ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
РХТУ.1.5.01 РХТУ им. Д. И. Менделеева
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № 30/26
решение диссертационного совета
от 27 октября 2026 г., протокол № 21

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Харитонову Александру Эдуардовичу, представившему к защите диссертационную работу на тему: «Разработка методологического подхода для определения фитотолерантности к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды» по научной специальности 1.5.15. Экология (технические науки).

Диссертационная работа принята к защите «08» сентября 2026 г. диссертационным советом РХТУ.1.5.01 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» (РХТУ им. Д. И. Менделеева) (протокол № 19).

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человека приказом и. о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева от 06 декабря 2022 г. № 553 А «О создании диссертационного совета РХТУ.1.5.01» (с изменениями, утвержденными приказом и.о. ректора № 232 А от 16 сентября 2024 г., приказом ректора № 72 ОД от 03 апреля 2026 г.).

Харитонов Александр Эдуардович, 1998 года рождения, в 2022 г. окончил магистратуру в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование (диплом магистра № 107731 0389476, регистрационный номер 379 от 05 июля 2022 г.).

В 2026 г. Харитонов А.Э. окончил аспирантуру РХТУ им. Д. И. Менделеева по направлению подготовки 1.5.15 Экология (свидетельство об окончании аспирантуры № 107724 0000097, регистрационный номер 0094 от 07 июля 2026 г.). В настоящее время Харитонов А.Э. работает в следующих должностях:

- ассистент кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д. И. Менделеева;
- эксперт отдела эксплуатации автоматизированных информационных систем Департамента информационных технологий РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Диссертационная работа выполнена на кафедре ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

Научный руководитель – доктор технических наук **Макарова Анна Сергеевна**, профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

– доктор технических наук, доцент **Степанова Светлана Владимировна**, профессор кафедры «Инженерная экология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»);

– доктор технических наук, старший научный сотрудник **Маслобоев Владимир Алексеевич**, научный руководитель Института проблем промышленной экологии Севера, советник генерального директора федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН);

Ведущая организация:

– Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный исследовательский центр **«Почвенный институт имени В. В. Докучаева»** (ФИЦ «Почвенный

институт им. В. В. Докучаева»).

Основные положения диссертации получили полное отражение в 14 печатных работах, в том числе в 4 работах – в рецензируемых научных изданиях, из них 3 – в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 1 – в научном издании, включенном в международную базу цитирования GeoRef.

Основные научные результаты представлены в следующих публикациях.

1. **Kharitonov A.E.**, Makarova A.S., Velieva E.R. Ecological and methodological foundations of the system of conservation of natural ecosystems, the system of protection of biotopes from degradation and pollution by pollutants // BIO Web of Conferences. 2025. Vol. 160. № EESTE2024. 02020. P. 1–11. DOI: 10.1051/bioconf/202516002020 **(Scopus)**.

В статье проанализированы установленные пределы толерантности растений к солям ртути, продуктам нефтегазовой отрасли и ПАВ. Разработана концепция применения гидропоники как аналитического инструмента для подбора толерантных видов растений для фиторемедиации загрязненных территорий.

2. **Kharitonov A.E.**, Makarova A.S., Velieva E.R. Adaptation of the methodology for sequential five-step fractionation of elements from bottom sediments of lake Imandra // BIO Web of Conferences. 2025. Vol. 160. № EESTE2024. 02026. P. 1–12. DOI: 10.1051/bioconf/202516002026 **(Scopus)**.

В статье рассматривается серия экспериментов по адаптации методики пятиступенчатого фракционирования элементов из почв, илов и донных отложений (на примере озера Имандра). Рассмотрены факторы, влияющие на процесс экстракции, и сформированы требования для успешной реализации экспериментов. Предложено применение адаптированной методики для оценки потенциального негативного воздействия поллютантов в системе «донные отложения — вода» с учетом физико-химической подвижности и биодоступности элементов, что может быть использовано при оценке загрязнения почв и подборе растений для фиторемедиации.

3. **Kharitonov A.E.**, Makarova A.S., Velieva E.R. Assessment of the limits of plant resistance to the toxic effects of heavy metals in a model environment – hydroponics // World of Mining – Surface & Underground. 2026. Vol. 78. No. 1. P. 35–41 **(Scopus)**.

В статье рассмотрена проблема загрязнения почв тяжелыми металлами (Zn, Cu, Cd) и выявлена необходимость оценки фитотолерантности растений. Проведены эксперименты на шести видах растений в гидропонных условиях при концентрациях от 1 до 200 ПДК. Установлено, что горчица сарептская (*лат. Brassica juncea*) обладает наибольшей толерантностью и свойствами гипераккумулятора ($EC_{50} \approx 100$ ПДК), а мятлик луговой (*лат. Poa pratensis*) – наибольшей чувствительностью ($EC_{50} \approx 5$ ПДК). Предложено применять гидропонный скрининг для отбора растений-фиторемедиантов, сокращая сроки оценки с нескольких лет до одного-двух месяцев.

4. **Харитонов А.Э.**, Макарова А.С. Определение границ толерантности к поллютантам в гидропонике как модельной среде // Journal of Agriculture and Environment. 2026. № 5 (69). С. 1–7. DOI: 10.60797/JAE.2026.69.8 **(GeoRef)**.

Статья посвящена определению границы толерантности четырех видов растений (горчица сарептская, дайкон, клевер луговой, базилик) к солям ртути, продуктам нефтегазовой отрасли и ПАВ. Показано, что гидропоника - наиболее точный метод для такого исследования, а использование микроэлементов в хелатной форме снижает побочные реакции. Установлено, что каждый вид имеет индивидуальный порог выносливости, не отраженный в действующих нормативах, что подтверждает актуальность предложенного подхода для отбора фиторемедиаторов.

Результаты диссертации представлены на международных (15 докладов) и всероссийских конференциях (5 докладов), в том числе на: IV Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие в сельском хозяйстве и экологическая безопасность» (EESTE-IV-2024) (Республика Таджикистан, г. Душанбе, 2024 г.); VI Всероссийской научно-практической конференции «Технологии переработки отходов с получением новой продукции» (г. Киров, 2024 г.); Международном молодежном форуме «Россия – Африка: ядерное образование как потенциал для успешного развития региона» (г. Москва, 2025 г.); II Международной научно-

исследовательской конференции «Научный синтез: пересечение идей и технологий» (г. Москва, 2025 г.); Международном конкурсе экопроектов «Экология без границ» (г. Орел, 2025 г.); XVIII Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию издания очерков В. И. Вернадского «Биосфера» (г. Москва, 2026 г.); Международном молодежном форуме «Россия – Африка: ядерное образование как потенциал для успешного развития региона» (г. Москва, 2026 г.) и др. Личный вклад автора заключается в анализе научной литературы, разработке методологии, проведении всех экспериментальных исследований, обработке и интерпретации данных. В совместных публикациях доля диссертанта составляла 75 %. Автором подготовлены материалы для опубликования научных статей, написан текст диссертации и разработан программный комплекс «*PhytoRemediator*» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026615895; автор и правообладатель – Харитонов А.Э.).

По результатам работы А.Э. Харитонов получил 1 акт внедрения результатов исследования.

На диссертацию поступили отзывы:

1. **Официального оппонента** – доктора технических наук, доцента **Степановой Светланы Владимировны**., профессора кафедры «Инженерная экология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

В отзыве отражены актуальность темы диссертации, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, охарактеризованы структура и содержание работы. Отмечено, что «разработка методологии, позволяющей в короткие сроки и с высокой воспроизводимостью устанавливать количественные пределы фитотолерантности к широкому спектру поллютантов, представляет собой актуальную научно-техническую проблему, имеющую непосредственное практическое значение для обеспечения экологической безопасности промышленных регионов».

В отзыве высказаны замечания и приведены вопросы к автору:

1. Каким образом обеспечивается формальное соответствие разработанной методологии действующей нормативно-технической базе, если ни один из цитируемых стандартов прямо не регламентирует определение пределов фитотолерантности в гидропонных модельных системах? ГОСТ Р ИСО 22030-2009 устанавливает метод оценки хронической фитотоксичности именно в почвенной среде с обязательным использованием двух стандартных тест-культур – овса (*лат. Avena sativa*) и редьки масличной (*лат. Brassica rapa*), – и не регламентирует применение гидропонных модельных систем. ГОСТ Р 70575-2022 регламентирует общие технические требования к тепличной овощной продукции и правила ее производства, но не устанавливает требований к проведению научно-исследовательских гидропонных экспериментов по оценке фитотоксичности.

2. Разработанная методология включает двухэтапное формирование концентрационных рядов: широкий скрининг и последующее сужение диапазона. В работе не определены формальные критерии выбора шага концентраций на втором этапе, что может затруднить воспроизводимость методики другими исследователями.

3. В серии V (влияние ЭДТА) для базилика по Zn^{2+} зафиксировано отрицательное смещение (–50%). Автор интерпретирует это как снижение толерантности, однако не приведено достаточного физиологического обоснования данного эффекта. Следовало бы обсудить возможные механизмы (например, повышение биодоступности Zn^{2+} в комплексе с ЭДТА, превышающее детоксикационные возможности базилика) более подробно.

4. Разработанный программный комплекс «PhytoRemediator» является инструментом для системного экологического мониторинга, однако его прямая связь с комплексной оценкой влияния промышленных объектов на экосистемы в работе продемонстрирована недостаточно.

5. В тексте диссертации встречаются единичные стилистические погрешности и опечатки, не влияющие на общее восприятие работы, но указывающие на необходимость более тщательной редакторской правки.

При этом отмечено, что «высказанные замечания не затрагивают сути защищаемых положений и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов. Они могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях».

Заключение по работе положительное: «Диссертационная работа Харитонова Александра Эдуардовича на тему «Разработка методологического подхода для определения фитотолерантности к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по разработке методологии количественной оценки фитотолерантности высших растений к поллютантам горнодобывающей и нефтегазовой промышленности с применением гидропонных модельных систем.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа Харитонова Александра Эдуардовича на тему «Разработка методологического подхода для определения фитотолерантности к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным пунктами 2.1–2.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (утвержденного приказом и. о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 № 103 ОД в действующей редакции), а ее автор, Харитонов Александр Эдуардович, **заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук** по специальности 1.5.15 – Экология (технические науки)».

2. **Официального оппонента** – доктора технических наук, старшего научного сотрудника **Маслобоева Владимира Алексеевича**, научного руководителя Института проблем промышленной экологии Севера, советника генерального директора федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ РАН).

В отзыве подтверждаются актуальность темы диссертации, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, обоснованность и достоверность научных положений и выводов. В частности, отмечено, что «Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений».

В отзыве высказаны замечания и приведены вопросы к автору:

1. Автору очень нравится термин «методология», он даже вынесен в заглавие диссертации. Однако, на взгляд оппонента, более корректно использовать такие термины, как «методика», «метод», «разработка» и другие, более конкретные.

2. В тексте диссертации используются два термина: «фитотоксичность» – способность поллютантов (химических веществ) подавлять рост и развитие растений и «фитотолерантность» – способность растения переносить повреждение или его последствия, не блокируя сам фактор стресса, а компенсируя ущерб. Возникает вопрос: существует ли количественное соотношение между этими величинами?

3. В почве корневая система высших сосудистых растений тесно связана с ризосферными микроорганизмами, которые служат в том числе и биохимическими барьерами для тяжелых металлов. Наблюдаются ли ризосферные штаммы микроорганизмов в условиях гидропонного эксперимента? Может, благодаря им возникает коэффициент «k»?

4. Как работает гидропонная система с нефтезагрязнениями (какова растворимость углеводородов в водном растворе)? Можно ли с помощью программного комплекса «*PhytoRemediator*» подобрать высшие растения с высокой толерантностью к нефтяным углеводородам?

5. Три типа почв, рассмотренных в диссертации, различались только на единицу pH друг от друга. Неужели содержание гумуса, гуминовых и фульвокислот не влияют на фиторемедиацию?

Оппонент отмечает: «Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку

рассматриваемой диссертации, содержание которой свидетельствует о высокой научной квалификации автора».

Заключение по работе положительное: «Диссертация Харитонова Александра Эдуардовича на тему: «Разработка методологического подхода для определения фитотолерантности к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Харитонову Александру Эдуардовичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

Работа в полной мере соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология, а ее автор – Харитонов Александр Эдуардович – **достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук** по специальности 1.5.15. Экология».

В отзывах обоих оппонентов указано, что диссертационная работа по содержанию соответствует Паспорту научной специальности 1.5.15. Экология (технические науки) в части п. 1 «Исследование влияния абиотических факторов технологических процессов и продукции нефтегазовой отрасли на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности организмов к техногенному воздействию»; п. 2 «Комплексная оценка влияния промышленных объектов горнодобывающей промышленности на природные и искусственные экосистемы. Принципы и механизмы системного экологического мониторинга».

3. **Ведущей организации** – федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (**ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»**). Отзыв подготовлен доктором биологических наук, доцентом, заведующим отделом химии и физико-химии почв Ладониным Дмитрием Вадимовичем, рассмотрен и обсужден на заседании отдела химии и физико-химии почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (протокол № 2 от 6 октября 2026 г.), утвержден исполняющим обязанности директора, доктором географических наук Козловым Даниилом Николаевичем.

В отзыве отмечены актуальность темы, научная новизна, достоверность и обоснованность результатов, теоретическая и практическая значимость исследования. Отмечено, что «предложенный автором подход, основанный на использовании гидропоники как модельной среды, введении коэффициента пересчета «*k*» и разработке программного комплекса «*PhytoRemediator*» для автоматизированного подбора растений-фиторемедиантов, является оригинальным и комплексным».

Вместе с тем к диссертации имеется ряд замечаний:

1. Основное замечание связано с принятием автором механистического подхода к изучению фитотолерантности. В качестве положительного опыта экспериментов с гидропоникой заявляется прямое влияние всего количества загрязняющих веществ, добавленных в систему в доступной для растений форме. Это снижает варьирование результатов экспериментов по сравнению с традиционными вегетационными опытами с почвами. Однако в этом случае мы полностью теряем информацию о том, как почва влияет на биодоступность загрязняющих веществ и отрываем результаты экспериментов с гидропоникой от понимания реальной ситуации на конкретных территориях, характеризующихся своими особенностями почвенного покрова, ради чего все исследования и затевались. Расчет коэффициента «k» теоретически должен решить эту проблему, однако здесь мы видим упрощенный подход, не учитывающий всех

взаимодействий в системе «загрязняющее вещество-почва-растение». Хочется надеяться, что автор продолжит исследования и попытается это сделать.

2. Автор плохо знаком с методикой опытного дела, важным разделом агрохимии - это система принципов, правил и конкретных приемов, которые обеспечивают достоверность, точность и воспроизводимость результатов исследований эффективности удобрений, мелиорантов и других агрохимических приемов. Поэтому нельзя без удивления читать про 250-300% разброс значений в полевых и лабораторных опытах с системой «почва-растение».

Следующие замечания носят частный характер:

3. Не понятно, как при расчете концентрации тяжелых металлов (ТМ) в питательном растворе автор переходил от содержания ТМ в почве (величины ПДК и ОДК) к их концентрации в жидкой фазе.

4. Не понятно, почему при расчете концентрации ТМ в питательном растворе автор руководствовался величинами ОДК для валового содержания для кадмия, и ПДК для подвижных форм для цинка и никеля.

5. В ряде случаев внесение в питательный раствор солей ТМ сопровождалось дополнительным поступлением в систему дополнительных элементов питания (например, нитрат кадмия), что не могло не повлиять на результат определения фитотолерантости.

6. Большинство типов почв, включенных в базу данных программного комплекса «*PhytoRemediator*» не относится ни к одной из известных классификаций. Совершенно непонятно, что такое «универсальная» почва.

Отмечено, что «указанные замечания не умаляют ценность диссертационной работы, а лишь показывают сложность решаемых задач и указывают направления дальнейших исследований. Цели и задачи, поставленные диссертантом, выполнены полностью. Актуальность и значимость полученных автором результатов не вызывает сомнений».

Заключение по работе положительное: «Диссертация Харитонова Александра Эдуардовича «Разработка методологического подхода для определения фитотолерантности к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды» соответствует паспорту специальности 1.5.15 – «Экология» (технические науки) и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой разработан и экспериментально обоснован методологический подход к количественной оценке фитотолерантности растений, включающий стандартизированную гидропонную процедуру, коэффициент пересчета «k» и программный комплекс «*PhytoRemediator*» для автоматизированного подбора видов-фиторемедиантов и биоиндикаторов. Полученные результаты вносят значительный вклад в развитие методов биологической рекультивации нарушенных земель и организации системного экологического мониторинга загрязненных территорий.

Содержание и структура диссертационной работы и автореферата соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (утвержденным приказом и. о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД в действующей редакции), а ее автор, Харитонов Александр Эдуардович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15 – Экология (технические науки)».

На автореферат диссертации поступили 8 отзывов. Все отзывы положительные.

1) **Заварзина Анна Георгиевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры химии почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО «МГУ имени М. В. Ломоносова» в своем отзыве отмечает, что работа написана хорошим научным языком, удачно иллюстрирован и снабжен табличным материалом. Положения, выносимые на защиту, аргументированы и подтверждены экспериментальными данными, а диссертационная работа представляет собой завершенную самостоятельно выполненную научно-квалификационную

работу, обладающую достаточной научной новизной и практической значимостью

Даны следующие замечания:

1. Не вполне корректно сформулирован объект исследований. Фитотолерантность растений является скорее предметом исследований, а объектом - тестируемые культуры. В этом разделе следовало указать, какие культуры были выбраны в качестве объекта исследований. Кроме того, из материалов автореферата не до конца понятен выбор тест-культур для экспериментальных серий с учетом их дальнейшего использования в природных условиях. Использовались ли какие-либо критерии устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды (температурный и водный режимы, pH и т.д.) или же выбор основывался исключительно на литературных данных о контрастной фитотолерантности? Указание исследованных типов почв, включая глубину отбора проб, следовало бы также внести в раздел объекты исследования.

2. Анализ фитотолерантности изученных культур в почвенных условиях следовало бы включить в задачи работы, т.к. это составляет необходимую и существенную часть проведенного исследования.

3. При чтении автореферата возникает вопрос об экспериментальной обоснованности коэффициента k. Не вполне ясно, чем обусловлен выбор почв для тестирования? Распространены ли эти почвы в горнодобывающих и нефтедобывающих регионах, которые включены в базу данных программного комплекса «*PhytoRemediator*»? Для восточной и западной Сибири и районов с нефтедобычей характерно широкое распространение торфяных олиготрофных почв и подзолов, которые кардинально отличаются от использованных в работе чернозема, дерново-подзолистой и серой лесной почвы по составу минеральной и органической составляющих, обусловливающих сорбционную емкость по отношению к поллютантам.

4. В автореферате следовало бы привести перечень почв, включенных в программный комплекс, а также перечень регионов РФ, на которые экстраполированы данные. В противном случае возникают вопросы о применимости коэффициента к, основанного на анализе всего трех типов почв, характерных для Европейской части России, для других регионов.

5. Неясно, какие факторы модулировали фитотолерантность и что подразумевается под модулированием?

2) Доктор биологических наук, профессор **Минкина Татьяна Михайловна,** заведующая кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» в своем отзыве отмечает, что диссертационная работа посвящена актуальной проблеме – разработке методологического подхода к количественной оценке фитотолерантности высших растений к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как модельной среды.

Даны следующие замечания:

1. Во-первых, коэффициент пересчета «*k*» рассматривается как инструмент переноса результатов из гидропонной среды в почвенную. При этом его значения варьируют в достаточно широких пределах в зависимости от вида растения, поллютанта и типа почвы, а точность переноса в разных разделах автореферата характеризуется несколько по-разному. Представляется целесообразным более четко обозначить границы применимости коэффициента «*k*» и пояснить, как соотносятся приведенные оценки точности его использования.

2. Во-вторых, с учетом того, что реальные техногенно-загрязненные почвы нередко характеризуются поликомпонентным загрязнением, перспективным представляется дальнейшая проверка разработанной методологии не только для отдельных поллютантов, но и для их сочетаний. Это позволило бы расширить область практического применения предложенного подхода при биоиндикационном мониторинге и рекультивации нарушенных земель.

Отмечается, что «указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, носят уточняющий характер и могут быть учтены в дальнейших исследованиях».

3) Кандидат технических наук **Никулина Елена Аркадьевна**, ведущий эксперт Курчатовского комплекса физико-химических технологий национального исследовательского

центра «Курчатовский институт» в своем отзыве отмечает, что диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи – разработке методологического подхода к количественной оценке фитотолерантности высших растений к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как стандартизированной модельной среды.

Даны следующие замечания:

1. Из материалов автореферата следует, что поправочный коэффициент «*k*» фиксирует разницу между физиологической реакцией растения, произрастающего в условиях гидропоники и горшечной культурой закрытого грунта. При этом влияние абиотических факторов (климатических, рельефных, гидрологических) не учитывается, что выглядит несколько упрощенным. Насколько данное допущение позволяет обеспечить надежность предпроектных рекомендаций биоремедиационных изысканий?

2. В работе вводится размерность поправочного коэффициента «*k*» - л/кг. Так как физические характеристики гидропонного раствора являются постоянными, плотность в том числе, то логично предположить, что коэффициент «*k*» должен быть безразмерным.

3. На стр. 12 автореферата приведены кривые «интенсивность жизнедеятельности – концентрация» для биогенных и небиогенных поллютантов. При этом ртуть (Hg^{2+}) отнесена как к группе поллютантов, проявляющих гормезис (стимулирование роста растений при малых дозах), так и ко второй группе поллютантов, для которых эффект стимулирования отсутствует, и кривая монотонно убывает. Чем обусловлено такое отнесение ионов ртути?

Отмечается, что «указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, носят уточняющий характер и могут быть учтены в дальнейших исследованиях».

4) Кандидат биологических наук **Попкова Анна Владимировна,** заместитель директора по международной деятельности института экологии, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции института экологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» в своем отзыве отмечает, что «актуальность работы не вызывает сомнений и определяется необходимостью создания инструментов для оперативного подбора видов-фиторемедиантов и биоиндикаторов в условиях техногенного загрязнения».

Даны следующие замечания:

1. Во-первых, из материалов автореферата не до конца понятно, каким образом выбирались тест-культуры для экспериментальных серий.

2. Во-вторых, при описании программного комплекса указано, что база данных включает более 150 видов растений; следует уточнить, все ли эти виды прошли экспериментальную верификацию в рамках данной работы.

Отмечается, что «высказанные замечания не затрагивают сути защищаемых положений и не снижают общей положительной оценки работы».

5) **Семенова Наталья Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Центра «Биофотоника» ФГБУН ФИЦ «Институт общей физики имени А. М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН) в своем отзыве отмечает, что работа имеет ярко выраженную практическую направленность и что «особого внимания заслуживает методологическая часть работы».

Даны следующие замечания:

1. Во-первых, из материалов автореферата не до конца понятно, каким образом выбирались тест-культуры для экспериментальных серий.

2. Во-вторых, в автореферате приведены значения коэффициента пересчета «*k*» (от 0,66 до 4 л/кг) для трех типов почв; хотелось бы видеть пояснение факторов, обусловливающих столь широкий диапазон варьирования.

3. В-третьих, при описании программного комплекса «*PhytoRemediator*» указано, что база данных включает более 150 видов растений; следует уточнить, все ли эти виды прошли экспериментальную верификацию в рамках данной работы.

4. Рисунки 1 и 2 при первом упоминании в автореферате (стр.10) перепутаны.

5. В серии опытов, посвященных сравнению авторского гидропонного раствора с раствором GHE, соискатель утверждает, что pH для авторского раствора составлял 6,1 ед., а для GHE – 7,0 ед., из чего делает вывод, что авторский раствор стабильнее для проведения экспериментов (стр. 15). Однако, как известно, уровень pH для гидропонных растворов обычно регулируется посредством дополнительного добавления регуляторов-стабилизаторов pH (в частности, для препаратов GHE - pH Up и pH Down), поэтому возникает вопрос, с какой целью не добавлялись регуляторы и на сколько сравнимы результаты прироста без поддержания оптимального уровня pH?

6. В Заключении не хватает конкретики и рекомендаций к применению. Например, перечисления исследуемых культур и поллютантов, конкретного применения ЭДТА в данной технологии.

Отмечается, что «указанные замечания не снижают ценности представленной работы и легко устранимы».

6) Кандидат химических наук **Сонина Ольга Николаевна**, старший преподаватель кафедры правового обеспечения надзорной деятельности (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор») ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России» в своем отзыве отмечает, что «предложенное автором использование гидропоники как модельной среды представляется своевременным и методически перспективным».

Даны следующие замечания:

1. В материалах автореферата не приведено обоснование выбранных диапазонов концентраций поллютантов. Диапазоны варьируют весьма широко: для Cd^{2+} – до 400 мг/л, для Ni^{2+} – до 800 мг/л, для Zn^{2+} – до 4600 мг/л; для Hg^{2+}, ПАВ и углеводородов – от 0,5 до 42 мг/л. При этом остается неясным, опирался ли автор на данные натурных исследований состава почв в зонах влияния горнодобывающих и нефтегазовых предприятий, на фоновые значения этих показателей для подобных зон, на литературные сведения, на нормативы ПДК/ОДК или на ориентировочные расчеты. Хотелось бы увидеть в тексте более четкое обоснование верхних и нижних границ использованных рядов, что существенно облегчило бы оценку воспроизводимости и прикладной значимости предложенной методологии.

2. Вызывает вопросы выбор WD-40 в качестве модельного вещества для имитации нефтяного загрязнения. В методологии второй главы поллютант описан как «смесь алифатических, ациклических, полициклических соединений», однако в Таблице 4 он фигурирует уже как «WD-40». При этом выбор товарного продукта вместо стандартной углеводородной смеси автором не обоснован. WD-40 имеет сложный и не до конца стандартизированный состав, включающий не только углеводороды, но и масла, растворители и добавки, что затрудняет сопоставление полученных значений пределов толерантности с данными других исследований и с реальными нефтепродуктами.

Отмечается, что «сделанные замечания носят уточняющий характер, не влияют на достижение поставленной в диссертации цели и не снижают научной и практической значимости полученных результатов».

7) Кандидат технических наук **Сучков Денис Вячеславович**, старший преподаватель кафедры геоэкологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» в своем отзыве отмечает, что диссертационная работа посвящена актуальной задаче – разработке методологии количественной оценки фитотолерантности растений с использованием гидропоники как модельной среды.

Даны следующие замечания:

1. О выборе поллютантов. В работе исследованы четыре тяжелых металла (Hg, Cd, Ni, Zn), тогда как база данных «*PhytoRemediator*» включает и другие поллютанты: Pb, Cu, As, Cr. Чем обусловлен выбор именно этих тяжелых металлов для экспериментальной части?

2. О категории коэффициента k = 1,0. В тексте автореферата (перед таблицей 8) приведены две категории: $k > 1$ (биодоступность в почве ниже) и $k < 1$ (биодоступность в почве выше). При

этом в таблице 8 присутствуют значения k = 1,0, для которых категория не определена. Как интерпретируется такой случай?

3. Об утилизации фитомассы. В алгоритме программного комплекса «*PhytoRemediator*» предусмотрен расчет «стоимости утилизации». Какие именно предполагаются методы утилизации фитомелиорантов, накапливающих поллютанты? Особенно это актуально для растений с большой фитомассой (дайкон, томат), поскольку возврат загрязненной биомассы в окружающую среду свел бы на нет эффект фиторемедиации.

4. О базе данных программного комплекса. База данных «*PhytoRemediator*» включает 150 видов растений и 10 классов поллютантов, тогда как экспериментальная часть работы выполнена для восьми видов по шести типам поллютантов. Как обеспечивается сопоставимость заимствованных из других исследований данных с собственными результатами?

Отмечается, что «высказанные замечания не затрагивают сути защищаемых положений и не ставят под сомнение достоверность полученных результатов; они носят уточняющий характер и могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях».

8) Доктор биологических наук, профессор **Тихомирова Елена Ивановна**, заведующая кафедрой «Экология и техносферная безопасность» Института урбанистики, архитектуры и строительства ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» в своем отзыве отмечает, что диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи – разработке методологического подхода к количественной оценке фитотолерантности высших растений к токсическому воздействию поллютантов с использованием гидропоники как стандартизированной модельной среды.

Даны следующие замечания:

1. Во-первых, из материалов автореферата не до конца понятно, каким образом выбирались тест-культуры для экспериментальных серий - использовались ли какие-либо критерии (например, принадлежность к функциональным группам фитомелиорантов) или выбор основывался исключительно на литературных данных об их контрастной фитотолерантности.

2. Во-вторых, в автореферате приведены значения коэффициента пересчета «*k*» (от 0,66 до 4 л/кг) для трех типов почв. Чем обусловлен столь широкий диапазон варьирования и какие факторы (помимо типа почвы) оказывают наибольшее влияние на величину этого коэффициента?

3. В-третьих, при описании программного комплекса «*PhytoRemediator*» указано, что база данных включает более 150 видов растений; желательно уточнить, все ли эти виды прошли экспериментальную верификацию в рамках данной работы, или часть данных была заимствована из литературных источников.

Отмечается, что «указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, носят уточняющий характер и могут быть учтены в дальнейших исследованиях».

Во всех отзывах на автореферат сделан вывод о том, что диссертационная работа Харитонова А. Э. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология (технические науки).

На все замечания Харитоновым Александром Эдуардовичем даны полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации основывается на их компетентности в соответствующей отрасли науки, а также наличии многочисленных публикаций в рецензируемых научных изданиях по тематике, защищаемой Харитоновым А.Э. диссертационной работы.

Предложенные теоретические выводы по диссертационной работе прошли экспертную оценку отечественных ученых, обсуждены на международных и всероссийских научных конференциях и нашли практическое применение. Автореферат диссертации и научные труды автора соответствуют содержанию работы, выбранной проблематике и отражают основные положения, выносимые на защиту.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных Харитоновым А.Э. исследований:

1. Обоснован методологический подход, основанный на использовании гидропоники как модельной среды, устраняющей влияние факторов почвенной среды и обеспечивающей более точное установление пределов фитотолерантности высших растений к воздействию поллютантов.

2. Разработана, протестирована и внедрена методология гидропонного эксперимента. Разработанный гидропонный раствор обеспечил прирост биомассы кресс-салата на 40±4 %, дайкона – на 42±7 % по сравнению с коммерческим раствором GHE и показал более стабильный уровень pH (6,2±0,3 против 7,0±0,5 у GHE), что подтверждает его пригодность для оценки фитотолерантности.

3. Впервые получены численные значения пределов фитотолерантности ($LimP_H$) для восьми видов растений к шести типам поллютантов (Cd, Ni, Zn, Hg, анионные ПАВ, высокомолекулярные углеводороды), характерных для почв в зонах влияния горнодобывающих и нефтегазовых предприятий.

4. Выявлена статистически значимая корреляция между пределами фитотолерантности в гидропонной и почвенной средах; установлен коэффициент пересчета «*k*» (0,66–4 л/кг), позволяющий переводить значения пределов фитотолерантности, полученные в гидропонной среде ($LimP_H$), в значения пределов толерантности в почвенной среде ($LimP_S$).

5. Установлено положительное влияние хелатирующего агента ЭДТА на смещение предела фитотолерантности высших растений к тяжелым металлам (в среднем на 35–40 %).

6. Разработан и зарегистрирован программный комплекс «*PhytoRemediator*», база данных которого (собственные экспериментальные и обобщенные литературные сведения) включает более 150 видов растений, 11 регионов РФ, 11 типов почв и 10 классов поллютантов; комплекс обеспечивает автоматизированный подбор растений-индикаторов и фиторемедиантов для конкретных условий загрязнения.

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована следующим:

– Обосновано использование гидропоники как модельной среды для оценки фитотолерантности высших растений.

– Установлены количественные закономерности реакции растений на поллютанты, свойственные почвам в зонах влияния горнодобывающих и нефтегазовых предприятий; сформирована база данных пределов фитотолерантности для восьми видов растений по шести типам поллютантов.

– Дополнены научные основы прогнозирования состояния растительных сообществ, которые могут быть использованы при организации биоиндикационного мониторинга загрязненных территорий.

– Разработан программный комплекс «*PhytoRemediator*» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026615895), автоматизирующий подбор растений для 11 регионов РФ с учетом типа почвы и вида поллютанта в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22030.

– Прикладное значение работы подтверждается актом о внедрении разработанной методологии определения фитотолерантности с использованием гидропоники как модельной среды в деятельность производственного кооператива «Модуль» (акт от 12.11.2025 г.) для последующей разработки программ экологического мониторинга и проектов биологического этапа рекультивации нарушенных земель.

– Материалы диссертации использованы в просветительских лекциях «ПроАгро Лекторий» ПАО «ФосАгро», а также при проведении летней практики для студентов кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д. И. Менделеева в 2024–2026 учебных годах.

– Показана экономическая эффективность предложенного подхода: гидропонный скрининг (79–105 тыс. руб., 14–38 суток) в 2,4–4,9 раза быстрее почвенного метода; применение программного комплекса сокращает время принятия решений по подбору видов с нескольких

недель до 5–10 минут.

Личный вклад автора состоит в том, что им выполнен анализ научной литературы, разработана методология, проведены все экспериментальные исследования, выполнены обработка и интерпретация полученных данных. Автором подготовлены материалы для опубликования научных статей, написан текст диссертации и разработан программный комплекс «*PhytoRemediator*».

Диссертационная работа Харитонова Александра Эдуардовича представляет собой завершенную самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, отличающуюся актуальностью, целостностью и внутренним единством, обладающую научной новизной, теоретической и практической значимостью. В диссертационной работе содержатся новые научно обоснованные технические и технологические решения, которые имеют важное значение для установления пределов толерантности высших растений к поллютантам (тяжелым металлам, анионным ПАВ, высокомолекулярным углеводородам), характерным для почв в зонах влияния горнодобывающих и нефтегазовых предприятий, с использованием гидропоники как модельной среды; для обоснованного подбора растений на биологическом этапе рекультивации нарушенных земель; для организации системного экологического мониторинга загрязненных территорий.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 1.5.15. Экология (технические науки) в части пункта 1 «Исследование влияния абиотических факторов технологических процессов и продукции нефтегазовой отрасли на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности организмов к техногенному воздействию» в части разработки методологии и определения пределов толерантности для ряда растений к нефтепродуктам, ПАВ, ртути и др., а также пункта 2 «Комплексная оценка влияния промышленных объектов горнодобывающей промышленности на природные и искусственные экосистемы. Принципы и механизмы системного экологического мониторинга» в части разработки методологических рекомендаций при подборе растений-биоиндикаторов к ТМ для экологического мониторинга загрязненных территорий.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, объему выполненных исследований диссертация Харитонова А.Э. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, предусмотренным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», утвержденном приказом от 14.09.2023 г. № 103 ОД (в действующей редакции), а ее автор, Харитонов Александр Эдуардович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15. Экология, за решение научной задачи, имеющей значение для развития технических наук, а именно за разработку методологического подхода к определению фитотолерантности растений с использованием гидропоники как модельной среды и создание на его основе программного комплекса для научно обоснованного подбора растений-фиторемедиантов и биоиндикаторов.

На заседании диссертационного совета РХТУ.1.5.01 27 октября 2026 г. принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Харитонову Александру Эдуардовичу.

На заседании присутствовали 17 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции – 6; докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации – 6.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» – 10,

«против» – 0,

недействительных бюллетеней – 1.

Проголосовали 6 членов диссертационного совета, присутствовавших на заседании в режиме видеоконференции:

«за» – 6,
«против» – 0,
не проголосовали – 0.

Итоги голосования:
«за» – 16,
«против» – 0,
недействительных бюллетеней – 1,
не проголосовали – 0.

Зам. председателя
диссертационного совета _____ д. т. н., проф. Акинин Н. И.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ к. т. н., доц. Молчанова Я. П.

Дата: 28 октября 2026 г.