, 23 ноября 2023 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2024. – С. 18-20.

8. И. В. Горохов, И. И. Христофоров, К. П. Данилов Исакова Т.А., Петухова Е.С. Картирование донных отложений реки Колыма методом георадиолокации при поиске ископаемой мамонтовой кости // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-

Востока России 2024 : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук и 100-летию золотодобывающей промышленности Республики Саха (Якутия), Якутск, 26–29 марта 2024 года. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирское отделение Российской академии наук», 2024. – С. 446-449. – DOI 10.53954/9785604990100_446.

9. Опыт применения метода георадиолокации для поиска ископаемой мамонтовой кости на дне пресноводных водоемов бассейна Р. Колымы / Е. С. Петухова, И. И. Христофоров, К. П. Данилов, Горохов И.В., Чепрасов М.Ю., Михайлов Я.А. // Физико-технические проблемы добычи, транспорта и переработки органического сырья в условиях холодного климата: Сборник трудов III Всероссийской конференции, посвященной 25-летию Института проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, 10–13 сентября 2024 года. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2024. – С. 81-83. – DOI 10.24412/cl-37255-2024-1-81-83.

10. Горохов, И. В. Картирование донных отложений реки Колымы методом георадиолокации при поиске ископаемой мамонтовой кости / И. В. Горохов, И. И. Христофоров, К. П. Данилов [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России 2024 : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук и 100-летию золотодобывающей промышленности Республики Саха (Якутия), Якутск, 26–29 марта 2024 года. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирское отделение Российской академии наук», 2024. – С. 446-449. – DOI 10.53954/9785604990100_446.

11. Горохов, И. В. Результаты поиска ископаемой мамонтовой кости на дне и в донных отложениях реки Колымы методом георадиолокации в зимний период / И. В. Горохов, И. И. Христофоров, К. П. Данилов, Е. С. Петухова // Арктика - территория стратегических научных исследований : Сборник трудов II Арктического конгресса, Якутск, 20–22 сентября 2024 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 2024. – С. 64-67.

Диссертация «Влияние снежно-ледового покрова на результаты георадиолокационного зондирования донных отложений пресных водных объектов Якутии» Горохова Ивана Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.7 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение в диссертационном совете 24.1.076.01 при Институте мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

Заключение принято на объединённом заседании лабораторий инженерной геокриологии, подземных вод и геохимии криолитозоны, общей геокриологии, геотермии криолитозоны Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН.

На заседании присутствовало 40 человек. Результаты голосования: «за» – 40 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 2 от 29 августа 2025 г.

Заместитель директора Института
мерзлотоведения им. П.И. Мельникова
СО РАН по научной работе,
доктор географических наук

М.Н. Григорьев