

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ  
им. П.И. Мельникова  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**ВИЛЮЙСКАЯ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ  
МЕРЗЛОТНАЯ СТАНЦИЯ  
(ВНИМС ИМЗ СО РАН)**

<mailto:frozen@mirny.sakha.ru>

ИНН 1435017643, КПП 143343001

678185, п. Чернышевский, Мирнинский р-он, РС(Я),  
Тел. 8-(41136) 7-34-43; т/факс 8-(41136) 7-21-46

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ВНИМС ИМЗ СО РАН,  
канд. техн. наук *Великин С.А.*

Великин С.А.

*25.02.2018* 2018 г.



25.02.2018: № 380-16-1614-15-1

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Черепанова Артема Олеговича на тему:  
**«Пространственный геоэлектрический мониторинг состояния  
многолетнемерзлых пород вблизи эксплуатационных скважин на  
нефтегазовых месторождениях Западной Сибири»**,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных  
ископаемых.

На отзыв представлена диссертационная работа Черепанова А.О. объемом 160 страниц текста, включающая: 105 рисунков, 33 таблицы, список цитируемой литературы из 60 наименований, и автореферат объемом 25 страниц в печатном виде, содержащий 15 рисунков и 1 таблицу.

**Актуальность** темы диссертации не вызывает сомнений, так как представленная работа посвящена проблеме своевременной и надежной оценки геокриологического состояния многолетнемерзлых пород (ММП), залегающих в основании важных инженерных сооружений нефтегазового комплекса. Стоит отметить немаловажный факт, что по оценкам, порядка 93% российского газа и 70% нефти находится в именно криолитозоне.

Целью представленной на рассмотрение работы является разработка эффективной технологии для контроля за развитием процесса оттаивания на основе пространственного мониторинга состояния ММП методами односкважинных и межскважинных радиоволновых исследований.

### **Исходные материалы и методы исследований.**

В основе диссертационной работы лежит тщательный анализ большого числа публикаций отечественных и зарубежных авторов, посвященных

результатам петрофизических исследований такого сложного явления, как частотная дисперсия электрических свойств мерзлых и талых пород. Однако главной заслугой автора является выбор радиоволнового метода в качестве эффективного инструмента для изучения электрических характеристик мерзлых пород в условиях их естественного залегания. Характеристики электромагнитного поля в криолитозоне и их изменчивость коррелируются с состоянием техногенно-природных систем так, что параметры этих полей являются индикаторами состояния геокриологических разрезов.

В качестве объекта экспериментальных исследований удачно выбраны кустовые площадки нефтяных скважин в районах распространения многолетнемерзлых пород. Прокачиваемый через устье закачной скважины разогретый пар, вызывает достаточно быстрое оттаивание окружающих многолетнемерзлых пород. Наличие локального и мощного теплового источника с известным расположением в пространстве и температурным режимом, а также достаточно высокая динамика развития процесса оттаивания создали благоприятные условия для экспериментального опробования разработанной автором «технологии пространственного геоэлектрического мониторинга геокриологического состояния ММП».

Нельзя не отметить и весьма представительный объем полевых исследований, выполненных в более 100 изыскательских и наблюдательных скважин на 20-ти кустовых площадках в сложных технологических и климатических условиях.

### **Научная новизна работы**

Новым результатом являются выявленные автором закономерности изменения параметров электромагнитного поля в диапазоне частот 1-50 МГц и разработанные на этой основе алгоритмы количественного учета частотной дисперсии электрического сопротивления ( $\rho$ ) и диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) для количественной оценки электрических свойств многолетнемерзлых пород в диапазоне частот 1 – 50 МГц. Также для выбранного диапазона радиочастот, автором оценены электрические свойства ( $\rho$  и  $\epsilon$ ) для рыхлых терригенных пород верхней части разреза на территории Западной Сибири, находящихся как в мерзлом, так и талом состояниях.

Автором впервые получены детальные объемные геоэлектрические карты, характеризующие фактическое развитие процесса оттаивания ММП в межскважинном пространстве, в том числе и объемная карта участка, построенная в изолиниях эффективных значений диэлектрической проницаемости.

Разработанная технология основана на применении методов скважинной электротомии – многочастотного диэлектрического каротажа и межскважинного

радиоволнового просвечивания. В этих методах измерения проводятся на нескольких частотах в диапазоне 1-50 МГц, что позволяет определять, как электрическое сопротивление, так и диэлектрическую проницаемость пород в их естественном залегании. Высокая чувствительность этих характеристик к изменению агрегатного состояния воды в порах грунтов, слагающих основание кустовой площадки, обеспечивает выявление участков оттаивания уже на ранних стадиях процесса. Мониторинговые измерения, выполненные в течение трех лет, показали, что развитие зоны оттаивания ММП в пространстве вокруг нагнетательной скважины определяется литологической неоднородностью грунтов и идет неравномерно. При этом экспериментально установленная скорость развития этого процесса оказалась существенно выше расчетной.

В целом, предлагаемая технология существенно дополняет стандартный комплекс методов исследований ММП и направлена на своевременное обнаружение опасных криогенных процессов.

### **Практическая ценность работы**

Созданная технология опробована при опытных работах на 20 кустовых площадках нефтегазовых месторождениях Западной Сибири и рекомендована для производственного применения при решении инженерно-геологических задач в условиях геокриолитозоны.

Совершенно очевидно, что разработанная технология и аппаратура многочастотных скважинных радиоволновых исследований также найдет применение в комплексе мониторинговых исследований на территории крупных объектов горнодобывающей и гидроэнергетической промышленности для разработки и совершенствования теоретических и практических основ использования геофизических методов ранней диагностики развития криогенных геологических и физико-химических процессов.

Предлагаемая в диссертационной работе технология представляет значительный интерес для изучения строения и состава геокриологических разрезов, поскольку открывает возможности для выхода на их фазовое состояние, что во многом определяет устойчивость оснований, а также прогноз этого состояния в ходе режимных наблюдений.

Кроме того это выход на выявление и изучение газогидратов и работ по изучению Арктики для оперативного определения геокриологического состояния оснований будущих сооружений.

Как и всякое большое исследование, работа Черепанова А.О. не лишена и недостатков, **к представленной диссертации имеется ряд замечаний по тексту:**

- на странице -11- «проскочило» утверждение, что «породы с низкими значениями  $\rho$  и  $\epsilon$ , будут характеризоваться более **высоким** поглощением электромагнитной энергии». Такое утверждение справедливо относительно  $\epsilon$  только для упрощенных условий «среда-квазидиэлектрик». В остальных случаях зависимость поглощения от  $\epsilon$  будет более сложная и даже обратная. Именно это исследует автор в своей работе и убедительно показывает представленными результатами.
- иногда без должного объяснения вводится термин «4D мониторинг» (например, странице -146-), очевидно обозначающий режимные измерения для оценки изменений свойств среды в пространстве и времени.
- Наряду с термином «диэлектрическая проницаемость» иногда встречается уже устаревший термин «относительная диэлектрическая проницаемость» (стр. -11- (Таблица 3), стр. -39- - в заголовке п.2.5, стр. 42-45 – в подписи оси  $Y$  на графиках  $\epsilon=F(f)$  на рисунках 24-29, п.5.3.7.: стр. 137 – 139, рисунок 90).

По существу работы, хочется высказать сожаление, что такой представительный, качественный и, можно сказать, уникальный экспериментальный материал по электрическим свойствам ММП, полученный автором для разных пород в различных геокриологических условиях не сопровождается должным объемом петрофизических и специально геокриологических данных, а также сопоставлением с наземными электрометрическими методами, широко применяемыми при инженерных изысканиях в криолитозоне. Такие сопоставления позволили бы получить корреляционные зависимости между электрическими и механическими свойствами пород в процессе их оттаивания. Однако, такое замечание следует отнести к разряду пожеланий по направлению дальнейших исследований.

Особенно следует отметить, цельность работы А.О. Черепанова: разработка технологии мониторинга процесса оттаивания начата с проведения и анализа предшествующих исследований, далее последовали исследования в области методики измерений, алгоритмов обработки и интерпретации результатов, и в завершении проведены успешные опытно-производственные работы на действующих объектах в криолитозоне.

Текст и оформление диссертационной работы стилистически выдержаны, содержится богатый графический материал: таблицы, графики, схемы, разрезы и карты, наглядно иллюстрирующие этапы исследований.

### **Заключение**

Несмотря на имеющиеся замечания, данная работа по совокупности защищаемых положений является решением актуальной научной задачи, отражает суть исследуемого вопроса и подчеркивает необходимость использования

эффективных способов контроля за состоянием ММП и свидетельствует о высокой квалификации автора в данном вопросе.

Содержание диссертации в полной мере отражено в автореферате и в трех научных работах, опубликованных в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций. Материалы, представленные в работе, докладывались на международных и общероссийских конференциях и на школе-семинаре «Гординские чтения».

Представленная на рассмотрение работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых, а ее автор, Черепанов Артем Олегович, несомненно, заслуживает присвоение искомой степени.

Отзыв на диссертацию Черепанова А.О. «Пространственный геоэлектрический мониторинг состояния многолетнемерзлых пород вблизи эксплуатационных скважин на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири» заслушан, обсужден и одобрен в качестве официального отзыва на заседании Научно-технического совета «ВНИМС» ИМЗ СО РАН 25 февраля 2018 г., протокол №1.

Заседание НТС проходило по адресу: 678185, Республика Саха (Якутия), Мирнинский район, пгт. Чернышевский, кв. ВНИМС, дом 7; тел. 8(41136)7-34-43; эл. почта: frozen@mirny.sakha.ru.

Председатель научно – технического совета,  
Кандидат технических наук

/Великин С.А./

Подпись Великина С.А. удостоверяю,  
Секретарь научно-технического совета,  
Ведущий инженер

/Волянская О.А./

