

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.09.2025 г. № 24

О присуждении Нестерову Виктору Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора биологических наук.

Диссертация «Экофизиологические механизмы реализации адаптивных стратегий галофитов» по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений принята к защите 11 апреля 2025 года (протокол № 20) диссертационным советом 24.2.479.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32), приказ № 493/нк от 22.03.2023 г.

Соискатель, Нестеров Виктор Николаевич, 24 сентября 1983 года рождения, в 2005 г. окончил образовательную автономную некоммерческую организацию высшего образования «Волжский университет им. В.Н. Татищева (институт)» с присвоением квалификации эколог по специальности «Экология». Диссертацию на соискание степени кандидата биологических наук на тему «Влияние ионов металлов (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) на физиолого-биохимическое состояние высших водных растений» по научной специальности 03.00.16 – Экология защитил в 2008 году в диссертационном совете Д 002.251.01 при Институте экологии Волжского бассейна Российской академии наук, г. Тольятти.

Работает старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией исследования экосистем Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории исследования экосистем Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Розенцвет Ольга Анатольевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории исследования экосистем Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского Федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Креславский Владимир Данилович – доктор биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и физиологии фототрофных организмов Федерального государственного бюджетного учреждения наук Института фундаментальных проблем биологии Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук»;

2. Казнина Наталья Мстиславовна – доктор биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений Института биологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук»;

3. Иванов Игорь Игоревич – доктор биологических наук (03.01.05 – Физиология и биохимия растений), старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии растений Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанном председательствующим, заведующим кафедрой экспериментальной биологии и биотехнологий Института естественных наук и математики, кандидатом биологических наук (03.00.12 – Физиология растений), доцентом Киселевой Ириной Сергеевной и профессором кафедры биоразнообразия и биоэкологии Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктором биологических наук (1.5.18. Микология), доцентом Пауковым Александром Геннадьевичем и утвержденном проректором по науке ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доктором физико-математических наук, доцентом Германенко Александром Викторовичем, указали, что диссертационная работа Нестерова Виктора Николаевича на тему «Экофизиологические

механизмы реализации адаптивных стратегий галофитов» это завершённый самостоятельный научный труд, который является цельным исследованием, основанном на большом объеме оригинальных материалов, имеющих важное социально-экономическое и хозяйственное значение. Считаем, что диссертационная работа Нестерова В.Н. на тему «Экофизиологические механизмы реализации адаптивных стратегий галофитов», по своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, достоверности и обоснованности выводов, апробации основных положений соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Нестеров Виктор Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по научной специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений.

Соискатель имеет 31 публикацию, в том числе 1 статью из перечня журналов, рекомендованных ВАК, 10 публикаций из перечня рецензируемых отечественных научных изданий, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, и включенных в Перечень ВАК, 11 статей из перечня изданий, входящих в базы данных Web of Science и Scopus, 6 из которых относятся к 1 кварталу и 3 – ко 2 кварталу Web of Science, 7 публикаций в изданиях, входящих в базу РИНЦ, 1 глава в монографии и разработаны 1 методические указания. Общий объем публикаций по теме диссертации 17,9 п.л., авторский вклад – 5,5 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работ.

Основные научные работы по теме диссертации:

1. Розенцвет О.А., **Нестеров В.Н.**, Богданова Е.С. Состав мембран дикорастущих галофитов с различными механизмами регуляции солевого обмена в зависимости от абиотических факторов среды // Биологические мембраны. – 2014. – Т. 31, – № 2. – С. 137–146.
2. Розенцвет О.А., **Нестеров В.Н.**, Богданова Е.С., Табаленкова Г.Н., Захожий И.Г. Биохимическая обусловленность дифференциации галофитов по типу регуляции солевого обмена в условиях Приэльтона // Сибирский экологический журнал. – 2016. – № 1. – С. 117–126.
3. **Нестеров В.Н.**, Нестеркина И.С., Розенцвет О.А., Озолина Н.В., Салаяев Р.К. Обнаружение липид-белковых микродоменов (рафтов) и изучение их функциональной роли в хлоропластных мембранах галофитов // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 476, – № 3. – С. 350–352.
4. Розенцвет О.А., **Нестеров В.Н.**, Богданова Е.С. Структурные и физиолого-биохимические аспекты солеустойчивости галофитов // Физиология растений. – 2017. – Т. 64, – № 4. – С. 251–265.
5. Розенцвет О.А., Кособрюхов А.А., Богданова Е.С., **Нестеров В.Н.** Дневная динамика структурно-функциональных параметров

фотосинтетического аппарата галофитов дикой флоры // Физиология растений. – 2019. – Т. 66, – № 6. – С. 431–441.

6. Розенцвет О.А., **Нестеров В.Н.**, Богданова Е.С., Табаленкова Г.Н., Захожий И.Г., Попов А.В. Влияние засоленных почв Приэльтона на функциональное состояние представителей рода *Artemisia* // Известия РАН. Серия биологическая. – 2019. – № 3. – С. 312–320.

7. Розенцвет О.А., Шуйская Е.В., Богданова Е.С., **Нестеров В.Н.**, Иванова Л.А. Структура хлоренхимы и липидный профиль мембран в листьях галофитов сем. *Chenopodiaceae* с разным типом фотосинтеза // Физиология растений. – 2022. – Т. 69, – № 1. – С. 68–79.

8. **Нестеров В.Н.**, Богданова Е.С., Розенцвет О.А. Влияние NaCl на липидный профиль детергентустойчивых мембран хлоропластов и митохондрий растений эугалофитов // Физиология растений. – 2023. – Т. 70, – № 5. – С. 526–536.

9. **Нестеров В.Н.** Состав жирных кислот липидов в листьях галофитов при адаптации к засоленной почве на примере растений Приэльтона // Сибирский экологический журнал. – 2024. – № 5. – С. 722–730.

10. Rozentsvet O.A., Bogdanova E.S., Ivanova L.A., Tabalenkova G.N., Zakhozhiy I.G., **Nesterov V.N.** Structural and functional organisation of the photosynthetic apparatus in halophytes with different strategies of salt tolerance // *Photosynthetica*. – 2016. – V. 54. – P. 405–413.

11. Rozentsvet O.A., Kosobryukhov A.A., Zakhozhiy I.G., Tabalenkova G.N., **Nesterov V.N.**, Bogdanova E.S. Photosynthetic parameters and redox homeostasis of *Artemisia santonica* L. under conditions of Elton region // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2017. – V. 118. – P. 385–393.

12. Rozentsvet O., **Nesterov V.**, Bogdanova E., Kosobryukhov A., Zubova S., Semenova G. Structural and molecular strategy of photosynthetic apparatus organization of wild flora halophytes // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2018. – V. 129. – P. 213–220.

13. **Nesterov V.**, Bogdanova E., Makurina O., Rozina S., Rozentsvet O. Effect of NaCl, copper and cadmium ions on halophytes with different types of salt resistance: accumulation, physiological and biochemical reactions // *Functional Plant Biology*. – 2021. <https://doi.org/10.1071/FP21083>.

14. Rozentsvet O., Shuyskaya E., Bogdanova E., **Nesterov V.**, Ivanova L. Effect of salinity on leaf functional traits and chloroplast lipids composition in two C3 and C4 *Chenopodiaceae* halophytes // *Plants*. – 2022. – V. 11. – 2461. Doi: 10.3390/plants11192461.

15. Rozentsvet O.A., Bogdanova E.S., Nurminsky V.N., **Nesterov V.N.**, Chernyshov M.Y. Detergent-Resistant Membranes in Chloroplasts and Mitochondria of the Halophyte *Salicornia perennans* under Salt Stress // *Plants*. – 2023. – V. 12. – 1265. Doi: 10.3390/plants12061265.

16. Rozentsvet O.A., **Nesterov V.N.**, Bogdanova E.S. Lipids of halophyte species growing in lake Elton Region (South East of the European Part of Russia).

– Handbook of Halophytes, In: Grigore M.N. (ed.) – Springer. 2020. – Doi: 10.1007/978-3-030-17854-3_114-1.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Ведущей организации** – Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. В обширном библиографическом списке (более 500 наименований) мало публикаций последних 5 лет.

2. Чем определялся выбор именно этих 24 видов галофитов, и какую долю от флоры галофитов Приэльтона они составляют? Возможно, подробное геоботаническое описание исследуемых территорий сняло бы этот вопрос.

3. Не совсем понятно, как определяли параметры тилакоидной системы, с помощью какой программы измеряли эти показатели?

4. Раздел «Статистическая обработка» изложен довольно кратко. Указано, что «в работе представлены данные от трех до пяти биологических повторностей...». А какова была повторность при проведении мезоструктурного анализа? На чем основан выбор статистического анализа, оценивали ли нормальность распределения значений? Какой критерий использовали при оценке достоверности различий между вариантами?

5. При оценке функциональной активности (третья глава) не понятно, как определялась ассимиляция CO_2 , которая была рассчитана на площадь листа? Это была проективная поверхность или вся поверхность суккулентного листа? Известно, что суккулентные листья в большинстве случаев имеют нетипичную плоскую форму и богаты водоносной паренхимой.

6. Представлены данные по размерам клеток столбчатого мезофилла, тогда как размеры клеток губчатой ткани и клеток обкладки пучков не приведены. При этом, губчатая паренхима по замечанию самого автора, отсутствует только у одного вида галофита. Возможно, эти вопросы были бы сняты, если бы в работе были представлены поперечные срезы листьев галофитов, в том числе, с C_4 -типом метаболизма, у которых имеется особый кранц-тип структуры листа. В подразделе, где обсуждается увеличение выхода электролитов у галофитов, хотелось бы увидеть рассуждения автора об участии натриевых каналов в этом процессе.

7. При оценке про- и антиоксидантных реакций галофитов расчет некоторых показателей сделан на сырой вес, хотя показано, что по водоемкости листья изученных видов растений, особенно эугалофитов и гликогалофитов, очень сильно различались. В таком случае корректнее рассчитывать показатели на сухую массу.

8. При оценке фиторемедиационного потенциала хотелось бы уточнить: почему в опыте использовали нитратные соли металлов, поскольку

присутствие азота не могло не повлиять на физиологические показатели даже при суточной экспозиции? Чем определялся выбор такой короткой экспозиции (24 часа) и такой дозой солей металлов как 1 моль?

9. Результаты статистической обработки данных желательно подтверждать статистическими таблицами, хотя бы в приложении, особенно это касается дискриминантного и корреляционного анализов.

2. Официального оппонента – доктора биологических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории экологии и физиологии фототрофных организмов Федерального государственного бюджетного учреждения наук Института фундаментальных проблем биологии Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» Креславского Владимира Даниловича, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. Не совсем понятна насколько разница между данными в некоторых рисунках и таблицах автореферата и диссертации достоверна. Пример, это табл. 3,4 и 7 и т. д. в автореферате. Не указана достоверное отличие параметров в строках таблиц. Например, Рис. 16 А и Б автореферат. Не приводятся данные по достоверности отличий 3 вариантов в подписи к рисунку. Написано, что $p = 0.003$. Однако реально на Рис. даны очень высокие погрешности. Также в диссертации не указана достоверная разница, например, на Рис. 49 и 50.

2. Написано: «Также были проведены дисперсионный (ANOVA), корреляционный, дискриминантный и др. анализы» Думаю, что автор использовал эти анализы, однако оценки не отражены на конкретных таблицах и рисунках. Надо объяснить такой подход.

3. Скорость фотосинтеза оценивали при интенсивности света (10–1800 $\mu\text{моль м}^{-2}\text{с}^{-1}$) в естественных условиях в утреннее, дневное и вечернее время, используя портативный инфракрасный газоанализатор. То есть интенсивность света сильно меняется в оценках, однако в таблицах данные по интенсивности света не приводятся. Например, табл. 6 (автореферат). сказано об интенсивности света 1200 $\mu\text{моль квантов м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Надо это объяснить.

4. На рисунках не указаны ссылки на конкретные работы с участием автора.

5. На схеме адаптивных стратегий галофитов отсутствуют данные о скорости фотосинтеза, хотя в выводах эта информация есть.

6. Рис. 6 автореферата и рис. 37 в диссертации сложны для восприятия. Было бы хорошо упростить представление данных на рисунке.

7. Экофизиологические механизмы реализации адаптивных стратегий галофитов рассмотрены для специфических почв и условий. Что можно сказать для почв и условий другого типа.

8. Как оценивали опалесценцию при изучении рафтов и в чем была специфика рафтов в мембранах галофитов?

3. Официального оппонента – доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории экологической физиологии растений Института биологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» Казниной Натальи Мстиславовны, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. Судя по данным, представленным в табл. 4 диссертации (табл. 1 автореферата) гликогалофиты произрастают на почвах с гораздо меньшим содержанием солей, чем криногалофиты, однако содержание натрия в листьях у них практически равное (рис 35 дисс., рис. 5 автореферата). При этом у криногалофитов имеется механизм уменьшения содержания натрия в клетках (выделение солей на поверхность листа с помощью желез), которого у гликогалофитов нет. Какие механизмы позволяют гликогалофитам защищать фотосинтетический аппарат от избытка солей и поддерживать скорость фотосинтеза на высоком уровне?

2. Возможно низкие значения скорости фотосинтеза у галофитов в дневные часы (рис. 36 диссертации) связаны в большей степени с частичным закрытием устьиц, что необходимо для снижения транспирации в условиях повышения температуры и, как следствие, сохранения оводненности тканей, а не с менее эффективной работой фотосинтетического аппарата, как указано автором. (стр. 113)?

3. Из таблицы 5 диссертации (табл. 2 автореферата), где представлены характеристики гран в тилакоидной системе хлоропластов галофитов, отличающихся по стратегии солеустойчивости, не понятно, как связан показатель «число тилакоидов в гране» с разными видами растений.

4. На чем основан вывод о том, что при «продвижении» растений по градиенту засоления в клетках возрастает роль липидов (с. 141). если их содержание в листьях эугалофитов, произрастающих на сильно засоленных почвах гораздо меньше, чем в листьях гликогалофитов, которые растут на менее засоленных почвах (рис. 50 диссертации)?

5. У солероса устойчивость к засолению во многом связана с механизмом транспорта избыточных ионов натрия через тонопласт в вакуоль клеток листа с участием определенных транспортных белков. Чем можно объяснить способность солероса к накоплению высоких концентраций тяжелых металлов в листьях, учитывая, что двухвалентные ионы кадмия и меди проходят через мембраны клеток с участием других белков переносчиков?

6. Выводы 1 и 2, на мой взгляд, очень общие, без конкретизации установленных фактов.

4. Официального оппонента – доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории физиологии растений Уфимского института биологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра

Российской академии наук Иванова Игоря Игоревича, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. Хотя в начале введения диссертант приводит четкие определения основных стратегий адаптации галофитов к засолению, чуть ниже, возвращаясь к этому вопросу, он описывает криногалофиты как эксклюзеры, а гликогалофиты как исключатели. Между тем *excluser* переводится как исключатель. Хотелось бы услышать, как диссертант дифференцирует эти термины применительно к КрГ и ГлГ.

2. Описывая лабораторные эксперименты с введением солей в почву, диссертант упоминает только молярность раствора хлорида натрия и тяжелых металлов. На мой взгляд, этой информации недостаточно, и следовало указать, какое количество солей добавлялось в расчете на единицу веса почвы.

3. Судя по рис. 3 автореферата, изученные в диссертации виды растений с С4-типом фотосинтеза проявляли стратегию эугалофитов. На мой взгляд, диссертанту следовало упоминать эту особенность растений этой группы при обсуждении результатов анализа их свойств.

5. Доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заведующего кафедрой агрохимии и почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» Бобренко Игоря Александровича, отзыв положительный, вопросов и замечаний нет.

6. Доктора биологических наук, профессора, академика РАН, главного научного сотрудника лаборатории экологической биохимии Института биологии - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» Немовой Нины Николаевны, отзыв положительный, вопросов и замечаний нет.

7. Доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории экологической физиологии растений Института биологии - обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» Гармаш Елены Владимировны, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. В таблицах и некоторых рисунках отсутствуют обозначения статистической значимости между величинами параметров. Это затрудняет восприятие материала, на который автор опирается в обсуждении результатов.

2. Для уверенных заключений о связи семенной продуктивности и фитомассы растений *Salicornia perennans* рекомендуется выборка с *n* не менее 30.

3. В тексте автореферата встречаются некоторые неудачные выражения (стр. 30, абзац), повторы однокоренных слов в одном предложении («большей», «более», «более», «наиболее» и т.д.).

8. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры ботаники и физиологии растений института биологии, экологии и агротехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петрозаводский государственный университет» Марковской Евгении Федоровны, отзыв положительный, имеется вопрос:

1) По тексту «Однако число хлоропластов в клетках палисадной ткани в расчете на см^2 листа, отношение Хл а/б в листьях эугалофитов, криногалофитов и гликогалофитов было одинаковым. Возможно, что различия в интенсивности фотосинтеза у отдельных групп галофитных растений связаны с активностью хлоропластов, а не с их количеством, а также с суммарной ассимиляционной поверхностью клеток в расчете на площадь листа». Что понимает автор под активностью хлоропластов в этом контексте?

9. Доктора биологических наук, профессора, ведущего научного сотрудника лаборатории транспорта ионов и солеустойчивости Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии растений имени К.А. Тимирязева Российской академии наук Балнокина Юрия Владимировича, отзыв положительный, вопросов и замечаний нет.

10. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры земельных ресурсов и оценки почв Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Тереховой Веры Александровны, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. В автореферате недостаточно подробно охарактеризованы условия произрастания исследованных растений, зафиксированы лишь различия по степени засоления, pH и влажности почвы. Вместе с тем, известно, что органическое вещество почв (гумусированность) является, как правило, важным фактором, снижающим стрессы. Интересно, в какой мере это относится к солевому стрессу для галофитных растений?

2. Хотелось бы увидеть более детальное освещение вопроса о практическом применении результатов в направлении фиторемедиации загрязненных тяжелыми металлами почв.

11. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры экологии, ботаники и охраны природы Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» Прохоровой Натальи Владимировны, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. В разделе «Объекты и методы» указано, что растительный материал собирали с экспериментальных площадок (20x20 м), на которых произрастали все исследуемые виды. Следует ли понимать, что на каждой из таких площадок произрастали все 24 вида галофитов?

2. В работе выявляется влияние климатических факторов на экофизиологические особенности галофитов в районе Нижней Волги. Насколько широкой, по мнению соискателя, может быть экстраполяция выявленных закономерностей для других природных условий с засоленными почвами?

12. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры общей биологии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский центр Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» Силаевой Татьяны Борисовны, отзыв положительный, вопросов и замечаний нет.

13. Доктора биологических наук, профессора, заведующего лабораторией генетической инженерии растений Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Сибирский институт физиологии и биохимии растений» Сибирского отделения Российской академии наук Константинова Юрия Михайловича, отзыв положительный, имеются вопросы и замечания:

1. Остается не ясным, как трактовать часто используемое автором в тексте автореферата понятие «функциональная активность галофитов». Использованное автором выражение «физиолого-биохимические параметры галофитов» также можно считать неудачным.

2. Неясно, почему автора не заинтересовали липидные рафты плазмалеммы, поскольку известно, что именно в плазматической мембране содержится большая часть стерина, которые по мнению автора, играют принципиальную роль в стратегиях адаптации к условиям засоления? Изучению рафтов хлоропластов в работе уделено необходимое внимание, но с какой целью изучались рафты митохондрий освещено недостаточно, хотя общепризнано, что митохондрии активно включаются в клеточные ответы на стресс?

14. Доктора биологических наук, профессора, проректора по научной работе, профессора кафедры экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный университет» Кулагина Андрея Алексеевича, отзыв положительный, имеются вопросы:

1. С чем связан выбор растений? Все ли виды галофитов, произрастающих на исследованных территориях были изучены?

2. Как учитывался онтогенетический аспект при отборе проб растений и каким образом данное условие могло повлиять на полученные автором результаты исследования?

15. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры физиологии растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева»

Тараканова Ивана Германовича, отзыв положительный, вопросов и замечаний нет.

16. Доктора биологических наук, профессора, член-корр. НАН Беларуси, главного научного сотрудника лаборатории роста и развития растений государственного научного учреждения «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси» Демидчик Вадима Викторовича, отзыв положительный, имеются вопросы:

1. Какова механическая роль перестроек в липидных рафтах и составе мембран в процессе ответа на засоление и адаптации к высоким уровням NaCl в среде?

2. Что конкретно эти измененные липиды и модифицированные рафты «делают»? Как они «работают» для адаптаций? Если так, то, как это можно доказать?

17. Доктора биологических наук, профессора, профессора кафедры экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Марийский государственный университет» Воскресенской Ольги Леонидовны, и кандидата биологических наук, доцента кафедры экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Марийский государственный университет» Воскресенского Владимира Станиславовича, отзыв положительный, имеется вопрос:

1) В работе показано, что облигатные галофиты отличаются повышенным выходом электролитов из клеток. Хотелось бы уточнить: через какие компоненты клеточных мембран преимущественно идет этот процесс?

Выбор ведущей организации и официальных оппонентов основывался на их высокой профессиональной квалификации, анализе изданий, написанных по проблематике, связанной с диссертационным материалом, компетенциями в вопросах физиологии и биохимии растений. Соискатель Нестеров В.Н. не имеет совместных проектов и публикаций с ведущей организацией и оппонентами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **изучено** накопление натрия галофитами, имеющими различные стратегии адаптации. Исследованы структуры листа и хлоропластов у разных групп солеустойчивых растений. Определены различия в липидах мембран и липидных рафтах у галофитов и высказаны предположения об их роли в адаптации к NaCl. Изучено влияние условий произрастания на физиологическое состояние галофитов, оценен их фиторемедиационный потенциал по отношению к солям тяжелых металлов. В целом в диссертации описан широчайший спектр очень важных физиологических приспособительных реакций растений к произрастанию на засоленных почвах;

– **доказано**, что при увеличении степени засоления и влажности почвы стратегия солеустойчивости фотосинтетического аппарата и растения в целом меняется в направлении гликогалофиты → криногалофиты → эугалофиты, но уменьшается число видов с С4-типом фотосинтеза в биотопе. При этом скорость фотосинтеза у эугалофитов и криногалофитов возрастает с повышением степени засоленности среды и оводненности листьев; в группе гликогалофитов наиболее интенсивный фотосинтез происходит в условиях более низкого уровня засоления почвы; галофиты С4-типа обладают максимальной скоростью фотосинтеза при высокой степени оводненности листьев и при минимальном уровне засоления почвы.

– **показано**, что стратегия адаптации галофитов к условиям засоления и влажности почвы определяется структурно-функциональной организацией листьев на уровне ткани, клетки и мембран. Повышенное содержание солей в окружающей среде и их накопление в листьях приводит к гипертрофии клеток мезофилла у эугалофитов, большему количеству и размерам хлоропластов в них, а сами хлоропласты отличаются большей гранальностью тилакоидного профиля в сравнении с крино- и гликогалофитами.

– **определено**, что липиды биологических мембран и липидные рафты являются одним из ключевых элементов адаптации растений при их «продвижении» по градиенту засоления. Смена стратегии солеустойчивости в ряду факультативные → облигатные галофиты связана с изменением степени выхода электролитов, снижением уровня перекисного окисления липидов, возрастанием доли липидов в мембранах, доли Δ^7 - и Δ^0 -стеринов в структуре мембран; у эугалофитов в ответ на засоление среды в рафтах хлоропластов и митохондрий увеличивается относительное содержание цереброзидов; модуляции жирнокислотного состава липидов связаны с адаптивной стратегией галофитов.

– тип регуляции солевого обмена галофитов распространяется на соли тяжелых металлов;

– **выявлены** различия в скорости фотосинтеза в зависимости от группы галофитов и их приуроченности к степени засоления почвы, структуре липидных рафтов у разных галофитов и в ответ на действие NaCl. Установлена способность эугалофитов к аккумуляции тяжелых металлов, что в перспективе может быть использовано для ремедиации почв, подвергшихся антропогенному загрязнению – для экстракции из почв ионов тяжелых металлов.

Таким образом, в работе описан широчайший спектр очень важных физиологических приспособительных реакций растений к произрастанию на засоленных почвах. Показано, что с увеличением степени засоления и влажности почвы стратегия солеустойчивости меняется в направлении гликогалофиты → криногалофиты → эугалофиты, но уменьшается число видов с С4-типом фотосинтеза. Установлено, что адаптивные стратегии галофитов реализуются за счет разных механизмов, связанных с особенностями структуры на уровне строения органов, тканей, клеток,

хлоропластов и мембран, а также функциональных параметров – скорости фотосинтеза, водного обмена, содержания пигментов, липидов и антиоксидантов.

Теоретическая и практическая значимость исследования подтверждается целым рядом результатов. Соискатель разработал теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение.

Впервые выявлены экофизиологические закономерности изменения адаптивных стратегий галофитов, связанных с регуляцией солевого обмена и типом фотосинтеза, при различной степени засоления среды и обеспеченности ее влагой.

Показаны механизмы структурно-функциональной адаптации на уровне органа, ткани, клетки, мембранной системы, а также про- и антиоксидантного баланса галофитов в зависимости от стратегии солеустойчивости и типа фотосинтеза. При этом липидный компонент мембран является одним из ключевых элементов адаптации растений при их «продвижении» по градиенту засоления.

Методами биохимии, электронной и конфокальной микроскопии впервые доказано наличие липидных рафтов в хлоропластах и митохондриях галофитов и их участие в клеточном ответе у изученных растений на воздействие NaCl.

Обнаружено, что эугалофиты, наряду с ионами натрия, способны аккумулялировать ионы тяжелых металлов.

Установлена взаимосвязь климатических условий и физиолого-биохимических параметров галофитов, определяющих хозяйственно-ценные свойства.

Выявленные закономерности позволяют прогнозировать фотосинтетическую активность – продуктивность фитоценозов засоленных местообитаний, а также предоставляют возможность применять их в разработке технологий выращивания солеустойчивых растений в качестве масличных и энергонасыщенных культур, особенно с учетом предполагаемых изменений климата.

Предложенная в работе экспериментальная схема может служить тестметодикой для оценки и исследования фиторемедиационного потенциала галофитов, а эугалофиты в перспективе могут быть использованы для ремедиации почв, подвергшихся антропогенному загрязнению.

Методика извлечения липидных рафтов из эндомембран клеток листьев растений может быть использована в учебных и исследовательских целях.

Результаты теоретических исследований могут использоваться в учебном процессе в вузах.

Достоверность полученных результатов и выводов. Полевые исследования проводили в период с 2010 по 2022 гг в районе Нижней Волги. Было отобрано свыше 2000 проб растений и 150 проб почвы на различные виды анализов. Эксперименты с галофитными растениями, выращенными в

лабораторных условиях, а также эксперименты по поиску и обнаружению липидных рафтов проводили на базе Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти), Сибирского института Физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск) и Института фундаментальных проблем биологии (г. Пущино).

При проведении математической обработки данных использованы: дисперсионный (ANOVA) анализ для сравнения средних значений двух и более выборок, дискриминантный анализ для поиска переменных, которые дискриминируют вычлененные группы, корреляционный анализ для определения зависимостей между отдельными показателями.

Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации основаны на данных, представленных в приведенных таблицах и рисунках и отражены в публикациях.

Основные результаты диссертационной работы представлены в виде устных и стендовых докладов, а также в материалах на: международной конференции «Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных Сред» (Москва, 2013), II Всероссийской научной интернет-конференции с международным участием «Липидология – наука XXI века» (Казань, 2014), V Молодежной научной конференции: школа-конференция с международным участием «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна (Тольятти, 2015), Всероссийской научной конференции с международным участием «Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде» (Иркутск, 2016), Международной конференции «Научная неделя молодых ученых и специалистов в области биологических наук-2017» (Петрозаводск, 2017), II Всероссийской научной конференции с международным участием «Современные проблемы биохимии, генетики и биотехнологии» (Уфа, 2018), IX съезде ОФР России «Физиология растений – основа создания растений будущего» (Казань, 2019), III международном симпозиуме «Молекулярные аспекты редокс-метаболизма растений» (Екатеринбург, 2020), Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты адаптации живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды Севера» (Петрозаводск, 2024).

Личное участие соискателя. Автором разработана концепция и алгоритм исследования, получены, проанализированы и обобщены основополагающие результаты исследований, написан текст диссертации и автореферата. Сбор проб растений и почвы, постановка лабораторных экспериментов осуществлялись лично автором или при его непосредственном участии. Автором предложены относительно простой и эффективный протокол выделения липидных рафтов непосредственно из эндомембран клеток листьев растений, а также тест-методика для оценки фиторемедиационного потенциала галофитов. В работе использованы статьи, опубликованные как в соавторстве с коллегами, так и лично автором.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что в диссертации Нестерова В.Н. на тему «Экофизиологические механизмы реализации адаптивных стратегий галофитов»:

- соблюдены установленные Положением о порядке присуждения ученых степеней критерии, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук;

- отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

В ходе защиты было высказано критическое замечание: насколько правомерно экстраполировать результаты, полученные на 24 видах растений, в отношении более 500 видов, обнаруженных в Приэльтоне.

Соискатель Нестеров В.Н. привел собственную аргументацию, заключающуюся в том, что отобранные виды являлись ценообразователями, и большая часть видов была представлена степной растительностью и произрастала за пределами изучаемого солевого градиента.

Диссертационный совет на заседании 25.09.2025 г. принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, связанное с установлением эколого-физиологических закономерностей изменения адаптивных стратегий галофитов, обусловленных регуляцией солевого обмена и типом фотосинтеза, а также с определением механизмов структурно-функциональной адаптации на уровне органа, ткани, мембранной системы и доказательством наличия липидных рафтов в хлоропластах и митохондриях, являющихся одним из ключевых элементов солеустойчивости растений, присудить Нестерову Виктору Николаевичу ученую степень доктора биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов биологических наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Farhutsidinov Rashit Gabdulhaevich
Grigoriadi Anna Sergeevna

Фархутдинов Рашит Габдулхаевич

Григориади Анна Сергеевна

25 сентября 2025 г.