

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Черепанова Артема Олеговича «Пространственный геоэлектрический мониторинг состояния многолетнемерзлых пород вблизи эксплуатационных скважин на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири», представленную в диссертационный совет Д 212.121.07 при Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Многолетнемерзлые породы (ММП) занимают значительную часть территории России и являются очень чувствительными к внешним воздействиям. При строительстве инженерных сооружений, обустройстве нефтегазовых месторождений возникает риск развития криогенных процессов, приводящих к аварийным ситуациям. Образование областей с высокой температурой вокруг эксплуатационных скважин в процессе добычи нефти и нагнетания по ним агента пластового давления приводит к оттаиванию мерзлых пород вокруг скважин и образованию провалов. Контроль состояния ММП в зоне теплового воздействия скважин может существенно снизить риск неблагоприятного развития событий.

Термометрические наблюдения с целью оценки состояния пород в основании кустовых площадок имеют ограниченные возможности из-за малой области охвата околоскважинного пространства и сложности геологического строения межскважинного пространства. Данные обстоятельства и определяют **актуальность** данной диссертационной работы, основная **цель** которой - создание на основе односкважинных и межскважинных радиоволновых методов технологии пространственно-временного мониторинга состояния ММП для контроля за развитием криогенных процессов вблизи важных инженерных сооружений нефтегазового комплекса.

Обоснованность и достоверность научных положений диссертации определяется следующими обстоятельствами.

1. Автор использует данные, полученные современной аппаратурой, разработанной в ООО «РАДИОНДА», опробованной на множестве объектов.

2. Каждый полевой эксперимент включает в себя весь необходимый комплекс геолого-разведочных работ – буровых, каротажных, криологических. Все заключения о литологическом строении и мерзлотном состоянии сделаны на основе комплексного подхода.

3. Проведен большой анализ результатов экспериментальных исследований электрических характеристик горных пород и их частотных зависимостей по известным литературным данным.

По результатам исследований сформулированы защищаемые положения, которые достаточно обоснованы.

1. Первое положение – *доказана необходимость учета частотной дисперсии электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости в алгоритмах количественной оценки электрических свойств ММП*. Оно обосновано в последней главе диссертации, где результатами экспериментальных многочастотных радиоволновых исследований показана невозможность обработки без учета частотной дисперсии удельного сопротивления. Разнообразие и сложность строения горных пород не позволяет получить общие фундаментальные выражения, описывающие математически частотные зависимости эффективных УЭС и ДП геологических сред. Однако, накопившийся за последние полвека большой объем экспериментальных лабораторных и натурных исследований частотной зависимости электрических свойств осадочных и прочих горных пород и, в частности, мерзлых пород может служить основой для получения удобных и практически полезных эвристических формул частотных зависимостей эффективных УЭС и ДП для различных групп горных пород, чему и посвящен раздел 2. Развитие и совершенствование такого подхода имеет хорошие перспективы для задач геофизической интерпретации и для петрофизических исследований.
2. Второе положение – *алгоритмы расчета эффективных значений двух электрических параметров с учетом их частотной дисперсии по данным обработки многочастотных радиоволновых измерений обеспечивают оценку неоднородности геологического строения и мерзло-тального состояния исследованного массива ММП*. Алгоритмы обработки опробованы экспериментально при исследовании площадок нефтегазового комплекса в различных геокриологических условиях. Всего опробование выполнено на территории 10 кустовых площадок в 24 изыскательских скважинах. Результаты обработки увязаны с каротажем ГК и температурными измерениями и являются физически не противоречивыми и геологически обоснованными.
3. Третье положение – *Технология пространственного мониторинга криогенного состояния геологической среды в основании кустовых площадок на месторождениях нефти и газа, основанная на использовании режимных многочастотных радиоволновых измерений, позволяет контролировать развитие процесса оттаивания ММП в пространстве и во времени*. В технологию мониторинга автор обоснованно включает два подготовительных этапа, обеспечивающих успешность решения поставленной задачи. Первый этап связан с комплексом наземных и скважинных работ, позволяющий проектировщикам оптимально выбрать место для площадки. На втором этапе проводится оценка электрических свойств разреза, подбираются параметры установ-

ки для межскважинных исследований, определяется геологическое строение участка, проводится исследование межскважинного пространства. Данные второго этапа являются основой для последующего мониторинга. Обоснованность такого подхода продемонстрирована в 5 главе успешными многолетними опытно-методическими работами на действующей кустовой площадке нефтяного месторождения.

Для решения поставленных задач диссидентом выполнена огромная работа, включающая изучение отечественной и зарубежной литературы, касающейся феномена частотной дисперсии, проведение большого анализа результатов экспериментальных исследований электрических характеристик горных пород и их частотных зависимостей, создание алгоритмов и системы интерпретации многочастотных РВМ, с количественным учетом частотной дисперсии, проведение полевых работ с использованием модернизированной многочастотной аппаратуры ОРВП-МЧ в районах распространения ММП, включающих зоны частичного и полного оттаивания. Основные результаты выполненных работ, четко изложены по пунктам в подразделе «научная новизна», и они, несомненно, представляют собой новизну.

Главную ценность в данной работе наряду с изложенными в ней материалами и результатами исследований ЧД представляет её практическая значимость, поскольку успешное решение задачи предотвращения техногенных аварий – это не только экономический эффект от сбережения сооружений, но и сохранение человеческих жизней.

Что касается аппаратуры и её компьютерного оснащения, то тут только остаётся радоваться достигнутому уровню и новым перспективам и возможностям, открывающимся для применения скважинных РВМ. В частности, вызывает большое удовлетворение генераторный блок аппаратуры РВГИ, позволяющий с помощью специальной настройки получить максимальный ток в передающей антенне.

Интерпретация РВГИ представляет весьма привлекательное сочетание лучевого и волнового подходов. Применение трёх различных алгоритмов для обработки многочастотных данных РВГИ, предложенные в разделе 3.5 позволяет повысить возможность более достоверного определения эффективных УЭС и ДП и локализации зон частично или полного оттаивания вокруг скважин кустового бурения под нефтедобычу в ММП.

Предложенные в главе 3 методика и различные варианты совместной интерпретации данных односкважинных и межскважинных многочастотных радиоволновых измерений, в целом обладают неплохим потенциалом для дальнейшего их развития и совершенствования. На данном этапе они представляют собой практически полезный инструмент для ре-

шения задачи картирования зон оттаивания и деградации мерзлоты и предупреждения аварийных ситуаций на площадях добычи нефти в районах ММП.

Работа вызывает следующие вопросы, замечания и пожелания.

1. Подавляющее большинство рассмотренных примеров проявления ЧД относятся к коренным породам – кимберлитам, известнякам, доломитам, песчаникам и т.п. И для них построены зависимости ЧД. А применяются эти наработки к материалам в Западной Сибири со специфическим песчано-глинистым часто сильно льдистым разрезом. Такие мерзлые породы могут обладать отличными от рассмотренных свойствами.
2. Известно, что наибольшую опасность при эксплуатации представляют высоко льдистые мерзлые породы. К сожалению, в работе не рассматривается эта очень важная зависимость электрических параметров от льдистости, и даже не ставится такая задача на перспективу.
3. На стр. 94 автор утверждает, что если подбирать коэффициент K_{disp} в каждом интервале глубин, то снижается объективность определения физических характеристик. Вероятно, правильнее говорить о большей неустойчивости решения при возрастании числа неизвестных. С другой стороны, ошибочный выбор и фиксация коэффициента тоже приводит к значительным ошибкам в определении электрических параметров, и автор это оценивает в работе. В аналогичной ситуации в наземном методе ВП существуют алгоритмы и программы интерпретации с подбором не одного, а трех параметров частотной дисперсии. Вообще параметры ЧД не только позволяют обрабатывать данные и правильно определять УЭС и ДП, но и сами являются информативными характеристиками о мерзлотном состоянии в наземных методах.
4. Вызывает вопрос выражение (3.2), в котором берутся разности теоретической величины поля, которая является комплексной, и измеренной вещественной величиной, представляющей амплитуду (модуль) поля.

Приведенные замечания не снижают научную ценность диссертационной работы. Автору удалось полностью решить поставленную задачу: разработать и экспериментально опробовать технологии пространственно-временного мониторинга процесса оттаивания многолетнемерзлых пород на основе использования многочастотных радиоволновых измерений при количественном учете влияния частотной дисперсии электрических параметров горных пород на результаты измерений. Необходимо подчеркнуть исключительно высокое практическое значение разработанной технологии мониторинга и алгоритмов обработки для контроля состояния инженерных сооружений в условиях ММП.

Диссертация А.О. Черепанова является завешенной научно-квалификационной работой. Основные положения диссертации отражены в трех печатных работах, опубликован-

ных в реферируемых журналах, входящих в перечень изданий ВАК. Результаты работ до-
кладывались на пяти научных конференциях.

Тема диссертации соответствует заявленной специальности. Содержание авторефе-
рата отражает основные идеи и положения диссертации.

Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения
ученых степеней» ВАК Минобрнауки России (утверждено постановлением Правительства
Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842) и представляет решение задачи,
имеющей значение для развития методики геоэлектрики. Работа отвечает всем требовани-
ям, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени канди-
дата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы по-
исков полезных ископаемых. Ее автор, Черепанов А.О. заслуживает присуждения искомой
степени.

Заведующий лабораторией взаимодействия
геофизических полей и геологической среды
Центра геоэлектромагнитных исследований
(ЦГЭМИ ИФЗ РАН)

Кандидат физико-математических наук

E-mail: ageevvv@yandex.ru, тел.: (495)840-70-62



Агеев Владимир Викторович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им.
О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)

Адрес: 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1 Тел.: +7 (499) 766-26-56
Электронный адрес: direction@ifz.ru

Центр геоэлектромагнитных исследований – филиал Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Российской академии наук (ЦГЭМИ.ИФЗ РАН)

Адрес: 142190, г. Москва, г. Троицк, а/я 30, ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Тел.+7(495) 840-7062
Электронный адрес: gemri@igemi.troitsk.ru

