

"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор по научно-исследовательской работе
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого»,
д.пед.н, Е.Ю. Ромашина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого» (ТГПУ им. Л.Н. Толстого) на основании решения, принятого на расширенном заседании кафедры химии и кафедры биологии и экологии.

Диссертация «Сорбционная способность органоглин на основе бентонита и ПАВ разных типов по отношению к тяжелым металлам» выполнена на кафедре химии факультета естественных наук и в лаборатории биогеохимии Центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии» им. С.С. Гитиса (ЦТП «Передовые химические и биотехнологии» им. С.С. Гитиса) ТГПУ им. Л.Н. Толстого.

Герцен Мария Михайловна, 1994 года рождения, гражданка РФ, в 2015 году окончила с отличием ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ) по направлению подготовки 04.03.01 Химия (бакалавр). В 2017 году окончила с отличием ТулГУ по направлению подготовки 04.04.01 Химия (магистр).

В 2022 году окончила с отличием аспирантуру ТулГУ по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению, соответствующему научной специальности 04.06.01 Экология (Химические науки).

С 01.10.2023 по 01.10.2025 прикреплена на кафедру химии ТГПУ им. Л.Н. Толстого для подготовки диссертационной работы.

В настоящее время работает научным сотрудником лаборатории биогеохимии ЦТП «Передовые химические и биотехнологии» им. С.С. Гитиса, преподавателем кафедры медико-биологических дисциплин и фармакогнозии ТГПУ им. Л.Н. Толстого и руководителем студенческого конструкторского бюро.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2022 году в (ТулГУ), 2024 году (ТГПУ им. Л.Н. Толстого).

Научный руководитель – Переломов Леонид Викторович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии, заведующий лабораторией биогеохимии ТГПУ им. Л.Н. Толстого.

Тема диссертационного исследования была утверждена на заседании Ученого совета ТГПУ им. Л.Н. Толстого 26.10.2023, протокол № 15.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

- **Оценка выполненной соискателем работы.** Результаты диссертационного исследования Герцен Марии Михайловны представляют собой ценность с ярко выраженной научной новизной; исследования выполнены на высоком экспериментальном и теоретическом уровне с использованием современного сертифицированного оборудования. Представленный список опубликованных работ, выводы и результаты работы свидетельствуют о достаточном кругозоре автора и о хорошей научно-технической подготовке. Язык и стиль диссертации соответствует нормам и требованиям, предъявляемым к научным работам. Материал диссертации изложен логично, аргументированно, технически грамотно, достоверность полученных соискателем результатов сомнений не вызывает. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.15. Экология.

- **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит** в постановке цели и задач диссертационной работы, самостоятельном выполнении экспериментальных исследований, обработке результатов, их интерпретации и практической апробации. Автор работы являлся обладателем гранта фонда содействия инновациям (2019), гранта Правительства Тульской области в сфере науки и техники «Проекты молодых ученых» (2021), дважды лауреатом стипендии Правительства РФ (2020/2021, 2021/2022), Президента РФ ((2020/2021, 2021/2022)), лауреатом стипендии правительства Тульской области (2022), лауреатом премии правительства Тульской области (2021), премии правительства Тульской области «Научно-техническое творчество и учебно-исследовательская деятельность» (2021), победителем конкурса «Наука будущего – наука молодых» (2022), лауреатом премии «Идеи для будущего» (2022), лауреатом международной премии по композитным материалам «АКСАЛИТ» (2023).

- **Степень достоверности результатов проведенных исследований.** Достоверность полученных результатов подтверждена современными методами исследования, многократным воспроизведением результатов опытов и корректной статистической обработкой полученных зависимостей. В работе использовано современное оборудование и современные методы исследования – ИК-Фурье спектроскопия, элементный анализ, рентгеноструктурный анализ, метод лазерной дифракции, атомно-

абсорбционная спектрометрия, биотестирование. Объем использованных Герцен М.М. методов исследований позволил получить достаточную и достоверную информацию. Научные положения, выводы полностью обоснованы, достоверны, вытекают из полученных результатов и получили признание в научных публикациях и на конференциях различного уровня.

- **Новизна результатов проведенных исследований.**

- Впервые установлено, что эффективными модификаторами бентонита для увеличения сорбционной емкости минерала по отношению к катионам свинца выступили амфотерные ПАВ: кокоамфодиацетат динатрия и кокоиминодипропионат натрия, неионогенные ПАВ: алкилполиглюкозид, кокамид диэтаноламин, лаураминоксид;
- Современными методами изучены физико-химические свойства синтезированных органоглин, обладающих повышенной емкостью поглощения по отношению к катионам свинца;
- Получены количественные характеристики адсорбции катионов свинца синтезированными органоглинами на основе амфотерных и неионогенных ПАВ с использованием моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ. Показано, что все три использованные модели (Ленгмюр, Фрейндлих и БЭТ) подходят для описания процессов адсорбции ионов свинца на поверхности органоглин на основе неионогенных ПАВ, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции. Для органоглин на основе амфотерных ПАВ наиболее высокие коэффициенты корреляции наблюдаются при использовании для описания адсорбционных процессов как модели Ленгмюра, так и модели Фрейндлиха;
- На основе экспериментальных данных рассмотрены возможные механизмы взаимодействия синтезированных органоглин и катионов тяжелых металлов (на примере катионов свинца);
- Оценена токсичность синтезированных органоглин и продуктов их взаимодействия с катионами свинца по отношению к различным тест-объектам: автохтонным почвенным микроорганизмам, кресс-салату, редису. На основании микробиологических, фитотоксических и инструментальных (биосенсорных) исследований выявлено, что минимальной токсичностью обладают органоглины на основе алкилполиглюкозида (НПАВ), кокоамфодиацетата динатрия (ЦПАВ), кокамида диэтаноламина (НПАВ).

Практическая значимость проведенных исследований. Полученные результаты взаимодействия между слоистыми силикатами и органическими веществами с различной длиной углеродной цепи и разными функциональными группами, а также между синтезированными органоглинами и катионами свинца могут служить модельными системами межфазных взаимодействий, протекающих в природных биокосных

системах.

Органоглины на основе бентонита и ряда амфотерных и неионогенных ПАВ могут быть использованы в качестве сорбентов для иммобилизации тяжелых металлов в загрязненных почвах и грунтах, а также для очистки загрязненных вод при соблюдении требований к токсичности ремедиантов.

Изученные особенности химических и физико-химических взаимодействий между глинистыми минералами и амфотерными и неионогенными ПАВ, влияния свойств исходных компонентов и условий синтеза на свойства конечного адсорбента позволяют получить органоглины с заданными сорбционными свойствами.

- **Ценность научных работ соискателя:** по итогам исследований было опубликовано 25 научных работ, включая 4 статьи в журналах, входящих в базу данных международных индексов научного цитирования Scopus, 1 статью в журнале, входящем в базу данных RSCI, 1 статью в журнале, входящем в Перечень ВАК РФ, 2 базы данных.

- **Соответствие пунктам паспорта научной специальности.** Диссертационная работа Герцен М.М. на соискание ученой степени кандидата химических наук соответствует паспорту специальности 1.5.15. Экология по пункту: 10. Антропогенное воздействие на популяции, сообщества и экосистемы. Биологические эффекты загрязнения среды токсичными веществами (экотоксикология). Разработка биологических методов и критериев оценки состояния среды, биоиндикация, биотестирование, биомониторинг. Разработка экологически обоснованных норм воздействия хозяйственной деятельности человека на живую природу.

- **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в 25 научных работах, включая 4 статьи в журналах, входящих в базу данных международных индексов научного цитирования Scopus, 1 статью в журнале, входящем в базу данных RSCI, 1 статью в журнале, входящем в Перечень ВАК РФ, 2 базы данных.

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в базу данных международных индексов научного цитирования Scopus

1. **Gertsen M.**, Perelomov L., Kharkova A., Burachevskaya M., Hemalatha S., Atroshchenko Y. Removal of lead cations by novel organoclays derived from bentonite and amphoteric and nonionic surfactants // *Toxics*. – 2024. – V. 12, № 10. – 713. (Q1).
2. Perelomov L., **Gertsen M.**, Burachevskaya M., Hemalatha S., Vijayalakshmi A., Perelomova I., Atroshchenko Y. Organoclays Based on Bentonite and Various Types of Surfactants as Heavy Metal Remedants // *Sustainability*. – 2024. – V. 16, № 11. – 4804. (Q1).

3. Dudnikova T., Burachevskaya M., Minkina T., Mandzhieva S., Zamulina I., Perelomov L., **Gertsen M.** Sorption Properties of Bentonite-Based Organoclays with Amphoteric and Nonionic Surfactants in Relation to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons // Minerals. – 2024. – V. 14, № 11. – 1132. (Q2).

4. Kharkova A.S., Medvedeva A.S., Kuznetsova L.S., **Gertsen M.M.**, Kolesov V.V., Arlyapov V.A., Reshetilov A.N. A “2-in-1” Bioanalytical System Based on Nanocomposite Conductive Polymers for Early Detection of Surface Water Pollution // Polymers. – 2024. – V. 16, № 10. – 1431. (Q1).

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

5. Лаврова Т.В., Харькова А.С., **Герцен М.М.** Формирование рецепторной системы на основе микроорганизмов активного ила для оценки БПК // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2024. – № 1. – С. 63–76.

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в базу данных RSCI

6. Переломов Л.В., **Герцен М.М.**, Бурачевская М.В., Переломова И.В., Атрощенко Ю.М. Поглощение тяжелых металлов органоглинами на основе бентонита и поверхностно-активных веществ разных типов // Агрохимия. – 2025. – № 2. – С. 92-104.

Интеллектуальная собственность:

7. Показатели адсорбции бенз(а)пирена различными органоглинами: свидетельство о регистрации базы данных RU 2024624375, 14.10.2024. Заявка от 25.09.2024 / Атрощенко Ю.М., Барахов А.В., Бурачевская М.В., Герцен М.М., Дудникова Т.С., Козьменко С.В., Меженков А.А., Минкина Т.М., Переломов Л.В.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО "Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого"

8. Показатели адсорбции нафталина различными органоглинами: свидетельство о регистрации базы данных RU 2024624376, 14.10.2024. Заявка от 26.09.2024 / Атрощенко Ю.М., Барахов А.В., Бурачевская М.В., Герцен М.М., Дудникова Т.С., Козьменко С.В., Меженков А.А., Минкина Т.М., Переломов Л.В.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО "Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого"

Результаты диссертационной работы были доложены на конференциях различного уровня: VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Техногенная и природная безопасность. Медицина катастроф» (Саратов, 2023), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» (Киров, 2023, 2024), XIII Международной биогеохимической школе-конференции «Эволюция биосферы, биогеохимические циклы и биогеохимические технологии: связь

