

На правах рукописи



**БЕЛЯЕВА
ЮЛИЯ ВИТАЛЬЕВНА**

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
BETULA PENDULA РОТН В ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ
(НА ПРИМЕРЕ Г.ТОЛЬЯТТИ)**

Специальность: 03.02.08 – экология (биология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тольятти – 2018

Работа выполнена в лаборатории проблем фиторазнообразия
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти)

Научный руководитель: **Саксонов Сергей Владимирович,**
доктор биологических наук, профессор,
врио директора Института экологии Волжского
бассейна РАН (г. Тольятти)

Официальные оппоненты: **Бухарина Ирина Леонидовна,**
доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой инженерной защиты
окружающей среды Удмуртского
государственного университета (г. Ижевск);

Грязькин Анатолий Васильевич,
доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры лесоводства Санкт-
Петербургского государственного
лесотехнического университета им. С.М.
Кирова (г. Санкт-Петербург).

Ведущая организация: **Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет
имени Н.П. Огарева (г. Саранск)**

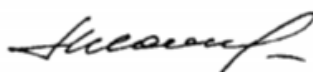
Защита диссертации состоится **15 ноября 2018 г. в 15⁰⁰** часов на заседании
диссертационного совета Д 002.251.02 при Институте экологии Волжского бассейна
РАН по адресу: 445003, Россия, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, д. 10, тел.
8 (8482) 489-977, E-mail: ievbras2005@mail.ru.

Диссертационный совет Д 002.251.02 при ИЭВБ РАН:
тел. 8 (8482) 489-169, E-mail: dissovietieb@mail.ru.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на
официальном сайте ИЭВБ РАН www.ievbras.ru и на официальном сайте ВАК
www.vak.ed.gov.ru.

Автореферат разослан «_____» _____ **2018 г.**

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Маленёв А.Л.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Городской округ Тольятти является одним из крупных промышленных центров России. По данным итоговых материалов о социально-экономическом развитии города за 2017 год Тольятти входит в десятку самых крупных промышленных центров в Российской Федерации (Государственный доклад..., 2018). На парковых и промышленных объектах озеленения города наблюдается снижение общего жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*, которое выражается в усыхании кроны, поражении листьев патогенами и ухудшении морфо-физиологических параметров листьев. Похожая ситуация отмечается и в других городах России – развитых промышленных центрах. Исследования, направленные на выяснение причин и механизмов, вызывающих ухудшение общего жизненного состояния березы в городских насаждениях, являются актуальными для многих регионов Российской Федерации.

Цель исследования: оценить эколого-биологическое состояние насаждений березы повислой, произрастающей на территории г. Тольятти.

Задачи исследования:

1. Анализ почвенно-климатических и техногенных условий местообитания березы повислой на территории г. Тольятти.
2. Оценка общего жизненного состояния березы повислой, произрастающей в урбоценозах г. Тольятти.
3. Анализ влияния отдельных техногенных факторов (пылевая и автотранспортная нагрузки) на ряд морфо-физиологических параметров листовой пластинки березы повислой (асимметрия, водоудерживающая способность и количество устьиц).

Научная новизна исследования. Впервые проведены двухфакторный и корреляционный анализы отдельных морфо-физиологических признаков (асимметрия, водоудерживающая способность, количество устьиц) листьев березы, произрастающей на территории г. Тольятти. Выявлены экологически значимые морфо-физиологические показатели, отражающие реакцию березы на техногенную нагрузку. Проведено сравнение показателей стабильности развития березы в других регионах РФ с различным уровнем техногенной нагрузки.

Теоретическая значимость исследования. Результаты исследований имеют значение для факториальной экологии, т.к. расширяют представления о механизмах воздействия автотранспортной нагрузки на насаждения березы в условиях крупного промышленного центра. Результаты аутэкологических исследований (оценка общего жизненного состояния березы, произрастающей на территории г. Тольятти) позволили выявить негативные тенденции в ее развитии. Сравнение собственных результатов с результатами аналогичных исследований в других регионах РФ показало сходство показателей стабильности развития насаждений березы в урбоценозах.

Практическая значимость результатов заключается в разработке рекомендаций по сохранению насаждений березы в городских насаждениях. Так, в озеленении промышленных зон и магистральных посадок города использовать березу не рекомендуется, т.к. на данных территориях для нее отмечены наименее благоприятные условия. Ее целесообразнее использовать в озеленении пригородных зон и внутриквартальных территорий. Результаты исследований могут быть

применены в работе Тольяттинского лесничества и МБУ «Зеленстрой» при проведении мониторинга городских насаждений и в озеленении территории города. Материалы диссертации используются в учебном процессе Поволжского государственного университета сервиса при подготовке специалистов по дисциплинам «Биология с основами экологии», «Общая экология» и «Экологические основы природопользования».

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работа выполнена в рамках плановых научно-исследовательских работ лаборатории проблем фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН («Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» № 0128-2014-0002 и «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» № 0128-2015-0002) и комплексной лаборатории биоразнообразия и экологического мониторинга Поволжского государственного университета сервиса.

Положения, выносимые на защиту:

1. В городских насаждениях общее жизненное состояние березы повислой зависит от уровня техногенной нагрузки – при его повышении общее жизненное состояние березы ухудшается.

2. Пылевая и автотранспортная нагрузки являются наиболее значимыми факторами, влияющими на снижение общего жизненного состояния березы повислой в условиях г. Тольятти.

3. Ухудшение общего жизненного состояния березы повислой отмечается по таким морфо-физиологическим параметрам, как асимметрия листовой пластинки, ее водоудерживающая способность и количество устьиц.

Обоснованность и достоверность результатов исследований. Надежность полученных результатов обусловлена использованием общепринятых методов исследования, большим объемом собранного материала и математическим анализом полученных данных.

Декларация личного участия автора. Автором лично осуществлен весь комплекс полевых исследований (выбор пробных площадок, сбор материала, промеры листовых пластинок, оценка автотранспортной и пылевой нагрузок и т.п.), анализ полученных материалов, статистическая обработка. Определение цели и задач исследования, написание текста диссертации, формулирование выводов осуществляли совместно с научным руководителем. Доля участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу авторов.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на: Международной конференции «Безопасность городской среды» (Омск, 2017); Международной конференции «Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем» (Самара-Тольятти, 2016); Международном молодежном инновационном форуме (Ульяновск, 2015, 2016 гг.); Международной научной конференции «История ботаники в России. К 100-летию юбилею РБО» (Тольятти, 2015); Международной научной конференции «Популяционная экология растений и животных» (Уфа, 2015); научной конференции «VI Любимцевские чтения. Теоретические проблемы экологии и эволюции» (Тольятти, 2015); Международных конференциях «Синергетика

природных, технических и социально-экономических систем» (Тольятти, 2012-2017 гг.); конференции «Молодежь, наука, творчество» (Омск, 2013-2015 гг.); российской научной конференции «Экология, география растений и сообществ среднего Поволжья» (Тольятти, 2014); всероссийской научно-практической конференции «Экономика и общество: перспективы развития» (Сызрань, 2014); в рамках международного экологического проекта (Турку-Финляндия, 2014).

Публикация результатов исследований. По теме диссертации автором опубликовано 40 научных работ общим объемом 13,7 печ. л. В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов исследований соискателей, опубликовано 6 статей общим объемом – 4,0 печ. л. Личный вклад автора диссертации в совместных публикациях пропорционален числу соавторов.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы и приложений. Ее объем составляет 205 страниц и содержит 54 таблицы, 42 рисунка и 5 приложений. Список литературы включает 331 наименование, из которых 49 – на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы исследования, сформулирована цель и поставлены задачи, обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, раскрыты положения, выносимые на защиту, изложена структура диссертации.

Глава 1. Устойчивость древесных растений к техногенной нагрузке в условиях крупных промышленных центров

Глава содержит обзор литературы и представляет собой анализ работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных оценке комплекса факторов городской среды, влияющих на городские зеленые насаждения и их реакций на данное воздействие.

Глава 2. Материалы и методы исследований

Объектом исследования явились насаждения березы повислой *Betula pendula* Roth, произрастающие во всех районах города и за городской чертой, приблизительный возраст которых составлял 35-40 лет (Генеральный план..., 2001). Исследования проводили на пяти пробных площадях (ПП) двух административных районов города (рис. 1) и за городской чертой. По уровню техногенной нагрузки пробные площади были разделены на три зоны: сильного (ПП № 5), среднего (ПП № 2–4) загрязнения и условно «чистая» зона (ПП № 1), находящаяся в Узюковском лесу в 25 км от городской черты. ПП № 2 – это участок пригородного леса в Автозаводском районе; ПП № 3 – внутригородские насаждения вдоль автомагистрали на ул. Баныкина; ПП № 4 – городской Парк Победы; ПП № 5 – промышленная зона Автозаводского района. Подбор и закладку ПП в городских насаждениях и таксационную характеристику древостоев (Краснощекова, 1987) проводили по общепринятым методикам (ОСТ 56-69-83).

В рамках исследования всего обследовано 50 особей на 5 пробных площадях (по 10 деревьев с каждой площади) в течение 3 лет (2013-2015 гг.), сделано 43200 промеров листовых пластинок. Программа и план исследований приведены на рисунке 2. Оценку показателей жизненного состояния березы проводили по

общепринятым методикам: показатель флуктуирующей асимметрии листа (ФА) (Захаров, 2000; Кавеленова, 2006; Зорина, 2009); величина водоудерживающей способности листа, измеряемой в % от сырой массы (Третьяков, 1990; Николаевский, 2002); количество устьиц на 1 мм^2 листа (Третьяков, 1990); количество пыли, осаждаемой на 1 см^2 листа (Федорова и др., 2001; Кавеленова, 2006); относительное жизненное состояние (ОЖС) оценивали по адаптированной шкале Алексева В.А. (Алексеев, 1990; Кулагин, 2015) и «Методическим рекомендациям по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке» от 10 сентября 2002 года N 743-ПП; отбор почвенных проб и их лабораторный анализ проводили по стандартным методикам (Кауричев, 1973; Александрова, 1976).

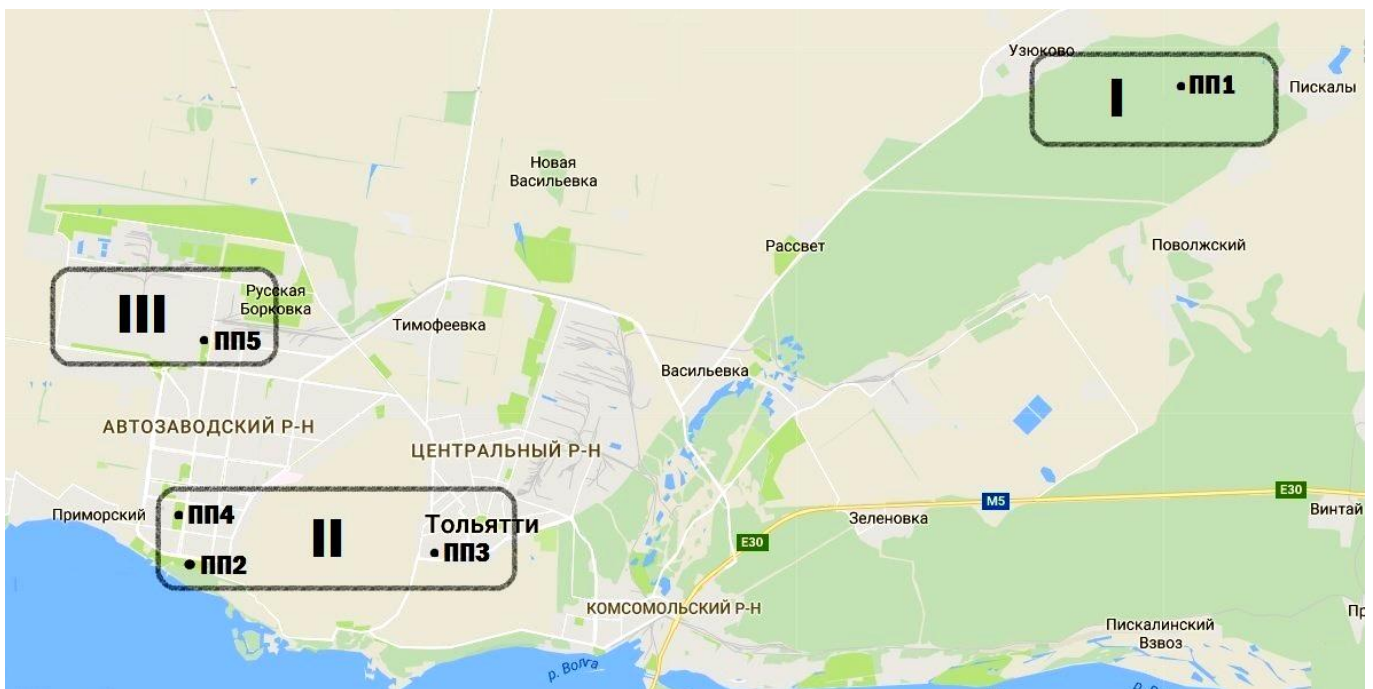


Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадей г. Тольятти:

I – условно чистая зона (ПП № 1 контроль); II – зона среднего загрязнения (ПП № 2-4);
III – зона сильного загрязнения (ПП № 5).

Для оценки уровня вредных веществ, поступающих от автотранспорта, подсчитывали количество единиц автотранспорта, проходящего по участку длиной в 0,5 км в течение 20 минут, рассчитывали общий путь, пройденный выявленным количеством автомобилей каждого типа за 1 час (L , км.) по формуле: $L = N_i \times l$, где N_i – количество автомобилей каждого типа за 1 час; l – длина участка, км; i – тип автотранспорта. Рассчитывали количество топлива (Q_i , л) разного вида, сжигаемого двигателями автомашин, по формуле: $Q_i = L_i \times Y_i$. Определяли общее количество сожженного топлива для каждого вида транспорта (Q). Рассчитывали количество выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду транспорта (Молодцов, 2014). Математическая обработка полученных данных осуществлена методами описательной статистики (Василевич, 1969; Удольская, 1976; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984) с использованием различных компьютерных программ (Microsoft Excel 2010, Statsoft Statistica 6.0, GoogleMaps и др.).

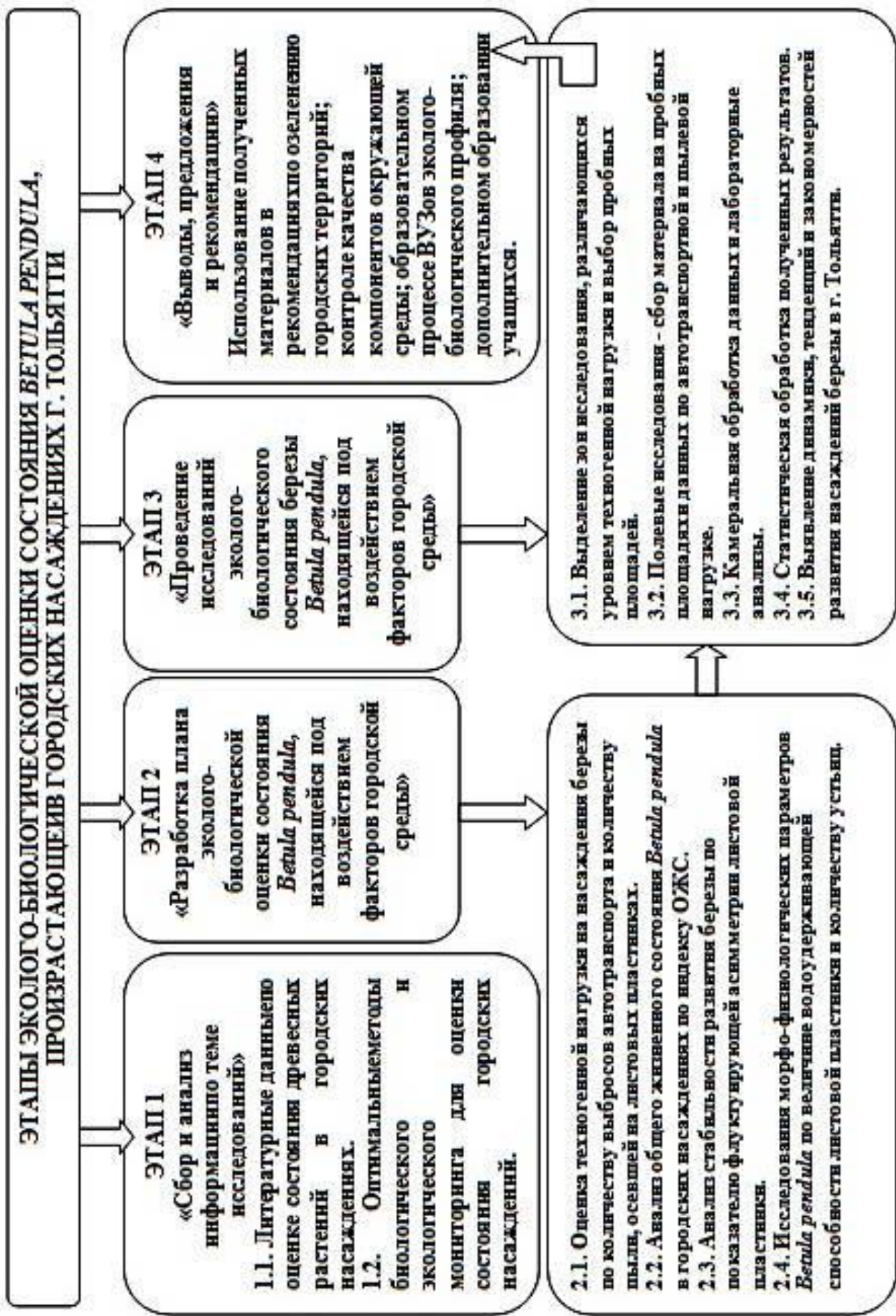


Рис. 2. Программа исследований

Глава 3. Физико-географические и природно-климатические условия района исследования

В главе представлена характеристика физико-географических, природно-климатических и эколого-биологических условий г. Тольятти. Рассмотрены метеорологические характеристики, наблюдаемые в период времени исследования. Проанализировано современное экологическое состояние округа и его древесной растительности.

Глава 4. Техногенные факторы, влияющие на условия произрастания березы в насаждениях г. Тольятти

В крупных промышленных центрах РФ одним из ведущих факторов, оказывающих негативное влияние на городские зеленые насаждения, является автомобильный транспорт (Махонин, 2006). Данные УГИБДД МВД России по Самарской области за 2013-2015 гг. показывают постоянный прирост автотранспорта: в 2013 г. зарегистрировано 262152 ед.; в 2014 г. – 268864 ед.; в 2015 г. – 271853 единиц. Однако по данным Росгидромета за 2013-2015 гг. уровень общего загрязнения атмосферы города оставался стабильным и относился к категории «повышенный» (Государственный доклад..., 2016).

Мы провели анализ количества выбросов вредных веществ от автотранспорта в атмосферу на площадях исследования. В зоне сильного загрязнения (ПП № 5) отмечены наибольший поток грузовых автомобилей и, соответственно, наибольшее количество выбросов – 27,7 л (с учетом легковых автомобилей – 35,9 л; с учетом легковых автомобилей и автобусов – 37,2 л). В зоне среднего загрязнения (ПП № 2-4) – 1,0 л; 25,7 л; 34,3 л соответственно (рис. 3). В зоне контроля (ПП № 1) автомобильная нагрузка по сравнению с другими ПП практически отсутствует.

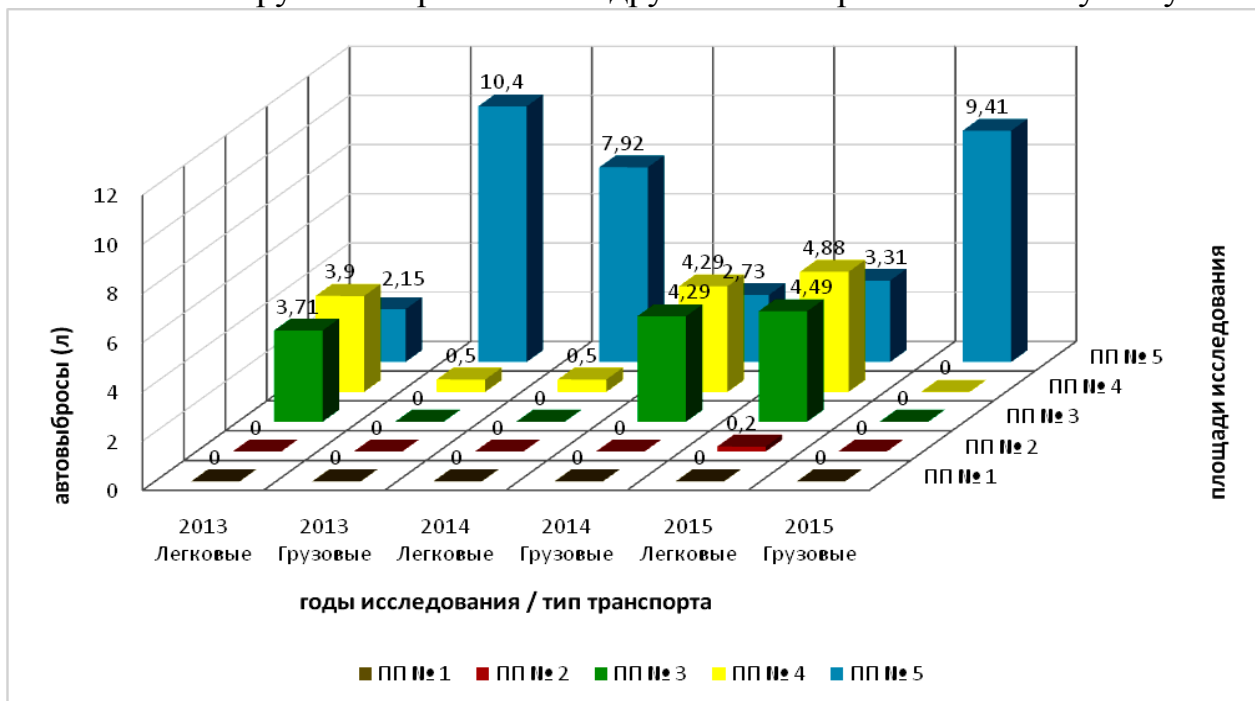


Рис. 3. Распределение автовыбросов (л) с учетом типа автотранспорта на пробных площадях по годам исследования: ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – внутригородские насаждения; ПП № 4 – городской парк; ПП № 5 – промышленная зона

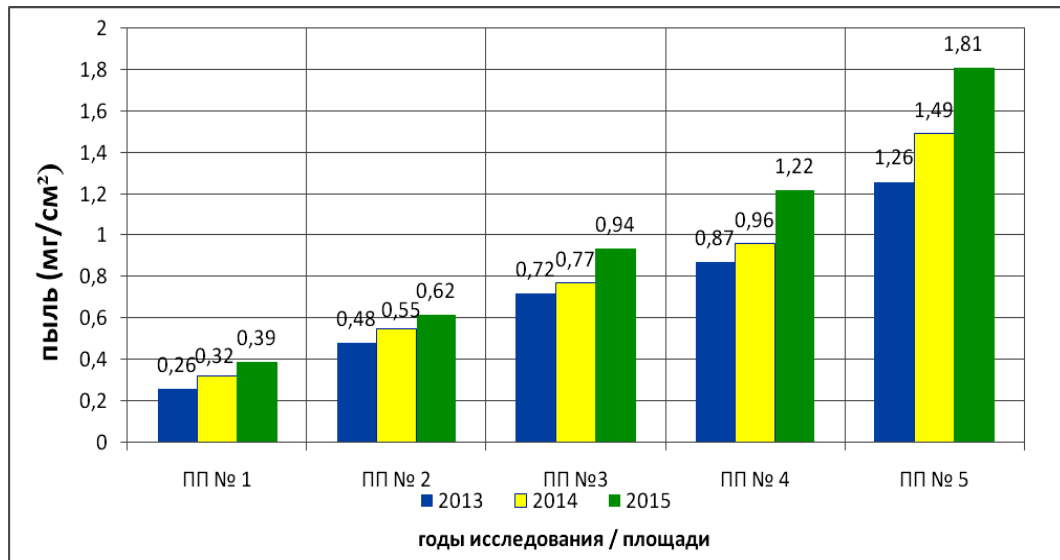


Рис. 4. Распределение пылевой нагрузки (мг/см²) на пробных площадях по годам исследования (обозначение ПП такое же, что и на рис. 3)

Анализ количества пыли, осевшей на листовых пластинках берез в зонах исследования, показал, что уровень запыленности в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) самый высокий и имеет тенденцию к увеличению год от года (рис. 4). Заметим, что для всех ПП количество пыли на листовых пластинках березы за годы исследования (2013-2015 гг.) также увеличивается.

Косвенным показателем антропогенной нагрузки на урбоценозы служит нарушенность почвенного покрова на ПП. Анализ почвы показал, что в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) почвенный покров наиболее уплотнен, есть признаки нарушенности (вкрапление непочвенных элементов в почвенных разрезах), поверхность на большей площади запыленная и отмечено присутствие бытового мусора. Почва зоны среднего загрязнения (ПП № 2-4 на территории города) также уплотнена, есть признаки нарушенности и бытового мусора. В то же время почва зоны условного контроля (ПП № 1) не имеет признаков нарушенности и уплотненности. По сравнению с зоной условного контроля на территории города отмечены наименьшая влажность и кислотность (рН=5,0) почвы. На всех ПП, кроме зоны условного контроля, качественным анализом было установлено наличие карбонатов.

Глава 5. Особенности эколого-биологического состояния березы повислой в насаждениях г. Тольятти

В главе приведены результаты оценки стабильности развития березы в условиях г. Тольятти, ее общего жизненного состояния на ПП и некоторых морфофизиологических показателей листовой пластинки (флуктуирующая асимметрия, водоудерживающая способность и количество устьиц).

Результаты оценки диагностических признаков древостоя березы в г. Тольятти говорят о том, что с возрастанием техногенной нагрузки на пробных площадях увеличивается число повреждений древостоя – процент поврежденности листьев, процент мертвых сучьев и снижается облиственность (табл. 1). Рассчитанный на основании этих данных индекс ОЖС показал следующее: в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) его значение минимальное, и за годы исследования заметна

тенденция к его дальнейшему снижению. В зоне условного контроля индекс ОЖС – максимален и стабилен на протяжении всего периода исследований. В зоне среднего загрязнения (ПП № 2-4) индекс ОЖС имеет промежуточные значения и здесь также отмечено его снижение год от года.

Таблица 1

**Диагностические признаки древостоя березы повислой
на исследуемых площадях**

| №, п/п | Пораженность листа, % | | | Мертвые сучья, % | | | Облиственность, % | | | Индекс ОЖС $L_N, %$ | | |
|--------|-----------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------|------|------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 1 | 0-5 | 0-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 85-100 | 85-95 | 85-95 | 95 | 95 | 95 |
| 2 | 0-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 85-95 | 85-95 | 85-90 | 93 | 93 | 92 |
| 3 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-5 | 1-10 | 85-90 | 85-90 | 85-90 | 90 | 90 | 88 |
| 4 | 1-10 | 1-10 | 1-10 | 1-10 | 1-10 | 1-15 | 85-90 | 85-90 | 85-90 | 83 | 82 | 80 |
| 5 | 1-10 | 10-15 | 10-20 | 1-15 | 15-20 | 15-20 | 60-75 | 60-70 | 55-65 | 80 | 78 | 73 |

Примечание. ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – внутригородские насаждения; ПП № 4 – городской парк; ПП № 5 – Промышленная зона.

Мы провели оценку стабильности развития березы на основании анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки на исследуемых пробных площадях. Выбранная нами зона условного контроля (ПП № 1) действительно соответствует условной норме ($<0,040$), а самые высокие показатели стабильности развития отмечены на ПП № 5 ($0,062$), которую выделили как наиболее загрязненную (табл. 2). У деревьев с ПП № 2-4, расположенных в зоне среднего загрязнения, отмечены показатели флуктуирующей асимметрии от $0,040$ до $0,054$, что в относительной пятибалльной шкале соответствует 2-4 баллам.

Таблица 2

Оценка отклонений состояния березы повислой в городских насаждениях от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития (Захаров и др., 2000)

| Балл | Флуктуирующая асимметрия (отн. ед.) | Характеристика | 2013 г | 2014 г | 2015 г |
|------|-------------------------------------|--|------------------|------------------|--------|
| 1 | $<0,040$ | Чисто. Условная норма | ПП № 1 | ПП № 1 | ПП № 1 |
| 2 | $0,040-0,044$ | Относительно чисто. Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов. | ПП № 2 | ПП № 2 | ПП № 2 |
| 3 | $0,045-0,049$ | Загрязнено (тревога). Загрязненные районы. | ПП № 3 ПП № 4 | ПП № 3 ПП № 4 | ПП № 3 |
| 4 | $0,050-0,054$ | Грязно (опасно). Сильнозагрязненные районы. | - | - | ПП № 4 |
| 5 | $>0,054$ | Очень грязно (вредно). Критическое значение. Крайне неблагоприятные условия. Растения находятся в сильно угнетенном состоянии. | ПП № 5 | ПП № 5 | ПП № 5 |

Примечание. ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – внутригородские насаждения; ПП № 4 – городской парк; ПП № 5 – Промышленная зона.

На рис. 5а заметна тенденция повышения показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки при переходе от зоны условного контроля (ПП № 1) к зоне сильного промышленного загрязнения (ПП № 5). Для зон сильного и среднего загрязнения отмечено возрастание показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы за 2013-2015 гг., что говорит о ежегодном ухудшении состояния насаждений березы.

Известно, что водоудерживающая способность листьев является одним из важных показателей водного режима растений и характеризует их устойчивость к неблагоприятным условиям среды (Николаевский, 2002). На рис. 5б видно, что самая высокая водоудерживающая способность отмечена у листьев, собранных с деревьев в зоне условного контроля (69,5-72,1 % - ПП № 1). Низкая (30,8-43,9 %) и средняя (42,4-62,1 %) водоудерживающая способность характерны для берез, произрастающих в зоне сильного (ПП № 5) и среднего загрязнения (ПП № 2-4), что свидетельствует о сниженной устойчивости деревьев в данных насаждениях.

Распределение деревьев на пробных площадях по водоудерживающей способности листьев не противоречит их распределению по индексу ОЖС и показателям стабильности развития (табл. 1, 2, рис. 5а и 5б).

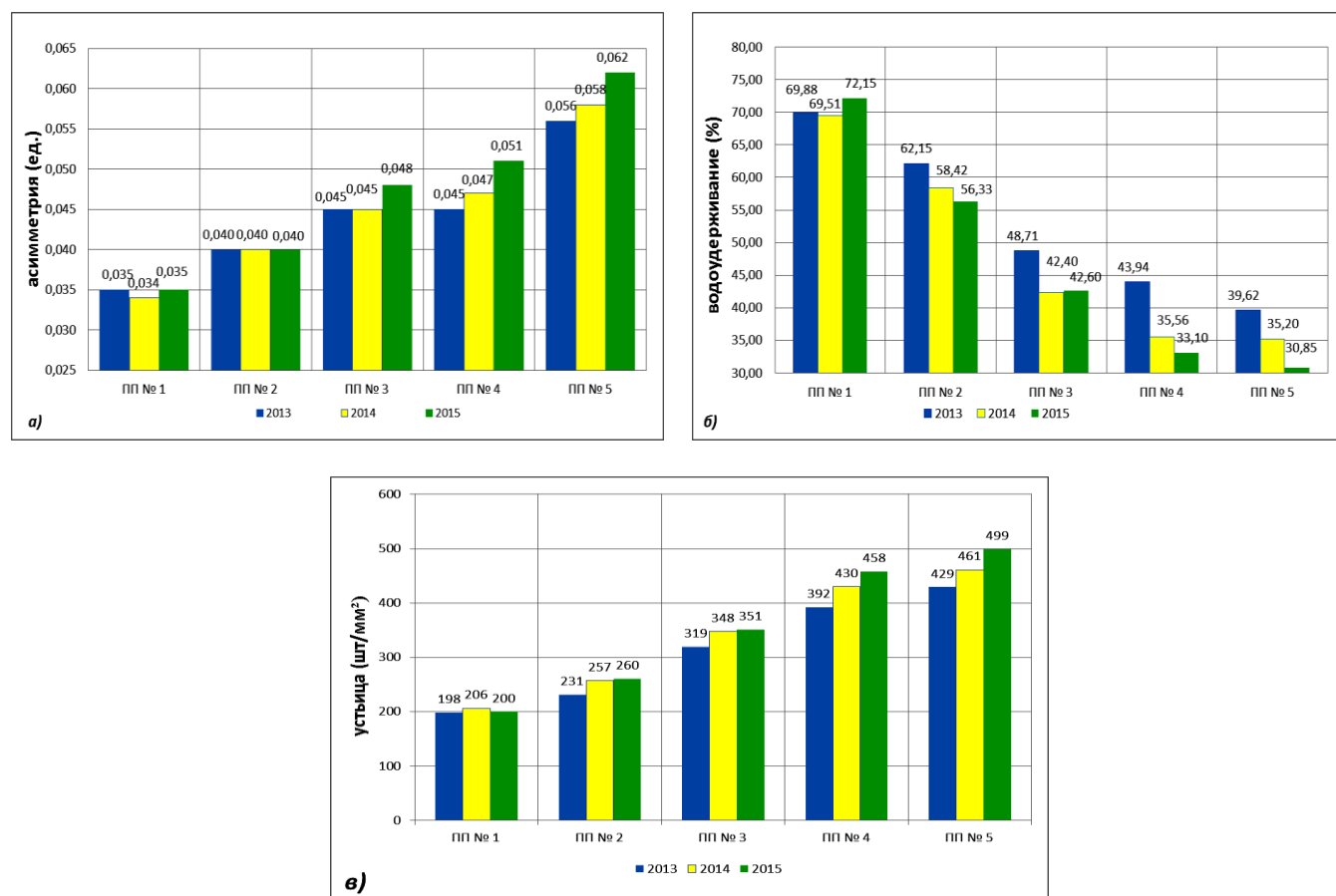


Рис. 5. Изменение морфо-физиологических параметров листовых пластинок березы на пробных площадях и по годам исследования: а) флуктуирующей асимметрии (отн. ед.), б) водоудерживающей способности (% от сырой массы), в) количества устьиц (шт./мм²) (обозначение ПП такое же, что и на рис. 3 и 4).

Такой показатель, как количество устьиц, служит одной из характеристик адаптационной способности растений – в ответ на воздействие негативных факторов

для сохранения водного режима растение реагирует увеличением количества устьиц (Третьяков, 1990). В зонах сильного (ПП № 5) и среднего (ПП № 2-4) загрязнения количество устьиц превышает таковое, отмеченное для зоны условного контроля (рис. 5в). Здесь также заметна тенденция увеличения количества устьиц при возрастании степени влияния негативных факторов среды (в зонах с разной степенью техногенной нагрузки). Даже в пределах одной ПП (для зон сильного и среднего загрязнения) мы отметили возрастание количества устьиц за годы наблюдений (2013-2015 гг.).

Ранее было отмечено, что с возрастанием влияния негативных факторов водоудерживающая способность листьев снижается (рис. 5б). На наш взгляд, это говорит о том, что даже при увеличении количества устьиц адаптационных возможностей растения не хватает для сохранения водного баланса. Скорее всего, исследованный комплекс морфо-физиологических параметров свидетельствует о снижении устойчивости березы в неблагоприятных экологических условиях.

Глава 6. Изменение морфо-физиологических параметров *Betula pendula* в зависимости от влияния факторов городской среды

Поскольку мы считаем, что городской автотранспорт является основным неблагоприятным фактором для насаждений березы, мы рассмотрели зависимость морфо-физиологических параметров от интенсивности автовыбросов и количества пыли. Для определения степени влияния этих факторов на состояние березы, был проведен двухфакторный анализ по схеме: 1. «зона» - «ФА», «год» - «ФА»; 2. «зона» - «водоудерживающая способность», «год» - «водоудерживающая способность»; 3. «зона» - «количество устьиц», «год» - «количество устьиц»; 4. «зона» - «количество пыли», «год» - «количество пыли». Под «зоной» мы рассматривали местоположение ПП по отношению к техногенной нагрузке (рис. 1). Фактор «год» подразумевает возможные различия в климатических характеристиках за период исследования (2013-2015 гг.).

Рассмотрим статистически значимые ($P < 0,05$) сочетания выделенных факторов. Фактор «зона» статистически значимо влияет на количество устьиц (доля влияния 70,4 %), водоудерживающую способность (43,6 %), флуктуирующую асимметрию листовой пластинки (40,2 %) и количество пыли (37,6 %). Влияние фактора «год» на исследуемые морфо-физиологические параметры статистически не значимо. Влияние комбинации выбранных факторов также не являлось статистически значимым по отношению ко всем параметрам. Таким образом, основным фактором, который влияет на состояние насаждений березы, является «зона», отражающая уровень техногенной нагрузки.

Мы провели корреляционный анализ между морфо-физиологическими параметрами березы и количеством автовыбросов и пыли. Прежде всего, отметим прямую положительную корреляцию количества выбросов от автотранспорта с количеством пыли на пробных площадях ($r=0,851$), что обусловило сходный характер картины корреляции всех исследованных морфо-физиологических параметров с автовыбросами и количеством пыли (рис. 6). Отметим, что данные по ПП № 1 и 2 здесь не учитывали, т.к. количество автовыбросов на этих участках близко к 0 (рис. 3).

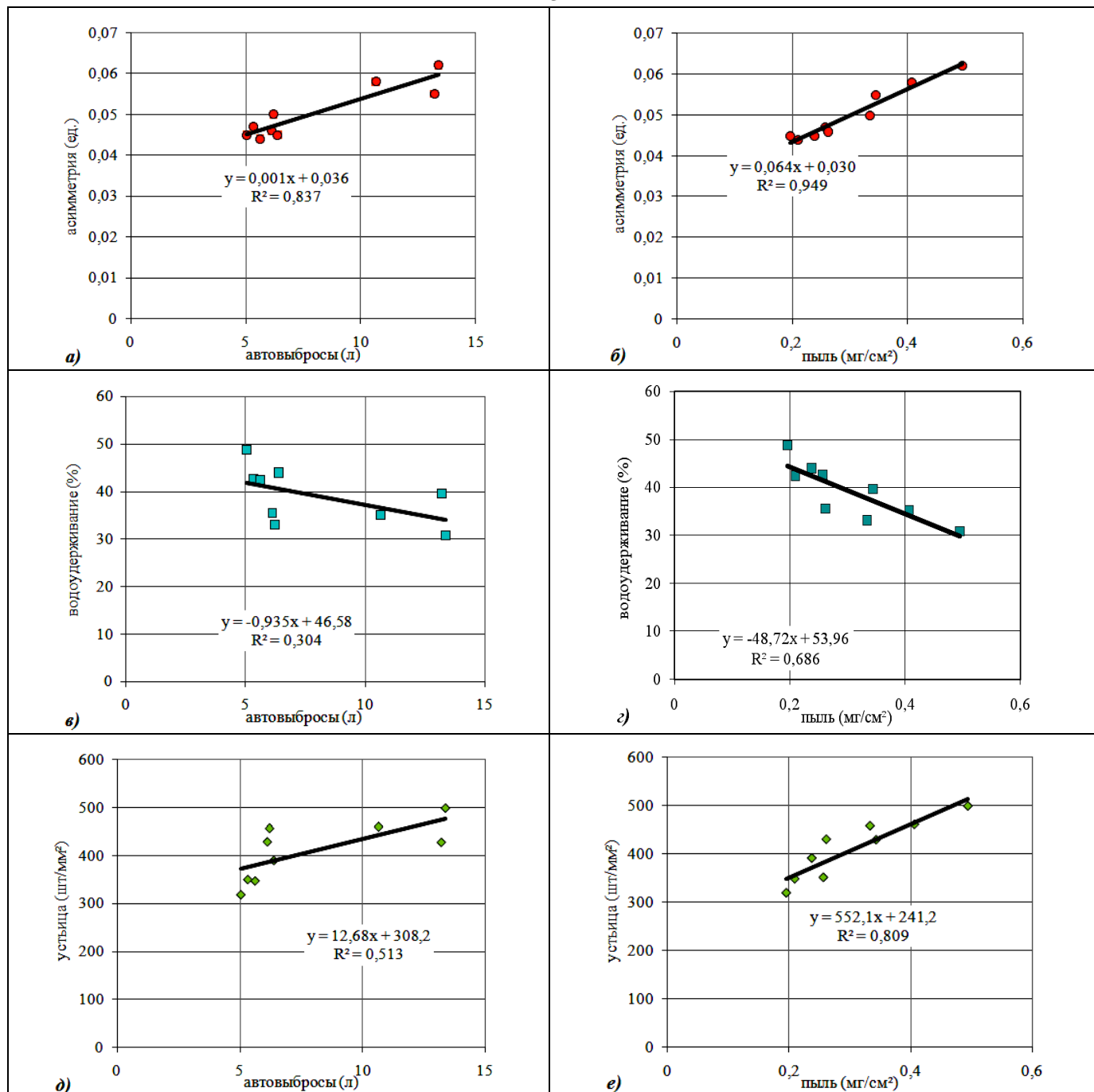


Рис. 6. Результаты корреляционного анализа автовыбросов и количества пыли с морфо-физиологическими параметрами листьев: а и б – показатели флуктуирующей асимметрии; в и г – водоудерживающая способность; д и е - количество устьиц (данные за 3 года на ПП №№ 3-5)

Отмечены статистически значимые положительные корреляции воздействия автовыбросов и количества пыли на показатели флуктуирующей асимметрии (рис. б а, б) и количеством устьиц (рис. б д, е). Также наблюдается обратная взаимосвязь между величиной автовыбросов и водоудерживающей способностью, а также между количеством пыли и водоудерживающей способностью листьев (рис. б в, г). Наиболее высокие показатели корреляции наблюдаются в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) и в зоне среднего загрязнения, особенно у тех особей, которые ближе всего располагаются к автомагистралям (ПП № 3 – внутригородские насаждения и ПП № 4 – городской парк). Таким образом, городские насаждения березы повислой реагируют на увеличение автотранспортной нагрузки ухудшением морфо-физиологических параметров листьев.

Глава 7. Сравнительный анализ показателей стабильности развития березы в г. Тольятти и других регионах РФ

Анализ работ, посвященных исследованию показателей стабильности развития березы в других регионах РФ, позволил выделить на обследованных территориях три группы регионов с высоким (показатель ФА более 0,1), средним (0,06-0,08) и низким (0,05-0,06) уровнями загрязнения (рис. 7, табл. 3). Приведенные в таблице работы отбирали по принципу идентичности использованных методик и условий проведения исследований.

Таблица 3

Распределение показателя стабильности развития березы повислой по городам России (показатели флуктуирующей асимметрии, отн. ед.)

| № | Город | Зоны исследования | | | Источники |
|----|----------------------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| | | чистая | средняя | грязная | |
| 1 | Москва | 0,047 | 0,059 | 0,101 | Родионова и др., 2015 |
| 2 | Ижевск | 0,053 | 0,062 | 0,077 | Хикматуллина, 2013 |
| 3 | Самара | 0,018 | 0,045 | 0,076 | Кавеленова, 2006 |
| 4 | Агрыз | 0,049 | 0,058 | 0,069 | Хикматуллина, 2013 |
| 5 | Воткинск | 0,050 | 0,055 | 0,069 | Хикматуллина, 2013 |
| 6 | Тольятти | 0,035 | 0,045 | 0,062 | Беляева, 2016 |
| 7 | Братск | 0,048 | 0,058 | 0,061 | Рунова и др., 2013 |
| 8 | Уфа | 0,046 | 0,053 | 0,060 | Кузнецов и др., 2014 |
| 9 | Нижний Новгород | 0,048 | 0,054 | 0,058 | Ерофеева, 2013 |
| 10 | Киров | 0,045 | 0,047 | 0,056 | Савинцева и др., 2012 |
| 11 | Усть-Коксинский р-н Алтай | 0,027 | 0,041 | 0,055 | Собчак и др., 2013 |

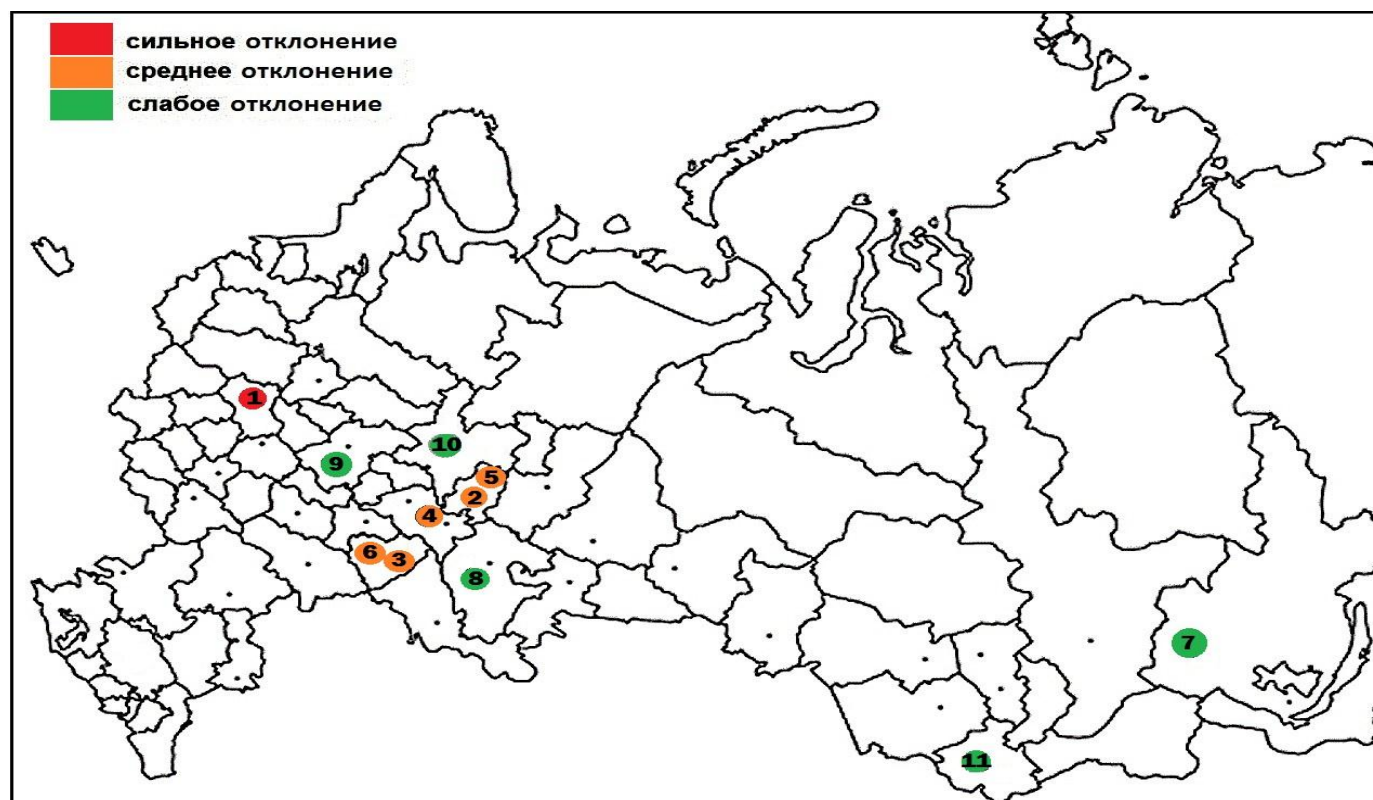


Рис. 7. Распределение показателя стабильности развития березы повислой по городам РФ

К первой группе относится г. Москва: здесь полученные данные указывают на сильное отклонение от нормальных показателей стабильности развития, которое свидетельствует о негативном воздействии антропогенной нагрузки на городские насаждения березы. Вторая группа – это города Ижевск, Самара, Агрыз, Воткинск, Тольятти, для которых характерен средний уровень техногенной нагрузки. В этих городах авторами исследований были отмечены ухудшение общего жизненного состояния березы и отклонения от нормальных показателей стабильности развития. В третью группу вошли города Братск, Уфа, Нижний Новгород, Киров и Усть-Коксинский район в Республике Алтай, где незначительные отклонения ОЖС и показателей стабильности развития березы от нормы указывают на относительно благоприятную обстановку.

Таким образом, полученные нами результаты по показателю стабильности развития березы г. о. Тольятти являются сопоставимыми с данными аналогичных исследований по другим городам РФ и позволяют получить интегральную картину экологической обстановки в местах произрастания насаждений березы.

ВЫВОДЫ

1. Анализ условий местообитания березы повислой на территории г. Тольятти показал, что автотранспортная и пылевая нагрузки являются основными факторами, ухудшающими состояние насаждений березы. С возрастанием количества автовывбросов на пробных площадях наблюдается снижение индекса ОЖС: в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) его значение минимальное, и за годы исследования заметна тенденция к его дальнейшему снижению. В зоне условного контроля индекс ОЖС – максимален и стабилен на протяжении всего периода исследований. Особенно сильно ОЖС ухудшается у растений, произрастающих непосредственно вдоль автомагистралей.

2. Установлено, что основным фактором, влияющим на состояние насаждений березы, является фактор «зона» (ПП), который отражает общий уровень техногенной нагрузки. Выявлена зависимость морфо-физиологических параметров листьев березы от экологических условий: количество автовывбросов статистически значимо влияет на флуктуирующую асимметрию листовой пластинки (40,2 %), количество устьиц (70,4 %) и водоудерживающую способность (43,6 %). При этом влияние фактора «год», отражающего климатические условия года исследования, не является существенным (доля влияния 0,4 – 2,0 %).

3. Корреляционный анализ показал высокие показатели корреляции ФА с количеством автовывбросов ($r=0,915$) и пылевой нагрузкой ($r=0,974$), а также количества устьиц – с автовывбросами ($r=0,717$) и пылевой нагрузкой ($r=0,899$). Обнаружена обратная взаимосвязь между величиной водоудерживающей способности с количеством пыли ($r=-0,828$) и автовывбросами ($-0,552$). Эти данные подтверждают наши предположения о высокой степени зависимости морфо-физиологических параметров листьев березы от экологических условий произрастания насаждений.

4. Сравнение собственных результатов исследования показателей стабильности развития березы с данными аналогичных исследований в других регионах РФ показало, что насаждения березы в г. Тольятти имеют средние показатели стабильности развития (0,06-0,08), где были отмечены ухудшение

общего жизненного состояния березы и отклонения от нормальных показателей стабильности развития.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ

1. Беляева Ю.В. Корреляционный анализ ответных реакций *Betula pendula* Roth и косвенного антропогенного воздействия в условиях различных местообитаний (г.о.Тольятти) // Изв. Уфимс. НЦ РАН. – 2017. – №3. С.64-70.
2. Беляева Ю.В., Козловская О.В. Раритетный компонент как индикатор антропогенной трансформации флоры // Самарский научный вестник. – 2017. – Т. № 1 (18). С.37-41.
3. Беляева Ю.В. Распределение показателей количества пыли на листовых пластинках *Betula pendula* Roth, произрастающей в г.о. Тольятти // Изв. Самар. НЦ РАН. – 2015. – Т. 17. № 4-5. С. 989-993.
4. Беляева Ю.В. Результаты исследования количества устьиц листовых пластинок *Betula pendula* Roth, произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о.Тольятти) // Изв. Самар. НЦ РАН. – 2015. – Т.17, №4 – С. 113-117.
5. Беляева Ю.В. Результаты исследования водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula pendula* Roth, произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) // Изв. Самар. НЦ РАН. – 2014. – Т.16, №5 – С. 1654-1659.
6. Саксонов С.В., Беляева Ю.В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о.Тольятти) // Изв. Самар. НЦ РАН. – 2013. – Т. 15. №3-7. – С.2196-2200.

Публикации в сборниках и материалах конференций

1. Беляева Ю.В. Актуальность исследования растительности г.о. Тольятти в условиях техногенного загрязнения) // Экологический сборник 4: Труды молодых ученых Поволжья – Всероссийская научная конференция с международным участием. Под ред. проф. С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН «Кассандра», 2013. – С. 11-13.
2. Беляева Ю.В. Использование фитоиндикации – как метода отслеживания состояния городских насаждений // Конференция «Молодежь, наука, творчество – 2013». – Омск: изд-во ОГИС, 2013. – С.115-117.
3. Беляева Ю.В. Системная оценка состояния зеленых насаждений города Тольятти в целях улучшения охраны окружающей среды // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем: сб. статей XI международной научной конференции (28 сентября 2013 г.). – Тольятти: изд-во ПВГУС, 2013. – С.152-156.
4. Беляева Ю.В. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Тольятти в условиях факторов развития производства и сервиса // Наука – промышленности и сервису: сб. статей VIII международной научно-практической конференции (7-9 ноября 2013 г.). – Тольятти: изд-во ПВГУС, 2013. – С.18-23.
5. Беляева Ю.В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* roth. в естественных и антропогенных условиях г.о.Тольятти // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 5: сб.трудов заочной российской научной конференции.

- Журнал «Самарская Лука: проблемы глобальной и региональной экологии». – Тольятти, 2014. – С.167-174.
6. Беляева Ю.В. Оценка качества среды по показателям нарушения стабильности развития высших растений г.о.Тольятти в целях улучшения охраны окружающей среды // Материалы XI международной научно-практической конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики» // Естественные науки - Тольятти, Волжский университет им. В.Н. Татищева, 2014. – С.3-10.
 7. Беляева Ю.В. Критерии оценки эффективности зеленых насаждений города Тольятти // Международная конференция «Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем» 19-21 мая 2014 г. Самара-Тольятти, 2014. – С.34-38.
 8. Беляева Ю.В. Методы экономической оценки зеленых насаждений города Тольятти // всероссийская научно-практическая конференция «Экономика и общество: перспективы развития» (17-18 апреля 2014 г.) – Сызрань: изд-во СГЭУ, 2014. – С.63-64.
 9. Беляева Ю.В. Результаты оценки состояния *Betula pendula* Roth. по показателям нарушения стабильности развития в условиях г.о. Тольятти // «Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья». Материалы III научной конференции "Исследования растительного мира Самарско-Ульяновского Поволжья" /Под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова, Г.С. Розенберга (Тольятти, ИЭВБ РАН, 3-5 октября 2014 г.), 2014 – С.29-34.
 10. Беляева Ю.В., Козловская О.В. Сосновые леса Мелекесско-ставропольского ландшафтного района. Лесотипологическая характеристика // «Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья». Материалы III научной конференции "Исследования растительного мира Самарско-Ульяновского Поволжья"/Под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова, Г.С. Розенберга (Тольятти, ИЭВБ РАН, 3-5 октября 2014 г.), 2014 – С.427-433.
 11. Беляева Ю.В. Показатели нарушения стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) произрастающей в антропогенных условиях // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем: сб. статей XII международной научной конференции (29-31 октября 2014 г.). – Тольятти: изд-во ПВГУС, 2014. – С.64-68.
 12. Беляева Ю.В. Использование эколого-биологической оценки – как метода отслеживания состояния городских насаждений // Сб. статей IX международной научно-практической конференции «Наука - промышленности и сервису» (ноябрь, 2014) – Тольятти: изд-во ПВГУС, 2014. – №8-2. – С.22-27.
 13. Беляева Ю.В. Анализ методик оценки водоудерживающей способности листовых пластинок для *Betula pendula* Roth. // Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья. Международная научная конференция / Под ред. канд. биол. наук С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и проф.С.В. Саксонова.–Тольятти: ИЭВБ РАН, «Кассандра»,2014.–LXXIX+413–С –115-120.
 14. Беляева Ю.В. Количество устьиц листовых пластинок, как показатель антропогенного влияния на *Betula pendula* Roth. (Самарская область, г. Тольятти) // Популяционная экология растений и животных: Материалы I Международной молодёжной научной конференции (г. Уфа, 27 апреля 2015 г.). – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. – С. 211-218.

15. Belyaeva Y. Stability of the population *Betula Pendula* Roth. (Samara Region, Togliatti) // Population ecology of plants and animals: Proceedings of the I International Youth Scientific Conference (Ufa, April 27 2015). – Ufa: RIC BSU, 2015. – p. 218-224.
16. Беляева Ю.В. Анализ стабильности развития популяции *Betula pendula* roth., произрастающей в г.о. Тольятти // Теоретические проблемы экологии и эволюции: Шестые Люблинские чтения, 11-й Всероссийский популяционный семинар и Всероссийский семинар «Гомеостатические механизмы биологических систем» с общей темой «Проблемы популяционной экологии» (6-10 апреля 1915 г., Тольятти, Россия) / Под ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: Кассандра, 2015. – С. 64 -66.
17. Беляева Ю.В. Экологический мониторинг: цели, задачи, перспективы в г.о.Тольятти (Самарская область) // Конференция «Молодежь, наука, творчество – 2015». – Омск: изд-во ОГИС, 2015. – С.72-73.
18. Беляева Ю.В. Анализ методик оценки водоудерживающей способности листовых пластинок для *Betula pendula* Roth. // В сборнике: Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья Международная научная конференция. Под редакцией С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и С.В. Саксонова. – 2015. – С. 36-41.
19. Беляева Ю.В. Оценка количества устьиц листовых пластинок *Betula pendula* Roth, как один из методов анализа морфометрической особенности рода (Тольятти, Самарская область) // В сборнике: История ботаники в России. К 100-летию юбилею РБО Сборник статей Международной научной конференции. – Тольятти, 2015. – С. 33-37.
20. Беляева Ю.В. Анализ влияния пылевой нагрузки на популяцию *Betula pendula* Roth (Тольятти, Самарская область) [Текст] // В сборнике: История ботаники в России. К 100-летию юбилею РБО Сборник статей Международной научной конференции. – Тольятти, 2015. – С. 28-32.
21. Беляева Ю.В., Козловская О.В. Use of an ecological and biological assessment – as the method for observation of city plantings state // Журнал «Наука – промышленности и сервису». – Тольятти, 2015. – № 6-9, – С.66-69.
22. Беляева Ю.В. Использование результатов эколого-биологической оценки компонентов окружающей среды города в моделях медицинского технологического процесса (г.о. Тольятти, Самарская область) // В сборнике: молодежь, наука, творчество – 2016 материалы XIV межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Омск, 2016. – С.477-478.
23. Беляева Ю.В., Козловская О.В., Костина Н.В. Степень загрязненности районов произрастания *Betula pendula* по данным показателей стабильности развития (на примере различных регионов России) // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2016 г. – № 56; URL: <http://novainfo.ru/article/9333>
24. Беляева Ю.В. Карта районов произрастания *Betula pendula* по показателю стабильности развития как компонент электронной базы данных по экологическому мониторингу // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. – 2017. – № 14. – С.113-116.
25. Беляева Ю.В., Саксонов С.В. Сравнение зарубежного и Российского опыта лесовыращивания // В сборнике: Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем материалы пятой Международной конференции. Институт экологии Волжского бассейна РАН; Самарский государственный экономический университет. Тольятти, 2018. С. 13-17.