

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ЯНЦ СО РАН

Чл.-корр. РАН



Лебедев М.П.

12 декабря 2023 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН)

Диссертация Прудецкого Николая Дмитриевича «Методика георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов россыпных месторождений криолитозоны», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

В период подготовки диссертации соискатель ученой степени Прудецкий Николай Дмитриевич работал в должности младшего научного сотрудника лаборатории георадиолокации Института горного дела Севера им. Н.В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

В 2005 г. соискатель окончил Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова с присуждением квалификации горного инженера по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

С 2005 по 2008 гг. проходил обучение в очной аспирантуре Института горного дела Севера им. Н.В.Черского Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)». Документы о сдаче кандидатских экзаменов, в том числе по специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», выданы Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» в 2023 г.

Научный руководитель – кандидат технических наук Соколов Кирилл Олегович работает в должности старшего научного сотрудника лаборатории георадиолокации Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

По итогам обсуждения диссертации «Методика георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов россыпных месторождений криолитозоны» было принято следующее заключение.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи совершенствования методического подхода по выявлению и картированию незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов (ПЖЛ) в рыхлых отложениях, позволяющего расширить область применения и повысить информативность георадиолокационного картирования массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны.

1. Основополагающим в работе является научное обоснование возможности эффективного выявления и картирования методом георадиолокации незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов в рыхлых отложениях массива горных пород россыпных месторождений криолитозоны, на основе комплексного анализа спектральных и динамических характеристик георадиолокационных сигналов.

Целью диссертационной работы является разработка методики, позволяющая выявлять и картировать ПЖЛ в рыхлых отложениях массива горных пород криолитозоны методом георадиолокации, позволяющей существенно повысить информативность результатов изучения строения массива горных пород криолитозоны.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Выполнить аналитический обзор геокриологических условий разработки россыпных месторождений криолитозоны;

2. Создать физико-геологическую модель массива мёрзлых горных пород с включением ПЖЛ на основе компьютерного и физического моделирования георадиолокационных измерений;

3. Обосновать георадиолокационные признаки выявления незатронутых термокарстом ПЖЛ в рыхлых отложениях массива горных пород криолитозоны;

4. Разработать методику картирования незатронутых термокарстом ПЖЛ в массиве мёрзлых горных пород методом георадиолокации;

5. Апробировать разработанную методику при эксплуатационной разведке россыпных месторождениях криолитозоны.

Основные результаты диссертации:

1. Установлены геокриологические условия массива горных пород, в том числе размеры ПЖЛ незатронутых термокарстом на россыпных

месторождениях криолитозоны для создания физико-геологической модели ПЖЛ.

2. Разработана физико-геологическая модель массива мерзлых горных пород с включением повторно-жильного льда, описывающая геологическое строение изучаемого объекта, значения электрофизических свойств в разрезе и содержащая радарограмму, на которой отображаются георадиолокационное волновое поле, аномалии и различные помехи.

3. На основе результатов компьютерного и физического моделирования распространения георадиолокационных сигналов в массиве многолетнемерзлых горных пород обоснованы критерии выявления ПЖЛ незатронутых термокарстом:

- Наличие двух гиперболических осей синфазности, расположенных одна под другой (наличие двух непрерывных осей синфазности расположенных одна под другой с гиперболическими «хвостами»);
- Повышенная изрезанность формы Фурье-спектра георадиолокационных трасс;
- Противоположность фаз сигналов верхней и нижней осей синфазности;
- Затухание ( $r$ ) электромагнитных волн, рассчитанное по амплитудам георадиолокационных сигналов, отраженных от верхней и нижней границ ПЖЛ, происходит в соответствии с  $r(\Delta t) = 0,74(\Delta t + k)$ .

4. Разработана и предложена методика картирования незатронутых термокарстом ПЖЛ в массиве мерзлых горных пород, отличающаяся комплексным анализом спектральных и динамических характеристик георадиолокационных сигналов.

5. Результаты апробации разработанной методики картирования незатронутых термокарстом ПЖЛ в массиве мерзлых горных пород на буровзрывных блоках прииска «Маят» и на участке горнотехнического сооружения прииска «Молодо» показали эффективность применения георадиолокации для изучения рыхлых отложений россыпных месторождений криолитозоны.

Все результаты диссертации получены лично соискателем при научном руководстве к.т.н. Соколова К. О.

Научная новизна работы состоит в: разработке физико-геологической модели массива горных пород криолитозоны с включением повторно-жильного льда; обосновании достаточности совместного анализа спектральных и динамических характеристик сигналов для выявления незатронутых термокарстом ПЖЛ в массиве горных пород криолитозоны методом георадиолокации; определении особенности спектральной характеристики (изрезанная форма Фурье-спектра) и структурных элементов георадиолокационного волнового поля (две гиперболические оси синфазности сигналов с противоположными фазами), получаемого при наличии в массиве горных пород криолитозоны объектов с ПЖЛ-подобной формой; установлении линейной зависимости затухания ( $r$ ) амплитуды

георадиолокационных сигналов от времени прохождения ( $\Delta t$ ), характеризующая электрофизические свойства ПЖЛ криолитозоны; разработке методики картирования незатронутых термокарстом ПЖЛ в массиве мерзлых горных пород, отличающаяся комплексным анализом спектральных и динамических характеристик георадиолокационных сигналов.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученной информации на стадии эксплуатационной разведки месторождений россыпных алмазов криолитозоны для выявления и картирования ПЖЛ в массиве мерзлых горных пород, что весьма важно для эффективного ведения буровзрывных работ при вскрыше торфов.

Научная ценность работы состоит в том, что разработанная методика применяется при проведении НИР ИГДС СО РАН, полученные результаты работы используются при разработке россыпных месторождений криолитозоны в РС (Я) открытым способом.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов, полученных автором, подтверждается компьютерным и физическим моделированием, большим объемом экспериментальных и натурных измерений, полученных с применением разработанной методики исследований; обработкой и интерпретацией данных георадиолокации, подтвержденных бурением и проходкой шурфов.

Личный вклад соискателя: компьютерное и физическое моделирование, экспериментальные и натурные исследования выполнены лично автором. Автор принимал непосредственное участие на всех этапах исследований в части постановки задач, разработки и создания физической модели, разработке методики георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов россыпных месторождений криолитозоны, систематизации и научном анализе полученных результатов.

Основные положения и результаты работы представлялись на 19 научных конференциях разного уровня, в том числе на: 17th International Conference of Ground Penetrating Radar in The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. on 18-21 June 2018. – (Switzerland, Rapperswil, 2018); Международном научном симпозиуме «Неделя Горняка» - (г. Москва, 2018, 2020, 2023); XI International symposium on Permafrost Engineering Magadan (Russia) – 2017 (Magadan, 2017); VII International Conference on Cryopedology Cryosols in Perfective: A View From the Permafrost Heartland on 21-28 august 2017. – (Yakutsk, 2017); Международной научной конференции «Проблемы комплексного освоения георесурсов» (г. Хабаровск, 2016); VI научно-практической конференции и выставке геофизического оборудования и программного обеспечения «ГЕОРАДАР - 2023» (22-24 марта 2023, г. Москва), Всероссийской научно-практической конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России» (г. Якутск, 2013, 2014, 2016, 2018, 2022, 2023); Всероссийской научно-практической конференции посвященной памяти чл.-корр. РАН М.Д. Новопашина

«Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России» (г. Якутск, 2015, 2019, 2021); Научной конференции молодых ученых и специалистов ИГДС СО РАН «Проблемы горной науки: взгляд молодых ученых» (г. Якутск, 2013, 2014).

Диссертационная работа Прудецкого Н.Д. «Методика георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов россыпных месторождений криолитозоны» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям, установленным пунктами №№ 9,10 и 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842, а также Паспорту научной специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» по пункту 7: «Создание на основе цифровых информационных технологий, методов, приборов, автоматизированных систем для изучения и контроля свойств горных пород и грунтов, строения и состояния их массивов, а также для прогнозирования динамических процессов и явлений».

Основные положения диссертационной работы отражены в 11 печатных работах, в том числе 4 статьи, опубликованные в научных изданиях, рекомендованных ВАК России, 2 индексируемые в Scopus, 1 программа для ЭВМ.

**Основные научные результаты диссертации опубликованы  
в следующих работах:**

***В рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ:***

1. Прудецкий, Н. Д. Методика георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов / Н. Д. Прудецкий, К. О. Соколов, П. А. Попков // Успехи современного естествознания. – 2022. - № 12. – С. 186-192.

2. Прудецкий, Н. Д. Аналитический обзор методов исследования трещин в четвертичных отложениях криолитозоны / Н. Д. Прудецкий, К. О. Соколов, Л. Л. Федорова // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 11. – С. 185-191.

3. Прудецкий, Н. Д. Физическое моделирование распространения электромагнитной высокочастотной волны в массиве горных пород с трещиной заполненной льдом / Н. Д. Прудецкий, К. О. Соколов, Л. Л. Федорова // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2018. – № 11 – С. 107–114.

4. Соколов, К. О. Картирование палеорусел на участках россыпных месторождений криолитозоны методом георадиолокации / К. О. Соколов, Н. Д. Прудецкий, Л. Л. Федорова // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2016. – Спец. вып. – С. 514-521.

***Индексируемые в Scopus:***

5. Prudetskii, N. D. GPR studies of overburden rocks with a crack filled

with ice during the development of alluvial diamond deposits in Yakutia / N. D. Prudetskii, K. O. Sokolov, R. A. Dyagileva // Conference Proceedings, Engineering and Mining Geophysics 2020, Sep 2020. - Volume 2020. - pp.1 – 6.

6. Prudetskii, N. D. GPR investigation of ice-filled cracks in loose deposits / N. D. Prudetskii, K. O. Sokolov, L. L. Fedorova, D. V. Savvin // GPR 2018: 17th International Conference of Ground Penetrating Radar in The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. on 18-21 June 2018. – Rapperswil, 2018. – pp. 331 – 334.

***Свидетельства о гос. регистрации программы для ЭВМ:***

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664678 Российская Федерация. Программа «Подсчет локальных максимумов Фурье-спектра данных георадиолокации для выявления повторно-жильных льдов» / Соколов К.О., Прудецкий Н.Д., Дьяконов А.И., Шамаев С.Д. ; правообладатель Федер. гос. бюдж. учреждение науки Федер. исследовательского центра «Якутский научный центр Сиб. отд. Рос. акад. наук. – № 2021663763. – заявл. 07.09.2021 ; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 10.09.2021.

***В прочих научных изданиях:***

8. Прудецкий, Н. Д. Методические особенности георадиолокационного изучения повторно-жильных льдов, не затронутых термокарстом для оптимизации параметров БВР на россыпных месторождениях криолитозоны / Н. Д. Прудецкий, К. О. Соколов // Горнодобывающая промышленность в 21 веке: вызовы и реальность: материалы Научно-практической конференции, посвященная 60-летию Якутского научно-исследовательского и проектного института алмазодобывающей промышленности «Якутнипроалмаз», г. Мирный (15-16 сентября 2021 г.). – Мирный. - 2021. – С. 171 – 172.

9. Федоров, В. Н. Лучевой метод квази-Т-волн при георадиолокационных исследованиях / В. Н. Федоров, Н. Д. Прудецкий, Л. Л. Федорова // Proceedings of the 27th International Conference «Microwave & Telecommunication Technology» (CriMiCo'2017) Sevastopol, Russian Federation, September 10—16. – 2017. – pp. 1562-1568.

10. Куляндин, Г. А. Георадиолокационные исследования рыхлых отложений на участках вскрышных работ россыпных месторождений криолитозоны / Г. А. Куляндин, Н. Д. Прудецкий // XI International Symposium on Permafrost Engineering Magadan (Russia) 2017. – Magadan, Russia, 5-8 september, 2017. – pp. 262-263.

11. Prudetskii, N. D. GPR studies of frozen unconsolidated sediments on alluvial deposits cryolithozone / N. D. Prudetskii, G. A. Kulyandin // Cryosol Working Group: VII International Conference on Cryopedology Cryosols in Perfective: A View From the Permafrost Heartland on 21-28 august 2017. – Yakutsk, 2017. – pp. 119-120.

Диссертация «Методика георадиолокационного картирования незатронутых термокарстом повторно-жильных льдов россыпных месторождений криолитозоны» Прудецкого Николая Дмитриевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Заключение принято на расширенном заседании ученого совета Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, проходившем 07.12.2023 г.

Присутствовало на заседании 12 членов Совета из 15, 8 приглашенных научных сотрудников. Результаты голосования: «за» – единогласно, «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол №7 от 7 декабря 2023 г.

Председатель заседания  
директор ИГДС СО РАН,  
д.т.н., с.н.с.

Секретарь, к.т.н.

  


Ткач С.М.

Саломатова С.И.