

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Вознесенского Александра Сергеевича 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

1. Актуальность темы диссертации

Проблема загрязнения геологической среды нефтепродуктами на территориях нефтебаз и нефтехранилищ является одной из наиболее острых экологических и хозяйственных задач современной России. Большинство подобных объектов исторически размещались на берегах крупных рек, в частности, Волжского бассейна, что обуславливает их приуроченность к сложным по литологическому и гидрогеологическому строению аллювиальным террасовым отложениям. Длительная эксплуатация таких объектов неизбежно приводит к формированию многогоризонтных шлейфов загрязнения легких неводных жидкостей (Light Non-Aqueous Phase Liquid, LNAPL), миграция которых контролируется не только гравитационными силами, но и фильтрационными свойствами разреза, наличием верховодки и локальных водоупоров. Традиционные методы бурения и точечного опробования не обеспечивают сплошного картирования ареалов загрязнения и требуют значительных материальных затрат. В связи с этим разработка научно обоснованного комплекса методов малоглубинной геофизики, учитывающего специфику петрофизических свойств загрязненных песчано-глинистых разрезов и процессы биodeградации углеводородов, является высокоактуальной научной задачей, имеющей важное природоохранное и экономическое значение.

2. Общая характеристика и содержание работы

Представленная диссертационная работа изложена на 186 страницах, включает введение, 4 главы, заключение, список литературы из 129 наименований, словарь терминов и 2 приложения. Работа иллюстрирована 106 рисунками и 10 таблицами.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен глубокий аналитический обзор факторов, определяющих миграцию нефтепродуктов в дисперсных грунтах, и информативности различных геофизических методов. Автор справедливо отмечает, что геофизический отклик среды зависит не только от наличия самой углеводородной фазы, но и от вторичных геохимических и микробиологических процессов.

Вторая глава посвящена оценке информативности комплекса методов (электроразведка, сейсморазведка, газогеохимия). На основе полевых и лабораторных данных автором установлены устойчивые корреляционные

связи между удельным электрическим сопротивлением (УЭС), содержанием нефтепродуктов, концентрацией железа и значением pH.

Третья глава описывает разработанную технологическую схему обработки и интерпретации данных. Особый интерес представляют результаты физического и математического моделирования (включая гидрогеологическое моделирование в MODFLOW и MT3DMS), а также применение алгоритма RGB-синтеза для интеграции разнородных геофизических полей.

Четвертая глава обобщает результаты исследований на объектах Самарской и Ярославской областей. Как итог в ней осуществляется построение обобщенной физико-геологической модели нефтезагрязненных речных террас Волжского бассейна.

Следует отметить логичность изложения материала, высокий уровень камеральной обработки и эрудицию автора при анализе сложных геоэкологических процессов.

3. Анализ основных научных положений, выносимых на защиту

Первое положение посвящено обоснованию информативности комплекса геофизических методов. Автор убедительно доказывает, что высокая петрофизическая контрастность литолого-стратиграфических горизонтов речных террас позволяет применять электроразведку (ВЭЗ, ЭТ, ЕП), сейморазведку (МПВ, MASW) и газогеохимию для определения литолого-стратиграфических горизонтов и различных типов загрязнения грунтов нефтяными продуктами. Особенно ценным является установленный автором факт изменения знака и интенсивности геоэлектрической аномалии в зависимости от стадии загрязнения: от высокоомных аномалий при «свежих» разливах до низкоомных зон в водонасыщенных горизонтах при длительном загрязнении, что обусловлено накоплением органических кислот и изменением ионного состава поровых вод.

Второе положение раскрывает разработанную технологическую схему. Автор успешно решает задачу перехода от качественной интерпретации аномалий к количественной оценке параметров загрязнения. Применение математического моделирования волновых полей (MASW) и фильтрационных потоков (MODFLOW) позволило верифицировать геофизические построения. Внедрение алгоритма RGB-синтеза, зарегистрированного как программа для ЭВМ, является оригинальным шагом в задаче визуализации и комплексной интерпретации разнородных данных.

Третье положение формулирует обобщенную физико-геологическую модель. Автор выделяет три петрофизически контрастных горизонта и четыре типа ареалов загрязнения (верхний, над безнапорным горизонтом, в гидрогеологическом окне и нижнего горизонта). Данная модель научно обосновывает многогоризонтный характер миграции и вторичного накопления нефтепродуктов, что имеет критическое значение для проектирования рекультивационных мероприятий.

4. Научная новизна диссертационной работы

К основным результатам, обладающим научной новизной, относятся:

- изучение петрофизических особенностей дисперсных грунтов и установление количественных корреляционных зависимостей УЭС от концентрации нефтепродуктов, железа и pH для различных литологических разностей (песков, супесей, суглинков) в зоне аэрации и водонасыщения;
- разработка методики и технологической схемы комплексной интерпретации геофизических и геохимических данных с использованием алгоритма RGB-синтеза, позволяющего выделять зоны биodeградации и миграции;
- построение обобщенной физико-геологической модели нефтезагрязненных аллювиальных отложений речных террас Волжского бассейна, учитывающей влияние верховодки и гидрогеологических окон на пространственную структуру ареалов загрязнения.

5. Степень обоснованности и достоверности научных положений

Обоснованность и достоверность научных результатов не вызывают сомнений. Они базируются на большом объеме полевых исследований, выполненных на реальных объектах (нефтебазы Самарской и Ярославской областей), данных лабораторного физического моделирования миграции нефтепродуктов, а также результатах численного математического моделирования геоэлектрических и гидрогеологических полей. Полученные автором регрессионные зависимости и геофизические модели находятся в хорошем согласовании с данными контрольного бурения и лабораторного анализа кернов.

6. Научные результаты, их ценность и публикации Научные результаты имеют высокую ценность для развития экологической геофизики. Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 2 статьях в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий (Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Теоретическая и практическая значимость Теоретическая значимость заключается в развитии представлений о механизмах формирования геофизических аномалий в условиях сложного литологического строения и биогеохимической трансформации углеводородов. Практическая значимость подтверждается актом о внедрении результатов в ООО «Технотерра». Разработанная технологическая схема и обобщенная модель могут быть использованы при составлении проектов рекультивации, оптимизации сетей наблюдательных скважин и проведении мониторинга на объектах нефтегазового комплекса.

8. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы в виде разработанного технологического комплекса и обобщенной физико-геологической модели нефтепродуктового загрязнения

речных террас (нефтебаз) Волжского речного бассейна рекомендуются к внедрению в производственную деятельность ООО «Технотерра» (г. Санкт-Петербург), ООО «ФРОНТ Геология» (г. Нижний Новгород), предприятий, эксплуатирующих нефтебазы и нефтехранилища (в частности, на объектах Волжского бассейна, включая нефтебазы в Самарской и Ярославской областях, на примере которых проводились исследования), также в учебный процесс профильных вузов при чтении курсов «Инженерная геофизика» и «Экологическая геофизика». Научным коллективам целесообразно продолжить исследования в части развития трехмерного математического моделирования биогеохимических процессов в зоне аэрации.

9. Замечания и вопросы по работе. Несмотря на высокую оценку работы, в процессе ее изучения возник ряд замечаний и вопросов.

1. В работе большое внимание уделено колебаниям уровня грунтовых вод и верховодки. Однако в природных условиях речных террас Волжского бассейна существенное влияние на УЭС и скорости упругих волн оказывает сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Каким образом, по мнению автора, следует корректировать количественные зависимости $\rho(C)$ и интерпретацию данных мониторинга при переходе температур через точку замерзания поровой влаги, когда электрофизические свойства среды меняются скачкообразно?

2. Алгоритм RGB-синтеза является отличным инструментом визуализации. Однако геофизические поля (УЭС, V_s , концентрации газов) имеют различную физическую размерность, динамический диапазон и характер распределения. Какая процедура нормализации и приведения к единому базису использовалась автором при загрузке карт в программу RGB-синтеза, чтобы минимизировать доминирование одного параметра над другими из-за разницы в абсолютных значениях?

3. В модели и на разрезах MASW автор выделяет зоны пониженных скоростей поперечных волн (V_s) в суглинистом водоупоре, интерпретируя их как гидрогеологические окна. Каков надежный геофизический критерий (пороговое значение V_s или контраст УЭС), позволяющий отличить истинное гидрогеологическое окно (зону повышенной проницаемости) от локального литологического выклинивания или линзы песка в суглинках, не связанной с миграцией загрязнения?

4. При геомиграционном моделировании переноса растворенных нефтепродуктов через суглинистый слой использовались заданные коэффициенты фильтрации. Учитывая, что миграция через «окна» носит локальный характер, как именно проводилась калибровка проницаемости этих окон в трехмерной сетке MODFLOW, если их точные геометрические размеры на момент начала моделирования были неизвестны?

Указанные замечания и вопросы носят уточняющий характер, не затрагивают сути научных положений, выносимых на защиту, не снижают общей высокой научной ценности работы.

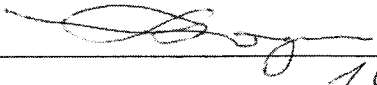
Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Заключение по диссертации

В диссертации Мингалева Татьяны Андреевны на тему «Комплексирование методов малоглубинной геофизики для выявления участков загрязнения грунтов нефтепродуктами на территориях нефтехранилищ», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. Геофизика, на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научная задача обоснования и разработки комплекса методов малоглубинной геофизики и обобщенной физико-геологической модели для выявления, картирования и оценки пространственной структуры нефтепродуктового загрязнения грунтов на территориях нефтехранилищ, что имеет важное значение для развития современных методов геофизики.

Диссертация 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.

Официальный оппонент: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»


А. С. Вознесенский

14.09.2026

Сведения об официальном оппоненте: Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС». Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1. Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru>, эл. почта: asvoznensenskii@misis.ru телефон: +7 499 230-25-93.

Подпись Вознесенского Александра Сергеевича заверяю.

И. о. проректора по науке
и инновациям
НИТУ МИСИС



Ю. О. Красильникова

14.09.2026

