

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по инновационной  
деятельности федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Марийский  
государственный университет»



 /К.Н. Белослудцев/

«05» сентября 2023 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
Поповой Анастасии Сергеевны «Морфологическая структура и изменчивость  
листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и  
погодных условий», представленную на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук по специальности  
1.5.15 Экология (биологические науки)

**Актуальность исследования.** Изучение морфологической структуры и  
изменчивости органов растений в условиях действия неблагоприятных  
факторов окружающей среды дает представление об адапционных  
механизмах растений. В качестве объекта исследования зачастую выступает  
лист растения, орган с дифференцированным и ограниченным ростом,  
выполняющий основные физиологические функции, при этом  
чувствительный к различным неблагоприятным экологическим факторам  
окружающей среды. Важным вопросом экологических исследований  
является исследование влияния техногенного загрязнения на живые  
организмы и поиск эффективных признаков-маркеров ингредиентного  
загрязнения среды. Также представляет интерес изучение сочетанного  
действия антропогенных и абиотических факторов на изменчивость живого.  
Таким образом, поставленная цель диссертации: изучить морфологическую  
структуру листа *Betula pendula* Roth и ее изменчивость в условиях

техногенной трансформации почвы при изменяющихся погодных факторах, является актуальной.

**Новизна исследования.** Впервые изучено изменение морфологических признаков, отражающих форму и размеры листа *B. pendula*, произрастающей на территории промышленного города Нижний Тагил и его окрестностей, в градиентах неблагоприятных погодных условий и техногенной трансформации почвы. При этом впервые дана количественная характеристика формы основания и вытянутости верхушки, выделено 12 морфотипов листовой пластинки *B. pendula*. Проведена оценка степени влияния стрессовых факторов на изменчивость признаков. Впервые предложен набор признаков листа *B. pendula*, относящихся к разным индикаторным группам адаптивной изменчивости, в свою очередь установлена их зависимость от соответствующих погодных показателей. Выявлены признаки, сохраняющие и изменяющие вид онтогенетических тактик в зависимости от погодных условий. Установлена неспецифичность реакции *B. pendula* на исследуемые экологические факторы. Установлено, что сочетанное действие неблагоприятных погодных условий и техногенной трансформации почвы усиливает защитную компоненту комбинированной стрессово-защитной онтогенетической стратегии *B. pendula*. Результаты работы вносят вклад в развитие представлений о морфологической структуре и изменчивости признаков листа *B. pendula* в условиях сочетанного действия техногенной трансформации окружающей среды и неблагоприятных погодных условий.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть основой для проведения экологического мониторинга и прогнозирования последствий техногенного загрязнения окружающей среды для растительных сообществ. Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении курсов в ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (филиал в г. Нижний Тагил).

**Личный вклад соискателя.** Соискатель непосредственно принимал участие во всех этапах исследования: постановка задач, сбор, камеральная обработка, статистический анализ материала, обсуждение и интерпретация полученных результатов. Автором самостоятельно выполнены все измерения морфологических параметров листа. Лично автором или при его непосредственном участии получены результаты и положения, выносимые на защиту.

**Общая характеристика работы.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 261 печатной странице, текст проиллюстрирован 41 таблицей и 33 рисунками. Список литературы включает 215 источников, в том числе 22 на иностранных языках. Представлено Приложение. Также имеется справка о внедрении результатов диссертационного исследования.

Во **Введении** автор формулирует актуальность темы исследования, цель работы, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, положения, выносимые на защиту, соответствие паспорту научной специальности, степень достоверности и апробацию результатов, личный вклад, дает характеристику публикациям, структуре и объему работы, приводит благодарности.

В **Главе 1** проанализированы сведения из литературы, посвященные понятию «изменчивость» и принципам ее классификации, подробно описано влияние условий окружающей среды на изменение морфометрических параметров листа у различных видов растений, особое внимание уделяется вопросу уровня варьирования морфометрических признаков растительных организмов, дается характеристика индикаторным группам морфологических признаков, приводятся примеры онтогенетических тактик и стратегий для разных видов сосудистых растений.

В **Главе 2** дана подробная информация о материалах и методах исследования. Автор обсуждает методологические аспекты работы, дает эколого-биологическую характеристику *B. pendula*, детально характеризует методику сбора материала и его камеральной обработки, описывает определение интегрального показателя загрязнения почвы, степени благоприятности погоды, морфотипов листовой пластинки, оценки групповой изменчивости, структуры морфологической изменчивости, онтогенетических тактик и стратегий. Следует отметить, что автор подробно пояснил применение исчерпывающего спектра статистических методов.

В **Главе 3** представлена физико-географическая и экологическая характеристика исследуемых территорий Свердловской области, особенности территории г. Нижний Тагил и Притагильской зоны. Дано описание пробных площадей: географическое положение, техногенная нагрузка в виде физико-химических параметров почвы и содержания тяжелых металлов, краткое описание фитоценозов.

**Главы 4-7** посвящены изложению результатов исследовательской работы. Каждую главу автор заканчивает резюме. На протяжении четырех вегетационных сезонов были изучены 43 метрических признака листа *B. pendula*, произрастающих на фоновых и техногенно трансформированных территориях, четыре индекса.

Наибольшим объемом представлена **Глава 4**, в которой представлено описание влияния погодных факторов и техногенной трансформации почвы на морфологические признаки листа *B. pendula* и их изменчивость. Установлены признаки листа, которые изменяются в градиенте техногенной нагрузки, а также признаки, изменяющиеся в градиенте неблагоприятности погодных условий, характеристика признаков сопровождается оценкой уровня их варьирования. На основании расчетов значений индексов листовой пластинки и вытянутости верхушки, угла между главной жилкой и первой от основания листа боковой жилкой первого порядка выделено 12 морфотипов

листа. Отмечается проявление определенных особенностей листа в качестве неспецифической реакции растений в градиенте неблагоприятных экологических факторов и специфической реакции на техногенную трансформацию почвы. Сопоставляется воздействие техногенной трансформации и погоды на признаки листа *B. pendula*. Все сформулированные утверждения подкреплены результатами статистического анализа данных: двухфакторного дисперсионного, регрессионного, факторного, канонического дискриминантного анализами, методом ранговой корреляции Спирмена.

В **Главе 5** автор характеризует структуру изменчивости и оценивает индикаторную роль морфологических признаков листа *B. pendula*. Из числа исследованных признаков листа выявлены биологические, эколого-биологические, таксономические и экологические индикаторы. Установлены сходные наборы признаков, которые меняют свою маркерную роль в градиенте неблагоприятности погоды и техногенного стресса.

В **Главе 6** представлено описание исследования зависимости морфологических признаков листа *B. pendula*, произрастающей в градиенте техногенной трансформации почвы, от погодных условий. С помощью дискриминантного анализа и вычислений средних расстояний Махаланобиса проведена оценка межгодовой изменчивости исследуемых морфологических признаков листа. С помощью множественного регрессионного анализа установлены конкретные погодные факторы, которые в большей степени оказывают влияние на признаки из группы биологических и эколого-биологических индикаторов.

В **Главе 7** описаны результаты анализа онтогенетических тактик морфологических признаков листа и стратегии вида. Автором работы установлено, что один и тот же признак в разных частях листа *B. pendula* может характеризоваться различными тактиками. Типы тактик у одного и того же признака могут изменяться в зависимости от погодных факторов. В

то же время установлено, что некоторые признаки в благоприятные и неблагоприятные годы характеризуются одной и той же онтогенетической тактикой. Неблагоприятные погодные условия приводят к усилению морфологической интеграции у растений со всех исследуемых территорий.

В **Заключении** кратко изложены основные закономерности, установленные автором на основании проведенного исследования морфологической структуры и изменчивости листа *B. pendula* в градиентах техногенной трансформации почвы и неблагоприятных погодных условий.

Выводы сформулированы в виде 8 пунктов, соответствуют поставленным задачам диссертационного исследования и отражают полученные результаты.

#### **Общие замечания.**

1. Анастасия Сергеевна, описывая понятие «изменчивость» и принципы ее классификации, отмечает, что «Ю.А. Филипченко (2023) разделяет два понятия изменчивости – непосредственную изменчивость (изменчивость как состояние) и изменения и вариации (изменчивость как процесс)» (С. 12), совершенно справедливо дает ссылку на публикацию 2023 г., однако было бы ценным отметить, что работа Ю.А. Филипченко приводится по изданию 1929 г.
2. При описании эколого-биологической характеристики *B. pendula* автору также можно было воспользоваться морфологическими описаниями вида, которые традиционно приводятся во «Флорах». При описании ареала изучаемого вида растения (С. 42) следовало бы перечислить виды рода *Betula*, произрастающие на Урале или Среднем Урале. Из текста раздела 2.2 неясно, по каким ключам было идентифицировано средневозрастное онтогенетическое состояние особей березы повислой.
3. На С. 45-46 автор указывает факторы, вносящие наибольший вклад в изменчивость погоды, определенные методом главных компонент.

Однако далее непонятно, на основе каких данных приводятся сведения о том, что на формирование и развитие листа влияют конкретные климатические факторы.

4. Статистический анализ результатов проведен с использованием разнообразных статистических методов, однако автор не приводит ссылки на методы в соответствующих литературных источниках.
5. Анастасия Сергеевна дает подробную характеристику пробных площадей с указанием их географического положения. Не лишним было бы представление карты с расположением пяти исследуемых участков.
6. Не приведены ссылки на методики описания растительного сообщества, измерения высоты древесного яруса.
7. Непонятным является расчет индекса Шеннона на организменном уровне (С. 102-103). Требуется обоснование использования этого индекса и расшифровка применяемой формулы.
8. В работе есть некоторые опечатки при написании латинских названий видов растений: например, при первом упоминании вида не дается полное родовое название и не указаны авторские знаки для *O. palustris* (С. 34). На С. 18 указан неверный авторский знак у *Tilia cordata* – Roth вместо Mill. При указании срока сбора листьев автор ошибочно написал «четвертая декада июля» (С. 42).
9. На сколько правомочно распространять результаты исследования морфологической структуры листа *B. pendula* и ее изменчивости в условиях техногенной трансформации почв при изменяющихся погодных условиях, полученные на территории Свердловской области г. Нижний Тагил и Притагильской зоны, на другие территории? В теме диссертационного исследования и в выводах конкретная территория автором не упоминается.

Высказанные замечания не снижают очевидных достоинств диссертационной работы, являются скорее пожеланиями, которые автору следует учесть в дальнейших исследованиях.

**Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата биологических наук.**

Диссертационная работа Поповой Анастасии Сергеевны «Морфологическая структура и изменчивость листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и погодных условий», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки), является завершенным научным исследованием. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 9 научных публикациях, 5 из которых в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Материалы диссертационного исследования были представлены на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов представленная работа соответствует критериям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции от 11 октября 2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Попова Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки).

Отзыв на диссертационную работу и автореферат заслушан и утвержден на расширенном заседании кафедр экологии и биологии Института естественных наук и фармации ФГБОУ ВО «Марийский

