

ОТЗЫВ

**официального оппонента Владимира Васильевича Глазунова
на диссертацию Бричевой Светланы Сергеевны:
«Разработка методики изучения криогенных объектов при помощи
георадиолокации», представленную на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 -
Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых**

Диссертация посвящена обоснованию и разработке основных положений методики георадиолокационных исследований для изучения наиболее распространенных ледяных образований криолитозоны.

Изучение криогенного строения многолетнемерзлых пород приобретает все большую актуальность в связи с активным освоением приполярных регионов и связанных с ним интенсивным строительством объектов различного назначения и разработкой месторождений полезных ископаемых.

Криолитозона, содержащая ледяные образования, мерзлые и талые горные породы, является крайне сложным для геофизики объектом исследований, поскольку характеризуется пестрым и контрастным пространственным распределением физических свойств, которое обусловлено различным фазовым состоянием воды в горных породах. Для повышения достоверности результатов исследований таких сред целесообразно использовать комплекс геофизических методов. Но несомненный научный интерес представляет также оценка возможностей и ограничений монометодного подхода, основанного на применении георадиолокации, которая обладает наиболее высокой разрешающей способностью, столь необходимой для изучения ледовых структур. В связи с этим тема диссертации актуальна как по выбору объекта исследований, так и метода решения поставленных задач.

Общий объем рецензируемой работы составляет 168 страниц, включает 88 иллюстраций, 3 таблицы и список литературы из 119 наименований, из которых 71 – на иностранных языках.

В Главе 1 на основании обзора и всестороннего анализа литературных источников охарактеризованы основные этапы развития криолитосферной георадиолокации в нашей стране и за рубежом. Увлекательно и полно описаны взлеты и падения, преимущества и недостатки георадиолокации для изучения мерзлотных разрезов. Охарактеризованы основные объекты изучения, технологии обработки и принципы геологической интерпретации данных георадиолокационных наблюдений. Обзор базируется на детальном рассмотрении накопленного опыта и представлен на 50 страницах текста.

На основании изложенного в главе 1 материала намечены пути решения выявленных проблем, показаны перспективные направления развития метода и охарактеризованы в общих чертах цели и задачи диссертационных исследований, связанные, в основном, с разработкой методики изучения основных типов криогенных объектов.

В главе 2 кратко изложены хорошо известные основы метода георадиолокации. Представлены общие формулы, характеризующие распространения электромагнитных волн в поглощающих средах. Приведены основные понятия метода георадиолокации, используемые в работе.

На основании материала, изложенного в главе 3, обосновано первое защищаемое положение. В главе дана обобщенная и всесторонняя геологическая характеристика исследуемых типов криогенных образований, к которым отнесены полигонально-жильные льды (ПЖЛ), псевдоморфозы по ПЖЛ и бугры пучения.

Создание электрофизических моделей справедливо заявлено важным этапом обоснования методики изучения криогенных объектов методом георадиолокации. В отличие от геологических представлений описание электрофизических моделей изучаемых объектов дано схематично. Синтез электрофизической модели, как известно, предусматривает преобразование качественных геологических представлений в цифровую модель объекта, которая характеризует пространственное распределение значений электромагнитных свойств в её пределах, включая вероятный диапазон их

изменений. Следует также заметить, что характеристика волновых эффектов, отражающих строение и параметры моделей объектов, даны на качественном уровне в виде общих описаний признаков без ссылок на соответствующие георадарограммы.

В целом, вывод автора о том, что метод георадиолокации можно успешно применять для картирования, определения структуры и геометрических параметров рассмотренных моделей криогенных объектов правомерен и обоснован.

Главу 4 диссертации можно расценивать в качестве основной, так как в ней содержится обоснование 2-го защищаемого положения и описаны результаты исследований, составляющие основу 3-го положения.

Второе защищаемое положение основано на разработке новой методики определения скорости электромагнитных волн *in situ* на центральных частотах антенных блоков, используемых для проведения съемки. Ценность предлагаемой методики заключается в том, что с её помощью можно получить ключевую для преобразования георадарограммы в георадиолокационный разрез информацию об электромагнитных свойствах геологического разреза. Необходимо отметить, что разработанную методику целесообразно применять и для оценки такого важного для планирования георадиолокационных исследований свойства, как удельное затухание электромагнитных волн в геологическом разрезе.

В этой главе подробно и всесторонне рассмотрена технология численного моделирования волнового электромагнитного поля с помощью программы GprMax. Автор скрупулезно и профессионально изучила особенности синтеза моделей, а также справедливо указывает, что выбор оптимального размера ячейки сеточной модели оказывает существенное влияние на результаты расчетов. В разделе сформулированы и обоснованы требования к выбору параметров работы программы GprMax. Осуществлено исследование возможностей программы и выполнено её тестирование на эталонной модели.

Не совсем понятно, в контексте рассматриваемых криологических моделей, с какой целью проведен подробный анализ влияния проводимости среды на динамические атрибуты волнового электромагнитного поля. Тем более, что в анализ включена среда с проводимостью $0,1 \text{ См/м}$, в которой метод георадиолокации практически не работает.

Теоретические георадарограммы синтезированы для различных моделей полигонально-жильного льда и его псевдоморфоз. Не совсем понятно, почему результаты расчета волновых полей для моделей бугров пучения, рассматриваемых в работе, не представлены в этом разделе.

Автор справедливо оценивает эффективность применения численного моделирования для анализа и выявления особенностей волнового поля, формирующегося при изучении реальных криогенных объектов, основываясь на моделировании реальной ледяной жилы. Сравнение георадарограмм, полученных в результате полевых работ и численного моделирования, показало наличие различий между ними, но при этом характерные особенности волнового поля в виде дифракционных гиперболических волн близки.

Важным дополнением к теоретическим исследованиям являются результаты физического эксперимента, выполненного на аналоговой модели жильного льда посредством проведения микрогеорадарной съемки. Ценность аналогового моделирования состоит в возможности оценить отклик среды на воздействие реальной антенной системы георадара. Приведенные результаты математического и физического моделирования демонстрируют удовлетворительное соответствие основных кинематических и динамических атрибутов волнового поля, полученных на независимых моделях.

В главе 5 представлено детальное описание методики и результатов полевых работ, проведенных автором на различных мерзлотных объектах в нашей стране и за рубежом. Полевые данные, полученные на четырех типах криогенных объектов, демонстрируют сложность поставленных в диссертации задач и существенно дополняют и уточняют результаты проведенного моделирования.

На основании материалов, изложенных в этих главах, сформулировано 3-е защищаемое положение. Заключение автора о том, что предложенный набор кинематических и динамических атрибутов волнового поля позволяет выявлять георадиолокационные эффекты криогенных объектов рассмотренных типов, сомнений не вызывает. Для практического применения важно было бы уточнить, в каких условиях некоторые из этих атрибутов не наблюдаются или проявляются недостаточно четко. Например, на георадарограмме вдоль профиля над псевдоморфозой (рис.79), указанные автором дифракционные гиперболы слабо выражены, а признаки, соответствующие кровле МПП, проявились недостаточно ясно для её уверенного пикирования (рис.80).

В целом, представленная работа логично и содержательно раскрывает реализацию поставленных целей и задач. Основные ее результаты достаточно полно представлены в автореферате и опубликованных работах соискателя. Высказанные по ходу рассмотрения диссертации замечания не снижают ее научной и практической значимости.

Основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, а также докладывались на научных конференциях и семинарах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Каждое из защищаемых положений является результатом проведения оригинальных теоретических и экспериментальных исследований, оценка достоверности получаемых результатов, выполненных на основе использования современных технологий метода георадиолокации, не вызывает сомнений в достоверности полученных выводов и заключений.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы результатами математического и физического моделирования, а также экспериментальными полевыми работами.

Научная новизна работы заключается, прежде всего, в методике определения скорости электромагнитных волн на основе «натурного

моделирования», а также в обосновании электрофизических моделей основных типов криогенных объектов.

Практическая значимость связана с разработкой методических рекомендаций, которые, несомненно, следует использовать при изучении криолитозоны, это доказывают разнообразные примеры применения георадиолокационных исследований криолитозоны с учетом установленных ограничений, описываемых в работе.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Бричева Светлана Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор кафедры геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

Глазунов Владимир Васильевич



Подпись

В.В. Глазунова

Закреплено:

Заведующий отделом

испытаний

Е.Р. Яновицкая

06

04

2018 г.

Контактные данные:

тел.: +7 921 316 27 42, e-mail: vvglazounov@mail.ru

06 апреля 2018г.

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 04.00.12 – геофизические методы поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых

Адрес места работы:

199106, Россия, Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2,

Геологоразведочный факультет ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский Горный
университет»

Тел.: +7 812 328 82 75; e-mail: Glazounov_VV@pers.spmi.ru