

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА № 24.1.210.01
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
СИБИРСКОГО ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 06.02.2026 г., протокол № 2
о присуждении **Боталовой Ксении Ивановне** (Российская Федерация) ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Влияние кислотности и щелочности корневой среды на состояние защитных систем и развитие *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Pisum sativum* L.» по специальности 1.5.21 «Физиология и биохимия растений» принята к защите 25 ноября 2025 года, протокол №4, диссертационным советом № 24.1.210.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 132, а/я 317), приказ о создании № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Боталова Ксения Ивановна, 1990 года рождения, в 2015 году закончила обучение по программе магистратуры биологического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ) по направлению 02.04.00 «Биология», получив диплом с отличием, после чего 1 сентября 2017 года поступила в аспирантуру ПГНИУ по специальности 06.06.01 «Биологические науки», которую окончила 31 августа 2021 года. В период подготовки диссертационной работы Ксения Ивановна была сотрудником кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, куда была принята в 2014 году на должность инженера, затем переведена на должность ассистента, затем старшего преподавателя кафедры; в настоящее время продолжает работу в ПГНИУ в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре физиологии растений и экологии почв биологического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель – Еремченко Ольга Зиновьевна, доктор биологических наук (1.5.19 – «Почвоведение»), работает на биологическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», профессор кафедры физиологии растений и экологии почв.

Ведущая организация - Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИБ КарНЦ РАН) в своем **положительном заключении**, подписанном заместителем директора по научной работе, ведущим научным сотрудником лаборатории экологической физиологии растений ИБ КарНЦ РАН Казниной Натальей Мстиславовной, доктором биологических наук (03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»), и утвержденном исполняющей обязанности генерального директора КарНЦ РАН членом-корреспондентом РАН, доктором биологических наук Ольгой Николаевной Бахмет, отмечают, что диссертационная работа «Влияние кислотности и щелочности корневой среды на состояние защитных систем и развитие *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Pisum sativum* L.» по своей актуальности, поставленным целям и задачам, выбранным методам и объему проведенных исследований, а также новизне и практической значимости полностью отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Боталова Ксения Ивановна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – «Физиология и биохимия растений». Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и принят на заседании Ученого совета КарНЦ РАН, протокол №1 от 16 января 2026 года.

Замечания в отзыве ведущей организации.

- Хорошо известно, что в ответ на стрессовое воздействие у растений повышается активность антиоксидантных ферментов, поэтому считать, что это является новизной исследований, нельзя, также как и участие пролина и флавоноидов в защитных реакциях растений.

- в литературном обзоре автор пишет о том, что ответные реакции растений на изменившиеся условия делят на неспецифические и специфические. Однако далее речь идет только о неспецифических реакциях. Какой пример специфической реакции растений на стрессовое воздействие, связанное с неблагоприятным рН, автор может привести?

- Что автор подразумевает под термином «системные реакции» в контексте данной работы?

- Не корректно изменения ростовых показателей (ускорение роста или прироста) приводить в отрицательных значениях (табл. 2 диссертации). Например, как объяснить, что ускорение прироста биомассы побега у растений ржи в кислой среде равно -12, т.е. был не прирост биомассы, а ее резкая убыль?

- С чем связано более сильное отрицательное воздействие щелочной среды на оводненность листьев у злаков по сравнению с кислым рН?

- Исследования показали, что в ответ на изменение рН среды у злаков содержание неферментных антиоксидантов возрастает, а у гороха, наоборот, снижается. Как объяснить обнаруженный эффект? Имеются ли в литературных источниках сведения об участии других антиоксидантов в адаптации растений гороха к данному виду стрессовых воздействий?

- Разница в ответной реакции культурных видов на стрессовое воздействие между сортами одного вида иногда бывает больше, чем между видами, поэтому при формулировке заключения и выводов правильнее было бы указать не только вид растения, но и сорт.

Официальные оппоненты

1. Загоскина Наталья Викторовна, доктор биологических наук (03.01.05. – физиология и биохимия растений), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы фенольного метаболизма растений, профессор

2. Макарова Людмила Евгеньевна, доктор биологических наук (03.01.05. – физиология и биохимия растений), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии устойчивости растений, заведующая лабораторией физиологии устойчивости растений

дали положительные отзывы о диссертации.

Замечания в отзыве официального оппонента д.б.н. Н.В. Загоскиной.

1. В задачах исследования указано: «определить скорость роста и прирост надземной массы...», однако в работе фактически определяли длину и массу надземной части растений в фиксированные сроки, а не скорость роста как таковую. Целесообразно было бы уточнить формулировку задачи или дополнить работу расчетом относительной скорости роста.
2. В работе использована уксусная кислота для создания кислой среды (рН 3). Хотелось бы узнать, рассматривал ли автор возможность влияния специфического действия ацетата на метаболизм растений, помимо собственно эффекта низкого рН? Возможно, использование неорганических кислот позволило бы более корректно интерпретировать полученные результаты.
3. В выводе 4 указано, что «изменение рН корневой среды видоспецифичным образом изменяет содержание низкомолекулярных антиоксидантов пролина и флавоноидов в листьях растений». Однако пролин традиционно рассматривается не только как антиоксидант, но и как осмопротектор. Возможно, стоило более четко разграничить эти функции в обсуждении результатов.
4. Было бы интересно узнать мнение автора о причинах различий в продолжительности периода выращивания злаков (5 дней) и гороха (14 дней) до начала стрессового воздействия. Не могли ли эти различия повлиять на сравнительную оценку ответных

реакций растений?

5. В работе исследовано суммарное содержание флавоноидов. Представляло бы интерес более детальное изучение состава флавоноидного комплекса с использованием методов ВЖЭХ, что позволило бы выявить конкретные соединения, участвующие в адаптационном ответе.

Замечания в отзыве официального оппонента д.б.н. Л.Е. Макаровой.

1. На странице 13, где автор характеризует активность супероксиддисмутазы, автор ошибочно привела фразу, что «... одна молекула фермента разлагает около миллиона молекул H_2O_2 за одну секунду...».

2. Слабая подробность описания получения морфометрических показателей. В связи с этим возникают затруднения при анализе данных в таблицах 1-3. Не понятно, суммировалась ли длина надземной части растения с данными в дострессовый период, или от начала действия стрессора.

3. При описании схем определения активности каталазы, содержания низкомолекулярных компонентов не указаны способы расчетов и единицы измерения. Об использованных показателях можно узнать только при анализе полученных данных, приведенных в главе 3.

4. Данные, приведенные в 33 таблицах «Приложения» имеют отношение к результатам, приведенным в главе 3, однако, в главе 3 не приводятся ссылки на соответствующие таблицы Приложения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научными достижениями в данной отрасли науки по специальности защищаемой диссертации. В ведущей организации работают специалисты, которые исследуют физиолого-биохимические реакции растений на неблагоприятные факторы внешней среды, включая интенсивность окислительных процессов и активность антиоксидантных ферментов в условиях стресса. Официальный оппонент д.б.н. Загоскина Н.В. является ведущим специалистом в области изучения стресс-устойчивости растений, поведения антиоксидантной системы в неблагоприятных условиях. Официальный оппонент д.б.н. Макарова Л.Е. является авторитетным исследователем в области экологической физиологии растений, в частности, в области изучения физиологических реакций клеток корневой системы на изменения внешней среды и участия фенольных соединений в адаптационных процессах.

На автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

1. **д.с.-х.н. А.Н. Юшков**, ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина» (ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина), г. Мичуринск.
2. **к.б.н. Л.Ю. Нестерова**, Институт экологии и генетики УрО РАН – филиал ПФИЦ Уро РАН, г. Пермь.
3. **к.б.н. В.Ю. Ушаков**, Институт экологии и генетики УрО РАН – филиал ПФИЦ Уро РАН, г. Пермь.
4. **д.б.н. В.В. Иванищев**, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула.
5. **к.б.н. О.С. Амунова**, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров.
6. **к.б.н. А.А. Деревинская**, Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск.
7. **к.с.-х.н. М.В. Иванова**, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Омск.
8. **к.б.н. И.Р. Манукян**, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН» (СКНИИГПСХ ВНЦ РАН), Республика Северная Осетия-Алания, с. Михайловское.
9. **к.с.-х.н. С.В. Бобков, с.н.с. К.А. Башкирова**, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЗБК), Орловская область, пос. Стрелецкий.
10. **к.б.н. М.А. Черткова**, Ботанический сад им. А.Г. Генкеля, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь.

11. **к.б.н. Т.Н. Голева**, Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий, НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва (1. Один из важнейших моментов работы заключается в выявлении автором физиолого-биохимических адаптивных особенностей, являющихся видоспецифичными при кислотном и щелочном стрессе корневой среды. При этом хотелось бы услышать предположения автора, чем может быть продиктована необходимость такой видоспецифичности? 2. Так как в работе использованы в качестве объектов исследования представители разных семейств, не находились ли растения гороха изначально в стрессовых условиях, так как выращивались на вермикулите и, вероятно, были лишены возможности формирования корневых клубеньков в симбиозе с азотфиксирующими бактериями, как это происходит в норме? 3. В автореферате не указано, какое значение рН в контроле, указано только в тексте диссертационной работы, можно было бы об этом упомянуть в автореферате, чтобы не пришлось открывать полный текст работы).
12. **к.б.н. О.Г. Яковец**, Белорусский государственный университет, г. Минск (1. Несоответствуют описание количества публикаций на странице 6 и их представление на страницах 18 и 19. 2. Не совсем понятна необходимость повторного обсуждения литературных источников в заключении. 3. Имеется несогласованность количества задач (3), положений, выносимых на защиту (2) и выводов (6), хотя выводы 1 и 2 свидетельствуют о выполнении задачи 1, вывод 3 – задачи 2, выводы 4 и 5 – задачи 3. 3. Хотелось бы, чтобы соискатель пояснил выбор разного возраста злаков (6-дневные проростки) и гороха (15-дневные проростки) для обработки кислыми и щелочными растворами, поскольку характер ответной реакции на стрессоры зависит от возраста растительного организма; появление в заключении на странице 17 и на рисунке 11 рассуждения о содержании щавелевой кислоты, когда при описании изменений общего содержания органических кислот в исследуемых растениях на страницах 13-14 и рисунке 10 приводятся данные только для яблочной, лимонной и янтарной кислот, а также вывод 5 на странице 18, в котором говорится о преимущественном значимом изменении количества щавелевой кислоты в листьях ржи, в то время как на странице 14 сообщается, что для ржи установлено значимое уменьшение лимонной и янтарной кислот после 0,5 ч стрессового воздействия).
13. **д.б.н. В.С. Аргамонова**, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск (1. Какова всхожесть семян на 7-8 день согласно ГОСТУ 123038-84? Сколько семян проросло в контейнерах? 2. Почему вносили раствор с разной кислотностью в корневую систему всходов: злаковых растений на 6-й день, а гороха – на 16-й день? 3. Чем обоснован выбор испытанной кислотности: рН=3 и 10 единиц? 4. Какова была исходная рН вермикулита до внесения и после внесения раствора? 5. Какие гранулометрические фракции вермикулита или их смеси использовал диссертант? Какой химический состав имел вермикулит? Товарный вариант проверяли? Как известно, он может иметь широкий диапазон диоксида кремния, оксидов Al, Fe, Mg, Ca, Ni, Ti, Mn и других металлов. Как менялось их содержание в конце эксперимента? Ведь частицы вермикулита не инертны, они способны отдавать ионы металлов, а при разных рН могла меняться их подвижность и поступление в растения? Какую роль могли играть сильные органические кислоты-хелаторы в метаболизме растений? 6. В каком состоянии были первичные корни гороха и бактериоды на его корнях? 7. Наблюдалось ли образование муцигеля на корнях злаковых растений? Менялось ли рН в присутствии корневых экзометаболитов? 8. Какой прогноз может дать диссертант в отношении дальнейшей судьбы злаковых и бобовых растений? Как отразится последствие закисления и защелачивания корнеобитаемого слоя на продуктивность взрослых растений?).
14. **к.б.н. А.Е. Мишко**, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия (ФГБНУ СКФНЦСВВ), г. Краснодар (1. Диапазоны варьирования показателей пероксида водорода несколько завышены. Возможно, их следует пересчитывать с поправочным коэффициентом. 2. Не хватает данных биохимических исследований через 48 часов, которые позволили бы лучше описать особенности ответных реакций растений).
15. **д.с.-х.н. И.Г. Бруй**, «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Республика Беларусь, г. Жодино (1. На стр. 5 написано «цели и задачи проводились...».

- данном случае правильно использовать термин «ставились». 2. Примечания под всеми рисунками (1-9) одинаковые. Стоило указать их однократно и не утяжелять работу.).
16. **к.б.н. С.А. Шумихин**, Ботанический сад им. А.Г. Генкеля, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь (1. В качестве замечания следует отметить не соответствующее Международному кодексу номенклатуры написание культиваров изученных видов (они должны выделяться одинарными кавычками). 2. В тексте автореферата идет повествование о видах растений без необходимого уточнения наименований реально изученных культиваров.).
17. **д.б.н. Л.Л. Седельникова**, ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск. (1. Соискателем на стр. 7 указано, что в работе определяли содержание четырех органических кислот, а в обсуждении нет результатов по щавелевой кислоте. 2. В методике не указано, в течение каких лет проведена работа. 3. Выражение «ареалы распространения» на стр. 1 употреблять вместе нельзя, т.к. это тавтология, повторение того же самого другими словами.).

Соискатель имеет 21 научную работу, из них 7 научных работ - это статьи, опубликованные в рецензируемых журналах. **Две статьи из научных работ соискателя опубликованы в рецензируемых журналах, индексируемых базой данных RSCI и включенных в международные базы научного цитирования Web of Science или Scopus; семь статей из научных работ соискателя опубликованы в журналах из Перечня ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций.**

Наиболее значимые научные работы

по теме диссертации:

1. Четина О.А., **Боталова К.И.**, Кайгородов Р.В. Влияние щелочности и кислотности корневой среды на состояние защитных систем *Triticum aestivum* L. и *Secale cereale* L. // Физиология растений. – 2020. – Т. 67, № 2. – С. 177–187.
2. **Боталова К.И.**, Еремченко О.З. Содержание органических кислот в *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L. и *Pisum sativum* L. при выращивании на кислой и щелочной почвах // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2020. – № 4. – С. 35–42.
3. **Боталова К.И.**, Еремченко О.З. Влияние щелочности и кислотности корневой среды на состояние защитных систем *Pisum sativum* L. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2021. – № 3. – С. 26–33.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны положения, вносящие вклад в современные представления о развитии стрессовых состояний в клетках листьев при изменении значений рН в корневой зоне, в понимание механизмов системного ответа листьев растений при высоком или низком уровнях кислотности и щелочности корневой среды;

предложены оригинальные научные представления о видоспецифичности ответных реакций антиоксидантной, осмотической и рН-регулирующей систем листьев пшеницы яровой, ржи посевной, гороха посевного на кислотность и щелочность корневой среды;

доказаны изменения в содержании пероксида водорода, повышение активности антиоксидантных ферментов (каталазы и пероксидазы), увеличение содержания восстановленной аскорбиновой кислоты при настройке адаптационных процессов у данных растений на начальной стадии развития кислотного и щелочного стрессов, а также зависимость характера аккумуляции пролина, флавоноидов и органических кислот от вида растения и направленности изменений рН корневой среды.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

доказано, что при смене реакции корневой среды в листьях пшеницы яровой, ржи посевной, гороха посевного усилились колебания концентрации пероксида водорода, увеличилась активность ферментов антиоксидантной защиты (каталаза, пероксидазы), повысилось содержание восстановленной аскорбиновой кислоты;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс биохимических показателей, отражающих стрессовые реакции антиоксидантной, осмопротекторной и рН-регулирующей систем листьев растений на кислотность и щелочность корневой среды; **впервые** получены данные о сходстве реакций активизации про- и антиоксидантного равновесия в листьях пшеницы мягкой, ржи посевной, гороха посевного в первые часы развития кислотного и щелочного стрессов; **впервые** установлены различия в значении осмопротекторных соединений (пролина, флавоноидов) для стресс-реакций у данных видов растений; **впервые** установлено изменение концентраций органических кислот в листьях злаков при снижении рН корневой среды; **впервые** на примере гороха в условиях низких и высоких значений рН корневой среды выявлено накопление органических кислот (карбоновых, щавелевой) в листьях, возможно, направленное на поддержание осмотического баланса и рН-регуляцию; **впервые** в листьях растений исследованных видов на начальной стадии развития кислотного и щелочного стрессов сведения о маркерах стрессовых состояний дополнены данными об активизации про- и антиоксидантного метаболизма, включая изменения в содержании H_2O_2 и восстановленной аскорбиновой кислоты, активности антиоксидантных ферментов (каталазы, пероксидазы).

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

определены основные маркеры развития кислотного и щелочного стрессов по ответным реакциям листьев трех культурных растений, что может быть использовано в диагностике стрессов и в генетико-селекционных исследованиях;

созданы предпосылки для более глубокого понимания функционирования защитных систем (антиоксидантной, осмопротекторной, рН-регулирующей) листа при кислотном и щелочном стрессах;

представлены данные, которые могут быть использованы в качестве лекционного материала по физиологии и биохимии растений на биологических факультетах вузов страны.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

для экспериментальных работ результаты получены с применением оборудования Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» с использованием стандартных и апробированных методик. Объем проведенных исследований достаточен для получения достоверных выводов. Значимость установленных в работе различий подтверждена статистической обработкой данных. Статистическая обработка выполнена в программах Statistica 10 (StatSoft 7) и Past (версия 4.03);

теория основана на представленных в литературе данных о воздействии неблагоприятных условий корневой среды на состояние защитных систем листьев и развитие культурных растений;

использовано сравнение авторских результатов с данными полученными другими исследователями по тематике абиотических стрессов;

установлено, что полученные результаты и сформулированные выводы расширяют уже имеющиеся представления о развитии кислотного и щелочного стрессов у растений разного генотипа и не противоречит данным, представленным в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные источники сбора электронной информации: PubMed, Академия Google, Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU и др.

Выполненная работа **полностью соответствует** направлениям паспорта научной специальности 1.5.21 - «Физиология и биохимия растений».

Личный вклад соискателя состоит в: планировании и проведении экспериментов, статистической обработке и интерпретации полученных результатов, в написании статей, опубликованных по результатам работы, а также в апробации результатов исследования на конференциях различного уровня.

В ходе защиты диссертации соискатель аргументированно ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 6 февраля 2026 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний биологические науки по специальности 1.5.21 –

«Физиология и биохимия растений», принял решение присудить Боталовой Ксении Ивановне ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.5.21 – «Физиология и биохимия растений», участвующих в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель
диссертационного совета
№ 24.1.21.09
д. б. н., профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета
№ 24.1.21.09
к. б. н.

09.02.2026



Г.Б. Боровский

Н. Е. Коротаева