

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института мерзлотоведения СО РАН
член-корреспондент РАН



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Оленченко Владимира Владимировича
«ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КРИОЛИТОЗОНЫ СИБИРИ И
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ»,
представленную на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Актуальность темы диссертации. Выполненное исследование приобретает особую актуальность в условиях глобального потепления и усиления антропогенного воздействия, ведущих к существенным изменениям криолитозоны: повышению температуры мерзлых толщ, активизации термокарста, образованию таликов, изменению состояния грунтов и эмиссии парниковых газов. Геофизические методы, в частности электротомография (ЭТ) с 2D/3D-инверсией, становятся ключевым инструментом мониторинга этих процессов, преодолевая ограничения традиционных подходов (ВЭЗ, ЭП). Особую значимость работа приобретает для слабо изученных регионов, таких как горная криолитозона Алтая, где мерзлота крайне чувствительна к изменению температуры и критически важна для инфраструктурных проектов, в частности проектирование строительства газопровода через плато Укок, противооползневые меры на Чуйском тракте и пр. Не менее важна разработка моделей субаквальной криолитозоны, где термокарст и дегазация шельфа трансформируют мерзлые толщи, влияя на состояние и устойчивость прибрежных зон. Диссертация восполняет пробел в интерпретации данных ЭТ, предлагая интеграцию ландшафтных и биологических индикаторов для снижения неоднозначности результатов, что особенно актуально при анализе пластовых льдов – потенциальных «покрышек» для воронок газовых выбросов. Таким образом, работа сочетает фундаментальный вклад в понимание динамики мерзлотных систем с практическими решениями для минимизации рисков в условиях климатических и техногенных вызовов.

Диссертационная работа В.В. Оленченко состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 186 наименований на русском и 73 – на английском языках. Объем работы 177 страниц, 3 таблицы и 83 рисунка.

По содержанию диссертация в целом представляет собой фундаментальное исследование, посвященное разработке геоэлектрических моделей криолитозоны Сибири и Центральной Азии. Работа выполнена на современном методическом и высоком научном уровне, отличается структурной целостностью, логичностью изложения и практической значимостью. Автор демонстрирует глубокое понимание предмета, сочетая современные геофизические методы с геокриологическим анализом. Результаты исследования вносят существенный вклад в развитие мерзлотоведения и инженерной геологии.

Первая глава посвящена выбору эталонных моделей для различных типов криолитозоны. К авторскому выбору участков работ замечаний нет, районы работ отобраны в соответствии с геокриологическими признаками данного типа криолитозоны: области сплошного, прерывистого и островного распространения, участки закарстованного побережья шельфа моря Лаптевых с повсеместными пластовыми и др. типами льда; и другие участки.

Во второй главе диссертации представлены результаты работ в горных областях Алтая и Тянь-Шаня. Для профилирования на участке длиной около 5 км были выбраны относительно ровные участки склона хребта, использовались контрольные логгерные измерения температур в пределах деятельного слоя. В результате, на начальном участке длиной 1200 м зафиксирован высокоомный разрез сплошного типа, закономерно переходящий по мере уменьшения высот профиля в прерывистый тип, и, также закономерно, практически полное выпадение больших УЭС на малых высотах долинного участка профиля. Также были обследованы каменные глетчеры с установлением их блокового характера, наличием ледяных ядер, увеличивающейся с высотой, сплошности их распространения.

Третья глава посвящена геоэлектрическим исследованиям субэзаральной криолитозоны Ямала и Гыдана, результаты которых представлены в виде многочисленных геоэлектрических моделей, включающих залежи пластовых и жильных льдов, морозобойных трещин. Участок развития Ямальского кратера покрыт профильной сеткой, отработан и представлен в виде геоэлектрической модели. Также отработаны участки на полигоне Парисенто и участки нарушенной негативными криогенными процессами, дорожной инфраструктуры. Построено, проанализировано и интерпретировано множество геоэлектрических разрезов данного района, которые в своей совокупности указывают на наличие пластовых льдов, а также возможность установления границ их распространения совместно с другими типами подземных льдов. Проведена оценка геоинженерных рисков повреждения оснований инженерных сооружений.

В четвертой главе изложены возможности метода электротомографии по выявлению участков термосуффозии, выявлению подземных русел геофильтрации и участков разгрузки подземных вод. Геоэлектрические площадные работы методом геоэлектротомографии и георадиолокации проводились на геокриологическом полигоне Улахан-Тарын (среднее течение р. Лена, Бестяхская терраса), на котором широко представлены процессы развития термосуффозии, включая разгрузочные подземные пещеры. Также работы методом электротомографии и георадиолокации по выявлению подземных русел фильтрации и участков их разгрузки проводились в Магаданской области, в бассейне р. Анмангында. К сожалению, в главе приведены, только радарограммы, но не временные или глубинные георадиолокационные разрезы. Тем не менее, построенная объемная геологическая модель участка позволяет уверенно выделить в мерзлом массиве подрусловый талик и разломную зону, а «сопутствующие» геоэлектрические разрезы УЭС, совместно с радарограммами, позволили автору построить геоэлектрическую модель с наличием «трубообразных» потоков подземной фильтрации в пределах гидрогенного талика участка исследований.

Пятая глава посвящена разработке и построению геоэлектрической модели развития озерного термокарста и субаквальной криолитозоны в прибрежной зоне моря Лаптевых. Работы проводились методом становления поля на акватории одной из лагун, а также методом электротомографии, по совпадающим, в целом, профилям. По результатам цикла камеральной обработки, включая численное моделирование, решение обратной задачи средствами специализированного ПО, получена двуслойная модель местной криолитозоны с наличием реликтовых таликов. Дополнительно, по геоэлектрическим данным, автором дополнена геокриологическая модель, вероятно зарубежных авторов, трансформации исследованного им участка субаквальной криолитозоны.

Шестая глава посвящена обоснованию использования ландшафтных индикаторов при интерпретации геоэлектрических разрезов. Обоснование сводится, видимо, к тому, что развитие негативных криогенных процессов меняет на участке их развития ландшафтно-биоценозную обстановку, что можно при определенных условиях использовать при интерпретации данных. Полученные автором результаты, по нашему мнению, говорят о приуроченности биоценозных факторов к тальмам участкам исследуемой области.

В заключении автор оригинально подводит итог проделанной работы, демонстрируя

научную новизну через создание усовершенствованных геоэлектрических моделей горной криолитозоны, включая блоковое строение каменных глетчеров и их движение как неньютоновских жидкостей, что пересматривает традиционные представления. Соискатель подчеркивает, что применение современных методов электротомографии, 2D/3D инверсии и интеграция ландшафтных признаков (фитоиндикаторы, биологические маркеры) повышает точность интерпретации данных, снизив неоднозначность геокриологических выводов. Кроме того, автор обозначает перспективные направления, включая переход от геоэлектрических моделей к температурным распределениям и разработку методик борьбы с наледями, что создаёт основу для дальнейших междисциплинарных исследований в условиях климатических изменений.

Новизна полученных результатов и выводов. Научная новизна связана, прежде всего, с оригинальными полевыми данными, результатами их обработки и интерпретации, в виде соответствующих геоэлектрических моделей, исследованных автором и указанных в диссертации участков криолитозоны.

Апробация работы и публикации. Материалы диссертации изложены в ряде статей и докладов на всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Также, результаты авторских геоэлектрических исследований имеют весомую значимость как подтверждающие геокриологические положения относительно состояния субаквальных, горной и равнинной субаэральной и, частично субмаринной, криолитозоны РФ. Следовательно, апробация результатов выполнена в полной мере, а материалы исследования получили одобрение не только российского, но и мирового научного сообщества.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации. Научные положения диссертации В.В. Оленченко обоснованы комплексным применением методов, верификацией независимыми данными и практической апробацией. Выводы соответствуют поставленным задачам и вносят значительный вклад в развитие геофизики криолитозоны, предлагая новые подходы к интерпретации данных с учётом ландшафтных признаков и биологических индикаторов геокриологических условий в решении прикладных задач. К защищаемым положениям замечаний не имеется, каждое обосновано, включая спорное на первый взгляд, положение об использовании криофильного фактора при интерпретации геоэлектрических данных. Все выводы, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы и доказаны большим фактическим материалом (полученным лично автором и при его участии), выполненными на современном оборудовании и с применением новейших методик.

Практическая значимость работы заключается в повышении достоверности интерпретации данных геоэлектрики при решении задач инженерного мерзлотоведения, что позволяет оптимизировать проектирование для обеспечения безопасной эксплуатации инфраструктуры в криолитозоне. Разработанные подходы успешно применены для оценки рисков деформаций газопроводов, автомобильных и железных дорог на примере объектов в Ямало-Ненецком автономном округе, Якутии и Забайкалье. Методики выявления пластовых льдов, каналов дегазации и термосуффозионных провалов обеспечивают прогнозирование опасных процессов (образование кратеров, наледей, просадок), что снижает аварийность и затраты на обеспечение рабочего состояния сооружений. Результаты внедрены в практику ООО «Газпром добыча Надым» и используются при разработке противооползневых и противоналедных мероприятий, повышая безопасность и устойчивость объектов в условиях деградации многолетнемёрзлых пород.

Замечания по диссертационной работе

1. В части использования данных георадиолокации обычно используют временные или глубинные георадиолокационные разрезы, пересчитанные по слоям с установленным значением диэлектрической проницаемости, а не исходные полевые радарограммы.

2. Из сформулированных автором пяти научных задач в первой главе работы, пятая вызывает сомнение в уместности ее постановки и решения в данной работе. Ландшафтные

индикаторы безусловно нужны геокриологу, в том случае, когда у него нет возможности использовать геофизику, чтобы уверенно отделить талые грунты от мерзлых. Для геофизика же, занимающегося изучением геоэлектрического строения и располагающего соответствующими методами, такой необходимости нет.

3. Показанная на рис. 3.1. аномалия УЭС, проинтерпретированная автором как пластовый лед, скорее является линзой льда, ограниченной по мощности 15 м, а по протяженности 60 м. Этот объект вряд ли можно считать эталонным для территории с распространением пластовых льдов. Более мощный и более протяженный пластовый лед не мог бы быть оконтурен даже просто исходя из глубинности метода ЭТ. Кроме того, существует проблема экранирования льдом или высокольдистым горизонтом электрических токов. Поэтому, автору не стоило браться за заявленную им третью научную задачу, используя электротомографию, при априорно известной мощности пластовых льдов 20-50 м и протяженности их в несколько км на данной территории. Здесь речь может идти только о площадном оконтуривании электротомографией вертикальных границ.

4. Использование биогенных факторов при интерпретации геофизических данных приурочено к талым областям, которые, как правило, всегда уверенно выделяются на разрезах по принципу «талое-мерзлое». Но в отдельных «геоэлектрически патологических» случаях, они, вероятно, могут уточнить положение талого участка на разрезе.

5. Воспроизводимость результатов относится к долговременным, многолетним факторам, см. раздел «Частные замечания» о контроле сезонной воспроизводимости результатов. Частично автор проводил повторные наблюдения, которые оказались идентичными и совпали; и частично может быть компенсирована компьютерным моделированием.

7. Касательно текста второго защищаемого научного положения. Сплошного распространения пластовых льдов в природе не существует, их распространение всегда ограничено. Ограничением применимости метода электротомографии для регистрации подошвы пластовых льдов, на самом деле, являются недостаточный разнос питающих электродов и известный эффект экранирования пластами льда значительной мощности, препятствующими электрическому току.

8. В четвертой главе крайне не хватает сопоставления результатов ЭТ с данными бурения скважин и другими априорными сведениями с последующим, соответственно, анализом.

9. Касательно латеральных геоэлектрических планов, можно упомянуть известную проблему площадной интерполяции: если шаг между геоэлектрическими профилями намного больше шага по пикетам профиля (стр. 106), то полученные аномалии на построенном плане будут «растянуты» между профилями; шаг между профилями, как и шаг между пикетами, выбирается, как известно, исходя из разрешающей способности метода.

10. В работе диссертанта присутствуют повторные сезонные исследования, например, пластовых льдов и реликтовых таликов, в отношении которых среди геофизиков нет единого мнения, и поэтому требующие определенного комментария. Контроль посезонной воспроизводимости результатов профилирования, например, в субаквальных областях РФ, с календарной точностью до нескольких дней и «геоэлектрической» точностью до наземных метеоусловий, теплофизически простирающихся в приповерхностный слой и формирующих геоэлектрические сезонные вариации УЭС в деятельном слое, видимо, должен быть обязательным требованием проведения многолетних мониторинговых геоэлектрических исследований. Тем более, что интервал глубин деятельного слоя соответствует высокоразрешающей области геоэлектрических зондирований на постоянном токе, например, стр. 125, 126, но это, скорее всего, отдельная тема геофизических мониторинговых работ.

11. Стр. 42. «В 2013-2014 гг. при *моём* участии выполнено...». Исправить на «... при участии диссертанта ...», или «...автора...»

Оценивая работу В.В. Оленченко в целом, следует отметить следующее:

1. Диссертация является законченным научным исследованием, посвящённое разработке геоэлектрических моделей субаэральной и субаквальной криолитозоны, а также интеграции ландшафтных индикаторов в интерпретацию геофизических данных.

2. Содержание диссертационной работы В.В. Оленченко соответствует цели и задачам исследования.

3. Автором проделан большой объем многолетних работ по планированию и проведению полевых электроразведочных работ в различных географических областях РФ, по получению качественных полевых данных как отечественной, так и зарубежной геоэлектрической аппаратурой. Геоэлектрические работы проводились как на суше, так и в акваториях. Не меньший объем работ проделан по обработке полевых данных, подбору оптимальных параметров их обработки средствами специализированного программного обеспечения.

4. В диссертации показано уверенное и творческое владение обширными возможностями программного обеспечения решения прямых (моделирование ряда геокриологических ситуаций в диссертации) и обратных задач геоэлектрики в 2/3 мерной постановке.

5. Особенностью диссертации является ее авторский характер: подавляющее большинство проектов выполнено автором или при его прямом участии. Учитывая риски и неопределенности самостоятельного (при наличии консультационной помощи) проектирования и проведения полевых работ в различных географических областях РФ, а также цикла обработки данных, следует поставить автору в заслугу грамотное и связанное изложение объема работ, включая камеральный цикл.

6. Положительной стороной работы следует считать усилия автора по построению объемных геоэлектрических моделей, например, русел фильтрации или подрусловых таликов (стр. 93, 104), построенные в известной программе Voxler Golden Software. Возможность визуальной оценки фильтрующих породных массивов, характер подземной геометрии русел фильтрации позволяет специалистам взглянуть на проблему с некоторой новой точки зрения. Аналогичная ситуация с Ямальским кратером, которых на полуострове Ямал на самом деле множество, и они не совсем простой объект для геоэлектрики по причине невозможности протянуть профиль через воронку взрыва. «Объемно-геоэлектрическая» работа автора с указанием другого, близлежащего, потенциально возможного кратера показывает возможности геоэлектрики по исследованию и прогнозированию других аналогичных объектов криолитозоны.

7. Представляет определенный интерес результаты авторского комплексирования методов геoeлектротомографии и георадиолокации (стр. 116), которое (комплексирование), широко применяется за рубежом при геотехнических или агроинженерных работах. Поскольку разрешающая способность геоэлектрических методов, в целом, экспоненциально падает по глубине, то компенсировать эту проблему на относительно больших глубинах могла бы низкочастотная георадиолокация, что использовано и наглядно продемонстрировано автором (стр. 115, 116).

8. Выявление/подтверждение реликтовых таликов средствами электротомографии - весьма интересный результат автора. В целом, главы 4 и 5 диссертации полностью подтверждают эффективность геоэлектрических методов, электротомографии в частности, в задачах расчленения геологического разреза по принципу «талое-мерзлое».

9. Решение основных задач субаэральной криолитозоны основано на расчленении геологического разреза, опять же, по признаку «талое-мерзлое». В областях геоэлектрического разреза основных фазовых состояний пород его детализация проводится уже по другим признакам, например, по литологическому или по биофильным признакам, предложенных автором.

10. Независимо от ожиданий, результаты проделанной работы как в субаквальной, так и субаэральной областях достаточно представительны и согласуются с теоретическими

представлениями о характере распределения УЭС этих географических областей, в диапазоне глубин, характерных для поисковой геофизики на месторождениях полезных ископаемых. Другими словами, работы автора геокриологической направленности позволяют оценить геоэлектрическую картину, характерную при геофизических поисках месторождений полезных ископаемых - разрешающую способность, детальность и качество интерполяции, в том числе при площадных работах, в различных мерзлотно-геологических ситуациях.

11. Диссертация имеет четкую структуру, хорошо иллюстрирована, сам материал диссертации по всем главам изложен грамотно, в строгом соответствии с их названием. Обширный список литературы свидетельствует о проработке большого числа научных публикаций по теме диссертации. Положения защиты и выводы достаточно хорошо аргументированы фактическим материалом. Результаты исследований В.В. Оленченко хорошо известны в научных кругах геофизиков и мерзлотоведов. Они неоднократно обсуждались на различных всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Основные научные результаты диссертации отражены в 17 публикациях, из них 15 статей в изданиях с высоким уровнем научной ценности (К1 и К2).

12. Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа «ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КРИОЛИТОЗОНЫ СИБИРИ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ», отвечает требованиям пунктов 9-13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства от 26.09.2022 г. №1690, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор **Оленченко Владимир Владимирович** заслуживает присуждения учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Отзыв составили:

Начальник Вилюйской научно-исследовательской мерзлотной станции
Института мерзлотоведения СО РАН,
доктор технических наук,
специальность 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение
677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36
+79142585573
frozen@vnims.ru
Великин Сергей Александрович



Я, Великин Сергей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Ведущий научный сотрудник
лаборатории инженерной геокриологии
Института мерзлотоведения СО РАН,
доктор технических наук,
специальность 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение
677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36
+79142252980

