

УТВЕРЖДАЮ

Директор Пермского федерального
исследовательского центра Уральского
отделения Российской академии наук,
член-корреспондент РАН, доктор физико-
математических наук

ПЛЕХОВ О.А.

« 09 » 09 20 11 г.

М.П.

О Т З Ы В

ведущей организации Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) на диссертацию Мингалева Татьяны Андреевны на тему: «Комплексирование методов малоглубинной геофизики для выявления участков загрязнения грунтов нефтепродуктами на территориях нефтехранилищ», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Актуальность темы диссертационного исследования

На сегодняшний день проблема загрязнения грунтов и подземных вод нефтепродуктами имеет высокую научную и практическую значимость для длительно эксплуатируемых нефтебаз и нефтехранилищ. Особую сложность представляют объекты, расположенные в пределах речных террас, где миграция углеводородов контролируется одновременно литологической неоднородностью, положением слабопроницаемых прослоев, режимом верховодки и грунтовых вод, а также длительно протекающими процессами биохимического преобразования загрязнителя. В таких условиях дискретные данные скважин дают лишь локальное представление о строении очагов загрязнения, тогда как прямое опробование больших площадей не всегда возможно по технологическим и экономическим причинам.

Геофизические методы потенциально позволяют получить квазинепрерывную пространственную информацию о состоянии геологической среды, однако их применение к старым нефтепродуктовым загрязнениям связано с принципиальной неоднозначностью, поскольку регистрируемые аномалии определяются не только присутствием очагов загрязнения углеводородами, но и изменением влажности, минерализации поровых вод, структуры порового пространства и физико-механических свойств грунтов. Поэтому разработка подходов, позволяющих отделять природную неоднородность разреза от техногенных изменений и интерпретировать совокупность независимых геофизических и геохимических признаков, представляется актуальной и научно значимой задачей.

В диссертационной работе эта задача решается на материалах нефтебаз Самарской и Ярославской областей с привлечением электроразведки, сейсморазведки, метода естественного электрического поля, газогеохимических исследований, бурения, лабораторных анализов и моделирования. Такой подход отвечает современному направлению развития инженерной и экологической геофизики, ориентированному на переход от поиска отдельных аномалий к построению пространственных моделей загрязненной геологической среды и к организации систем режимного мониторинга.

Полученные результаты могут быть востребованы при обследовании объектов хранения и транспортировки нефтепродуктов, планировании буровых и лабораторных работ, обосновании рекультивационных мероприятий и создании систем производственного экологического мониторинга. В связи с этим тема диссертации Мингалева Т.А. является актуальной как с научной, так и с прикладной точки зрения.

ОТЗЫВ

Оценка структуры и содержания диссертации и автореферата

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой из

ВХ. № 3-578 от 15.09.11
АУ УС

них, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы из 129 наименований и двух приложений. Общий объем работы составляет 186 страниц машинописного текста, включающих 106 рисунков и 10 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, идея, задачи, объект и предмет исследования, приведены положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе выполнен аналитический обзор отечественного и зарубежного опыта инженерно-геофизических исследований объектов нефтегазовой индустрии, испытывающих интенсивные загрязнения. Рассмотрены влияние грунтовых условий на миграцию нефтепродуктов, закономерности миграции нефтяного загрязнения в грунтах и факторы, определяющие результаты геофизических исследований на территориях, загрязнённых лёгкими нефтепродуктами.

Во второй главе оценена информативность электроразведочных методов (вертикальное электрическое зондирование, электротомография, метод естественного электрического поля), сейсморазведки и газогеохимических исследований при изучении нефтепродуктового загрязнения. Установлены корреляционные связи удельного электрического сопротивления с содержанием нефтепродуктов, концентрацией железа и кислотностью среды для различных типов грунтов.

В третьей главе описана технологическая схема обработки, интерпретации и моделирования структур по геофизическим данным, включающая количественную инверсию, корреляционный анализ, RGB-синтез разнородных полей, гидрогеологическое и геомиграционное моделирование, а также мониторинговые наблюдения.

Четвёртая глава посвящена разработке обобщённой физико-геологической модели нефтезагрязнённых речных террас Волжского бассейна и типизации четырёх ареалов нефтепродуктового загрязнения. В заключении изложены основные результаты работы, сформулированные выводы соответствуют полученным результатам.

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой. Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат составлен по материалам диссертации и в полной мере отражает её содержание, результаты и список публикаций.

Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе

Научная новизна работы определяется прежде всего тем, что автор рассматривает нефтепродуктовое загрязнение не как единственный источник геофизического контраста, а как фактор, запускающий систему взаимосвязанных гидрогеологических, геохимических и петрофизических изменений. На этой основе выполнено сопоставление удельного электрического сопротивления с содержанием нефтепродуктов, кислотностью среды и концентрациями железа для различных литологических разностей и степеней водонасыщения. Полученные зависимости показывают, что направление и интенсивность геоэлектрической реакции могут меняться в зависимости от типа грунта и стадии преобразования загрязнения, что существенно для корректной интерпретации данных.

Новым результатом является разработка последовательной технологической схемы комплексных исследований, в которой каждому методу отведена собственная диагностическая функция. Важным достоинством является обязательная привязка геофизической интерпретации к буровым, лабораторным и модельным данным.

К элементам научной новизны следует отнести предложенный алгоритм многопараметрического анализа и RGB смешивания разнородных полей. В работе он использован не только как прием визуализации, но и как инструмент совместного районирования территории по согласованным изменениям электрических, упругих и газогеохимических характеристик.

Завершающим обобщением является физико-геологическая модель нефтезагрязнённых песчано-глинистых речных террас, в которой выделяются функционально различные элементы системы загрязнения, включающие зоны поступления, пути переноса и области вторичного накопления. Тем самым результаты отдельных методов объединены в единую пространственно-генетическую схему, связывающую геофизические аномалии со строением

разреза и механизмами миграции нефтепродуктов.

Научные результаты и их ценность

К наиболее значимым результатам диссертационного исследования следует отнести обоснование комплексной интерпретации нефтезагрязнённых разрезов с учётом геологического и гидрогеологического строения, а также вторичных геохимических процессов. Такой подход позволяет не только картировать геофизические аномалии, но и объяснять механизмы их формирования.

По материалам электротомографии и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) установлены характерные особенности геоэлектрического строения загрязнённых песчано-глинистых отложений и показана связь аномалий с уровнями верховодки, грунтовых вод и зонами нарушения слабопроницаемых прослоев. Сопоставление с лабораторными данными позволило оценить взаимосвязь УЭС, содержания нефтепродуктов и геохимических показателей для различных типов грунтов. Сейсмические данные использованы для уточнения строения разреза и выделения участков изменённого физико-механического состояния грунтов.

Гидрогеологическое и геофизическое моделирование позволило обосновать предполагаемые направления миграции нефтепродуктов и зоны их вторичного накопления. Итоговым результатом является типизация ареалов загрязнения и разработка обобщённой физико-геологической модели нефтезагрязнённых речных террас, которая может использоваться как концептуальная основа при исследовании аналогичных объектов.

Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы

Теоретическая значимость работы состоит в развитии представлений о природе геофизических аномалий над участками длительного нефтепродуктового загрязнения. Показано, что наблюдаемые изменения электрических, скоростных и естественных полей во многих случаях связаны не с прямым физическим эффектом присутствия нефтепродуктов, а с комплексом вторичных процессов, включающим изменение состава поровых растворов, водонасыщенности, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, а также структуры и физико-механических свойств грунтов. Тем самым уточняется петрофизическая основа интерпретации данных инженерной геофизики в природно-техногенных средах.

Практическая значимость определяется возможностью использования предложенной технологической схемы при первичном обследовании и мониторинге нефтебаз. Комплекс геофизических методов позволяет до бурения локализовать наиболее перспективные для проверки участки, уточнить положение слабопроницаемых горизонтов и гидрогеологических окон, оценить пространственную конфигурацию загрязнения и тем самым оптимизировать сеть инженерно-геологических и экологических скважин.

Предложенный алгоритм RGB-синтеза реализован в виде зарегистрированной программы для ЭВМ, что повышает воспроизводимость процедуры совместной визуализации и интерпретации разнородных данных. Практическая применимость результатов подтверждена их внедрением в деятельность ООО «Технотерра» (акт внедрения от 05.12.2022 г.). Представленные подходы могут использоваться также при разработке программ мониторинга и при оценке эффективности рекультивации длительно загрязнённых территорий.

Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных положений и выводов

Обоснованность научных положений обеспечивается значительным объемом фактического материала, включающего результаты геофизических исследований двух нефтебаз, данные бурения, лабораторных определений и многолетних наблюдений.

Достоверность выводов повышается за счет комплексного применения взаимодополняющих методов и сопоставления геофизических аномалий с геологическими, гидрогеологическими и геохимическими данными. Для обработки и интерпретации использованы апробированные методы, и, что особенно ценно, результаты дополнительно подтверждены гидрогеологическим, физическим и математическим моделированием.

Важно, что интерпретация выполняется с учетом влияния литологии, водонасыщения и процессов биодеградаций, а выводы основаны на совокупности нескольких независимых диагностических признаков. В целом основные положения, выводы и рекомендации диссертации являются достаточно обоснованными и достоверными.

Публикация основных результатов диссертации и апробация работы

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе: 2 - в рецензируемых научных изданиях, из перечня ВАК, 2 - в изданиях, входящих в международную базу данных Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 научно-практических конференциях и семинарах, в том числе на 4 международных, включая конференции «Инженерная и рудная геофизика» (2019, 2022, 2023 гг.), 49-ю сессию Международного семинара им. Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова (г. Екатеринбург, 2023 г.) и Всероссийскую научно-практическую конференцию «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (г. Пермь, 2023 г.).

Личный вклад автора

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования, анализе отечественных и зарубежных публикаций по проблеме нефтепродуктового загрязнения геологической среды, участии в полевых геофизических исследованиях на территории нефтебазы Ярославской области, обработке и интерпретации данных электротомографии и метода естественного электрического поля, выполнении лабораторных исследований и физического моделирования, разработке и реализации математических моделей миграции нефтепродуктов, разработке технологии комплексной интерпретации геофизических данных и обобщенной физико-геологической модели загрязнения, а также в формулировании основных научных положений, выводов и практических рекомендаций.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе

Результаты диссертации могут быть использованы на разных стадиях инженерно-экологических обследований и производственном экологическом мониторинге длительно эксплуатируемых нефтебаз, резервуарных парков и нефтеналивных терминалов, прежде всего расположенных в сходных песчано-глинистых аллювиальных условиях.

Отдельные результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования при актуализации федеральных и отраслевых нормативно-методических документов по инженерно-экологическим и инженерно-геологическим изысканиям для строительства. Разработанная система мониторинговых геофизических наблюдений может быть учтена при совершенствовании программ экологического контроля и регламентного обследования объектов хранения нефтепродуктов.

Методические и модельные результаты работы представляют интерес для студентов и научных коллективов, занимающихся инженерной, экологической и малоглубинной геофизикой. Перспективным направлением дальнейших исследований является проверка предложенной модели на нефтебазах с иным строением разреза, расширение базы петрофизических наблюдений и переход к трехмерным и нестационарным моделям миграции.

Соответствие паспорту научной специальности

Диссертационная работа Мингалева Татьяны Андреевны соответствует паспорту научной специальности 1.6.9. Геофизика, в том числе пункту 18 (использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений), пункту 24 (теоретическое и экспериментальное исследование связей петрофизических и физических

свойств горных пород с результатами измерения геофизических полей) и пункту 27 (применение геофизических методов при решении экологических задач и мониторинге состояния окружающей среды).

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Представленная в работе физико-геологическая модель построена по результатам детального изучения только двух нефтебаз, находящихся в сходных инженерно-геологических условиях. Поэтому формулировка о модели нефтебаз всего Волжского бассейна выглядит несколько завышенной.

2. Имеющаяся в работе количественная интерпретация опирается в основном на экспериментальные зависимости УЭС от содержания нефтепродуктов. При этом часть полученных регрессий характеризуется низкими значениями коэффициента детерминации (менее 0,3 для отдельных выборок), а знак зависимости между УЭС и содержанием нефтепродуктов оказывается различным для разных литологических разностей и степеней загрязнения. В связи с этим при дальнейших исследованиях прямое использование полученных формул необходимо подкреплять доверительными интервалами, числом наблюдений в каждой выборке, проверкой статистической значимости коэффициентов и независимой валидацией на части данных.

3. Представленный в разделе 2.3 пример применения сейсморазведочных методов в качестве обоснования включения его в комплекс представляется недостаточно убедительным. Может быть это связано с неудачно выбранным профилем MASW на рис.2.16, по которому маловероятно выделение локальной ослабленной зоны на уровне горизонта суглинков. Возможно, стоило выбрать другой профиль, пересекающий зону ослабления, показанную на карте ниже, либо увязать интерпретацию с данными опробования в скважинах 10,13.

4. При использовании RGB смешивания итоговое изображение зависит от нормировки каждого канала, метода интерполяции и плотности исходной сети наблюдений. В работе этим вопросам уделено меньше внимания, чем собственно визуальному результату. Для повышения воспроизводимости требуется формализация правил нормировки и оценка устойчивости выделяемых зон при изменении параметров синтеза. Без этого метод представляется относительно субъективным.

5. В работе не приведена оценка погрешности определения мощности линз гравитационно-подвижных нефтепродуктов, необходимая с учётом характерных для электроразведки принципа эквивалентности и снижения разрешающей способности с глубиной, а также зависимости этой погрешности от глубины залегания и удельного электрического сопротивления вмещающих грунтов.

6. В качестве дискуссионного вопроса к автору можно сформулировать следующий. Если при производственном обследовании по экономическим причинам невозможно выполнить весь предложенный комплекс, какой минимальный набор методов автор считает достаточным для (а) первичного картирования загрязнения и (б) последующего мониторинга его динамики, и как этот набор должен меняться в зависимости от строения разреза?

Отмеченные замечания и вопросы носят преимущественно дискуссионный и методический характер и не снижают научной новизны и практической значимости выполненных в диссертации исследований.

Заключение

Диссертационная работа Мингалевой Татьяны Андреевны на тему «Комплексирование методов малоглубинной геофизики для выявления участков загрязнения грунтов нефтепродуктами на территориях нефтехранилищ», является законченной научно-квалификационной работой. Полученные автором результаты, выводы и рекомендации в полной мере обоснованы. Текст работы написан единолично, содержит совокупность выносимых автором на защиту новых научных результатов и положений. Основные научные результаты диссертации опубликованы в соответствии с требованиями ВАК РФ. Заимствованного материала без ссылок на авторов и первоисточники не обнаружено. По актуальности изученной проблемы, научной новизне, практической и теоретической значимости полученных результатов, их достоверности и обоснованности выводов диссертационная работа соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении

ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Мингалева Татьяна Андреевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Мингалевой Татьяны Андреевны обсужден и утвержден на заседании научного семинара «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ГИ УрО РАН"), протокол № 4/25 от 3 сентября 2026 года.

Отзыв подготовил:

кандидат технических наук, заведующий сектором экспериментальной сейсмоакустики «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ГИ УрО РАН")

Ярославцев Александр Геннадьевич

Председатель заседания:

доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ГИ УрО РАН")

Левин Лев Юрьевич

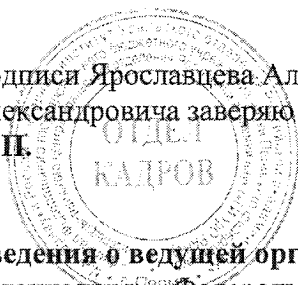
Секретарь заседания:

доктор технических наук, ученый секретарь «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ГИ УрО РАН")

Сёмин Михаил Александрович

Подписи Ярославцева Александра Геннадьевича, Левина Льва Юрьевича, Сёмина Михаила Александровича заверяю

М.П.



09.09.2026

Главный специалист по кадрам

Дерюженко С. Г.

Сведения о ведущей организации:

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук

Почтовый адрес: 614000, Пермский край, г. Пермь, ул. Ленина, д.13А

Официальный сайт в сети Интернет: <https://permisc.ru/ru/>

эл. почта: psc@permisc.ru

телефон: +7 (342) 212-60-08