

Отзыв научного руководителя

о работе **Черниковой Натальи Петровны** по кандидатской диссертации
**«Трансформация и миграция микро- и наноформ оксидов меди и цинка в
системе почва-растения»**, представленной к защите на соискание ученой
степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение
(биологические науки)

В 2021 г. Черникова Наталья Петровна с отличием окончила магистратуру Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского. В этом же году Андрей Игоревич поступил в аспирантуру Южного Федерального университета по специальности Почвоведение, где обучается по настоящее время. В настоящее время является научным сотрудником лаборатории "Агробiotехнологии для повышения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции" Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета. Принимает участие в выполнении стратегического технологического проекта Приоритет-2030 «Технологии биоинженерии почв» и научно-исследовательских проектах РНФ. Является победителем стипендиальной программы Владимира Потанина для магистров (2019-2020), обладателем медали Ю.А. Жданова «Лучшему выпускнику университета» за успехи в учебе, науке, творчестве и высокую гражданскую активность за годы обучения (2021г), победителем «Умная стипендия» банка Центр-инвест, победителем проекта «Аспирант-научный руководитель» (2022 г), лауреатом стипендии «Прорыв года 2020-Стипендия Фонда целевого капитала ЮФУ молодым ученым», победителем гранта на обучение в аспирантуре Южного федерального университета и стипендии Президента Российской Федерации для аспирантов и адъюнктов, проводящих научные исследования в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации с 2025 г.

За время подготовки диссертационной работы Черникова Наталья Петровна проявила себя как ответственный, целеустремлённый и квалифицированный исследователь, способный самостоятельно выполнять экспериментальные исследования, анализировать полученные результаты и обобщать их в виде научных публикаций. Соискателем освоены современные методы оценки состояния почв и растений при поступлении соединений тяжелых металлов разной дисперсности, включая методы постановки модельных вегетационных

экспериментов, анализа подвижных и фракционных форм тяжелых металлов в почве, определения накопления элементов в растениях, а также изучения морфологических и анатомических изменений растительных тканей.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена возрастающим применением наноматериалов на основе металлов в различных сферах промышленности, сельского хозяйства, медицины, электроники и энергетики. Рост масштабов производства и использования наночастиц металлов сопровождается увеличением риска их поступления в компоненты окружающей среды, в том числе в почвенный покров. Особую значимость имеют наноформы соединений меди и цинка, поскольку данные элементы обладают высокой биологической активностью и способны оказывать влияние как на почвенные процессы, так и на рост и развитие растений. При этом для наноматериалов на основе тяжелых металлов до настоящего времени недостаточно разработаны подходы к экологическому нормированию в почвах и сельскохозяйственной продукции. В связи с этим изучение трансформации, подвижности, биодоступности и фитотоксичности микро- и наноформ CuO и ZnO в системе почва-растения является актуальной научной задачей, имеющей как теоретическое, так и практическое значение.

Диссертационное исследование выполнено на высоком научно-методическом уровне. В качестве объекта исследования использован чернозем обыкновенный карбонатный, отобранный на территории особо охраняемой природной территории «Персиановская заповедная степь». В модельных экспериментах изучалось влияние микро- и нанодисперсных форм CuO и ZnO на состояние почвы и растения. В качестве тест-культуры использован яровой ячмень *Hordeum vulgare* L., что является обоснованным выбором, поскольку данная культура широко применяется в фитотестировании и позволяет оценивать как морфометрические, так и анатомические реакции растений на загрязнение.

В ходе выполнения работы Черниковой Н.П. проведена оценка валового содержания Cu и Zn , определены непрочно связанные соединения металлов, включающие обменные, комплексные и специфически сорбированные формы, рассчитан фактор биологической доступности. Для выявления особенностей трансформации металлов разной дисперсности в черноземе обыкновенном карбонатном использован метод последовательной экстракции BCR, позволяющий выделить кислоторастворимую, восстанавливаемую, окисляемую и остаточную фракции соединений тяжелых металлов. Для оценки миграции

элементов в системе почва-растение определено содержание Cu и Zn в корнях и надземной части растений, рассчитаны коэффициент накопления и акропетальный коэффициент. Кроме того, соискателем проведено светооптическое исследование корней и листьев ярового ячменя, что позволило охарактеризовать изменения растительных тканей под действием микро- и наночастиц металлов.

Личный вклад Черниковой Н.П. в проведённое исследование состоит в том, что экспериментальная работа, обработка, анализ и описание результатов выполнены лично автором в период с 2021 по 2025 гг. Лабораторные исследования проведены на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов, а также в лаборатории «Биоинженерия ризосферы» Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета. Соискателем самостоятельно проведена постановка модельных экспериментов, подготовка почвенных и растительных образцов, анализ полученных данных, их статистическая обработка, интерпретация результатов и подготовка материалов к публикации.

Научная новизна диссертационной работы Черниковой Натальи Петровны состоит в том, что впервые выявлена роль почвенных компонентов в трансформации наночастиц ZnO и CuO в черноземе обыкновенном карбонатном при разных уровнях загрязнения. Проведено сравнение подвижности и биодоступности микро- и наночастиц ZnO и CuO в черноземе обыкновенном карбонатном. Установлено, что трансформация наночастиц ZnO и CuO при поступлении в почву выражена сильнее, чем при поступлении металлов в микроформе. Показано, что независимо от дисперсности соединений тяжелых металлов и уровня загрязнения Zn обладает большей подвижностью в черноземе обыкновенном карбонатном по сравнению с Cu. Впервые проведена оценка поступления и распределения Zn и Cu в *Hordeum vulgare* в зависимости от уровня загрязнения и дисперсности частиц металлов, а также изучено действие микро- и наночастиц ZnO и CuO на рост растений и морфологические изменения корней и листьев на тканевом уровне.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в установлении роли почвенных компонентов чернозема обыкновенного карбонатного в механизмах трансформации наночастиц ZnO и CuO. Полученные результаты расширяют представления о поведении соединений тяжелых металлов разной дисперсности в системе «почва-растения» и демонстрируют

более высокую миграционную способность наночастиц ZnO и CuO по сравнению с микроформами. Рассмотренные анатомо-морфологические изменения корней и листьев ярового ячменя позволяют оценивать фитотоксическое действие соединений металлов разной дисперсности. Предложенный в работе комплексный подход к оценке состояния почв и растений в условиях поступления новых видов поллютантов, в том числе наночастиц тяжелых металлов, может быть использован при разработке подходов к нормированию наноматериалов в почвах и зерновых культурах, а также при оценке экологической безопасности их применения в агрохимии.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях, международных научных школах, форумах и съездах, включая конференции «Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении», «Ломоносов», «Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки», «Современное состояние черноземов», «Степная Евразия – устойчивое развитие», «Матрица почвоведения», «Эволюция биосферы, биогеохимические циклы и биогеохимические технологии: связь фундаментальных и прикладных исследований», «Здоровье почвы – гарант устойчивого развития», а также на X съезде Общества почвоведов им. В.В. Докучаева.

По теме диссертационного исследования Черниковой Н.П. опубликовано 13 работ, входящих в международные библиографические и реферативные базы данных Scopus и Web of Science, 9 из которых опубликованы в журналах первого и второго квартиля.

За время подготовки диссертации Черникова Наталья Петровна показала себя сформировавшимся специалистом в области почвоведения, владеющим современными методами исследования трансформации, миграции и биодоступности тяжелых металлов в почвах и растениях. Соискатель способна самостоятельно планировать и проводить научные исследования, анализировать экспериментальные данные, формулировать научно обоснованные выводы и представлять результаты работы в публикациях и докладах. Изложенное выше позволяет сделать вывод, что диссертационная работа Черниковой Натальи Петровны «Трансформация и миграция микро- и наночастиц оксидов меди и цинка в системе почва-растение» является завершенным научно-квалификационным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским

к кандидатским диссертациям, и может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение.

Научный руководитель:

доктор биологических наук

по специальности

1.5.19 – Почвоведение (биологические науки),

профессор, заведующий кафедры почвоведения

и оценки земельных ресурсов

Академии биологии и медицины

им. Д.И. Ивановского ЮФУ

Минкина Т.М.

Почтовый адрес: 344090, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, проспект Стачки 194/1, Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет

Телефон: +79185531632

E-mail: minkina@sfedu.ru

Подпись Т.М. Минкиной заверяю.

Директор Академии биологии и

медицины им. Д.И. Ивановского



К.Ш. Казеев