УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

д.т.н., профессор

_____ М.Л. Рудаков

«01» 09 2026 г.

ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
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

Диссертационная работа Быковой Т.В. посвящена разработке системы оперативной оценки состояния техногенно трансформированных биотопов по данным контактной ближней инфракрасной спектроскопии. Работа охватывает две взаимосвязанные задачи: выявление загрязнения почвогрунтов поллютантами, в том числе нефтепродуктами, и оценку отдельных агрохимических характеристик, необходимых для последующего обоснования мероприятий по восстановлению нарушенных территорий.

Практическая сложность обследования таких объектов связана с тем, что техногенно изменённая геосреда редко имеет однородное строение. Загрязняющие вещества распределяются неравномерно, их содержание зависит от состава грунта, влажности, динамики миграции, давности загрязнения и характера антропогенного воздействия. Поэтому на одном участке могут сочетаться зоны с различной степенью загрязнения и разным агрохимическим состоянием. Для квалифицированной рекультивации важно не только установить факт загрязнения, но и понять его пространственную структуру.

С отзывом ознакомлена.
22.09.2026г

ФГБОУ ВО "СамГТУ"
"17" 09. 2026г
Вход. № 5/4

Существующая практика инженерно-экологических изысканий в основном опирается на маршрутное обследование, визуальную фиксацию признаков нарушения, точечный отбор проб и последующий лабораторный анализ. Эти методы необходимы, но их информативность ограничена малым количеством и расположением точек опробования. При мозаичном распределении загрязнения часть локальных зон может не попасть в схему отбора проб, а увеличение числа проб резко повышает стоимость и продолжительность работ.

Отдельная проблема связана с глубинным обследованием. Получение таких данных требует бурения, отбора керна или проб с разных горизонтов, пробоподготовки и лабораторного анализа. Это делает процедуру технически сложной и не позволяет быстро корректировать схему обследования в поле. В результате между фактической неоднородностью загрязнённого массива и объёмом получаемых данных часто возникает существенный разрыв.

В этих условиях обоснован интерес к экспресс-методам, которые дополняют традиционный лабораторный контроль. Контактная БИК-спектроскопия позволяет получать информацию об отражательных характеристиках почвогрунтов без сложной пробоподготовки и непосредственно в процессе полевого обследования. При правильной калибровке и сопоставлении с лабораторными данными такой подход может использоваться для уточнения границ загрязнения, выбора мест контрольного пробоотбора и оценки состояния геосреды.

Актуальность работы Быковой Т.В. состоит в направленности на решение конкретной методической проблемы экологического мониторинга, инженерно-экологических изысканий и рекультивации нарушенных территорий - недостаточной оперативности и пространственной детализации оценки загрязнённых почвогрунтов. В работе предложена не отдельная измерительная процедура, а система оценки состояния техногенно трансформированных биотопов, включающая контактную спектральную съёмку, индексную обработку данных и многомерный статистический анализ. Такой подход позволяет повысить плотность наблюдений, уточнять пространственную структуру загрязнения и получать более полное представление о состоянии геосреды без отказа от традиционных методов лабораторного контроля.

Научная новизна диссертации

Научная новизна результатов, полученных Быковой Т.В. в ходе диссертационного исследования, заключается в следующем:

1. Разработан метод оперативной идентификации источников поступления загрязняющих веществ и локализации зон их распространения в биотопах техногенно трансформированных территорий. Метод основан на применении

контактной ближней инфракрасной спектроскопии и индексной обработке спектральных данных, что позволяет проводить экспресс-оценку состава и загрязнённости почвогрунтов без предварительной пробоподготовки.

2. Предложен индексный подход к интерпретации спектров ближней инфракрасной области применительно к техногенно трансформированным грунтам. Его научная значимость состоит в выделении спектральных признаков, связанных как с загрязнением нефтепродуктами, так и с изменением агрохимических характеристик почвогрунтов.

3. Установлены количественные зависимости между спектральными характеристиками грунтов в ближнем инфракрасном диапазоне и отдельными агрохимическими показателями. Это позволило обосновать применение методов многомерной калибровки для оценки содержания контролируемых компонентов по результатам спектральных измерений.

4. Обоснованы методические требования к проведению контактных спектральных обследований техногенно трансформированных территорий. Их применение направлено на повышение достоверности выявления источников загрязнения, уточнение границ зон его распространения и получение более детальной информации о состоянии нарушенных биотопов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе Быковой Т.В., являются обоснованными и подтверждаются логикой проведённого исследования, объёмом экспериментального материала и сопоставлением спектральных данных с результатами лабораторного анализа.

Достоверность результатов обеспечена использованием натурных и модельных образцов почвогрунтов различного состава и степени техногенного воздействия. В работе рассмотрены как образцы с заданным содержанием нефтепродуктов, так и реальные пробы, характеризующие состояние техногенно трансформированных территорий. Это позволило автору не ограничиваться лабораторным моделированием, а проверить применимость разработанных решений на объектах, близких к реальным условиям экологического обследования.

Обоснованность полученных результатов подтверждается применением стандартных лабораторно-химических методов для определения контролируемых показателей, а также последующим сопоставлением этих данных со спектральными характеристиками почвогрунтов. Использование методов

предварительной обработки спектров, расчёта спектральных индексов, анализа главных компонент и многомерной калибровки позволило выявить устойчивые связи между параметрами спектрального отклика и отдельными характеристиками грунтовой среды.

Следует отметить, что автором не заявлена универсальность предложенной системы для всех типов загрязнений и грунтов. Напротив, в работе показана необходимость калибровки спектральных моделей, учёта состава почвогрунтов и проверки диагностических признаков по данным лабораторного контроля. Это повышает научную корректность исследования и делает полученные выводы более обоснованными с сохранением метрологической прослеживаемости к эталонам.

Выводы диссертации соответствуют поставленным задачам и фактическим результатам исследования. Они основаны на собственных экспериментальных данных автора и отражают установленные в работе связи между спектральными характеристиками почвогрунтов, содержанием нефтепродуктов и отдельными агрохимическими показателями. Выводы не сводятся к общему утверждению о перспективности БИК-спектроскопии, а конкретизируют условия её применения для оперативной оценки состояния техногенно трансформированных биотопов совместно с лабораторным контролем.

Предложенные рекомендации имеют прикладной характер и могут быть использованы при экологическом мониторинге, инженерно-экологических изысканиях и разработке мероприятий по рекультивации нарушенных территорий.

Научные результаты, их ценность

В диссертационной работе Быковой Т.В. решена методическая задача, связанная с оперативной оценкой состояния техногенно трансформированных биотопов по спектральным характеристикам почвогрунтов. Автором обосновано применение контактной БИК-спектроскопии для получения более детальной информации о загрязнении и агрохимическом состоянии грунтовой среды.

Экспериментальная база работы включает 216 модельных образцов с заданным содержанием нефтепродуктов, 3 фоновых образца и 83 натурных образца почвогрунтов с определёнными агрохимическими и физико-химическими показателями. На этом материале автор выполнил сопоставление спектральных характеристик с результатами лабораторного анализа и оценил применимость предложенного подхода к модельным и натурным объектам.

К основным научным результатам следует отнести разработку системы спектральных индексов для оценки агрохимического состояния и нефтяного

загрязнения почвогрунтов. Показана связь индекса K1 с содержанием фосфора, индекса K6 - с содержанием натрия. Для нефтезагрязнённых образцов разработан модифицированный индекс HD', позволяющий количественно оценивать содержание нефтепродуктов в диапазоне 0-30 % масс.

В работе также обосновано применение методов многомерного анализа PCA и PLS для обработки спектральных данных. Полученные модели для натрия, фосфора, калия, влажности и зольности показали приемлемую точность для предварительной количественной оценки состояния почвогрунтов. При этом автор корректно указывает, что оценка агрохимических характеристик по БИК-спектрам является косвенной и зависит от свойств органоминеральной матрицы.

Апробация на объектах Самарской области подтвердила возможность применения контактной БИК-спектроскопии для выявления зон загрязнения непосредственно при полевом обследовании. Сопоставление с результатами лабораторного анализа показало согласованность получаемых оценок, что позволяет использовать разработанный подход для предварительной диагностики и планирования контрольного пробоотбора.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 12 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; опубликована 1 монография и получен 1 патент.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Автором сформирован массив спектральных характеристик почвогрунтов различного состава. В него включены натурные образцы с установленными агрохимическими показателями и модельные образцы с заданным содержанием нефтепродуктов.

2. Разработан подход к обработке спектральной информации, основанный на расчёте спектральных индексов и применении методов многомерного анализа. Его использование позволяет интерпретировать результаты БИК-спектроскопии применительно к задачам оценки загрязнения и агрохимического состояния почвогрунтов.

3. Метод обработки спектральных данных и сформированные массивы спектральных характеристик внедрены в практическую деятельность ООО «УкуЛаб». Они используются при интерпретации спектроскопических изме-

рений, сопоставлении спектральных признаков с физико-химическими характеристиками грунтов и построении количественных моделей оценки загрязнения.

4. Метод контактной ближней инфракрасной спектроскопии апробирован при обследовании территорий, нарушенных антропогенной деятельностью, и применён при выполнении работ по рекультивации техногенно деградированных земель на территории Самарской области. Это подтверждает возможность использования разработанного подхода в практике инженерно-экологических работ.

5. По результатам исследования разработан способ определения содержания фосфора в почве, защищённый патентом РФ № 2827683 C1 от 01.10.2024. Способ может применяться при экологическом мониторинге, агрохимических обследованиях и контроле эффективности рекультивационных мероприятий.

6. Результаты диссертационной работы используются в образовательном процессе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» при преподавании дисциплин, связанных с математической обработкой результатов эксперимента, оценкой экологической опасности объектов техносферы и методами контроля окружающей среды.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа изложена на 146 листах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, списка использованных источников из 146 наименований, содержит 29 рисунков, 20 таблиц и 6 приложений.

Во введении обоснована актуальность разработки оперативных методов оценки состояния техногенно трансформированных биотопов. Сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет работы, приведены положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов.

В первой главе рассмотрены теоретические и нормативно-методические основы диагностики биотопов техногенно трансформированных территорий. Автор анализирует особенности таких объектов, действующие подходы к оценке состояния загрязнённых грунтов, проблему пространственной неоднородности загрязнения, а также современные инструментальные методы экологической диагностики. Отдельное внимание уделено возможностям инфракрасной спектроскопии и методам обработки спектральных данных.

Во второй главе приведено описание экспериментальной базы и методики исследования. Рассмотрены принципы формирования массива натурных и модельных образцов почвогрунтов, методы лабораторного определения физико-

химических и агрохимических показателей, а также порядок выполнения спектральных измерений. Эта глава задаёт экспериментальную основу для последующего построения спектральных зависимостей и индексов.

Третья глава посвящена разработке системы спектральной диагностики состояния техногенно трансформированных биотопов. В ней рассмотрены спектральные характеристики натурных и модельных образцов, выполнена предварительная обработка данных, установлены связи между спектральным откликом и отдельными агрохимическими показателями. В этой же главе предложены индексные подходы к оценке агрохимического состояния почвогрунтов и диагностике нефтяного загрязнения, а также сформирована общая система оперативной оценки биотопов.

В четвёртой главе представлены результаты обоснования и практического применения разработанной системы. Автор рассматривает моделирование пространственной структуры загрязнения, анализирует особенности обследуемых объектов и практику инженерно-экологических исследований на техногенно нарушенных территориях. Приведены результаты поверхностной и глубинной контактной БИК-съёмки, а также сопоставление полученных данных с традиционным объединённым пробоотбором.

В заключении сформулированы основные результаты исследования. Они соответствуют поставленным задачам и отражают как методическую, так и прикладную направленность работы: формирование экспериментальной базы, разработку методов обработки спектральных данных, создание спектральных индексов, проверку моделей и апробацию подхода на реальных объектах.

Диссертация написана логично, материал изложен последовательно: от анализа существующих методов диагностики к разработке и апробации собственной системы оценки. Структура работы соответствует цели и задачам исследования. Используемая терминология в целом отвечает предметной области экологического мониторинга, инженерно-экологических изысканий и спектральной диагностики почвогрунтов.

Содержание диссертационной работы соответствует специальности 1.5.15. Экология, в том числе пункту 7 «Эколого-методические основы системы сохранения природных экосистем, системы защиты биотопов от деградации и загрязнения поллютантами».

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы Быковой Т.В. могут быть использованы при обследовании техногенно нарушенных территорий с выраженной неоднородностью почвогрунтов. В первую очередь это объекты накопленного

экологического вреда, промышленные площадки, территории размещения отходов, участки нефтяного загрязнения и земли, для которых планируется рекультивация.

Разработанную систему контактной БИК-диагностики целесообразно включать в состав инженерно-экологических обследований на предварительном этапе работ. Она позволяет быстрее получить представление о состоянии территории, выделить участки, требующие более детального изучения, и обоснованно назначить точки лабораторного контроля.

Метод обработки спектральных данных и сформированные массивы спектральных характеристик грунтов могут быть полезны аналитическим лабораториям, проектно-изыскательским организациям и экологическим службам, выполняющим оценку состояния почвогрунтов. Эти результаты особенно применимы в случаях, когда стандартный точечный пробоотбор не даёт достаточного представления о пространственной структуре загрязнения.

Результаты работы также могут быть рекомендованы организациям, участвующим в подготовке и сопровождении проектов рекультивации: региональным органам в сфере природопользования и охраны окружающей среды, муниципальным экологическим службам, территориальным подразделениям Росприроднадзора, проектным институтам и специализированным подрядным организациям.

Замечания и вопросы по диссертации

1. О недостаточной формализации критериев выбора опорных длин волн для агрохимических индексов (стр. 60-61). Разработанные автором спектральные индексы K1–K6 для оценки агрохимических показателей являются важным результатом работы. Однако выбор конкретных опорных точек (710, 760, 820, 925 нм) на усреднённой спектральной кривой (рис. 17, стр. 61) не сопровождается строгим математическим обоснованием. В работе не приведено количественных критериев (например, значений второй производной, корреляционных пиков или результатов анализа методом главных компонент, применённого к спектральным данным), которые позволили бы объективно подтвердить, что выбранные длины волн являются наиболее информативными. Использование визуального анализа и выделения «перегибов» спектральной кривой, хотя и является допустимым на этапе поиска, не обеспечивает должной воспроизводимости методики при её применении к другим типам почв и грунтов, что снижает универсальность предложенного индексного подхода.

2. Недостаточная апробация агрохимических индексов в полевых условиях (стр. 93-99). Основное внимание в экспериментальной части работы (глава 4) уделено апробации углеводородного индекса HD’ на территории ма-

зутных озёр. Разработанные автором индексы для экспресс-оценки содержания фосфора (K1) и натрия (K6), которые показали высокие корреляционные связи с лабораторными данными ($r = 0.94$ и $r = 0.90$ соответственно), не прошли проверку в реальных полевых условиях на техногенно нарушенных территориях. Это не позволяет в полной мере оценить их устойчивость к вариациям влажности, гранулометрического состава и других факторов, характерных для объектов накопленного экологического вреда, и оставляет открытым вопрос об их практической применимости для оперативной диагностики агрохимического состояния грунтов непосредственно в ходе изысканий.

3. Отсутствие анализа влияния матричных эффектов на точность количественных моделей (стр. 51-59). Автором установлены высокие корреляции для ряда агрохимических показателей (натрий, фосфор, калий) с использованием PLS-моделей и индексного подхода. Однако в работе не проведён системный анализ влияния матричных эффектов (совместного влияния гранулометрического состава, содержания органического вещества и влажности) на стабильность и точность этих моделей. Особенно это критично для техногенных грунтов, которые, как справедливо отмечает автор (стр. 14-15), характеризуются высокой неоднородностью состава. Отсутствие такого анализа не позволяет объективно судить о границах применимости разработанных калибровочных зависимостей и о возможности их переноса на другие объекты.

4. Ограниченный объём верификации углеводородного индекса HD' для разных типов загрязнителей (стр. 71-72). Зависимость индекса HD' от концентрации нефтепродуктов (рис. 23, стр. 71) исследована для трёх типов матриц и трёх модельных загрязнителей. Однако, как показано в работе (стр. 71), химический состав загрязнителя влияет на амплитуду спектрального отклика. В этой связи возникает вопрос о границах применимости полученных калибровочных зависимостей: могут ли они быть использованы для количественной оценки загрязнения смесями углеводородов неизвестного состава, которые часто встречаются на реальных объектах? В работе не приведено обоснования устойчивости индекса к вариациям группового состава нефтепродуктов в условиях, приближенных к реальным.

5. Отсутствие сопоставительного анализа с альтернативными экспресс-методами (стр. 24-25). В работе представлен анализ традиционных лабораторных методов, но не проведено сравнение разработанного БИК-подхода с другими современными экспресс-методами полевой диагностики. Проведение сравнительного анализа по таким критериям, как оперативность, точность, стоимость анализа и чувствительность, позволило бы более объективно позиционировать разработанную систему среди существующих методов и выявить её конкурентные преимущества и ограничения.

6. Недостаточная проработанность вопроса влияния влажности на точность полевых измерений (стр. 45, 55). Автор отмечает, что влажность является одним из ключевых факторов, влияющих на спектральный отклик (стр. 45, 55). Однако в ходе полевых исследований (стр. 93-99) не приводятся данные о влажности грунтов в момент съёмки и не оценивается степень её влияния на точность количественного определения нефтепродуктов. Без учёта этого параметра остаётся неясным, в какой мере вариации влажности могут маскировать полезный сигнал от углеводородов, особенно в области низких концентраций, где, по данным автора, погрешность максимальна (стр. 97-98, таблица 17).

7. Отсутствие экономической оценки эффективности предлагаемого метода. В работе не приведено экономическое обоснование внедрения разработанной системы. Для практического применения в инженерно-экологических изысканиях важно сопоставить не только информативность, но и затраты (временные и финансовые) на проведение контактной БИК-съёмки по сравнению с традиционным подходом. Отсутствие такой оценки затрудняет оценку экономической целесообразности масштабного внедрения метода в производственную практику.

Заключение

Диссертационная работа Быковой Татьяны Владимировны на тему «Система методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для науки и практики.

Область исследования диссертационной работы Быковой Т.В. соответствует научной специальности 1.5.15. Экология (технические науки).

Диссертация соответствует требованиям и критериям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Быкова Татьяна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология.

Отзыв ведущей организации на кандидатскую диссертацию Быковой Татьяны Владимировны «Система методов оперативной оценки биотопов для ликвидации последствий их загрязнения поллютантами» подготовил Данилов Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Геоэкология», специальность защиты кандидатской: 25.00.36 Геоэкология (в горно-перерабатывающей промышленности).

Диссертация и отзыв были обсуждены и одобрены на заседании кафедры

геоэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» (протокол № 01 от «01» сентября 2026 г.). Доклад Быковой Т. В. на диссертацию был заслушан и обсужден. Отзыв составлен по результатам обсуждения диссертации. Присутствовали на заседании – 14 человек. В голосовании приняло участие – 14 человек. Проголосовали: за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заведующий кафедрой геоэкологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
профессор, доктор технических наук
Докторская диссертация по специальности:
25.00.36 «Геоэкология»

Пашкевич
Мария Анатольевна

Доцент кафедры геоэкологии
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
горный университет»
доцент, кандидат технических наук
Кандидатская диссертация по специальности:
25.00.36 «Геоэкология»

Данилов
Александр Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2
Тел.: +7 (812) 328-82-00; +7 (812) 328-82-81; e-mail: rectorat@spmi.ru

Подпись заведующего кафедрой геоэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», д.т.н., профессора Пашкевич Марии Анатольевны и доцента кафедры геоэкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», к.т.н, доцента Данилова Александра Сергеевича удостоверяю.

Начальник управления делопроизводства и контроля документооборота
Р. Яковлева
01. 09. 2026