

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертационную работу**

Оленченко Владимира Владимировича

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КРИОЛИТОЗОНЫ СИБИРИ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
АЗИИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

по специальности 1.6.9 – геофизика.

Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-  
минералогических наук

1. Актуальность темы диссертации, представленной соискателем на рассмотрение оппонента, не вызывает сомнения. Актуальность работы обусловлена большими региональными проблемами, связанными с геокриологическими условиями на разнообразных ландшафтах северо-восточных территорий нашей огромной страны. Кроме этого, актуальность работы подчеркивается глобальными процессами потепления климата, которые на территории России развиваются наиболее интенсивно. Постепенно геокриология переходит от статичных представлений о строении многолетнемерзлых пород к динамике их развития, и диссертационная работа В.В.Оленченко в этом плане своевременна. Всё возрастающие темпы северного строительства линейных объектов и гражданского строительства в городах сталкиваются с вызовом, который в настоящее время сильно затрудняет проектирование и возведение строительных объектов: нужно, с одной стороны, добиваться четкой картины мерзлотно-геологического строения на данный момент, а, с другой стороны, нужно представлять перспективу долгосрочного прогноза в условиях возрастания требований к качеству возведения объектов.

Разнообразие затронутых автором диссертации проблем указывает на широкую эрудицию и глубокую компетенцию В.В.Оленченко в вопросах, касающихся криолитозоны. Предложенные автором методы исследования (электротомография, георадиолокация и зондирования становлением в ближней зоне) являются новым шагом в решении сложнейших задач в изучении многолетнемерзлых грунтов. Традиционная сейсморазведка и вертикальные электрические зондирования, оставаясь информативными методами, допол-

няются современными технологиями, расширяя возможности геофизики при решении крайне тяжелых задач при изучении мерзлотных разрезов.

Множество объектов, которые исследовал автор за время подготовки своей диссертации, являются значимыми сооружениями, которые находятся в непосредственной эксплуатации. Данная работа является особенно ценной, поскольку в её рамках решались актуально-значимые проблемы, связанные с защитой этих сооружений и прогнозом их устойчивой работы.

## 2. Защищаемый научный результат:

1. **«Высотная поясность горной криолитозоны проявляется возрастанием сплошности и увеличением УЭС опорного слоя, при этом азональные факторы приводят к возрастанию или уменьшению УЭС в зависимости от деградации или аградации мёрзлой толщи; абляционные каменные глетчеры в наиболее активных генерациях имеют блоковое строение.»** Важный момент в первом защищаемом положении на взгляд оппонента - это зависимость удельного сопротивления от состояния мерзлой толщи и наличие блоковой структуры в строении каменных глетчеров. При этом это защищаемое положение убедительно доказано на конкретном подробно разобранном примере криолитозоны на южном склоне Курайского хребта и абляционного каменного глетчера Городецкого в Заилийском Алатау. Очень убедительно обосновывается идея о блоковом строении каменных глетчеров в разных регионах планеты. Поэтому правильность первого защищаемого положения не вызывает сомнения.

2. **«При изучении мерзлотных разрезов с пластовыми льдами на севере Западной Сибири методом электротомографии возможно решение задач: выявления границ пластовых льдов на двумерных и в объёмных моделях, их парагенеза с повторно-жильными льдами; установления признаков опасных бугров пучения, оценки рисков потери устойчивости инженерных сооружений. Ограничением применимости метода для определения подошвы льдов является их сплошное распространение и УЭС более 100 кОм·м.»** Установлены геофизические признаки существования пластовых льдов в голоценовых пойменных отложениях р. Юрибей. ЭТ

позволяет выявить совместное образование и существование повторно-жильного (ПЖЛ) и пластового льдов в пойменных отложениях. В.В.Оленченко исследовал парагенез ПЖЛ с пластовыми внутригрунтовыми ледяными залежами разных типов, что дает новую информацию по истории и условиям формирования как жил, так и льдов. Геофизические исследования Ямальского кратера, выполненные автором диссертационной работы, позволили установить особенности распространения пластовых льдов, выявить признаки тепловой аномалии от промерзающего подозёрного талика, в пределах которого произошло накопление избыточного давления в основании кратера, что в конце концов привело к его взрыву. На ряде участков развития опасных экзогенных процессов был опробован метод ЭТ. Эти процессы представляют опасность для объектов вспомогательной инфраструктуры – трасс газосборных коллекторов, автодорог, линий электропередач. Данные ЭТ позволят точнее спрогнозировать вовлечение инженерных сооружений в зону влияния негативных процессов и тем самым изменить степень риска. Автором было показано, что результаты работ методом электротомографии на участках развития термоэрозии необходимо использовать для разработки мероприятий по инженерной защите. Вблизи стационара «Парисенто» аномалии низкого УЭС на разрезах, полученных по двумерной инверсии, связаны с боковым влиянием озёр, которое приводит к понижению УЭС отложений, в т.ч. пластовых льдов, на порядок. Понижение УЭС в геоэлектрических моделях может быть также вызвано боковым влиянием водоёма, которое начинает проявляться в виде псевдослоя низкого УЭС. На участке развития засоленных пород по данным ЭТ невозможно разделить талые и мёрзлые грунты, а пластовые льды выделяются однозначно. В связи со всем вышесказанным можно согласиться со вторым защищаемым положением.

**3. «В трёхмерных геоэлектрических моделях криолитозоны каналы фильтрации подземных вод выделяются трубообразными аномалиями пониженного УЭС, а пути их субгляциальной разгрузки маркируются сочетанием интенсивных гиперболических дифракций на радарограммах и зонами пониженного УЭС на геоэлектрических разрезах.»** Изучение гео-

электрических моделей участка развития термосуффозионных процессов и геоэлектрических глубинных моделей каналов фильтрации и разгрузки наледных вод весьма однозначно доказывает верность данного защищаемого положения.

4. **«В области развития озёрного термокарста с диаметром более 800 м субаквальная мёрзлая толща лагун представлена двумя слоями с аномально пониженным УЭС нескольких Ом·м, соответствующими современному и реликтовому таликам, возникшим в период голоценового оптимума.»** На конкретном полученном материале в заливе Тикси автор доказывает правильность своего вывода.

5. **«При интерпретации данных геоэлектрики наличие ерниковых зарослей и лиственницы даурской позволяет диагностировать аномалии высокого УЭС как многолетнемёрзлые породы, либо понижение их температуры. Зоны низкого УЭС на участках развития крупных талломов лишайника *Rizocarpon* sp., чозении или скопления крупных гнёзд муравьев *Formica aquilonia* или *Formica exsecta* на территории указывают на связь электрических аномалий с таликами, а не с литологическими неоднородностями.»** Исследования В.В.Оленченко показали, что использование растительных сообществ и муравьев в качестве индикаторов геокриологических условий и данных о распределении УЭС в разрезе даёт возможность однозначно выделять талые зоны в многолетнемёрзлых породах (ММП) и линзы мёрзлых пород на фоне талых.

### 3. Научно-практические результаты.

1) Выполнены исследования на эталонных объектах горной криолитозоны, субэкральной криолитозоны Западной Сибири, выполнено обоснование применения ландшафтных индикаторов геокриологических условий при интерпретации данных геоэлектрики.

Приведён пример пятикилометрового геоэлектрического разреза с перепадом рельефа 1 км, который был изучен на глубину 50 м методом электромографии (ЭТ) на восточном склоне Курайского хребта. В.В.Оленченко

установлено закономерное изменение в строении высокоомного слоя, выраженное в смене типа распространения от сплошного (более 90% мерзлоты) к прерывистому (80-50%) и островному (20-40%) при движении сверху вниз по гипсометрическому уровню, что соответствует изменению характера распространения ММП при смене высотных поясов.

В.В.Оленченко подробно рассмотрены результаты геофизических исследований на каменных глетчерах (КГ) и сделан вывод о необходимости пересмотра представлений об их реологических характеристиках. По мнению автора диссертационной работы механизм движения КГ имеет сложную природу. Начало движения соответствует вязкопластичному течению. Затем происходит разделение ледяного ядра на отдельные блоки, и их движение внутри валунно-глыбовой массы со щебенистым и супесчаным заполнителем происходит в соответствии с законом движения тиксотропных жидкостей.

Одним из главных азональных факторов, формирующих строение мёрзлой толщи и соответственно геоэлектрического разреза, по данным В.В. Оленченко является разломная тектоника, влияние которой показано на примере горной криолитозоны Алтая и Тянь-Шаня. С помощью электроразведки на конкретных примерах просматривается закономерность, когда сплошная мёрзлая толща на склоне северной экспозиции имеет высокое УЭС (45,0–110,0 кОм·м). При этом мощность слоя высокого УЭС превышает глубину исследований. На склонах южной экспозиции (с юга на север) УЭС мёрзлых пород понижается до 2,0–5,0 кОм·м, и геоэлектрический разрез становится невыдержанным. Уменьшение сопротивления грунтов связано с ростом их температуры, вызванной сменой экспозиции склона и с повышенным тепловым потоком по разлому.

Автором доказано, что любые инженерные сооружения могут вызывать техногенные азональные факторы, влияющие на строение межмерзлотных таликов (ММТ), нарушающие тепловой баланс, что при неправильном проектировании может привести к деформации фундаментов и разрушению зданий.

2) Исследования в Центральной части Ямала показали, что по результатам двумерной и трёхмерной инверсии данных ЭТ пластовые льды на геоэлектрических разрезах и картах выделяются высокоомными аномалиями. При этом при детальных исследованиях выделяются жильные льды и прослеживается их парагенез с пластовым льдом. На участках развития опасных экологических процессов (ОЭП) метод ЭТ позволяет картировать границы пластовых льдов для прогноза развития ОЭП и оценки степени риска поражения инженерного сооружения.

Подробно рассмотрены вопросы строения модели геоэлектрического разреза участка образования Ямальского кратера. Автором и коллегами из других организаций (Buldovicz et al., 2018; Khimenkov et al. 2019) установлено, что причиной его образования является объемный выброс с глубины 60–80 м из промёрзшего подозёрного талика воды и газа, образовавшегося в результате разложения и выделения из талого грунта метастабильного газогидрата.

Автором исследованы проявления пластовых льдов на геоэлектрических разрезах в пойме р. Юрибей Центрального Ямала. Было установлено, что под старым руслом р. Юрибей подрусловой талик практически не выражен на геоэлектрическом разрезе, что связано с прекращением отепляющего действия воды и восстановлением ММТ. Результаты ЭТ показали, что геоэлектрический «разрез пойменных отложений характеризуется высоким УЭС (от единиц до десятков  $\text{кОм} \cdot \text{м}$ ), что обусловлено его мёрзлым состоянием.

На Ямале метод ЭТ опробован на четырёх участках развития ОЭП. Исследования включали две подъездные автодороги к кустам газовых скважин, трассу газосборного коллектора, а также трассу высоковольтной линии электропередач. По геофизическим данным установлено, что пластовый лёд в пределах участка исследований не имеет сплошного распространения. При этом термоэрозия развивается вдоль линейно вытянутой аномалии высокого УЭС, связанной с жильным льдом, а ширина ледяной жилы, которая проходит через автодорогу, примерно равна 30 м.

На территории стационара «Парисенто» мощность ММП по данным ЗСБ, полученным В.В.Оленченко, достигает 250–300 м, при этом подошва

высокоомной толщи, включающей пластовые льды, залегает на глубине около 70 м. Было показано, что при УЭС пород более 100 кОм·м глубинность ЭТ ограничена 100 м, а аномалии низкого УЭС на разрезах, полученных по двумерной инверсии, связаны с боковым влиянием озёр. Отепляющее влияние озёр приводит к понижению УЭС. Преимуществом результатов инверсии данных ЭТ в двумерных и трёхмерных моделях являются возможности выявления локальных объектов и латеральных вариаций УЭС пород, связанных с изменением геокриологических условий. Ограничением применения ЭТ является УЭС верхней части разреза, превышающее 100 кОм·м, а также засоление пород. Полученные результаты являются основой для проектирования и проведения исследований с использованием ЭТ при изучении пластовых льдов Западной Сибири.

3) В.В. Оленченко показано (2017), что каналы фильтрации подземных вод в межмерзлотном талике формируют на геоэлектрических разрезах изометричные аномалии пониженного УЭС, а в плане прослеживаются в виде линейных зон, над которыми образуются суффозионные воронки. В трёхмерной геоэлектрической модели каналы фильтрации проявляются в виде трубообразных аномалий пониженного УЭС. ЭТ даёт возможность выявлять пути фильтрации подземных вод в межмерзлотном талике и прогнозировать места образования термосуффозионных воронок» (Оленченко и др., 2017).

4) Достаточно убедительно на множестве практических примеров автором было установлено, что в пределах наледей вертикальные каналы разгрузки подземных вод на георадарограммах выделяются интенсивными гиперболами дифракции отраженных сигналов, которые сопровождаются зонами пониженных удельных сопротивлений. Выявленные геофизические признаки зон разгрузки подземных вод в условиях криолитозоны имеют важное прикладное значение при разработке инженерных мероприятий по защите от наледных процессов.

5) В.В. Оленченко установлено, что в геоэлектрическом разрезе лагуны, расположенной в заливе Тикси, выделяется два слоя пород: верхний слой с низким УЭС соответствует современному талику и нижний слой с низким УЭС рассматривается как реликтовый талик. Область охлаждённых пород

развилась до глубины 20,40–30,0 м, в том числе благодаря диффузии и конвекции солей из морской воды. По мнению автора реликтовый талик выделен до глубины 80–100 м. На основе интерпретации данных ЗСБ получено, что размеры палеоозера, под которыми формировался талик, составляли 1450 × 900 м. Низкое УЭС пород реликтового талика связано с инфильтрацией солёной воды со стороны моря в результате деградации мёрзлой толщи между термокарстовой котловиной и морем в процессе трансгрессии.

б) Автором показано, что в пределах речных долин криолитозоны Забайкалья, Якутии, Горного Алтая и Северо-Востока России аномалии низкого УЭС, сопровождающиеся на поверхности рощами чозений и тополей, вызваны обводнёнными таликами. По данным ГРЛ в зимнее время в зоне разгрузки подземных вод под зарослями чозений отсутствует отражающая граница от подошвы сезонно-мёрзлого слоя. В результате специального полевого эксперимента было установлено, что на участках глубокозалегающих ММП или сквозных таликах существуют растительные и биологические индикаторы геокриологических условий, которыми являются скопления крупных гнёзд муравьёв видов *F. aquilonia* и *F. exsecta*.

#### 4. Замечания по диссертационной работе

Стр.14-27. Сделан обзор объектов и задач, которые решались на этих объектах, но общей обзорной карты нет и читать этот текст на 25 страницах очень некомфортно. Нет ссылок на схемы и карты в теле самой диссертационной работы. Оппоненту пришлось самому искать карты и ориентироваться на этом огромном пространстве Сибири, Казахстана и Дальнего Востока.

Стр. 42- 43. Автором выполняется описание результатов 3 профилей электротомографии и нет общей карты фактического материала.

Стр.48-51. В разделе диссертационной работы «Оценка достигаемой глубинности и разрешающей способности ЭТ» подробно рассматриваются алгоритмы расчетов вышеупомянутых параметров. Во-первых, эти алгоритмы реализованы автором программы Res2Dinv Loke M.H.. А, во-вторых, никакой принципиально новой информации они автору не дали. Для симметричной установки Шлюмберже с максимальным разносом АВ=235 м для гео-

электрических разрезов глубина исследования должна составлять в зависимости от типа разреза  $\sim 50\text{ м} \pm 20\text{ м}$ . Поэтому разрез, приведенный на рис.2.11 для глубин 100-150 м является изначально полностью бессмысленным и просто демонстрирует разнообразные возможности программы Res2Dinv. Разрез на рис. 2.12 «...нормализованной разрешающей способности» указывает на зону, где  $R_n > 5\%$ ; в которой результаты ЭТ можно считать достоверными. Если глубина исследования, в основном, обусловлена максимальным действующим разносом, то разрешающая способность  $R_n$  связана с особенностями строения геоэлектрического разреза и может быть рекомендована для массового применения в электроразведке методом ЭТ.

Стр.51. «...метод ЭТ хорошо дифференцирует ММП с УЭС 100–500 кОм·м.» Автор сам себе противоречит: во втором защищаемом положении он пишет: «Ограничением применимости метода для определения подошвы льдов является их сплошное распространение и УЭС более 100 кОм·м»». Именно рис.2.12, где параметр  $R_n$  демонстрирует невозможность отследить подошву глетчера из-за низких значений  $R_n$ . То есть логика В.В.Оленченко такая: если лед имеет сопротивление больше 100 кОм·м, то это плохо, а если ММП, то это - хорошо. Такой противоречивый результат нужно объяснить.

Рис.2.17 отсутствует.

Рис.3.4. Вызывает большие сомнения правильность расчета разреза кажущегося сопротивления. На разрезах кажущегося УЭС нет никаких признаков проявленности высокоомной линзы. Для двумерной модели геоэлектрического разреза на рис.3.4 мною выполнен расчет кажущегося сопротивления. Видно, что этот разрез радикально отличается от того, что нарисовано на рис.3.4. Так как результат инверсии на указанном рисунке является правдоподобным, это означает, что при составлении рисунка произошла досадная ошибка, которая сильно испортила общую картину.

На стр.75, когда речь заходит о результатах ЗСБ, указывается на наличие «...мощного инъекционного слоя льда», который «...обладает аномальной поляризуемостью, которая изменяется в пределах от 19 до 35 %». Как получен этот результат, что означает эта, на взгляд оппонента, очень важная информация, больше не было сказано ни слова. Обращает на себя внимание

поверхностное описание методики и аппаратуры при выполнении ЗСБ. Модели ЗСБ и ЭТ плохо согласованы ещё и потому, что проходят по разным практически взаимоперпендикулярным профилям. По результатам ЗСБ вся верхняя часть разреза глубиной до 60 м на исследуемом участке имеет сопротивление 370-740 Ом·м и ВП до 35%. По результатам двумерной инверсии данных ЭТ УЭС пород изменяется в пределах 25–25000 Ом·м. Модель по ЗСБ имеет примерно горизонтально-слоистое строение, что можно объяснить использованием большой петли (200x200 м) в ЗСБ; это привело к сильному осреднению результатов. Модель по ЭТ, напротив, существенно двумерна (или трехмерна). По результатам ЗСБ на глубине около 70 м проявилась граница между мерзлыми суглинками и солеными мерзлыми суглинками. При этом здесь наблюдается существенный контраст в электрических сопротивлениях. Внизу залегает слой 8 Ом·м, сверху 2000 Ом·м. На разрезах ЭТ эта граница не проявилась. Хотя расчет прямой задачи для кривой ВЭЗ с разносом около 200 м показывает, что кривая для геоэлектрического разреза ЗСБ ( $\rho_1=500$ ,  $h_1=50$ ,  $\rho_2=2000$ ,  $h_2=20$  и  $\rho_3=8$ ) в этой части будет наклонена сильно вниз и кажущееся сопротивление будет составлять менее 300 Ом·м, что даст существенную аномалию на разрезах. Если сопротивление второго слоя поднимется до 4000-5000 Ом·м, то нижний слой будет существенно заэкранирован.

Как построена 3D геоэлектрическая модель на рис.3.11 непонятно. В тексте работы упоминаются только два профиля ЭТ. Зона талых грунтов на двух разрезах приходится по глубине на середину кратера и если в «подозёрном талике...предположительно накапливалось избыточное давление воды и газа», то почему механически идеально была эксплозирована на поверхность и нижняя часть таликовой зоны по идеально цилиндрическому стволу? Возможно, это произошло из-за того, что источник взрыва был объемный, а не точечный, как это обычно бывает при взрыве метеорита или заряда на глубине. Наиболее правдоподобную версию механизма этого взрыва изложила команда московских геологов из МГУ во главе с Бычковым А.Ю. и Булдовичем С.Н. (Buldovicz et al., 2018). Эта работа хорошо знакома Владимиру Владимировичу, на выводы этой работы он в тексте диссертации ссылается, но

по сути его результаты немного расходятся с выводами москвичей. Я абсолютно не умаляю мнение В.В.Оленченко, но объяснить расхождения было бы весьма полезно.

В Главе 5 на стр.121 не показана методика морской электротомографии с французской аппаратурой «Syscal Deep Marine». Никаких технических характеристик для данной аппаратуры в тексте диссертации не указано, и сведений по методике съемки тоже нет. Глубина зондирований с этим геофизическим инструментом составляет всего 20 м и встает вопрос о целесообразности его использования в данном случае. Бурением наличие зон мерзлых и реликтовых талых пород под акваторией лагуны подтверждено только частично.

Безусловно, предложенные результаты исследования являются новым шагом в нашем понимании современного геофизического аспекта этой сложной материи, которая называется криосферой Земли. Хотелось бы сделать общие два замечания по сути представленной работы. Во-первых, несмотря на огромный фактический материал, представленный в диссертации, и общую канву, связанную с решением задач геокриологии, возникает незначительное сомнение о цельности всей работы. Во-вторых, в работе совершенно никак не рассмотрены вопросы современного взгляда на электромагнитные свойства мерзлых грунтов. Этот вопрос для автора остается за рамками рассмотрения решения геокриологических задач. С другой стороны, хочется отметить огромную любовь к природе севера и тех огромных пространств, на которых проводились исследования. Каждый раз автор с помощью последовательного изложения открывает перед нами очередную природную тайну. Заранее хочется сказать, что представленная нам работа безусловно соответствует докторскому уровню подходов и научных решений.

Отмеченные замечания и недостатки не снижают общее высокое качество выполненного исследования, и они не влияют на значение главных научных и практических результатов. Соискатель выполнил большую работу, которая включала отбор наиболее информативных геофизических методов, сформировал систему исследований на различных объектах, раскидан-

ных на огромной территории Восточной Сибири, Западной Сибири и Казахстана, провел полевые исследования на множестве объектов, расположенных в различных геологических регионах страны и провел обширные, физически трудновыполнимые исследования в горах с большим перепадом высот в условиях отрицательных температур. Все результаты хорошо дополняют друг друга. На множестве представленных в диссертации примерах автор продемонстрировал способность решать современные научно-технические проблемы геофизики и высокий профессионализм.

Диссертация В.В.Оленченко является завершенной научно-исследовательской работой. Она выполнена на высоком техническом и методологическом уровне и имеет четкую практическую направленность в области геокриологической, экологической и инженерной геофизики. Диссертационная работа В.В.Оленченко является важным этапом современного развития применения электроразведки при решении геокриологических задач. Результаты работы можно трактовать как абсолютно новый уровень решения важной научно-технической проблемы, имеющей огромное значение для современных представлений о строении криолитосферы и методах ее изучения с точки зрения экологической и инженерной геофизики. В течение последних 20 лет автор диссертационной работы зарекомендовал себя как известный специалист и опытный научный исследователь в области геокриологической геофизики, которого знает огромное число геофизиков в нашей стране.

Диссертация В.В.Оленченко соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Несмотря на высказанные замечания оппонента, научная новизна и защищаемые результаты данной диссертационной работы, ее практическая значимость и достоверность приведенных данных не вызывают сомнения в том, что данная работа является значительным научным вкладом автора в развитие малоглубинной геофизики для решения задач экологической и технической геофизики. Автореферат диссертации соответствует диссертации и

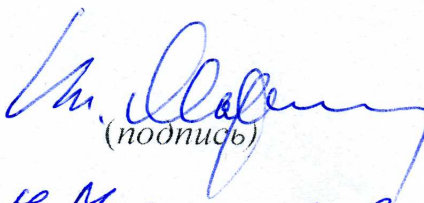
обсуждаемым защищаемым положениям и отражает основные выводы, полученные автором. Работа соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор **Оленченко Владимир Владимирович** заслуживает присуждения **учёной степени доктора геолого-минералогических наук** по специальности 1.6.9 – геофизика.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент

профессор кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

**МОДИН Игорь Николаевич**

  
(подпись)

Подпись Ч.Н. Модика заверяю:  
Заместитель декана Геологического  
факультета Д.Г. Колесников



Контактные данные:

тел.: 8 495 939 49 63, e-mail: [imodin@yandex.ru](mailto:imodin@yandex.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Адрес места работы: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, Ц-03, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геофизических методов исследования земной коры.

Тел.: 8 495 939 13 01; e-mail: [dean@geol.msu.ru](mailto:dean@geol.msu.ru)

Я, Модин Игорь Николаевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

02.04.2025