

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

Современная коллоидная химия уделяет значительное внимание изучению процессов взаимодействия дисперсных систем с ионами тяжелых металлов, особенно в контексте решения экологических задач по ремедиации загрязненных почв. Разработка эффективных и экономически доступных сорбционных материалов на основе органических отходов биотехнологических производств является актуальной задачей, имеющей практическую ценность для восстановления техногенно нарушенных территорий.

Научную новизну диссертационной работы Бомбы И.В. определяют следующие положения:

Установлены закономерности снижения подвижности ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} в загрязненных почвенных коллоидных системах, обусловленные комплексобразованием катионов с гидроксильными ($-\text{OH}$) и карбоксильными ($-\text{COOH}$) группами гуминовых кислот, входящих в состав зоокомпоста. Показано, что аминогруппы ($-\text{NH}_2$) в структуре зоокомпоста обеспечивают анионообменные свойства за счет протонирования в кислой среде, изменяя электроповерхностные характеристики сорбционного материала.

Получены данные, свидетельствующие о наличии коллоидно-химических закономерностей в изменении параметров двойного электрического слоя при взаимодействии зоокомпоста с ионами Cu^{2+} , Zn^{2+} и Cd^{2+} . Доказано, что специфическая адсорбция катионов с образованием хелатных комплексов инициирует перераспределение заряда в системе «твердая фаза – раствор», приводя к инверсии знака ζ - потенциала на границе скольжения. Диапазон изменения ζ -потенциала составляет от $-28,4$ мВ до положительных значений ($+7,9$ мВ) при увеличении концентрации ионов металлов до $30\text{--}40$ мг/дм³.

Установлен механизм сорбции, при котором основным процессом является образование координационных связей между ионами металлов и функциональными группами гуминовых кислот зоокомпоста. Максимальная сорбционная емкость зоокомпоста по ионам Cu^{2+} достигает $0,504$ ммоль/г, по Zn^{2+} – $0,405$ ммоль/г, по Cd^{2+} – $0,187$ ммоль/г, что коррелирует с рядом устойчивости соответствующих металл-гуматных комплексов. Значения критерия Био ($\text{Bi} = 2,00\text{--}2,26$) указывают на смешанный диффузионный механизм процесса.

Показаны компетенции автора в применении современных физико-химических методов исследования, включая ИК-спектроскопию, рентгенофазовый анализ, сканирующую электронную микроскопию, атомно-абсорбционную спектрометрию, а также в статистической обработке экспериментальных данных.

Достоверность результатов работы обеспечена комплексным подходом к решению поставленных задач, применением широкого спектра актуальных методов исследования, грамотной обработкой большого объема экспериментальных данных с использованием

классических моделей адсорбции (Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина–Радушкевича), а также успешной апробацией разработанного подхода в полупромышленных условиях.

Результаты, отражающие основные положения работы, 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.

Автореферат написан логично, хорошим научным языком, даёт ясное представление о структуре и содержании диссертации.

Замечания:

1. Автор приводит удельную поверхность зоокомпоста и его сорбционную емкость, но не сопоставляет эти показатели с характеристиками известных органических сорбентов (торф, сапропель, 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).

В целом представленное диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача по обоснованию и экспериментальному подтверждению возможности использования зоокомпоста культивирования личинок мухи *Hermetia illucens* в качестве эффективного сорбционного материала для иммобилизации ионов тяжелых металлов в загрязненных почвах.

Работа отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, утвержденного постановлением Правительства РФ (в действующей редакции), предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, 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 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, доцент кафедры Инженерной экологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Тел. 8(843)231-40-97
e-mail: shaykhievak@gmail.com

Шайхиева Карина Ильдаровна
«23» апреля 2026 г.



Шайхиева И. В.
удостоверяю.
Начальник отдела
архивного делопроизводства
ФГБОУ ВО «КНИТУ»
И.А. Храмова
«23» 04 2026 г.