

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.094.01,  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии  
наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссер-  
тации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.01.2025 г., № 1

О присуждении Пахорукову Ивану Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Развитие солончакового процесса в почвах долин малых рек Прикамья в связи с производством калийных солей» по специальности 1.5.19 – почвоведение принята к защите 7 ноября 2024 г. года, протокол № 3, диссертационным советом 24.1.094.01, созданным на базе ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН Министерства науки и высшего образования РФ, 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 8/2, приказ о создании диссертационного совета № 1089/нк от 22 мая 2023 г.

Соискатель, Пахоруков Иван Владимирович, 04.12.1989 г.р., в 2019 году окончила ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет по направлению магистратуры «Экология и природопользование», в 2023 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет по направлению подготовки «06.06.01 Биологические науки». Работает в должности старший преподаватель кафедры физиологии растений и экологии почв ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре физиологии растений и экологии почв ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет Министерства науки и высшего образования РФ. Научный руководитель – **Еремченко О.З.**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии растений и экологии почв ФГАОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет.

Официальные оппоненты:

**Скипин Л.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности Института сервиса и отраслевого управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Тюменский индустриальный университет;

**Елизаров Н.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт почвоведения и агрохимии СО РАН.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (г. Москва), в своем положительном отзыве, подписанном Хитровым Н.Б., доктором сельскохозяйственных наук, главным научным сотрудником, заведующим отделом генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» и Черноусенко Г.И., доктором сельскохозяйственных наук, старшим научным сотрудником отдела генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» указала, что представленная диссертация Пахорукова И. В. соответствует паспорту специальности 1.5.19 – «Почвоведение» и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой систематизирована характеристика солевого и кислотно-щелочного состояния вторично засоленных аллювиальных солончаковых почв и солончаков долин малых рек Пермского края на территории Верхнекамского месторождения солей и получена первичная приблизительная оценка площади техногенно засоленных аллювиальных почв на ключевых участках долин двух малых рек Прикамья в зоне влияния солеотвалов и шламохранилищ ПАО «Уралкалий». Содержание и структура диссертационной работы и автореферата соответствуют требованиям пп. 9–14 и 24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Пахоруков И.В., заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – «Почвоведение».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ по теме диссертации, из них в журналах, рекомендованных ВАК РФ, – 3 работы, 2 – в изданиях Scopus и Web of

Science. В работах отражены результаты шестилетнего изучения влияния объектов отвалльно-шламового хозяйства ПАО «Уралкалий» на свойства аллювиальных почв долин малых рек Прикамья. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Пахоруковым И.В. работах, в которых излагаются основные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Eremchenko, O. Z. Development of the solonchak process in soils of small river valleys in the taiga-forest zone in relation to the production of potassium salts / O. Z. Eremchenko, **I. V. Pakhorukov**, I. E. Shestakov // Eurasian Soil Science. – 2020. – Vol. 53, № 4. – P. 512–522 (*объем 1,27 п.л.; доля авторского участия 0,4*).

2. **Пахоруков, И. В.** Свойства вторично засоленных аллювиальных почв в таежно-лесной зоне Прикамья / И. В. Пахоруков, О. З. Еремченко // Сибирский лесной журнал. – 2021. – № 3. – С. 76–86 (*объем 1,27 п.л.; доля авторского участия 0,6*).

3. **Пахоруков, И. В.** Накопление техногенных солей в аллювиальной почве и растениях в условиях южной тайги / И. В. Пахоруков, О. А. Четина, О. З. Еремченко // Russian journal of ecosystem ecology. – 2022. – Vol. 7, № 2. – P. 1–10 (*объем 1,16 п.л.; доля авторского участия 0,5*).

4. Chetina, O. A. Accumulation of low-molecular-weight compounds in plants in response to technogenic soil salinization / O. A. Chetina, O. Z. Eremchenko, **I. V. Pakhorukov** // Russian Journal of Ecology. – 2023. – Vol. 54, № 2. – P. 88–96 (*объем 1,04 п.л.; доля авторского участия 0,25*).

5. **Пахоруков, И. В.** Динамика кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий в аллювиальных техногенно засоленных почвах таежно-лесной зоны / И. В. Пахоруков, О. З. Еремченко // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 4. – P. 1–17 (*объем 1,96 п.л.; доля авторского участия 0,6*).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: д.б.н., проф., проф. каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского государственного технического университета **Околеловой А. А.**; д.б.н., доц., проф. Государственного аграрного университета Северного Зауралья **Греховой И. В.**; д.б.н., проф., ведущего научного сотрудника Института общей и экспериментальной

биологии СО РАН **Убугуновой В. И.** и к.б.н., м.н.с. института **Жамбаловой А. Д.**; д.с.-х.н., ведущего научного сотрудника отдела генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева **Любимовой И. Н.**; д.с.-х.н., проф., проф. каф. географии и методики обучения географии Института химии и экологии Вятского государственного университета **Прокашева А. М.**; д.с.-х.н., старшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника отдела почвоведения Института биологии Коми научного центра УрО РАН **Елькиной Г. Я.** и к.б.н., доцента, зав. отделом почвоведения института **Лаптевой Е. М.**; к.б.н., доц. каф. безопасности информационных и автоматизированных систем Курганского государственного университета **Человечковой А. В.**; к.б.н., доц., доц. каф. экологии и земельных ресурсов медико-биологического факультета Воронежского государственного университета **Громовика А. И.**; к.б.н., доц. каф. землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения Курганской государственной сельскохозяйственной академии им. Т.С. Мальцева – филиала Курганского государственного университета **Комиссаровой И. В.**; к.с.-х.н., доц., зав. каф. агрохимии и почвоведения Пермского государственного аграрно-технологического университета **Васильева А. А.**; к.б.н., ассистента каф. микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии **Баландиной А. В.**; к.б.н., старшего научного сотрудника лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан **Александровой А. Б.**

В полученных отзывах отмечается, что актуальность диссертационной работы обусловлена экологической опасностью в плане антропогенного засоления почв, вызванного накоплением солесодержащих отходов при разработке Верхнекамского месторождения калийных солей. Цель работы заключалась в изучении особенностей проявления солончакового процесса в аллювиальных почвах таежно-лесной зоны в местах разгрузки минерализованных вод. Научная новизна и теоретическая значимость заключается в том, что автором работы показаны особенности формирования солончаковых ненасыщенных почв с кислой реакцией среды; продемонстрирована общая направленность эволюционных изменений во вторично засоленные аллювиальные почвы; детализировано разнообразие техногенно засоленных почв на разных классификационных уровнях современной классификации и WRB. Полученные результаты имеют практическое значение и могут быть использованы при составлении

почвенно-географической базы в почвенно-экологическом мониторинге. Диссертантом разработана методика комплексных полевых и лабораторных исследований, определены объекты и предметы научных изысканий, проанализированы масштабы и последствия влияния солончаковых явлений техногенной природы на морфологию, основные субстантивные физико-химические характеристики, включая динамику окислительно-восстановительного потенциала, эволюционные тренды и изменение классификационного положения, размеров ареалов аллювиальных почв, находящихся на протяжении нескольких столетий под воздействием минерализованных рудничных вод. Автором на аналитическом уровне наглядно продемонстрировано значительное изменение актуальных физико-химических свойств аллювиальных почв в направлении доминирования ионов натрия и калия, преимущественного сдвига реакции почвенной среды в направлении нейтрально-щелочного диапазона, возможные механизмы формирования весьма экзотичных для местных таёжно-лесных условий карбонатных и гипсовых новообразований в поймах местных рек, подвергшихся галогенезу. Выводы конкретны, соответствуют поставленным задачам и хорошо обоснованы. Рассмотренная тематика представляет интерес для специалистов в области почвоведения и экологии. Достоверность исследований базируется на значительном объеме экспериментальных данных, комплексном изучении состава, свойств и некоторых режимов техногенно засоленных почв, в применении современных и классических подходов к оценке состояния засоленных почв. Авторы поступивших отзывов заключают, что диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Пахоруков И. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – почвоведение.

В имеющихся в отзывах замечаниях отмечается следующее: в тексте автореферата указано, что динамику наблюдали только один летнее-осенний сезон 2022 года. В 4 выводе написано «Эволюционные тренды испытывали в течение нескольких столетий воздействие сильно-минерализованных грунтовых вод...». Насчет столетий звучит не совсем корректно. Какой классификацией уровня кислотности почв пользовались? В чём отличие резко кислой почвы от сильнокислой? К сожалению, в автореферате не показано местоположение как фоновых почв, так и почв 4-х

долин рек Прикамья, не даны их геопозиции, классификационное положение. Отсутствуют данные по свойствам фоновых почв. В таблице 2 «Физико-химические и химические свойства аллювиальных солончаковых почв в долинах малых рек» не приведены данные по сумме токсичных солей, что затрудняет оценку степени засоления изученных почв. В рисунках даны только номера разрезов без указания типа почв. По тексту автореферата встречаются стилистические погрешности. Оказал ли солончаковый процесс какое-либо влияние на изменение флористического и/или фитоценологического состава аллювиальных почв, испытавших на себе воздействие техногенеза? В автореферате не отражены рекомендации по предотвращению деградации почв и земель. В таблице 2 в первом столбце лучше было бы указать не номера почвенных разрезов, а названия почв. К сожалению, ни в таблицах, ни на графиках, представленных в автореферате, не приводятся данные статистики. Хорошо бы было указать отдельной рубрикой в автореферате перспективы дальнейших исследований по выбранной теме, а также предложения и рекомендации по предотвращению развития солончакового процесса в почвах. На каком расстоянии находятся солевые отвалы от участков отбора проб в поймах малых рек? В тексте автореферата не обсуждена информативность расчетов суммарного показателя засоления относительно регионального фона и условно местного фона, и какие значения принимали для расчета этих показателей? На с. 4, задачи исследований. В первой задаче указано «...в течение нескольких десятилетий». Во второй задаче «...после нескольких столетий...». Чем обоснованы такие разные временные рамки? Как это влияет на галогенез аллювиальных почв? На с. 13, пункт 3.5, первое предложение: «На основе визуального дешифрирования космических снимков были выделены ареалы аллювиальных техногенно засоленных почв...». Какова ошибка визуального определения засоленных почв по космоснимкам, без подтверждения почвенными прикопками и анализами? Какова точность оцифровки засоленных почв и на основе этого расчета площадей?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией и достижениями в области почвоведения, подтвержденными публикациями по соответствующей тематике, способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

выделены ареалы распространения и детально описаны особенности морфологии и генезиса аллювиальных солончаковых почв и вторичных солончаков, формирующихся под воздействием грунтовых минерализованных вод отвално-шламового хозяйства ПАО «Уралкалий»;

показано современное разнообразие техногенно засоленных аллювиальных почв по степени и химизму засоления, реакции почвенной среды, составу обменных оснований, присутствию карбонатов и гипса;

установлена общая направленность трансформационных техногенных изменений в аллювиальных почвах под воздействием минерализованных натриевых хлоридных и сульфатно-хлоридных вод в условиях гумидного климата;

предложено внести в отечественную классификацию и мировую реферативную базу почвенных ресурсов дополнительные квалификаторы для признаков антропогенного происхождения, связанных с водной миграцией техногенных солей;

на основе ДДЗЗ проведена оценка масштабов прогрессирующего засоления почв в долинах трех малых рек Прикамья в результате производства калийных солей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в нем поставлена и решена научная задача техногенного солончакового почвообразования в долинах малых рек в зоне воздействия отвално-шламового хозяйства; полученные результаты существенно расширяют представления о разнообразии аллювиальных солончаковых почв и вторичных солончаков, формирующихся под воздействием минерализованных вод в условиях гумидного климата.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что материалы по масштабам прогрессирующего техногенного засоления являются основой для мониторинговых наблюдений за трансформацией аллювиальных почв. Материалы могут быть использованы для разработки мероприятий по ликвидации накопленного вреда окружающей среде. Полученные данные используются в учебном процессе при преподавании дисциплин «Почвоведение», «Экология почв», «Антропогенные почвы».

Оценка достоверности результатов проведенных исследований выявила, что они получены, проанализированы и интерпретированы с использованием современных методов обработки результатов и статистического анализа. Полученные теоретиче-

ские положения и выводы в основном согласуются с опубликованными научными данными по теме диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автором поставлены задачи, проведены полевые и лабораторные исследования, анализ и статистическая обработка полученных данных, подготовлена диссертация.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: 1. Каков генезис карбонатов в этих почвах? 2. Как сказывается образование солончаков в поймах на состоянии растительного покрова? 3. Вопрос относительно происхождения серы: откуда берется сера в исследованных вами почвах? Гипс является слаборастворимой солью, но карбонаты еще менее растворимы, поэтому в первую очередь должны накапливаться карбонаты, а уже затем гипс? 4. Вопрос, касающийся космической съемки: вы говорите, что интерпретация снимков происходит на основе индикации растительного покрова? В то же время вы говорите, что даже на обогащенных солями почвах может присутствовать достаточно хороший растительный покров. Как в таком случае вы дешифрируете снимки? 5. Могут ли космоснимки служить учебной выборкой для проведения мониторинга за площадями засоленных почв? 6. У вас присутствуют темногумусовые аллювиальные почвы, видно, что гумусовый горизонт в почвах достаточно хорошо развит. Эти гумусовые горизонты сформировались до развития солончакового процесса? И как они в настоящее время трансформировались? 7. У вас только химические показатели приводятся, а агрофизические показатели не делали, например, плотность, гранулометрический состав? 8. У вас в работе – перспективы распространения солончакового процесса на этих территориях. В чем это заключается, что будет происходить в дальнейшем? И какие меры предотвращения деградации аллювиальных почв вы можете предложить? 9. Самое длительное воздействие вблизи рассолоподъемных скважин в долине р. Усолка, получается, что самые большие площади засоления вблизи этих источников? 10. В вашем докладе была представлена информация по ограниченному количеству разрезов, а всего их было более 20. Чем руководствовались при отборе информации о тех или иных разрезах для доклада? 11. Не пробовали как-то усреднить свои данные? 12. Представленная информация по водам в таблице – указано 14 проб, а вы приводите данные, которые не совсем понятны. Если это среднее, то где погрешность, может быть, это минимум, максимум или медиана. Не видно никакой статистической обра-

ботки. 13. Так как это аллювиальные почвы, они находятся в долинах рек, как-то влияют на засоление весенние паводковые воды?»

Соискатель Пахоруков И. В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

«1. Мы считаем, что карбонаты образуются за счет дополнительного поступления кальция с минерализованными водами, а при разложении органики формируется углекислота, которая взаимодействует с кальцием, в результате чего образуются карбонаты кальция.

2. Растительный покров становится изреженным, начинают преобладать солевыносливые и солеустойчивые виды, а также факультативные и облигатные галофиты, такие как торичник и триостренник, а также в долине р. Усолка обнаружен солерос.

3. Источником серы могут являться отходы добычи и производства калийных солей, в них содержится определенное количество сульфата кальция. Т.к. сульфаты кальция являются слаборастворимой солью, то они относительно накапливаются в почвах. Гипс еще может образовываться в результате процессов сульфидогенеза, когда в почвах образуется серная кислота, она взаимодействует с карбонатами кальция и карбонаты кальция в этом случае замещаются гипсом.

4. Растительный покров присутствовал только на тех почвах, которые содержали минимальное количество солей в верхних горизонтах, например, в количестве 0,1–0,2%. А если количество солей возрастало, то растительный покров все-таки становится изреженным или аборигенная растительность замещается на галофитную, это на космоснимках достаточно хорошо видно. Для верификации мы сначала установили соответствие между солончаковостью и изреженным растительным покровом, а затем на космоснимках выделяли ареалы солончаковых почв с изреженной растительностью, затем дополнительно выезжали в поле, в процессе маршрутных наблюдений убеждались в том, что выделяющиеся на космоснимках пятна действительно имеют изреженный растительный покров, далее на некоторых таких участках дополнительно закладывали почвенные разрезы.

5. Мы считаем, что да. Как раз в работе мы попытались это сделать. Рассчитали, какова площадь засоленных почв была в 2015 году, а затем посмотрели, что произошло в 2021 году.

6. Темногумусовых почв в нашем исследовании не было, были серогумусовые. Они образовались до развития солончакового процесса. А затем по этим аллювиальным серогумусовым почвам сформировались солончаковые почвы. По поводу трансформации гумусовых горизонтов сказать сложно. Мы в динамике их не исследовали, но они еще содержат гумус, на данных почвах имеется какая-то растительность. А в некоторых почвах, по всей видимости, происходит захоронение органики, т.е. на поверхности образуется оторфованная дернина.

7. К сожалению, агрофизические показатели мы не делали. Данные почвы слоистые и у нас не было возможности делать исследование гранулометрического состава в каждом слое, в связи с высокой трудоемкостью данного анализа.

8. В перспективе площади засоленных почв будут увеличиваться до тех пор, пока отходы производства калийных солей будут находиться на поверхности. Для предотвращения деградации необходимо ликвидировать данные отходы, например, заполнять пустоты в отработанных шахтах, либо перерабатывать, например, производить поваренную соль.

9. В долине р. Усолка имеет место ограниченное воздействие, в связи с тем, что источников всего два – рассолоподъемные скважины. Интенсивность излива вод низкая, поэтому вблизи этих источников в условиях гумидного климата масштабы засоления ограничены.

10. В связи с тем, что время доклада ограничено, то не было возможности представить информацию обо всех разрезах. Поэтому для доклада были взяты, на наш взгляд, наиболее интересные варианты.

11. Разброс показателей слишком велик, поэтому на данном этапе исследований мы посчитали, что еще преждевременно данные объединять.

12. По водам действительно было 14 проб, в работе были приведены данные о поверхностных и подземных водах, для данного доклада была взята информация только о почвенно-грунтовых водах. На наш взгляд, в рамках данной работы важнее было продемонстрировать информацию именно о них.

13. Мы специально не занимались исследованием данного вопроса. Можно предположить, что паводок должен влиять. Почвы во время паводка должны отмыться от легкорастворимых солей, но с наступлением летнего периода, концентрация солей снова должна возрастать».

