

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

**ЮФУ801.01.13,**

созданного на базе Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»,  
по диссертации на соискание ученой  
степени кандидата наук

*аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета  
от 29 декабря года № 21*

О присуждении Иванову Федору Дмитриевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата биологических наук.

**Диссертация** «Оценка эффективности индуцированной биоремедиации почв углеотвалов Восточного Донбасса» по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки) и 1.5.15. Экология (биологические науки) принята к защите 27 октября 2025 г. (протокол заседания № 15) диссертационным советом ЮФУ801.01.13, созданным на базе Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», в соответствии с приказом № 239-ОД от 07.07.2025 г. (с изменениями согласно Приказу № 337-ОД от 22.10.2025 г.).

**Соискатель** Иванов Федор Дмитриевич, 1997 года рождения, в 2019 г. окончил бакалавриат очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению «Биология», в 2021 г. окончил с отличием магистратуру очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению «Биология». В 2021 году поступил в аспирантуру очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению 06.06.01 – биологические науки, специальность 1.5.19. – Почвоведение. Работает младшим научным сотрудником фронтальной лаборатории «Биоинженерия ризосферы» Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», Минобрнауки России.

**Диссертация** выполнена на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», Минобрнауки России.

**Научный руководитель** – доктор биологических наук, профессор **Минкина Татьяна Михайловна**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов, заведующий;

Кандидат биологических наук, **Горовцов Андрей Владимирович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского, кафедра биохимии и микробиологии, доцент.

#### **Официальные оппоненты:**

**1. Тихомирова Елена Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Институт урбанистики, архитектуры и строительства, кафедра «Экология и техносферная безопасность», заведующий;

**2. Артамонова Валентина Сергеевна**, доктор биологических наук, доцент, ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», лаборатория рекультивации почв, ведущий научный сотрудник.

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в научных изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science, опубликовано 4 работы. Общий объем опубликованных работ 8 печатных листов, из которых вклад автора 6,4 печатных листа. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. The effect of chelators on the microbiota and phytoremediation of coal dump soils / F. D. Ivanov, E. P. Pulikova, A. V. Gorovtsov [et al.] // International Journal of

Environmental Science and Technology. – 2025. – Vol. 22, No 15. – P. 15625-15636. – DOI 10.1007/s13762-025-06675-z.

2. Microbiological status of natural and anthropogenic soils of the Taganrog Bay coast at different levels of combined pollution with heavy metals and PAHs / E. P. Pulikova, F. Ivanov, A. V. Gorovtsov [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. – 2023. – Vol. 45, № 12. – P. 9373-9390. – DOI 10.1007/s10653-022-01405-7.

3. Soil physicochemical and microbial properties affect nitrogen cycling in technogenically transformed coal dump soils / E. P. Pulikova, K. A. Demin, F. D. Ivanov [et al.] // Applied Soil Ecology. – 2024. – Vol. 202. – P. 105562. – DOI 10.1016/j.apsoil.2024.105562.

4. Potential of nickel and cobalt resistant microorganisms for effective phytoremediation of heavy metal contaminated soils / T. V. Siunova, A. E. Filonov, A. V. Gorovtsov [et al.] // Discover Environment. – 2025. – Vol. 3, № 1. – Art. No. 99. – DOI 10.1007/s44274-025-00301-y.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах подчеркнута актуальность, оригинальность, научная новизна исследования, его теоретическая и практическая значимость.

**Отзывы поступили от:** д.с.-х.н., доцент, профессор кафедры агрохимии и почвоведения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» **Азаренко Юлии Александровны**; д.б.н., доцент, доцент кафедры экологии и земельных ресурсов медико-биологического факультета федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» **Громовика Аркадия Игоревича**; к.с.-х.н., доцент, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Пермский аграрно-технологический университет имени Д.Н. Прянишникова», **Васильева Андрея Алексеевича**; к.б.н., научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт биологии федерального исследовательского центра Коми научного центра Уральского отделения РАН», **Старцева Виктора Викторовича**; к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории почвенно-экологических исследований федерального государственного бюджетного научного учреждения «Донецкий ботанический сад», **Агуровой Ирины Владимировны**.

В отзыве к.г.-м.н., научного сотрудника лаборатории экологической геохимии и эволюции геосистем федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии имени А. П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук **Баенгуева Бориса Александровича** и к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории экологической геохимии и эволюции геосистем федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии имени А. П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук **Белоголовой Галины Александровны** Задаются вопросы соискателю: Почему в качестве индикаторов фитоэкстракции тяжелых металлов выступали именно пырей ползучий и люцерна посевная? При оценке щелочно-кислотных условий среды достаточно указывать рН только до десятых, так как точность потенциометрического метода анализа составляет  $\pm 10\%$ . В таблице 1 (стр. 7) в диапазоне рН для хемозема, вероятно, допущена опечатка «Диапазон 7,27-2,33», рН не может снижаться до 2,33, учитывая, что среднее указано как 7,3; На стр. 19 «концентрации 10 мМоль/кг» вместо ммоль/кг.

В отзыве к.б.н., доцента кафедры почвоведения и агрохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» **Маричева Максима Сергеевича** задаются вопросы: В одной из почв вблизи углеотвала шахты Майская (МЗ) выявлены низкие значения рН 4,0 ед., которые объясняются образованием серной кислоты с сульфатов железа при окислении пирита. Скажите, проводилось ли определение минералогического состава отвала шахт, почв? С чем может быть связано отсутствие данного обстоятельства в других почвах близких к углеотвалам, в которых кислотность составляет рН 7,1 - 8,3 ед.?

В отзыве к.б.н., ведущего научного сотрудника лаборатории экологии почв федерального государственного бюджетного учреждения «Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан» **Кулагиной Валентины Ивановны** и старшего научного сотрудника лаборатории экологии почв федерального государственного бюджетного учреждения «Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан» **Сунгатуллиной Люции Мансуровны** перечислены следующие вопросы: Согласно «Классификации и

диагностике почв России» (2004) пелозем состоит из подстильно-торфяного горизонта, залегающего непосредственно на рыхлых отложениях тяжелого (глинистого или суглинистого) гранулометрического состава. В каких условиях образовался подстильно-торфяной горизонт изученного пелозема? Имеется переувлажнение? Действительно ли коэффициент минерализации/иммобилизации по Мишустину, равный 1,82 (стр. 14 автореферата) говорит о преобладании процессов минерализации? Конечно, в литературе встречаются две противоположные точки зрения на интерпретацию коэффициента, но все же на участках с угольной пылью скорее ожидаешь иммобилизацию. Какой вид растений предпочтительнее для фиторемедиации: с высоким акропетальным коэффициентом или низким?

В отзыве к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории экологической биотехнологии Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» **Панченко Леонид Владимирович** просит уточнить следующее: Проводился ли анализ на присутствие в исследуемых почвах помимо ТМ каких-либо органических загрязнителей (например, полициклических ароматических углеводородов), оказывающих свое влияние на состав микробного сообщества и эффективность фиторемедиации?

Современные исследования микробных сообществ предполагают проведение метагеномного анализа, который позволяет более полно, чем культуральные методы охарактеризовать почвенный микробиом. Используя традиционный культуральный метод предельных разведений, чем руководствовался автор при выборе основных групп почвенных микроорганизмов и соответствующей терминологии? Указанные названия групп микроорганизмов совершенно разнородны. Так, аммонификаторы (наряду с азотфиксаторами, нитрификаторами, денитрификаторами) - микроорганизмы, участвующие в цикле азота, их численность оценивают по образованию аммиака, чего автор не делал. Правильнее было бы эту группу обозначить как «гетеротрофы», численность которых также учитывается на богатых средах. Прототрофы (в противоположность ауксотрофам) - микроорганизмы, характеризующиеся отсутствием потребности в факторах роста, почему оценивали эту группу по способности использовать

аммонийный азот на крахмало-аммиачном агаре? Актиномицеты - один из доминирующих таксонов (типов) почвенных бактерий. Если актиномицеты рассматривались как группа микроорганизмов, занимающая промежуточное положение между бактериями и микромицетами, то их численность логично было бы представить в сравнении с общей численностью бактерий и микромицетов.

Из автореферата не ясно, как готовился посевной материал микоризного гриба. Вывод 5 не вполне корректен. Подчеркивается, что «индуцированная фиторемедиация не снижает численность аммонификаторов» (по факту, общее микробное число), но игнорируется ее значительное ( $p < 0,05$ ) увеличение (на 20%). При этом, «менее выраженный рост» численности бактерий ( $117$  по сравнению с  $128 \times 10^6$  КОЕ/г) не соответствует представленным на рисунке 12 данным, согласно которым численности микроорганизмов под влиянием микоризы и микоризы с хелатором не различаются.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в соответствующей отрасли науки, что подтверждается многочисленными публикациями авторов по рассматриваемой в диссертационной работе проблеме.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**установлено**, что в техногенно трансформированных почвах угольных терриконов содержание тяжелых металлов (Zn, Ni, Mn, Cr, Cu, Cd, Pb) значительно превышает фоновые значения, а применение Na-EDTA усиливает их подвижность;

**обосновано**, что арбускулярные микоризные грибы (AMF, в частности *Glomus* sp.) повышают эффективность фиторемедиации за счет улучшения накопления тяжелых металлов в *Elytrigia repens* и *Medicago sativa*;

**доказано** увеличение транслокации тяжёлых металлов в ткани растений при внесении в почву хелатирующих агентов и микоризы, а также отсутствие негативного влияния данной методики на местные микробные сообщества;

**предложена** методика биоремедиации загрязнённых тяжёлыми металлами почв углеотвалов при помощи сообщества травянистых растений *Elytrigia repens* и *Medicago sativa* с внесением микоризного симбионта и хелатирующего агента лимонной кислоты. Использование данной методики способствует восстановлению почвенного покрова и снижению биодоступности тяжёлых металлов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что с использованием современных аналитических методов исследованы микробные сообщества техногенно нарушенных почв углеотвалов в условиях естественного полиметаллического загрязнения, описано влияние хелатирующих агентов и микоризы на мобилизацию ТМ и трансформацию почвенных микробных сообществ, рассмотрены изменения свойств почвы, растений и микробных сообществ, происходящие в ходе индуцированной биоремедиации.**

Показано, что внесение в почву хелатора и микоризы, как совместно, так и отдельно, стимулирует транслокацию металлов в корни растений, особенно Cd, Pb и Cu.

Впервые проведена оценка воздействия Na-ЭДТА, лимонной и щавелевой кислот на состав микробного сообщества и эффективность фиторемедиации Zn, Cd, Ni, Pb, Mn, Cu в почвах углеотвалов Восточного Донбасса.

Получены новые данные о воздействии индуцированной биоремедиации на свойства почвы, растений и микробных сообществ.

Показан синергический эффект микоризной инокуляции грибами рода *Glomus* в сочетании с лимонной кислотой для повышения устойчивости и увеличения фиторемедиационного потенциала.

На основании проведенных исследований разработан метод индуцированной биоремедиации техногенно нарушенных почв в зоне влияния породных углеотвалов.

**Применительно к проблематике диссертации результативно:**

**использован** комплекс современных методов, применяемых в почвоведении и экологии: метод рентгеновской спектрометрии и атомно-абсорбционная для определения содержания ТМ, расчёт актуальных биогеохимических коэффициентов, лабораторные культуральные методы изучения количественного и качественного состава микробных сообществ почвы, проведение мета-анализа, статистический и корреляционный анализ;

**изложены** результаты определения количества валовых и биодоступных форм тяжёлых металлов в почвах различных типов и исследуемых растениях в ходе проведения индуцированной биоремедиации;

**раскрыты** взаимосвязи между различными хелатирующими агентами, травянистыми растениями, арбускулярными грибами и тяжёлыми металлами в почвах зоны влияния углеотвала;

**изучены** микробные сообщества техногенно нарушенных почв углеотвалов

в условиях естественного полиметаллического загрязнения;

**проведен** сравнительный анализ влияние хелатирующих агентов и микоризы на мобилизацию ТМ и трансформацию почвенных микробных сообществ.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**определены** эффективные концентрации хелатирующих агентов, влияние различных агентов на доступность тяжёлых металлов в почве, микробные сообщества почвы и растения;

**представлены** данные, свидетельствующие, что использование лимонной кислоты и припосевной микоризации *Glomus sp.* способствует повышению ремедиационного потенциала *Elytrigia repens* и *Medicago sativa*. Данный метод может быть внедрён в практику проведения ремедиационных работ на объектах накопленного экологического ущерба угледобывающей промышленности. Данные по содержанию и переносу тяжёлых металлов, составу микробных сообществ могут использоваться экологическими, санитарными и научными организациями Южного федерального округа.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила** воспроизводимость результатов исследования влияния различных хелатирующих агентов на интенсивность накопления ТМ растениями и изменение численности почвенной микробиоты и оценки совместного влияния хелатирующего агента и инокуляции растений микоризными грибами на эффективность индуцированной биоремедиации хемозема; теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; идея базируется на анализе практики, обобщении передового опыта; использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя** состоит в его участии во всех этапах создания диссертации, выполнении экспериментов и лабораторно-аналитических исследований, проведении анализа и обобщения результатов работы, сбора и систематизации литературных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе. Тема, цель, задачи, объекты и методы исследования определены автором совместно с научным руководителем. Анализ и обобщение

полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений, подготовка основных публикаций по выполненной работе, выполнены лично автором при направляющем участии научных руководителей.

На заседании 29 декабря 2025 года диссертационный совет отметил, что рассматриваемая диссертация соответствует критериям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» и принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны присудить Иванову Ф.Д. ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки) и 3 доктора наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки), участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

30.12.2025 г.



Безуглова Ольга Степановна

Бурачевская Марина Викторовна