

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело _____

решение диссертационного совета от **04.06.2026** года, протокол № 19

О присуждении Бомбе Илье Васильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

*Диссертация «Коллоидно-химические особенности взаимодействия ионов тяжелых металлов с зоокомпостом культивирования личинок мухи *Hermetia illucens*»* по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия принята к защите 2 апреля 2026 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.276.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г., с изменениями, внесенными приказом № 1140/нк от 25.11.2025 г.

Соискатель Бомба Илья Васильевич, 28 сентября 1996 года рождения. В 2020 году соискатель с отличием окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» с присвоением квалификации «Магистр» по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность».

В 2025 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению подготовки 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии, направленность «Экология».

В 2025 году сдал кандидатские экзамены по научной специальности 1.4.10 Коллоидная химия (технические науки) в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

Соискатель работает в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в должности старшего

преподавателя кафедры промышленной экологии (с 01.12.2023 г. по настоящее время).

Диссертация выполнена на кафедре «Промышленная экология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Свергузова Светлана Васильевна**, работает в должности профессора кафедры «Промышленная экология» в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Тунакова Юлия Алексеевна – доктор химических наук (специальность 03.00.16 – Экология), профессор, заведующий кафедрой общей химии и экологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»;

2. Воловичева Наталья Александровна – кандидат технических наук (специальность 02.00.11 – Коллоидная химия и физико-химическая механика), доцент, доцент кафедры общей химии ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь) **в своем положительном отзыве**, утвержденном проректором по науке и инновациям, доктором физико-математических наук, доцентом Швейкиным Алексеем Игоревичем, подписанном заведующим кафедрой охраны окружающей среды, доктором технических наук (специальность 25.00.36 – «Геоэкология»), профессором Рудаковой Ларисой Васильевной и профессором кафедры охраны окружающей среды, доктором технических наук (специальность 05.23.04 – «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов»), профессором Глушанковой Ириной Самуиловной, **указала, что** диссертация Бомбы Ильи Васильевича на тему: «Коллоидно-химические особенности взаимодействия ионов тяжелых металлов с зоокомпостом культивирования личинок мухи *Hermetia illucens*» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой **решена научная задача**, заключающаяся в установлении коллоидно-химических закономерностей иммобилизации ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} отходом производства – зоокомпостом, что имеет **существенную значимость для развития** соответствующей отрасли знаний – коллоидной химии. Представленная работа содержит обоснованные и достоверные научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной, а также

теоретической и практической значимостью, текст написан соискателем самостоятельно грамотным техническим языком. По актуальности исследуемых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, **Бомба Илья Васильевич**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Соискатель имеет 13 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе: 3 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий из международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК РФ; 1 – в иных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Получен 1 патент РФ на изобретение. Общий объем работ – 8,61 печ.л., авторский вклад – 5,25 печ.л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3,01 печ.л., авторский вклад – 1,96 печ.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ:

1. Свергузова, С.В. Ремедиация почв, загрязненных ионами Cd^{2+} , зоокомпостом после культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* / С.В. Свергузова, И.Г. Шайхиев, Е.А. Пендюрин, Ж.А. Сапронова, **И.В. Бомба** // Chemical Bulletin. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 34–45. (CA(pt)).

2. Свергузова, С.В. Сорбционная активность зоокомпоста по отношению к ионам меди $Cu(II)$ / С.В. Свергузова, И.Г. Шайхиев, Ж.А. Сапронова, **И.В. Бомба**, С.Е. Спесивцева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2023. – Т. 23, № 6. – С. 1051–1059. (CA(pt)).

3. Пендюрин, Е.А. Зоокомпост – решение проблемы органических отходов и материал для ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами / Е.А. Пендюрин, Л.М. Смоленская, Ж.А. Сапронова, **И.В. Бомба** // Агрохимия. – 2024. – № 2. – С. 79–83. (CA(pt)).

В изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus:

4. Sverguzova, S.V. Sorption Extraction of Zn^{2+} Ions from Aqueous Environment with Zoo Compost of Black Soldier Fly / S.V. Sverguzova, **I.V. Bomba**, E.A. Pendyurin // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 147. – P. 337–343 (Scopus Q4).

Объект интеллектуальной собственности:

5. Пат. 2733662 С1 РФ. Искусственная почвосмесь на основе биокомпоста Черной Ляввинки / Е.А. Пендюрин, **И.В. Бомба**, М.И. Василенко

[и др.]. Заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2020113764; заявл. 03.04.2020; опубл. 06.10.2020. – 6 с.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов от:

1. Кандидата технических наук (специальность 4.3.1 – «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»), доцента кафедры инженерной экологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» **Шайхиевой Карины Ильдаровны**, *замечания:* 1. Автор приводит удельную поверхность зоокомпоста и его сорбционную емкость, но не сопоставляет эти показатели с характеристиками известных органических сорбентов (торф, сапрпель, лигнин). Это позволило бы более четко позиционировать научную новизну в области коллоидной химии почв. 2. В технологической схеме подготовки и внесения зоокомпоста в загрязненные почвы (рис. 10) предусмотрена барабанная сушилка и молотковая дробилка, однако не указаны рекомендуемые технологические режимы (температура и продолжительность сушки, фракционный состав после измельчения).

2. Доктора технических наук (специальность 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии)), профессора, заведующего кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» **Николаевой Ларисы Андреевны**, *замечания:* 1. В описании объектов и методов исследования (стр. 7 автореферата) не приведена характеристика почвы, взятой для модельных опытов. Не указан тип почвы, значения рН, содержание органического вещества и некоторые другие показатели. Данные параметры оказывают существенное влияние на коллоидно-химические процессы сорбции, их отсутствие затрудняет интерпретацию полученных результатов и оценку применимости разработанного подхода к почвам иных регионов. 2. Рисунок 1, демонстрирующий микроструктуру зоокомпоста, было бы целесообразно дополнить более детальной подписью с указанием условий съемки, что является стандартной практикой при представлении результатов электронной микроскопии. 3. В автореферате указан предотвращенный эколого-экономический ущерб в размере 1,06 млн руб./га, однако не раскрыта методика его расчета.

3. Доктора биологических наук (специальность 03.00.07 – Микробиология), заведующего лабораторией инновационных технологий ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН **Ушаковой Нины Александровны**, *замечания:* 1. В автореферате не приведены данные о микробиологическом составе зоокомпоста и его фитотоксичности до внесения в почву. Учитывая, что материал является продуктом жизнедеятельности личинок, важно знать, не содержит ли он патогенной микрофлоры или ингибирующих веществ способных оказывать токсическое действие на растения в начальный период после внесения. 2. Не указано, при какой температуре сушили зоокомпост. 3. В работе не

исследована биодоступность иммобилизованных форм металлов для растений и почвенных микроорганизмов в долгосрочной перспективе. Хотя автор показал низкую десорбцию Cu^{2+} при рН 7,5, остается открытым вопрос о поведении комплексов в прикорневой зоне под влиянием выделений растений и микроорганизмов, что важно для оценки экологической безопасности технологии.

4. Кандидата технических наук (специальность 05.17.01 – «Технология неорганических веществ»), старшего научного сотрудника Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» **Зубковой Ольги Сергеевны**, *замечания*: 1. В автореферате представлены данные по десорбции ионов Cu^{2+} с поверхности зоокомпоста при рН 7,5, показавшие высокую прочность связывания. Однако отсутствуют сведения о десорбции ионов меди при варьировании рН. Подобные данные необходимы для всесторонней оценки прочности связывания металлов с позиций коллоидной химии почв, особенно в контексте прогнозирования поведения комплексов при подкислении почвенной среды. 2. Учитывая, что зоокомпост представляет собой органический материал, подверженный микробиологической деструкции, в автореферате не затронут вопрос о коллоидно-химической стабильности его сорбционных свойств при длительном хранении и в процессе естественной трансформации органического вещества в почве. 3. В автореферате приведена технологическая схема подготовки и внесения зоокомпоста (рис. 10), однако остается неясным, реализуется ли она в качестве отдельной линии или интегрирована в производственный цикл получения животного белка, что важно для понимания логистики и аппаратурного оформления процесса внедрения. 4. В разделе «Объекты и методы исследования» (стр. 7) указано лишь: «почвы Белгородской области». Однако полностью отсутствуют следующие обязательные характеристики модельных почв: гранулометрический состав (песок, супесь, суглинок, глина); тип почвы (чернозем, подзолистая, серая лесная и т.д.); содержание гумуса в исходной почве (до внесения ЗК); рН почвы (водный и солевой); катионообменная емкость (ЕКО) почвы до и после внесения ЗК; фоновое содержание Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} в почве; способ загрязнения (одномоментное внесение солей, старение, искусственное или натурное загрязнение); условия подготовки почвы (просушка, просеивание, влажность). Каковы гранулометрический, минералогический и агрохимический состав модельных почв, на которых проводились эксперименты? Без этих данных невозможно оценить воспроизводимость и масштабируемость результатов. 5. Из каких экспериментальных или расчетных данных получено значение $\delta = 0,005$ см? Почему для всех трех ионов металлов принята одинаковая толщина пленки? Проводилась ли оценка погрешности B_i при варьировании δ ? 6. Эксперименты выполнены на почвах Белгородской области (черноземы, рН около 7,5). Для

каких других типов почв РФ (подзолы, дерново-подзолистые, серые лесные, солонцы) обоснована эффективность ЗК? Имеются ли экспериментальные данные при pH 4-6 или в карбонатных почвах?

5. Доктора технических наук (специальность 05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии), профессора, заведующего кафедрой «Биотехнологии и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» **Таранцевой Клары Рустемовны**, *замечания:* 1. В автореферате не приведено обоснование выбора ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} в качестве объектов исследования. Было бы уместно пояснить, почему исследование ограничено именно этими тремя элементами и насколько полученные закономерности могут быть распространены на другие металлы. 2. В автореферате приведены данные по десорбции Cu^{2+} только при pH 7,5, однако влияние кислотности среды на этот процесс не представлено, что ограничивает возможность прогнозирования устойчивости комплексов в условиях подкисления почвы.

6. Доктора химических наук (специальность 02.00.05 – Электрохимия), профессора, профессора кафедры «Экология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» **Ольшанской Любови Николаевны**, *замечания:* 1. Согласно рекомендациям (ГОСТ, справочники) знак процента (%) следует отделять от цифры пробелом, так как он обозначает единицу измерения и должен «отбиваться» от числа. Эти требования не соблюдены (стр. 5, 8, 15 и др.). Это особенно важно соблюдать для технической и научной документации. 2. В работе исследуется высвобождение ионов Cu^{2+} при десорбции ~6,6 % при pH 7,5. Из текста автореферата неясно, моделировалась ли автором десорбция в более кислой среде, соответствующей возможным изменениям pH в почве или при выпадении кислотных дождей, что важно для прогнозирования долгосрочной стабильности образуемых хелатных комплексов. 3. На рисунке 2 «ИК-спектры зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* до (ЗКисх) и после очистки от ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} », не приведены численные значения волновых чисел для наиболее информативных полос поглощения, что затрудняет точное сопоставление с литературными данными по комплексообразованию.

7. Кандидата технических наук (специальность 05.17.01 – «Технология неорганических веществ»), доцента, доцента кафедры промышленной экологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» **Нистратова Алексея Викторовича**, *замечания:* 1. В табл. 1 показатели состава зоокомпоста со ссылкой на ГОСТ Р 54000-2010 отличаются от приведенных в этом документе и на сайте производителя. 2. Чем автор руководствовался при выборе концентраций модельных растворов по металлам 50 мг/дм³? Почему установлена оптимальная добавка зоокомпоста 15 г/дм³, хотя при 25 степень очистки растворов от ИТМ выше? 3. При анализе изотерм сорбции ИТМ лучше

применять классификацию Джилльса, учитывающую особенности водных сред, чем БДДТ. 4. В главе 4 не указаны форма внесения и содержание меди в модельной почве. Отсюда неясно, при каком уровне загрязнения почв рассчитан предотвращенный ущерб. Возможно, эта информация есть в диссертации. 5. Желательно провести испытания зоокомпоста при детоксикации почв от цинка и кадмия, аналогичные таковым с медью.

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия, которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемыми диссертантом, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и изложенными выводами в отзыве на диссертационную работу. **Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» – входит в число ведущих технических вузов России и широко известна достижениями в области изучения коллоидно-химических закономерностей сорбционных процессов. Основными приоритетными направлениями научных исследований сотрудников кафедры охраны окружающей среды являются теория и практика адсорбции на границах твердое тело-жидкость, коллоидная химия в экологии, очистки почв и грунтов от тяжелых металлов и радионуклидов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны коллоидно-химические принципы применения зоокомпоста промышленного культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* для иммобилизации ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} в почвенных системах, обеспечивающие снижение биодоступности тяжелых металлов до 90% при комплексообразовании катионов с гидроксильными (–ОН) и карбоксильными (–СООН) группами гуминовых кислот, входящих в состав зоокомпоста;

предложена научная гипотеза о синергетическом эффекте зоокомпоста, способного выступать одновременно в качестве высокоэффективного органического сорбента и органоминерального удобрения за счет наличия в его составе гидроксильных, карбоксильных и протонирующихся аминогрупп, обеспечивающих хелатирование ионов тяжелых металлов;

доказано наличие коллоидно-химических закономерностей сорбции, определяемых смешанным диффузионным механизмом (коэффициент Био 2,0 – 2,3) и перезарядкой поверхности с изменением ζ -потенциала от – 28,4 мВ до положительных значений при концентрациях Cu^{2+} 40 мг/дм³,

Zn^{2+} и Cd^{2+} 30 мг/дм³, при которых максимальная сорбционная емкость зоокомпоста достигает 0,504 ммоль/г для Cu^{2+} , 0,405 ммоль/г для Zn^{2+} и 0,187 ммоль/г для Cd^{2+} .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение теоретических представлений коллоидной химии о взаимодействии зоокомпоста как органической дисперсной системы с ионами Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} , подтверждающие хемосорбционный характер связывания и развивающие теорию поверхностных явлений на границе раздела фаз в почвенных коллоидах;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов коллоидной химии и физико-химического анализа (рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом, термогравиметрический анализ, атомно-абсорбционная спектроскопия) для изучения состава, структуры и сорбционных свойств зоокомпоста, что позволило получить воспроизводимые и достоверные экспериментальные результаты;

изложены аргументированные представления об электроповерхностных свойствах зоокомпоста, объясняющие влияние рН среды на диссоциацию карбоксильных и гидроксильных групп гуминовых кислот, усиливающую отрицательный заряд поверхности, а также на протонирование аминогрупп, создающее локальные положительные участки в кислой среде; совокупность этих процессов позволила теоретически обосновать существование точки нулевого заряда (pH_{pzc} 6,2 – 6,5);

раскрыты существенные проявления поверхностных явлений на границе раздела фаз, заключающиеся в перезарядке поверхности и инверсии знака ζ -потенциала вследствие специфической адсорбции катионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} с образованием хелатных комплексов; методом ИК-спектроскопии установлено, что связывание металлов сопровождается снижением интенсивности полос поглощения карбоксильных групп в области 1300 – 1400 см⁻¹ и амидных связей при 1650 см⁻¹, что подтверждает участие этих функциональных групп в комплексообразовании;

изучены кинетические закономерности сорбции, определяющие кинетику и термодинамику адсорбции ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} на зоокомпосте, доказывающие, что лимитирующей стадией процесса является смешанный диффузионный механизм; отрицательные значения энергии Гиббса ($\Delta G^0 < 0$) для всех исследованных металлов свидетельствуют о самопроизвольном протекании процесса, а значения R_L , находящиеся в интервале $0 < R_L < 1$, указывают на благоприятные условия сорбции и практически необратимый характер.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан состав искусственной почвосмеси на основе зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens*, защищенный патентом РФ № 2733662 С1, предложена принципиальная технологическая схема подготовки и внесения зоокомпоста в загрязненные тяжелыми металлами почвы. Технология ремедиации апробирована в полупромышленных условиях на площадках ООО «БИ-ОРЕСУРС» и ООО «ЮЮБА», полученные данные подтверждены актами о принятиях к внедрению и результатах полупромышленных испытаний. Технология ремедиации почв ЗК будет принята к реализации в 2027 году. Полученные результаты **внедрены** в учебный процесс ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» при подготовке обучающихся по направлениям «Техносферная безопасность» и «Природообустройство и водопользование»;

определены рациональные параметры процесса извлечения ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} из водных сред с использованием зоокомпоста: доза сорбента 15 г/дм^3 , время контакта 20 мин, температура $25 \text{ }^\circ\text{C}$; при внесении 10 % зоокомпоста в модельную почву, загрязненную ионами Cu^{2+} , содержание металла в зеленой массе тест-растения *Avena sativa* снижается на 89,17 %, одновременно повышаются высота на 35 % и масса зеленой части на 76,32 %. Внесение зоокомпоста повышает буферную емкость чернозема, доза 15 г/дм^3 обеспечивает прирост $+4,76 \text{ ммоль-экв/100 г}$ или $+27,3 \%$ к контролю. Количество десорбированных ионов меди с поверхности предварительно насыщенного сорбента достигает $0,03336 \text{ ммоль/г}$ (при pH 7,5), что составляет около 6,6 % от общего количества связанных ионов Cu^{2+} ;

созданы практические рекомендации по применению зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* для детоксикации почв, загрязненных ионами ТМ, включающие оптимальную дозу внесения и принципиальную технологическую схему процесса подготовки и внесения; рекомендации прошли апробацию в полупромышленных условиях с подтверждением экологической безопасности и экономической эффективности;

представлены доказательства экологической безопасности и экономической эффективности применения зоокомпоста. Установлено, что водные вытяжки в разбавлении 1:8–1:16 стимулируют рост *Triticum aestivum L.*, длина побегов достигает 15,9 см, что на 3,6 см выше контроля. При разбавлении 1:1 и выше вытяжки зоокомпоста не вызывают гибели *Daphnia magna*. Экономическая оценка показала, что использование ЗК предотвращает экологический ущерб в 1,06 млн руб./га за счет снижения токсичности, деградации почв и утилизации отходов биотехнологий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на современном поверенном и сертифицированном научно-исследовательском оборудовании с использованием стандартных методик, соответствующих требованиям

действующей нормативной документации, а также комплекса взаимодополняющих физико-химических методов исследования (рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, атомно-абсорбционная спектроскопия, потенциометрия);

теория построена на фундаментальных положениях коллоидной химии, включая теорию адсорбции и ионного обмена, а также на современных представлениях о кинетике сорбции в органических материалах. Полученные экспериментальные данные согласуются с результатами независимых исследований и опубликованными работами по сорбции тяжелых металлов на органических сорбентах;

идея базируется на анализе и обобщении передового опыта отечественных и зарубежных ученых в области применения органических отходов в качестве сорбционных материалов, а также на коллоидно-химических аспектах ремедиации почвенных систем;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации: математическое планирование трехфакторного эксперимента, корреляционный и регрессионный анализ, метод наименьших квадратов, что позволило получить адекватные уравнения регрессии для прогнозирования эффективности очистки;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с данными, полученными в ходе полупромышленных испытаний, и с результатами, представленными в ведущих научных изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах работы: от постановки цели и задач исследования и выбора путей их решения до теоретического обоснования и экспериментального подтверждения возможности использования зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* для иммобилизации ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} в почвенных системах. Соискатель провел комплекс экспериментальных исследований физико-химических характеристик зоокомпоста, включая определение ζ -потенциала, удельной поверхности, состава функциональных групп; изучил кинетику и термодинамику сорбции ионов тяжелых металлов; выполнил математическую обработку изотерм адсорбции и регрессионный анализ; исследовал влияние зоокомпоста на агрохимические показатели почвы и рост тест-растений. Соискатель принял личное участие в апробации результатов работы и подготовке основных публикаций по выполненной работе. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и завершенностью.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Бомба И.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней. Диссертация Бомбы Ильи Васильевича соответствует

требованиям, изложенным в п. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней для кандидата наук, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании 4 июня 2026 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретически обоснованного решения научной задачи, заключающейся в установлении коллоидно-химических особенностей применения зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* в качестве материала для иммобилизации ионов тяжелых металлов в почвенных системах, имеющей важное значение для развития соответствующей отрасли знаний – коллоидной химии в экологии; коллоидно-химических основ создания новых эффективных и малоотходных технологий очистки почв и грунтов от тяжелых металлов, присудить Бомбе И.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **12** человек, из них **6** докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **16** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **12**, против – **0**.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

04.06.2026 г.



Евтушенко Евгений Иванович

Полужкова Валентина Анатольевна