ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Остах Оксаны Сергеевны
на диссертационную работу Быковой Татьяны Владимировны
«Система методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.5.15. Экология

Актуальность темы диссертации

Представленная на рассмотрение диссертационная работа Быковой Татьяны Владимировны «Система методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами», посвящена актуальной теме инвентаризации нефтяного загрязнения почв и геологической среды, а также оценки их агрохимического состояния в полевых условиях без предварительной пробоподготовки образцов. Распространение нефтяного загрязнения имеет особенности, вызванные свойствами загрязнителя, почв и грунтов. В результате этого пространственная структура загрязнения приобретает выраженный неравномерный (мозаичный) характер.

Действующие в настоящее время требования к экологическому опробованию нефтезагрязненных территорий (инженерно-экологическим изысканиям) не позволяют получить необходимый и достаточный набор исходных данных для подготовки проектов рекультивации таких территорий, так как они базируются на фиксации визуальных признаков загрязнения при маршрутном обследовании и точечном отборе поверхностных и глубинных проб почвогрунтов с последующим их анализом стандартными методами химического анализа. Процедура отбора глубинных проб связана с необходимостью использования бурового оборудования - технически сложная и дорогая, а пробоподготовка занимает много времени. Методы определения нефтепродуктов в почвах и грунтах имеют существенную погрешность – более 25 %. Таким образом очевидно, что стандартные процедуры дают информацию о загрязненности почвогрунтов непосредственно в местах опробования (выбранных точках отбора проб). То есть выполнение оценки биотопов по стандартным программам инженерно-экологических изысканий неэффективно и недостаточно. Кроме этого, исследовательские скважины без должного обустройства могут являться источниками проникновения загрязнения в горизонты грунтовых вод.

С отзывом ознакомлена.
23.09.2026г.

ФГБОУ ВО "СамГТУ"
"22" 09. 2026г
Вход. № 5/4

На основании вышесказанного, разработка специальных методических подходов при использовании спектральных методов оценки состояния техногенно трансформированных биотопов является актуальной задачей, так как это позволяет регистрировать изменения отражательных характеристик грунтов без сложной пробоподготовки и обеспечивает высокую оперативность получения данных.

Новизна научных результатов

Впервые разработан метод оперативной идентификации источников эмиссии загрязняющих веществ в биотопах техногенно трансформированных территорий, основанный на применении контактной ближней инфракрасной спектроскопии и индексной обработке спектральных данных, позволяющий проводить экспресс-оценку состава и загрязнённости грунтов без пробоподготовки.

Предложен индексный подход к интерпретации спектров ближней инфракрасной области для диагностики состояния техногенно трансформированных грунтов, обеспечивающий выявление спектральных признаков загрязнения нефтепродуктами и изменений агрохимических характеристик.

Установлены количественные зависимости между спектральными характеристиками грунтов в ближнем инфракрасном диапазоне и агрохимическими показателями, что позволяет использовать методы многомерной калибровки для оценки их содержания по данным спектральных измерений.

Обоснованы методические требования к проведению контактных спектральных обследований техногенно трансформированных территорий, обеспечивающие повышение достоверности выявления источников загрязнения и локализации зон их распространения.

Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость работы состоит в том, что:

Предложен защищенный патентом способ определения содержания фосфора в почве, который обеспечивает повышение оперативности и точности определения фосфорсодержащих соединений в грунтах и может использоваться при проведении экологического мониторинга, агрохимических обследований и контроле эффективности рекультивационных мероприятий.

Рекомендован для практического применения метод контактной ближней инфракрасной спектроскопии, который апробирован при проведении экологических обследований территорий, нарушенных антропогенной

деятельностью, и использован при выполнении работ по рекультивации техногенно деградированных земель на территории Самарской области.

Метод обработки спектральной информации и массив спектральных характеристик грунтов различного состава позволяет интерпретировать результаты спектроскопических измерений, сопоставлять спектральные признаки с физико-химическими характеристиками грунтов и проводить количественную оценку загрязнения.

Результаты диссертационного исследования внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» при преподавании дисциплин «Основы планирования и математической обработки результатов эксперимента», «Методы исследования и оценки экологической опасности объектов техносферы» и «Методы и приборы контроля окружающей среды».

Достоверность и обоснованность результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность научных результатов и выводов подтверждена репрезентативностью и значительным объемом экспериментальных данных, включающих натурные и модельные образцы грунтов различного происхождения и состава.

Сопоставление данных, полученных методом ближней ИК-спектроскопии, с результатами независимого химико-аналитического контроля подтвердило согласованность количественных оценок состава почвогрунтов. Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с применением методов многомерного анализа (PCA, PLS), что позволило идентифицировать устойчивые спектральные признаки, характеризующие содержание нефтепродуктов и агрохимикатов. Дополнительную верификацию обеспечили контрольные измерения, проведённые в аккредитованной лаборатории Научно-аналитического центра промышленной экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.512985).

Результаты диссертации представляют научный и практический интерес и могут быть использованы при обследовании биотопов техногенно трансформированных в результате систематического и разового загрязнения нефтепродуктами и агрохимикатами.

Полученные в процессе работы над диссертацией результаты не противоречат сведениям, изложенным в научных публикациях других авторов по аналогичной тематике.

Публикация результатов и их апробация

Основные результаты диссертации опубликованы в научных журналах. Всего по теме работы имеется 12 печатных работ (в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ). Опубликована монография, получен один патент на изобретение.

Основные положения диссертационной работы докладывались на различных Российских и международных конференциях.

Анализ содержания диссертации

Диссертация Быковой Татьяны Владимировны выполнена на хорошем уровне, изложена достаточно четко, последовательно и представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Структура диссертации соответствует общепринятым нормам и состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных литературных источников, приложений. Работа изложена на 146 страницах, включая приложения, содержит 29 рисунков и 20 таблиц. Список использованных литературных источников включает 146 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи работы, отражены новизна и практическая значимость результатов исследований, приведены основные результаты работы, выносимые на защиту, а также предоставлена структура диссертационной работы.

Первая глава посвящена обзору теоретическим и нормативно-методическим основам диагностики биотопов техногенно трансформированных территорий. Дано определение биотопа как сложной геоэкологической системы, в пределах которой изменены природная структура грунтового массива, направленность миграции химических элементов и сформированы пространственно неоднородные техногенные геохимические аномалии. Проанализирована действующая нормативно-методическая база, регламентирующая оценку состояния загрязнённых грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий и рекультивационных работ. Показано, что традиционные подходы основаны преимущественно на дискретном пробоотборе и последующем длительном лабораторном анализе, что ограничивает возможность получения детализированной информации о пространственном распределении загрязняющих веществ, особенно в условиях мозаичного характера техногенных геохимических полей.

Выполнен обзор современных инструментальных методов диагностики загрязнения грунтов, среди которых особое внимание уделено ближней инфракрасной (БИК) спектроскопии как перспективному экспресс-методу, позволяющему регистрировать спектральный отклик грунтов без сложной пробоподготовки. Рассмотрены возможности и ограничения спектрального метода, включая влияние физико-химических свойств почвенной матрицы (влажность, гранулометрический состав, содержание органического вещества) на формирование спектрального сигнала, а также методы обработки спектральных данных – предобработку, многомерный анализ (PCA, PLS) и индексный подход. На основе проведённого анализа сделан вывод о необходимости разработки системы оперативной спектральной диагностики, обеспечивающей повышение пространственной детальности экологических обследований и позволяющей выявлять источники загрязнения на техногенно трансформированных территориях.

Вторая глава посвящена методике проведения экспериментальных исследований, включая формирование репрезентативной базы почвогрунтов и разработке процедур спектральных измерений. Экспериментальная база сформирована из натурных образцов, отобранных на территории Самарской области (чернозёмные, песчаные и глинистые грунты), а также из модельных образцов с заданным содержанием нефтепродуктов (сырая нефть, турбинное масло ТП-22 и петролейный эфир) в диапазоне концентраций 0,1–50,0 % масс. Всего подготовлено 216 модельных образцов и выполнено лабораторное определение агрохимических показателей (содержание фосфора, азота, калия, натрия, серы, органического углерода, влажности, зольности) для 83 натурных образцов с использованием стандартизированных методик. Это позволило охватить широкий спектр почвенных матриц, различающихся по гранулометрическому составу, содержанию органического вещества и сорбционным свойствам.

Для регистрации спектров использовалась методика контактной БИК-спектроскопии с использованием двух типов приборов: портативного спектрометра Thermo Scientific MicroPHAZIR RX (диапазон 1600–2400 нм) для диагностики нефтяного загрязнения и миниатюрного спектрометра Ocean Optics STS-NIR (диапазон 645–1085 нм) для оценки агрохимических показателей. Обеспечена воспроизводимая регистрация спектров диффузного отражения непосредственно с поверхности образцов без пробоподготовки. Установлено, что выбранная схема подготовки образцов и спектральных измерений обеспечивает получение данных, пригодных для расчёта спектральных индексов, анализа спектральных закономерностей и построения диагностических зависимостей для задач оперативной диагностики грунтов.

Третья глава посвящена анализу спектральных характеристик натурных и модельных почвенно-грунтовых образцов в ближнем инфракрасном диапазоне. Для нефтезагрязнённых образцов выявлены диагностические области, связанные с комбинационными полосами колебаний связей C–H в диапазонах 1700–1750 и 2290–2350 нм, при этом интенсивность спектральных изменений возрастает с увеличением концентрации нефтепродуктов и зависит от типа грунтовой матрицы. Показано, что предварительная обработка спектров с применением автошкалирования и нормализации методом SNV позволяет снизить влияние вариаций, связанных с неоднородностью поверхности и гранулометрическим составом образцов. На основе PLS-моделирования построены количественные модели взаимосвязи между спектральными характеристиками в диапазоне 645–1085 нм и агрохимическими показателями; наиболее высокие значения коэффициента детерминации валидации получены для натрия ($R^2 = 0,86$), фосфора ($R^2 = 0,79$), влажности ($R^2 = 0,77$), калия ($R^2 = 0,76$) и зольности ($R^2 = 0,75$).

Для оперативной диагностики разработан индексный подход: установлено, что расширенный индекс K_1 (710 и 760 нм) демонстрирует высокую корреляцию с содержанием фосфора ($r = 0,94$), а индекс K_6 (820 и 925 нм) – с содержанием натрия ($r = 0,90$). Однофакторные модели на основе этих индексов обеспечили количественную оценку фосфора с $R^2 = 0,88$ и RMSE = 153,66 мг/кг, а натрия – с $R^2 = 0,78$ и RMSE = 609,36 мг/кг. Для диагностики нефтяного загрязнения разработан модифицированный углеводородный индекс HD', адаптированный к анализу спектров оптической плотности в контактной БИК-спектроскопии. Для диапазона концентраций 0–10 % масс. калибровочная модель характеризуется R^2 валидации не менее 0,982 и RMSE не более 0,51 % масс., для диапазона 10–30 % масс. – R^2 валидации не менее 0,917 и RMSE не более 2,00 % масс. При концентрациях выше 30 % масс. по нефтепродуктам индекс переходит в область насыщения, что ограничивает его количественное применение. На основе полученных результатов сформирована система оперативной оценки состояния биотопов, объединяющая методы спектральной регистрации, индексного анализа и локального калибровочного моделирования, позволяющая осуществлять пространственно детализированную диагностику состояния геологической среды.

Четвёртая глава посвящена моделированию различных схем обследования техногенно трансформированных территорий, показавшее, что при мозаичном распределении загрязняющих веществ традиционный пробоотбор по схеме «конверта» приводит к систематическому занижению оценок среднего содержания загрязнителя (относительная погрешность до 34,6 %) и пропуску локальных зон загрязнения, тогда как сеточное контактное обследование с высокой плотностью наблюдений обеспечивает значительно

более высокую точность (относительная погрешность менее 0,0001 %). Анализ материалов инженерно-экологических изысканий на двух объектах (территория бывшего завода химикатов в г. Чапаевске и участок размещения отходов спиртового производства в с. Рождествено) подтвердил наличие выраженной пространственной и временной неоднородности распределения загрязняющих веществ, при которой дискретный характер наблюдений формирует фрагментарное представление о состоянии территории и затрудняет локализацию зон загрязнения.

Практическая апробация разработанной системы выполнена на территории мазутных озёр в Самарской области. Контактная БИК-спектральная съёмка проведена в 54 поверхностных точках и 166 глубинных пробах, что позволило воспроизвести пространственные и вертикальные закономерности распределения нефтепродуктов в пределах техногенного массива. Установлено наличие устойчивой количественной связи между значениями спектрального индекса HD’ и содержанием нефтепродуктов: систематическое смещение между результатами лабораторного анализа и контактной БИК-спектроскопии не превышало 0,095 % масс., а среднеквадратичная ошибка – 0,151 % масс. Сопоставление с традиционным объединённым пробоотбором показало, что увеличение плотности наблюдений обеспечивает более полное выявление локальных зон накопления нефтесодержащих компонентов и позволяет детализировать пространственную структуру загрязнения. Полученные результаты подтверждают применимость разработанного метода для оперативной диагностики состояния техногенно трансформированных биотопов при инженерно-экологических обследованиях и рекультивации загрязнённых территорий.

В заключении обобщены основные результаты исследования и сформулированы выводы, соответствующие поставленным цели и задачам диссертационной работы. Полученные результаты подтверждают возможность практического применения разработанной системы для оперативной оценки состояния техногенно трансформированных территорий.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ее основное содержание, научную новизну, практическую значимость и выводы.

Замечания по диссертационной работе

1. В литературном обзоре в качестве существующего метода пространственного загрязнения геологической среды нефтепродуктами возможно, было провести анализ применения газогеохимических съемок и геофизических методов (по отрицательным (низкоомным) аномалиям с пониженным удельным электрического сопротивлением (УЭС) пород,

загрязненных нефтепродуктами и тяжелыми металлами на фоне незагрязнённых пород), а также метода предварительной полевой диагностики (метод капельного анализа по В.Н. Флоровской, люминесцентно-капиллярного безэталонного полуколичественного анализа нефтепродуктов).

2. При спектральных измерениях и наработке экспериментальной базы из натурных и модельных образцов выполняются стандартные процедуры пробоподготовки (из образцов удалялись растительные остатки и механические включения, они просеивались через сито с размером ячейки 1 мм и доводились до воздушно-сухого состояния при температуре (20 ± 2) °С до постоянной массы). Однако в работе указано на то, что влажность и строение почвенной матрицы влияет на спектральные характеристики образцов. Исходя из изложенного необходимо пояснить, каким образом получена информация для образцов, отличающихся от стандартизированных условий (природного сложения).

3. Диссертант проводил исследования на приборах иностранного производства. Нечетко представлена процедура переноса полученных результатов на оценку с использованием иного оборудования и, в целом, возможность использования иного оборудования.

4. В некоторое заблуждение вводит различия в цветовом обозначении различных грунтов на рисунках 4-7. На рисунке 4, песчаный грунт обозначен оранжевой линией, а на рисунках 5-7 – зеленой.

5. Формирование диагностических полос по колебаниям связей С-Н углеводородных соединений имеет отдельные нестыковки по тексту диссертации. Так на стр. 28 указан диапазон 1700-1760 нм и 2290-2330 нм, на стр. 47 – 1700-1750 нм и 2300-2350 нм, на стр. 67 - 2290-2330 нм.

Высказанные замечания носят больше рекомендательный и редакционный характер и не снижают научную и практическую значимость работы.

Заключение по диссертации

В целом работа Быковой Татьяны Владимировны на тему «Система методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами» по своей постановке цели и задач исследования и по полученным результатам является законченной научно-квалифицированной работой в области исследования методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами, выполнена на хорошем уровне.

Диссертационная работа соответствует предметной области научной специальности 1.5.15. Экология и удовлетворяет требованиям, предъявляемым

к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук в соответствии с пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор, Быкова Татьяна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология.

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Промышленная экология»
(шифр специальности 1.5.15. Экология) Остах
Оксана Сергеевна

«04» сентября 2026 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»
Адрес: РФ, 119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1
Тел.: +7 (499) 507-88-88; e-mail: com@gubkin.ru

Я, Остах Оксана Сергеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Быковой Татьяны Владимировны, и их дальнейшую обработку.

«04» сентября 2026 г. Остах
Оксана Сергеевна

Подпись Остах Оксаны Сергеевны заверяю
Начальник отдела кадров
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина Ширяев Ю. Е.