

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.053.01, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ИНСТИТУТА ИМ. А.П. ВИНОГРАДОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 24.12.2024 г. № 14

О присуждении Баенгуеву Борису Александровичу учёной степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Эколого-геохимическое состояние почвенно-растительной системы техногенной зоны мышьякового завода г. Свирска после его ликвидации», по специальности 1.6.21 – Геоэкология принята к защите 15 октября 2024 г. (протокол № 11) диссертационным советом 24.1.053.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, стр. 1А, согласно приказу Минобрнауки РФ № 93/нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Баенгуев Борис Александрович, 13 сентября 1994 года рождения, в 2018 году окончил Поволжский государственный технологический университет по направлению подготовки 35.04.01 Лесное дело, присуждена степень Магистр. С 2018 по 2021 гг. прошел обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук по направлению подготовки 05.06.01 - Науки о Земле, профиль Геоэкология.

Работает младшим научным сотрудником в лаборатории экологической геохимии и эволюции геосистем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН). Диссертация выполнена в лаборатории экологической геохимии и эволюции геосистем ИГХ СО РАН.

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук Белоголова Галина Александровна, старший научный сотрудник лаборатории экологической геохимии и эволюции геосистем ИГХ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Минкина Татьяна Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ), г. Ростов-на-Дону;

Белозерцева Ирина Александровна, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геохимии ландшафтов и географии почв Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук (ИГ СО РАН), г. Иркутск, **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном Языковым Егором Григорьевичем, доктором геолого-минералогических наук, профессором отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов ТПУ и Соктоевым Булатом Ринчиновичем, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов ТПУ, указала, что содержание диссертационной работы Баенгуева Б.А. и её результаты являются значимыми для экологической геохимии и промышленной экологии с точки зрения оценки эффективности рекультивационных мероприятий, проведенных после ликвидации промышленного предприятия. Защищаемые положения и выводы обоснованы и подтверждены представленными в работе данными. Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней для ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 24 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликована 21 работа, из них в рецензируемых научных изданиях ВАК, WoS, Scopus опубликовано 5 работ.

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют; работы соискателя публиковались в таких рецензируемых изданиях, как Успехи современного естествознания, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, X-Ray Spectrometry, Chemistry and Ecology. Соискатель является первым автором в 2 публикациях по теме диссертации в рецензируемых изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Баенгуев Б.А.**, Мокрый А.В., Каницкая Л.В., Белых О.А. Экологическое состояние территории Южного Прибайкалья: содержание серы в почвах // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 156-160.

2. Belogolova G.A., **Baenguev B.A.**, Gordeeva O.N., Sokolova M.G., Pastukhov M.V., Poletaeva V.I., Vaishlya O.B. Rhizobacteria effect on bioaccumulation and biotransformation of arsenic and heavy metal compounds in the technogenous soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 381. P. 012007.

3. **Баенгуев Б.А.**, Белоголова Г.А., Чупарина Е.В., Просекин С.Н., Долгих П.Г., Пастухов М.В. Распределение содержания свинца и формы его соединений в техногенной почве г. Свирска (Южное Прибайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 8. С. 205-214.

4. Chuparina E.V., Belogolova G.A. **Baenguev B.A.**, Sokolnikova Ju.V., Zarubina O.V. Application of some calibration strategies in comparison to determine Cr, Ni, Cu, Zn, As, and Pb in contaminated plants by wavelength dispersive x-ray fluorescence // X-Ray Spectrometry. 2024, 1.

5. Belogolova G.A., **Baenguev B.A.**, Chuparina E.V., Pastukhov M.V., Prosekin S.N., Sokolnikova Yu.V. The mechanism of arsenic behavior in the soil-plant system and its interaction with biogenic macroelements of plants under conditions of toxic stress // Chemistry and ecology. <https://doi.org/10.1080/02757540.2024.2416654>.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

д.б.н. **Белых Ольги Александровны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Калининградский государственный технический университет, г. Калининград; к.б.н. **Сосоровой Соелмы Батожаргаловны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ; к.б.н. **Дорошкевич Светланы Геннадьевны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ; д.б.н. **Харитоновой Галины Владимировны**, Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск; д.б.н. **Башкина Владимира Николаевича**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, г. Пущино; к.б.н. **Шергиной Ольги Владимировны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск; к.б.н. **Минниковой Татьяны Владимировны**, Академия биологии и

биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону; к.с.-х.н. **Шабанова Михаила Викторовича**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин; к.б.н. **Ефремовой Марины Анатольевны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Пушкин; к.б.н. **Белозубовой Натальи Юрьевны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный социальный университет, г. Москва; к.б.н. **Убугунова Василия Леонидовича**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ; д.г.-м.н. **Бортниковой Светланы Борисовны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; д.б.н. **Плехановой Ирины Овакимовны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва; д.б.н. **Чевычелова Александра Павловича**, Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск; к.б.н. **Гололобовой Анны Григорьевны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск; д.б.н. **Мосиной Людмилы Владимировны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва; к.б.н. **Павловой Людмилы Михайловны**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Благовещенск, д.т.н. **Качор Ольги Леонидовны** и к.т.н. **Трусовой Валентины Валерьевны**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск.

Во всех отзывах на автореферат работа характеризуется положительно, отрицательных отзывов нет. В них отмечается значительный объем работ, проведенных автором, успешное решение поставленных задач, и, что достоверность и обоснованность

результатов определяется использованием аналитической и статистической информации, публикуемой авторитетными организациями и изданиями как российскими, так зарубежными. Отмечено, что приведенные автором защищаемые положения хорошо обоснованы, научная новизна и практическая значимость не вызывают сомнения. Достоинством диссертационной работы является значимость химико-аналитических исследований загрязненных почв и установление суммарных коэффициентов концентрации тяжелых металлов и лично участие автора в полевых работах по изучению почвенно-растительного покрова промышленной площадки бывшего Ангарского металлургического завода г. Свирска. Впервые после проведенной рекультивации были получены результаты валовых содержаний мышьяка и тяжелых металлов в системе «почва-растение», а также формы их нахождения в техногрунтах. Получены научно значимые результаты, имеющие фундаментальное значение и практическое применение для разработки новых методов ремедиации почв и разработки новых биотехнологий. В отзывах имеются критические замечания и вопросы, которые сводятся к следующему: замечание из отзыва Качор О.Л. и Трусовой В. В.: По тексту автореферата неоднократно отмечено некорректное использование значений нормативных содержаний для многих исследуемых элементов (по тексту автореферата везде ПДК). В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 для As, Cd, Cu, Pb и пр. установлены нормативы ОДК для соответствующих типов почв; на стр. 8 отмечено, что погрешность анализа для РФА составила 10 % для содержаний более 50 мг/кг. Какая погрешность была при концентрациях более 1000 мг/кг? Входят ли данные концентрации в границы верхних пределов определения концентраций данным методом анализа? Насколько можно доверять полученным значениям геохимических параметров? Все картографические материалы не обеспечены пространственной привязкой, что снижает практическую ценность работы. Кроме того, возможно, из-за проблем с привязкой автор и допустил ошибки с сопоставлением аномалий распределения загрязняющих веществ и их потенциальных источников.

В отзыве на диссертацию от ведущей организации работа охарактеризована положительно, при этом указан ряд вопросов и замечаний, в качестве критических указаны замечания: в главе 1 не хватает подглавы, посвященной проблеме загрязнения растений тяжелыми металлами; в главе 2 отсутствует карта расположения точек отбора, что затрудняет восприятие материалов данной главы.

В отзыве официального оппонента Минкиной Татьяны Михайловны в качестве критического замечания указано, что объект исследования в разделе 2.1 представлен лишь частично: не приведены площади, занимаемые тремя ключевыми участками, полное название почв по классификации РФ и WRB, нет ссылки на руководящие документы для

отбора проб почв и грунта и не дается описание профилей заложенных почвенных разрезов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что д.б.н. Т.М. Минкина является известным и высококвалифицированным специалистом в области изучения биогеохимии микроэлементов, оценки и мониторинга химического загрязнения почв; к.г.н. И.А. Белозерцева – специалист в области почвенно-геохимических исследований территорий интенсивного освоения. Высокий профессиональный уровень официальных оппонентов подтверждается их многочисленными публикациями, статьями в высокорейтинговых рецензируемых российских и зарубежных изданиях. Выбор ведущей организации обосновывается тем, что специалисты Национального исследовательского Томского политехнического университета широко известны исследованиями в области эколого-геохимического мониторинга урбанизированных территорий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** принципы оценки современного эколого-геохимического состояния техногенной зоны бывшего Ангарского металлургического завода г. Свирска на основе комплексного изучения почвенно-растительной системы, что имеет особую актуальность;

**предложена** методология экологических исследований техногенно-загрязненных территорий;

**доказано**, что по уровню загрязнения мышьяком, свинцом и другими потенциально токсичными элементами большая часть исследованной территории не пригодна для землепользования;

**введены** основные закономерности и факторы, влияющие на миграцию мышьяка и тяжелых металлов в условиях техногенеза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**изложены** новые данные, характеризующие биогеохимические процессы в техногенных почвенно-растительных системах, связанные с влиянием форм нахождения мышьяка и тяжелых металлов на степень их накопления и транслокации в растениях;

**доказано**, что пырей ползучий обладает толерантностью к высоким содержаниям мышьяка и тяжелых металлов в почве и может использоваться в качестве их фитостабилизатора в условиях техногенного загрязнения;

**раскрыты** особенности межэлементного взаимодействия потенциально токсичных и биогенных элементов в растениях в условиях токсического стресса зоны техногенеза;

**проведен** эксперимент по выращиванию культурных растений (овес, пшеница, редис, салат) при инокуляции ризосферными бактериями с использованием техногенных почв, отобранных вблизи мышьякового отвала;

**изучено** влияние комплексного биопрепарата на основе ризосферных бактерий *Azotobacter*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* и *Bacillus mucilaginosus* на мобилизацию и иммобилизацию мышьяка, тяжелых металлов и биофильных элементов в системе «почва-растение» в условиях техногенеза.

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

**разработана** методика комплексного подхода к изучению эколого-геохимического состояния почвенно-растительного покрова зон техногенеза, с применением которой были получены данные по закономерностям накопления, распределения, мобильности и влиянию различных источников поступления элементов в системе почва-растение. Результаты исследований послужат основой для планирования дальнейших рекультивационных и мониторинговых работ на данной территории;

**определены** закономерности антагонистических отношений потенциально токсичных элементов и основных эссенциальных макроэлементов (калий и фосфор), которые могут служить критерием фитотоксичности в зонах техногенного загрязнения мышьяком и тяжелыми металлами;

**созданы** научно обоснованные предпосылки на основе биогеохимического изучения почвенно-растительной системы и микроорганизмов, которые могут быть полезны для разработки экобиотехнологий, связанных с фиторемедиацией, рекультивацией почв и выращиванием растений;

**представлены** результаты комплексной эколого-геохимической оценки изученной территории, на основе которых даны рекомендации для проведения дальнейших рекультивационных работ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**в экспериментальных исследованиях** достоверность результатов исследования обеспечена использованием комплекса современных аналитических методов для определения состава природных сред, выделением форм нахождения химических элементов, межлабораторными сличительными испытаниями и получением согласованных результатов при анализе стандартных образцов с использованием различных статистических методов обработки информации, включая построение

картосхем. Исследования проведены в аккредитованном Аналитическом отделе ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН;

**теоретические положения** построены на результатах собственных исследований большого объема фактического материала, собранного и обработанного в ходе полевых работ 2019 – 2020 гг., а также опубликованных литературных данных российских и зарубежных исследователей;

**идея диссертационной работы** базируется на получении новых знаний о биогеохимических процессах в системе почва-растение-микроорганизмы при техногенном загрязнении;

**использованы** современные методы химического анализа вещества: масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с применением масс-спектрометра ELEMENT-2, атомно-абсорбционной спектрометрии, с применением атомно-абсорбционных спектрометров моделей 403 и 503 производства Perkin-Elmer, США; рентгенофлуоресцентного анализа с использованием волнодисперсионного спектрометра S4 Pioneer и S8 Tiger, Bruker, Германия. Для изучения форм нахождения элементов в почвах использовали метод (Кузнецов, Шимко, 1990), который является модификацией методики, предложенной (Tessier et al., 1979), для Hg использована методика (Bloom et al., 2003), хелатные формы соединений с ионами металлов и мышьяка выделяли этилендиаминтетрауксусной кислотой. Органический углерод почвы анализировали по методике Тюрина (ГОСТ 23740-79). Величину pH водное определяли из почвенной суспензии;

**установлено**, что выявленные автором основные закономерности и факторы миграции мышьяка и тяжелых металлов в почве в условиях техногенного загрязнения подтверждают и существенно дополняют результаты по тематике исследований среди российских и зарубежных ученых, а также углубляют знания о механизме трансформации соединений потенциально токсичных элементов в системе «почва-растение».

**Личный вклад соискателя** состоит в отборе проб почв и растений, подготовке проб для дальнейшего химического анализа и проведении постадийной экстракции из почв для определения в них форм соединений тяжелых металлов и As, в интерпретации и анализе теоретических и экспериментальных материалов, апробации полученных результатов на научных конференциях и подготовке научных публикаций, а также формулировке выводов исследований.

В ходе защиты диссертации не было высказано существенных критических замечаний со стороны членов диссертационного совета, замечания носили в основном технический или рекомендательный характер, с которыми соискатель согласился.

