

ОТЗЫВ

НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ **БОМБЫ ИЛЬИ ВАСИЛЬЕВИЧА** НА ТЕМУ: **«КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ЗООКОМПОСТОМ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛИЧИНОК МУХИ *HERMETIA ILLUCENS*», ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.4.10. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

Проблема загрязнения почвенных экосистем ионами тяжелых металлов (ИТМ) и поиск эффективных, экономически доступных материалов для снижения их подвижности и биодоступности остается одной из актуальных задач коллоидной химии и экологии. Тяжелые металлы, в отличие от органических поллютантов, не подвержены деструкции, а лишь перераспределяются между компонентами окружающей среды, накапливаясь в биосредах. В связи с этим диссертационное исследование Бомбы И.В., направленное на изучение коллоидно-химических особенностей взаимодействия ИТМ с зоокомпостом – отходом промышленного культивирования личинок мухи *Hermetia illucens*, является актуальным. Представленный подход носит междисциплинарный характер, объединяя методы коллоидной химии, физико-химического анализа и экологического почвоведения. Одновременно с этим он позволяет решить важную прикладную задачу – утилизацию органического отхода биотехнологического производства.

Научная новизна диссертационной работы заключается в выявлении закономерностей снижения подвижности ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} в загрязненных почвенных коллоидных системах, обусловленные комплексобразованием катионов с гидроксильными (–ОН) и карбоксильными (–СООН) группами гуминовых кислот зоокомпоста. Установлено, что наличие аминогрупп в структуре зоокомпоста обеспечивает анионообменные свойства за счет протонирования в кислой среде, изменяя электроповерхностные характеристики сорбента. Важным результатом является установление коллоидно-химических закономерностей изменения ζ - потенциала в процессе сорбции: показано, что при увеличении концентрации ИТМ до 30–40 мг/дм³ ζ - потенциал системы меняет знак с отрицательного (–28,4 мВ) на положительный. Решена научная задача, заключающаяся в разработке научно обоснованного подхода к использованию зоокомпоста в качестве эффективного материала для иммобилизации тяжелых металлов в почвах, что имеет существенное значение для развития коллоидной химии в области ремедиации загрязненных территорий.

Практическая значимость работы обусловлена использованием доступного и возобновляемого органического отхода для снижения токсичности почв. Автором определены оптимальные параметры процесса извлечения ИТМ из модельных растворов: дозировка зоокомпоста – 15 г/дм³, время взаимодействия – 20 мин, температура – 25 °С. Экспериментально установлена максимальная сорбционная емкость зоокомпоста: 0,504 ммоль/г для Cu^{2+} , 0,405 ммоль/г для Zn^{2+} и 0,187 ммоль/г для Cd^{2+} . Показано, что внесение 10% зоокомпоста в модельную почву, загрязненную ионами Cu^{2+} , снижает содержание меди в зеленой массе тест-растения *Avena sativa* на 89,17%. Разработана принципиальная технологическая схема процесса подготовки и внесения зоокомпоста в загрязненные почвы, получен патент РФ № 2733662 С1 на состав искусственной почвосмеси.

Результаты прошли успешную апробацию в полупромышленных условиях, предотвращенный эколого-экономический ущерб оценивается автором в 1,06 млн руб./га.

Результаты диссертационного исследования, отражающие его основные положения, изложены в 13 научных публикациях, в том числе: 3 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий из международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК РФ; 1 – в издании, индексируемом в Scopus и Web of Science. Получен 1 патент РФ на изобретение.

В качестве замечаний следует отметить:

1. В автореферате представлены данные по десорбции ионов Cu^{2+} с поверхности зоокомпоста при pH 7,5, показавшие высокую прочность связывания. Однако отсутствуют сведения о десорбции ионов меди при варьировании pH. 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 остаётся 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 (чернозём, подзолистая, серая лесная и т.д.); содержание гумуса в исходной почве (до внесения ЗК); pH почвы (водный и солевой); катионообменная ёмкость (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 расчётных данных получено значение $\delta = 0,005$ см? Почему для всех трёх ионов металлов принята одинаковая толщина плёнки? Проводилась ли оценка погрешности V_i при варьировании δ ?

6. Эксперименты выполнены на почвах Белгородской области (чернозёмы, pH 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?

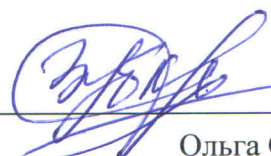
Указанные замечания не снижают общей высокой оценки работы и не умаляют ее научной и практической значимости.

Учитывая актуальность темы исследования, научную новизну полученных результатов, их теоретическую и практическую значимость, считаю, что диссертационная

работа Бомбы Ильи Васильевича соответствует специальности 1.4.10. Коллоидная химия и отвечает требованиям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), а ее автор, Бомба Илья Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Кандидат технических наук по специальности 05.17.01. Технология неорганических веществ, старший научный сотрудник Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

«17» апреля 2026 г.


Зубкова
Ольга Сергеевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
Адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2
Телефон: +7-812-382-01-28
E-mail: rectorat@spmi.ru, zubkova-phd@mail.ru

Подпись кандидата технических наук Ольги Сергеевны Зубковой, с.н.с. Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» заверяю:





Заведующий
отделом управления делопроизводства
и документооборота



Е.Р. Яковлева

17. 04. 2026