

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Стариковой Екатерины Александровны «Экофизиологические особенности  
хвойных растений в условиях городской среды», представленную на соискание  
ученой степени кандидата биологических наук по специальности  
1.5.15. Экология (биологические науки)

**Актуальность темы.** В последние десятилетия озеленение территории городских пространств стало одним из приоритетов городского планирования по всему миру. Это термин, который описывает процесс создания и поддержания зеленых насаждений в городах и прилегающих к ним территориях. Озеленение городов – это не просто эстетическое украшение, это стратегическая инвестиция в здоровье горожан и благополучие экосистемы.

Зеленые насаждения в населенных пунктах являются объектами, улучшающими качество воздуха, снижающими последствия парникового эффекта, увеличивающие аккумуляцию углерода. Эти способности растений и их параметры напрямую обусловлены эколого-физиологическими особенностями растений в условиях городской среды. Хвойные растения сохраняют свои декоративные качества в течение всего года, что существенно улучшает психологическое благополучие населения.

В то же время, известно, что хвойные растения отличаются высокой чувствительностью к неблагоприятным воздействиям в окружающей среде. Поэтому исследование эколого-физиологических особенностей устойчивых и перспективных интродуцированных видов хвойных растений, используемых в озеленении городских территорий, таких как можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.) и ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), которое является целью диссертационной работы Е.А. Стариковой, чрезвычайно актуально.

**Научная новизна работы.** Автором впервые в г. Йошкар-Оле проведена комплексная оценка влияния факторов городской среды на морфологические и физиолого-биохимические показатели *J. sabina*, *T. occidentalis* и *P. pungens*. Представлена биогеохимическая характеристика трех видов-интродуцентов в г. Йошкар-Оле. Рассмотрены индивидуальные реакции растений, обеспечивающие контроль над поступлением тяжелых металлов из почвы в вегетативные органы. Межсезонный анализ подтвердил, что усиление антропогенной нагрузки негативно влияет на работу фотосинтезирующего комплекса, особенно у *T. occidentalis* и *P. pungens*. Обнаружена вариабельность активности окислительно-восстановительных ферментов хвои растений в условиях городской среды. Впервые предложены критерии для комплексной оценки состояния хвойных растений в условиях урбосреды, включающие количественный анализ их пигментного комплекса и ферментативной антиоксидантной системы.

**Теоретическая значимость работы.** Полученные в ходе исследований результаты расширяют и дополняют современные представления об адаптационном потенциале интродуцированных хвойных растений в условиях урбанизированной среды. Доказана связь физиолого-биохимических изменений

у исследуемых растений от величины техногенных нагрузок на природный комплекс. Установлена роль почвенного фактора в ухудшении состояния хвойных растений г. Йошкар-Олы. Выявлены различия хвойных растений в работе фотосинтетического аппарата и ферментативных систем при повышении загрязнения среды.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке рекомендаций по экологической оптимизации городских насаждений с использованием изученных видов. *T. occidentalis* и *P. pungens* с учетом их показателей могут быть рекомендованы как виды-индикаторы при организации мониторинга состояния городской среды. Результаты исследования представлены в Комитет экологии и природопользования администрации городского округа «Город Йошкар-Ола». Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе при изучении дисциплин «Общая экология», «Экологический мониторинг и нормирование загрязнения окружающей среды», «Урбоэкология», «Промышленное и бытовое озеленение», «Методы эколого-аналитических исследований» на кафедре экологии и фармации Марийского государственного университета.

**Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций** базируются на тщательно проведенных многолетних (с 2015 по 2022 гг.) исследованиях, подробном анализе значительного объема литературных данных, использовании современных методических подходов и методов, и подтверждаются статистической обработкой данных. Это не оставляет сомнений в достоверности полученных результатов, научных положений и выводов исследований.

**Соответствие содержания диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует п. 1. паспорта специальности 1.5.15. Экология (биологические науки): п. 1. Закономерности влияния абиотических и биотических факторов на организмы. Экофизиология (факториальная экология). Адаптации организмов к различным факторам среды. Жизненные формы и адаптивные типы. Изменение организмами среды обитания.

**Объем, содержание и оформление работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, практических рекомендаций, перспектив дальнейших исследований, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 240 страницах, содержит 9 таблиц, 24 рисунка и 4 приложения. Список литературы включает 380 источников, из которых 42 – на иностранном языке.

**Во введении** (с. 4-9) обоснована актуальность темы исследования, охарактеризована степень ее разработанности темы, четко сформулированы цель и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту, приведены данные о научной новизне, описана теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования и др.

**В главе 1 Теоретические предпосылки исследуемого вопроса** (с. 10-45) представлен обзор использования хвойных видов растений в озеленении городов различных регионов России. Проанализировано влияние атмосферного загрязнения и тяжелых металлов на состояние хвойных растений. Обобщены

данные по пигментной системе хвойных растений. Представленный литературный обзор носит современный, комплексный, аналитический характер и выполнен с использованием весьма значительного литературного материала.

Отмечено, что, несмотря на значительный объем литературных материалов по изучению хвойных растений в условиях урбаноценозов, вопросы их эколого-физиологической адаптации к стресс-условиям остаются фрагментарными, что препятствует оптимальному подбору видового ассортимента хвойных и требуют проведения дальнейших исследований.

**В главе 2 Объекты и методы исследования, объем выполненных работ** (с. 46-58) дана подробная корректная эколого-биологическая характеристика объектов исследования – можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L. 'Tamariscifolia'), туи западной (*Thuja occidentalis* L.) и ели колючей (*Picea pungens* Engelm. 'Glauca'). Описаны методы исследования, период исследований, объем проведенных физиолого-биохимических анализов хвои и физико-химических анализов почвы.

Отмечено, что исследования эколого-физиологических показателей *J. sabina*, *T. occidentalis* и *P. pungens* были проведены у одновозрастных (45 лет) (средневозрастное генеративное состояние – g2) учетных растений в вегетационные периоды в течение 2015-2022 гг. Впечатляет масштаб выполненной работы: проведено 29700 физиолого-биохимических анализов хвои и 2100 физико-химических анализов почвы в исследуемых местообитаниях.

Все применяемые методики корректны, информативны, являются оптимальными для такого исследования. Но некоторые методики, приведенные на с. 53 (определение удельной электрической проводимости водной почвенной вытяжки, определение рН водной почвенной вытяжки, содержание органического вещества в почве) можно было представить более подробно.

**В главе 3 Характеристика природных условий и антропогенной нагрузки на окружающую природную среду исследуемой территории»** (с. 59-76) дана обстоятельная физико-географическая характеристика г. Йошкар-Олы, а также описаны районы проведения исследований: рекреационная (Центральный парк культуры и отдыха), селитебная (бульвар Чавайна) и промышленная (улица Строителей) зоны. Представлена карта-схема г. Йошкар-Олы с обозначением мест отбора почвенных и растительных образцов (с. 61). Глава хорошо иллюстрирована таблицами и диаграммами (с. 63, с. 65, с. 67, с. 68, с. 70, с. 72), облегчающими восприятие материала.

Автором охарактеризованы особенности загрязнения городской среды и приведены результаты собственных исследований по оценке экологической ситуации в г. Йошкар-Оле. Соискателем изучена динамика содержания оксида углерода (II), оксида серы (IV), оксидов азота (II) и (IV), а также взвешенных веществ в атмосферном воздухе исследуемых функциональных зон за 2015-2022 гг. Кроме того, оценены физико-химические свойства урбаноземов: содержание органического вещества, рН и удельная электрическая проводимость водной почвенной вытяжки, содержание валовых форм тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Fe).

Соискателем установлено, что на фоне общего соответствия атмосферного воздуха города санитарным нормам, выявлены превышения ПДК<sub>с.с.</sub> для хвойных насаждений по оксиду серы (IV) (в 1,5 раза), оксиду азота (IV) (в 3,5 раза), оксиду азота (II) (в 2,6 раза) и взвешенным веществам (в 4,5 раза). Проанализирована межгодовая динамика поллютантов и отмечен тренд на снижение уровня загрязнения городской среды взвешенными веществами. Е.А. Стариковой установлен ряд изменений параметров городских почв при возрастании антропогенной нагрузки: смещение рН водной почвенной вытяжки в нейтральную сторону, увеличение содержания органического вещества в 2,3 раза, а также рост удельной электропроводности водной почвенной вытяжки в 1,5 раза. Результаты исследований соискателя действительно показали, что исследуемые виды хвойных растений на территории г. Йошкар-Олы произрастают в разных экологических условиях.

**Глава 4 Результаты эколого-физиологических исследований и их анализ** (с. 77-161) посвящена основным результатам исследований. В главе представлен видовой состав древесно-кустарниковой и травянистой растительности в исследуемых функциональных зонах г. Йошкар-Олы, определено жизненное состояние *J. sabina*, *T. occidentalis* и *P. pungens*. Получены данные по зольности и содержанию тяжелых металлов в вегетативных органах растений в зависимости от уровня загрязнения. Представлена биогеохимическая характеристика исследуемых хвойных растений. Проведен корреляционный анализ содержания тяжелых металлов в почве и хвое. Рассчитаны коэффициенты биологического поглощения и биогеохимической активности хвойных растений в зависимости от уровня загрязнения. Изучена сезонная динамика (май, июль, октябрь, декабрь) пигментного комплекса в хвое *J. sabina*, *T. occidentalis* и *P. pungens*; выявлены зависимости содержания хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов с концентрацией оксида серы (IV), оксида азота (IV) и взвешенных веществ. Произведен анализ активности окислительно-восстановительных ферментов (каталазы и пероксидазы) хвойных растений в городских условиях; выявлены зависимости активности каталазы и пероксидазы от содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Йошкар-Олы.

Старикова Е.А. отмечает, что хвойные растения в насаждениях общего пользования г. Йошкар-Олы составляют примерно 15-20%. В ходе оценки жизненного состояния хвойных растений на территории г. Йошкар-Олы соискателем обнаружены три категории жизненного состояния (по А.В. Алексееву): здоровые, ослабленные и сильно ослабленные.

Автором определена видовая специфика накопления и распределения тяжелых металлов. Установлено, что наибольшей накопительной способностью ТМ отличались особи *T. occidentalis*. Показатель биогеохимической активности хвойных растений в рекреационной зоне оказался выше, чем в промышленной зоне. Примечательно, что несмотря на максимальное количество тяжелых металлов в почве промышленной зоны, произрастающие здесь насаждения характеризовались более низкими значениями БХА. Диссертант связывает данный факт с наличием у исследуемых видов защитных барьеров, ограничивающих поступление тяжелых металлов в их органы.

Соискатель, проанализировав межсезонную динамику содержания пигментов в хвое, выявил сходные изменения в функционировании фотосинтетического аппарата у *T. occidentalis* и *P. pungens*: в мае и июле количество зеленых пигментов было в 1,4 раза выше по сравнению с октябрём и декабрём. Также получены данные о том, что у растений *T. occidentalis* и *P. pungens*, произрастающих в промышленной зоне, произошло снижение содержания хлорофилла *a* (на 14,7-16,8%) и хлорофилла *b* (на 19,2-24%), тогда как количество каротиноидов увеличилось на 23,2-36,1%. Автором отмечено, что фотосинтетический аппарат *J. sabina* отличался стабильностью пигментной системы в изменяющихся условиях среды.

Стариковой Е.А. получены убедительные данные о влиянии загрязняющих веществ атмосферного воздуха на активность оксидоредуктаз хвойных растений. В результате корреляционного анализа выявлена обратная зависимость активности каталазы от содержания поллютантов в воздушной среде. С ростом уровня загрязнения активность данного фермента в хвое снижалась: *J. sabina* – в 2,3 раза, *T. occidentalis* – в 1,4 раза, *P. pungens* – в 1,3 раза. Активность пероксидазы у растений, произрастающих в условиях антропогенного воздействия, была наоборот выше у *T. occidentalis* и *P. pungens* в 1,3 раза, у *J. sabina* в 1,8 раза, по сравнению с рекреационной зоной.

**В заключении** (с. 162-163) автор обобщает результаты проведенной работы. Все пять выводов, логически вытекающих из результатов исследования, подтверждают достижение поставленной цели, решение всех задач. Выводы изложены четко и корректно.

Автором разработаны **практические рекомендации** (с. 164-165) по использованию исследованных видов хвойных растений при озеленении г. Йошкар-Олы, разработана система мероприятий для увеличения устойчивости древесно-кустарниковых насаждений в урбаносреде.

Также определены **перспективы дальнейших исследований** (с. 166).

На с. 167 приведен **список сокращений и условных обозначений**, значительно облегчающий восприятие текста. Внушительный для кандидатской диссертации **список литературы** (с. 168-213) включает как современные, так и классические работы.

После списка литературы диссертант приводит **приложения** (с. 214-240), содержащие необходимые детальные сведения, которые в своем анализе опиралась Е.А. Старикова. В приложении приведены фотографии хвойных насаждений в исследуемых функциональных зонах г. Йошкар-Олы (с. 215-220); критерии оценки категорий состояния деревьев (с. 221-222); дана шкала категорий жизненного состояния деревьев по характеристике кроны (с. 223); приведены данные по проективному покрытию травяного покрова в насаждениях рекреационной, селитебной и промышленной зон г. Йошкар-Олы (с. 224-238). Результаты, полученные Е.А. Стариковой в ходе многолетних исследований, нашли отражение в актах о внедрении (с. 239-240). Все это имеет самостоятельную ценность и подтверждает глубину анализа, выполненного Е.А. Стариковой исследований.

Работа выполнена на высоком научном уровне. Диссертант тщательно и долго работал над исследованием, собрал и проанализировал с использованием

современных методических подходов и методов значительный объем полевого материала, тщательно отнесся к подготовке текста работы, не оставив поводов для серьезных замечаний по работе, но на некоторые вопросы хочется получить пояснения:

1. Почему при аналитическом исследовании почв на содержание тяжелых металлов определялось их валовое содержание, а не содержание подвижных форм?

2. В атмосферном воздухе г. Йошкар-Олы ПДК<sub>с.с.</sub> по оксиду азота (IV) превышена в 3,5 раза, а по взвешенным веществам в 4,5 раза. Почему же до 75-80% хвойных растений оцениваются как «здоровые» и нет усыхающих особей?

3. Почему снижается содержание хлорофиллов *a* и *b* в декабре у хвойных растений? С чем это связано?

4. Почему выявлены только корреляции между содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровнем пигментов, и ферментов в хвое, а содержание тяжелых металлов не оказало влияние на данные физиологические показатели?

5. В практических рекомендациях Вы предлагаете АО «Город» использовать комбинированные посадки хвойных и лиственных видов. Но ведь хвойные выделяют фитонциды, которые могут угнетать лиственные растения, а лиственные летом затеняют хвойные. Не приведет ли это к межвидовой конкуренции и ухудшению их состояния?

Несмотря на небольшие орфографические погрешности по тексту диссертации и автореферата (например, подпись к рисункам на с. 10 автореферата), проведенная работа является полным завершённым научным исследованием.

**Соответствие содержания автореферата диссертации, уровень отражения полученных результатов в печати.** Автореферат диссертации полно отражает содержание и структуру диссертационной работы, содержит основные результаты исследований, представленные таблицы и иллюстративный материал облегчают восприятие излагаемого материала и дополняют его. Результаты исследований полно представлены в 15 публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а также обсуждались на восьми научно-практических конференциях различного уровня.

### **Заключение**

Личный вклад автора в разработку научной проблемы подтвержден. Работа хорошо структурирована, аккуратно оформлена. Значительное количество таблиц и рисунков позволяет легче воспринимать излагаемые результаты. Текст написан хорошим литературным и научным языком, выверен. Основные задачи исследований выполнены автором в полной мере. Новизна научных положений, результатов и выводов наглядна и очевидна.

Таким образом, диссертационная работа Стариковой Екатерины Александровны «Экофизиологические особенности хвойных растений в условиях городской среды» обладает высокой научной и практической

значимостью, представляя собой завершённое научно-квалификационное исследование. Диссертационная работа полностью отвечает критериям и требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Старикова Екатерина Александровна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук  
(03.00.05 – Ботаника, 03.00.16 – Экология),  
профессор, заведующий отделом экологии  
и ресурсосведения растений Федерального  
государственного бюджетного научного  
учреждения «Всероссийский научно-  
исследовательский институт охотничьего  
хозяйства и звероводства имени  
профессора Б.М. Житкова»

20 мая 2026 г.

Егошина Татьяна Леонидовна

Подпись Егошиной Т.Л. заверяю  
Ученый секретарь ФГБНУ ВНИИОЗ  
им. проф. Б.М. Житкова, к.б.н.



Соловьев Вячеслав Альбертович

20 мая 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова»  
610000, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79  
Тел./факс 8(8332)35-37-15  
Тел. моб. 8 909 716 68 66  
E-mail: etl@inbox.ru  
Сайт: www.vniioz1922.ru