

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Черниковой Натальи Петровны «Трансформация и миграция микро- и наночастиц оксидов меди и цинка в системе почва - растения», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – Почвоведение (биологические науки).

Диссертационная работа Черниковой Н.П. посвящена актуальной области почвоведения и экотоксикологии – изучению поведения наноразмерных форм тяжелых металлов в агроэкосистемах. Быстрый рост производства и применения наночастиц оксидов металлов, в том числе в агропромышленном секторе экономики в качестве удобрений и пестицидов, делает востребованными исследования их трансформации в почвах, биодоступности и фитотоксичности. Также значимость работы придает выбор объекта исследования – черноземов обыкновенных карбонатных, как основного фонда пахотных земель юга России, для которого подобные исследования ранее не проводились.

Диссертационная работа обладает научной новизной. Автором работы впервые проведено прямое сопоставление трансформации и миграции микро- и нанодисперсных форм  $\text{CuO}$  и  $\text{ZnO}$  в одном типе почвы при идентичных условиях. Были выявлены различия в механизмах закрепления металлов: для  $\text{Cu}$  ключевую роль играет органическое вещество, для  $\text{Zn}$  – гидроксиды и оксиды  $\text{Fe}$  и  $\text{Mn}$ . Показано, что наночастицы формируют более высокий пул непрочно связанных соединений, причем для  $\text{Cu}$  преобладают комплексные формы, а для  $\text{Zn}$  – специфически сорбированные и обменные. Автором впервые на системном уровне (органном, тканевом, клеточном уровнях биологической организации) охарактеризованы структурные повреждения корней и листьев *Hordeum vulgare* L. под действием микро- и наночастиц оксидов, включая ультраструктурные изменения хлоропластов и митохондрий.

Особого внимания заслуживает **комплексный методический подход**: сочетание фракционирования по BCR, выделения группы непрочно связанных соединений, расчета коэффициентов биодоступности, накопления и транслокации, а также физиолого-биохимических (МДА, СОД, КАТ) и электронно-микроскопических методов. Это позволило автору получить целостную картину поведения наночастиц в системе почва–растение.

Результаты, полученные Черниковой Н.П. имеют практическое значение и могут быть использованы при разработке нормативов безопасного содержания наночастиц металлов в почвах, которые в настоящее время в России не стандартизированы. Результаты исследований могут лечь в основу экологического нормирования и оценки рисков применения металлосодержащих наноматериалов в сельском хозяйстве, а также совершенствования схем мониторинга загрязненных почв и контроля качества сельскохозяйственной продукции.

Судя по автореферату, Черникова Н.П. провела большую работу по научному поиску, сбору, обработке и анализу данных. Используемые методологические подходы исследования не вызывают сомнений. Диссертационная работа является самостоятельным, целостным научным исследованием, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью. Работа производит благоприятное впечатление при прочтении автореферата. Поставленные автором работы задачи решены. Полученные выводы и рекомендации обоснованы и логичны.

Диссертация Черниковой Н.П. соответствует паспорту научной специальности 1.5.19 Почвоведение (биологические науки) п. 6, 9.

Основные положения диссертационной работы отражены в достаточном количестве научных публикаций, в том числе, входящих в международные библиографические и реферативные базы данных Web of Science и Scopus.

Большим плюсом работы является то, что она выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№ FENW-2024-0001, № 075-15-2025-686), гранта Российского научного фонда (проект №21-77-20089-П) и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета «Приоритет-2030».

В качестве **замечаний и вопросов дискуссионного характера** можно отметить следующее:

1. Автор в своей работе указывает, что внесение наночастиц в концентрации 150 мг/кг оказывало стимулирующий эффект на рост растений. С чем именно, по мнению автора, связан этот эффект – с поступлением микроэлементов (Cu, Zn) в доступной форме или с активацией защитных систем растения при сверхнизких стрессовых нагрузках?

2. При исследовании фракционного состава по методу BCR не совсем ясно: оценивалось ли изменение минералогических или органических компонентов почвы в процессе инкубации или же интерпретация основана только на перераспределении металлов между фракциями?

3. Из автореферата следует, что наночастицы имели размер 30–80 нм (по данным производителя). Проводилась ли дополнительная характеристика частиц в почвенной среде после внесения (например, агрегация и изменение размера)?

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и носят уточняющий характер.

Диссертация Черниковой Натальи Петровны на тему «Трансформация и миграция микро- и наночастиц оксидов меди и цинка в системе почва - растения» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. А ее автор, Черникова Наталья Петровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

#### Отзыв подготовлен:

**Громовик Аркадий Игоревич**

доктор биологических наук

по специальности 1.5.19 - почвоведение

(биологические науки), доцент (почвоведение),

доцент кафедры экологии и земельных ресурсов

медико-биологического факультета

Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Воронежский

государственный университет»

394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1

Тел.: +7(473) 22-08-393

E-mail: agrom.ps@mail.ru

Сайт: www.vsu.ru

01 сентября 2026 г.



|                                                                                                                                                          |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| федеральное государственное бюджетное<br>образовательное учреждение высшего образования<br>«Воронежский государственный университет»<br>(ФГБОУ ВО «ВГУ») |                             |
| Подпись                                                                                                                                                  | <i>Громовик А. И.</i>       |
| заверяю                                                                                                                                                  | <i>определяет по УНР</i>    |
| <i>Дорошине Р.А.</i>                                                                                                                                     | должность <i>1 09 20 26</i> |
| подпись, расшифровка подписи                                                                                                                             |                             |