

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

На правах рукописи



**БЕЛЯЕВА ЮЛИЯ ВИТАЛЬЕВНА**

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

**Специальность: 03.02.08 – экология (биология)**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук, профессор  
Саксонов Сергей Владимирович

**Тольятти – 2018**

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ К ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В УСЛОВИЯХ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ.....	13
1.1. Проблема жизненного состояния березы повислой <i>Betula pendula</i> в городских насаждениях, ее изучение и современное состояние проблемы .....	13
1.1.1. Воздействие техногенных факторов на городские древесные насаждения.....	17
1.1.2. Устойчивость городских древесных насаждений к техногенным факторам .....	22
1.2. Изучение воздействия техногенных факторов на городские древесные насаждения территорий России.....	37
1.3. Роль и возможность сохранения городских насаждений березы повислой <i>Betula Pendula</i> .....	58
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	64
2.1. Объект исследования.....	64
2.2. Расположение и общая характеристика модельных насаждений.....	68
2.3. Методика исследования .....	70
2.3.1. Методы лабораторных исследований растительного материала ..	74
2.3.2. Методы полевых исследований.....	82
2.3.3. Методы математической обработки данных .....	86
2.4. Общая характеристика исследования .....	87

ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	89
3.1. Географическое положение .....	89
3.2. Геологическое строение и рельеф территории .....	91
3.3. Гидрологические и гидрогеологические условия .....	95
3.4. Климатические условия .....	99
3.5. Почвенный покров .....	103
3.6. Растительный покров.....	105
3.7. Особенности объектов озеленения .....	110
3.8. Техногенный покров.....	119
ГЛАВА 4. ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ <i>BETULA PENDULA</i> В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ТОЛЬЯТТИ.....	129
4.1. Оценка влияния автотранспортной нагрузки на насаждения березы повислой <i>Betula pendula</i> .....	129
4.2. Оценка влияния загрязнения пылью листовых пластинок березы повислой <i>Betula pendula</i> .....	132
4.3. Анализ почвенных условий местообитания березы повислой <i>Betula pendula</i> на территории г. Тольятти.....	136
ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ <i>BETULA PENDULA</i> В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ТОЛЬЯТТИ.....	138
5.1. Таксационная характеристика березы повислой <i>Betula pendula</i> в городских насаждениях.....	138
5.2. Оценка общего жизненного состояния городских насаждений березы повислой <i>Betula pendula</i> .....	141

5.3. Оценка стабильности развития березы повислой <i>Betula pendula</i> по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки .....	144
5.4. Оценка физиологических процессов березы повислой <i>Betula pendula</i> по величине водоудерживающей способности листовой пластинки....	150
5.5. Оценка морфо-физиологического состояния березы повислой <i>Betula pendula</i> по количеству устьиц на листовой пластинке .....	154
ГЛАВА 6. ИЗМЕНЕНИЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ <i>BETULA PENDULA</i> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ .....	158
6.1. Двухфакторный анализ степени негативного влияния городских условий на насаждения березы повислой <i>Betula pendula</i> .....	158
6.2. Корреляционный анализ между морфо-физиологическими параметрами березы повислой <i>Betula pendula</i> и количеством автовыбросов и пыли.....	160
ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ <i>BETULA PENDULA</i> В Г. ТОЛЬЯТТИ И ДРУГИХ РЕГИОНАХ РФ .....	167
ВЫВОДЫ.....	171
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	173
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	206
<i>Приложение А</i> .....	208
<i>Приложение Б</i> .....	229
<i>Приложение В</i> .....	232
<i>Приложение Г</i> .....	240
<i>Приложение Д</i> .....	246

## ВВЕДЕНИЕ

### **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 морфофизиологических 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 повислой *Betula pendula* в городских насаждениях, являются актуальными для многих регионов Российской Федерации.

Источниками загрязнения атмосферы города служат крупнейшие предприятия автомобилестроения, нефтехимии, по производству химических удобрений и стройматериалов, ТЭЦ и котельные, автомобильный и железнодорожный транспорт с высокой плотностью автотранспортных потоков, речной порт, рост численности населения (на 01.01.2015 г численность составляла 719,646 тыс. человек), интенсивная застройка жилыми и административными зданиями. Наблюдается ухудшение состояния насаждений на парковых и промышленных объектах озеленения города, что связано с отрицательным влиянием техногенного загрязнения и с обострением экологической ситуации в целом.

Урбосреда представляет собой систему, накапливающую вредные вещества. Природа не может справиться с возникающими негативными последствиями человеческой жизнедеятельности из-за потери способности

к самовосстановлению (Бухарина, 2007). Города рассматривают как территории, на которых стабильность биоты нарушается, а окружающая среда подвергается трансформации. (Бухарина, 2007; Кулагин и др., 2015). Внутригородские зеленые насаждения ежедневно производят тонны кислорода и поглощают углекислый газ (Зеленые насаждения ..., 1987; Кулагин и др., 2015). Известно, что один гектар зеленых насаждений в день выделяет до 200 кг чистого кислорода (Лунц, 1953). Вредные газы в процессе транспирации деревья поглощают, твердые частицы аэрозолей оседают на листьях, ветвях и стволах растений.

Начиная с 2010 года, на парковых и промышленных объектах озеленения города, наблюдается ухудшение жизненного состояния березы повислой *Betula Pendula*, одного из основных компонентов урбоэкосистемы города, что связано с отрицательным воздействием не только природного, но и техногенного характера. Техногенные воздействия, приводят к нарушению гомеостаза развития древесных растений, выполняющие в городе важные средообразующие и средозащитные функции (Хикматуллина, 2013). Нарушения наблюдаются на листовых пластинках дерева, так как этот орган связан непосредственно с функционированием растения и наиболее подвержен к условиям внешней среды. В техногенных условиях городской среды почти любой морфо-физиологический параметр растения обнаруживает изменения.

На сегодняшний момент мы отмечаем следующие процессы: усыхание кроны, поражение листьев патогенами и ухудшение морфо-физиологических параметров листовой пластинки. Выяснение причин механизма остается актуальным.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящей работы является оценить эколого-биологическое состояние насаждений березы повислой *Betula Pendula*, произрастающей на территории г. Тольятти.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи:** 1. Проанализированы почвенно-климатические и техногенные

условия местообитания березы повислой *Betula pendula* на территории г. Тольятти. 2. Проведена оценка общего жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*, произрастающей в биоценозах г. Тольятти. 3. Проведен 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 повислой *Betula pendula*, произрастающей на территории г. Тольятти. Выявлены экологически значимые морфо-физиологические показатели, отражающие реакцию березы повислой *Betula pendula* на техногенную нагрузку. Проведено сравнение показателей стабильности развития березы повислой *Betula pendula* 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 повислой *Betula pendula* в условиях крупного промышленного центра. Результаты аутоэкологических исследований (оценка общего жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*, 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 исследования** заключается в разработке рекомендаций по сохранению насаждений березы повислой *Betula pendula* 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.

Результаты исследований вошли в научные отчеты ФГБУН «Институт экологии Волжского бассейна» РАН по биологическому мониторингу окружающей природной среды г. Тольятти; внедрены в НОЧУ ДПО «Тольяттинский институт технического творчества и патентоведения», ПАО АвтоВАЗ, Краеведческий музей г. Тольятти, ОАНО ВО «Волжский университет им. В. Н. Татищева»; включены в научный отчет института Турку (Финляндия) по экологическому мониторингу; использованы при разработке двух учебных пособий по экологии и практикума по биологии ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса». 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»; при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий в университете сервиса.

Результаты эколого-биологической оценки состояния березы повислой *Betula pendula* формируют и расширяют представления об актуальном состоянии данного вида в условиях техногенного воздействия современного города; определяют перспективы имеющихся насаждений; готовы к использованию в разработке мероприятий по реконструкции/сохранению насаждений исследуемых зон г. Тольятти. Выполненная автором эколого-биологическая оценка состояния березы повислой *Betula pendula* в условиях конкретного района определяет



методические подходы для аналогичных исследований в других городах. Полученные материалы имеют значение для разработки тактики и стратегии сохранения вида в условиях интенсивного техногенного воздействия в условиях города. Полученные в ходе исследования результаты вносят вклад в развитие теоретических основ экологии древесных растений, планирование и реализацию эколого-биологического мониторинга древесных растений, произрастающих в городских условиях. Интегральность используемого методического подхода, подразумевает возможность использования минимального числа характеристик, обладающих четкими диагностическими признаками, технической простотой методов с использованием доступной аппаратуры.

**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 *Betula pendula* 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 *Betula pendula* в условиях г. Тольятти.

3. Ухудшение общего жизненного состояния березы повислой *Betula pendula* отмечается по таким морфо-физиологическим параметрам, как

асимметрия листовой пластинки, ее водоудерживающая способность и количество устьиц.

**Перспективы исследования.** Полученные данные готовы к применению в разработке и совершенствовании природоохранного законодательства; контроле качества компонентов окружающей среды; готовы к внедрению в базу данных по эколого-биологическому мониторингу состояния городских и пригородных зеленых насаждений для дальнейшего решения проблем технического и экономического развития Самарской области.

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

Достоверность результатов исследования обеспечена обоснованностью методологических положений, соответствием методик исследования его целям и поставленным задачам, логикой исследования, репрезентативностью анализируемых выборок, большим количеством собранного полевого материала и снятых промеров за длительный период, применением методов математической статистики и средств современного программного обеспечения при обработке экспериментальных 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 Любищевские 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 материалам диссертации опубликовано 40 работ, из них 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ при защите кандидатских диссертаций.

**Объем и структура диссертации.** Работа изложена на 205 страницах, включает 42 рисунка, 54 таблицы и состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 331 источник, в том числе 49 на иностранном языке, а также приложения.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность своему научному руководителю С.В. Саксонову (ИЭВБ РАН, Тольятти) за помощь, понимание, неоценимую поддержку и ценные советы; В.Н. Козловскому (СамГТУ, Самара) за направление на путь истинный и неоценимую поддержку; О.В. Козловской (СамГТУ, Самара) за личный пример и неоценимую поддержку; А.В.

Гребенкину (РГГУ, Тольятти) и А.С. Мычкиной (ВЭГУ, Тольятти) за помощь в полевых сборах материала и дружескую поддержку; М.Н. Степанову за помощь в математической обработке (ТГУ, Тольятти); М.А. Пьянову (ПВГУС, Тольятти) за конструктивную критику; Г.С. Розенбергу, В.М. Васюкову А.В. Ивановой, С.А. Сенатору, А.Г. Розенберг, Г.Э. Кудиновой и А.Н. Крючкову (ИЭВБ РАН, Тольятти) за ценные советы и доброе отношение; А.Л. Маленеву и Н.В. Костиной за неоценимую помощь в редакторской и статистической обработке и конструктивную критику (ИЭВБ РАН, Тольятти). Особая благодарность за понимание и терпение моей дорогой маме Л.В. Беляевой и близкому другу Н.Н. Федорову.

## **ГЛАВА 1. УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ К ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В УСЛОВИЯХ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ**

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

### **1.1. Проблема жизненного состояния березы повислой *Betula pendula* в городских насаждениях, ее изучение и современное состояние проблемы**

Городская среда для древесных растений существенно отличается от естественных условий обитания. Город – это территория глубоко измененной природы (Владимиров, 1986). Высокая степень загрязнения, присущая растущим городам, приводит к ослаблению некоторых видов древесных растений, их преждевременному старению, снижению продуктивности, поражению болезнями и вредителями, усыханию и гибели (Наставление по защите ..., 1997). В связи с этой проблемой проводятся научные исследования по изучению механизмов адаптации, устойчивости, росту и развитию древесных растений, а так же их приживаемости в условиях негативного антропогенного воздействия промышленных городов (Горчаковский, 1984; Миркин, 1984).

Изучению городских зеленых насаждений посвящено значительное число работ как отечественных (Щербаков и др., 1964; Машинский, 1973; Костюкевич, 1974; Казанская и др., 1977; Фролов, 1979; Якушина, 1982; Кучерявый, 1984; Карасев, 1985; Фролов и др., 1986; Арманд и др., 1987; Калинин, 1991; Ишбирдина и др., 1993; Плотникова, 1994; Булыгин и др.,

1995; Кряжева и др., 1996; Прототопова, 1996; Габеев, 1997; Ревякина и др., 1998; Терехина, 1998; Фролов, 1998; Авдеева, 1999; Березуцкий, 1999; Гелашвили и др., 1999; Сымпилова, 2000; Ишбирдин, 2001; Константинов, 2001; Бабкина, 2002; Грек и др., 2002; Жидкова, 2002; Кавеленова, 2003; Калашникова, 2003; Лищинская, 2003; Морозова и др., 2003; Серикова, 2003; Соколова, 2003; Бухарина, 2007; Сперанская, 2007; Казанцев, 2008; Зорина, 2009; Хузина, 2010; Хикматуллина, 2013; Кулагин и др., 2015; и др.), так и зарубежных авторов (Runge, 1967; Fries, 1969; Lawalrèe, 1971; Bogucki et al., 1975; Bradshaw, 1975; Fischer, 1975; Bechmann, 1977; Davis et al., 1978; Papánek, 1978; Green, 1979; Gutte , 1980; Gödde, 1982; Kornaś, 1982; Tatsumi et al., 1983; Tomas, 1983; Dorney et al., 1984; Radulovič, 1984; Terpo et al., 1985; Beer, 1986; Kriedemann, 1986; Brandes, 1987; Elias, 1987; Sudnic-Wojcikowska, 1987; Weeda, 1987; Dufiner et al., 1988; Klotz, 1988; Sukopp et al., 1988; Шяптяене и др., 1989; Yahara, 1990; Поланчан и др., 1990; Beckhem, 1992; Landolt, 1992; Hodar , 2002; MacFarlena, 2002; Moller et al., 2002; Kozlov, 2014; и др.).

Городской округ Тольятти (Самарская область) является развивающимся центром России и Среднего Поволжья. Здесь основными источниками загрязнения атмосферы служат крупнейшие предприятия автомобилестроения, нефтехимии, по производству химических удобрений и стройматериалов, ТЭЦ и котельные, автомобильный и железнодорожный транспорт с высокой плотностью автотранспортных потоков, речной порт. Дополнительными – рост численности населения, интенсивная застройка жилыми и административными зданиями. По данным ФГБУ «Приволжское УГМС» на 2015 год оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Тольятти неоднократно выявляла, что наиболее загрязнена атмосфера Центрального района (в 2 и 1,3 раза выше допустимого), далее следует Комсомольский район (в 2 и 1,1 раза выше допустимого), далее Автозаводской район (в 1,9 раза), минимально загрязнена пригородная зона (Лысова, 2004; Паспорт города ..., 2004; Об утверждении ..., 2015).

По данным Роспотребнадзора (63 регион), уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Тольятти в 2007-2008 годах оценивался как «высокий», в соответствии с существующими методами оценки. А в 2009 году он снижался и уже оценивался как «повышенный». За последние годы наблюдалась тенденция к снижению уровня загрязнения атмосферы города, что в первую очередь связано со спадом промышленного производства. Работы по определению загрязнения атмосферного воздуха в селитебной части города проводились на семи стационарных постах. Наблюдения проводились по следующим ингредиентам: взвешенные частицы (пыль), диоксид серы  $SO_2$ , диоксид азота  $NO_2$ , оксид азота  $NO$ , оксид углерода  $CO$ , аммиак  $NH_3$ , формальдегид, фтористый водород  $HF$ , ароматические и суммарные углеводороды. Они являются приоритетными загрязняющими веществами в составе выбросов промышленных предприятий и автомобильного транспорта. В связи с возможностью роста уровня загрязнения воздуха на предприятия г. о. Тольятти в 2009 году было передано 260 предупреждений о наступлении неблагоприятных метеорологических условий, с рекомендациями перехода на режимы регулирования промышленных выбросов (Паспорт города ..., 2004). По данным Тольяттинской специализированной гидрометеорологической обсерватории (ТСГМО), максимальные значения концентраций по оксиду углерода  $CO$ , оксиду азота  $NO$ , диоксиду серы  $SO_2$ , бензолу, толуолу, ксилолу не превышали предельно допустимых. Среднегодовые концентрации по большинству загрязняющих веществ находились в пределах установленных санитарных норм. По сравнению с прошлым годом отмечено снижение среднегодовых концентраций по аммиаку и ароматическим углеводородам. Случаев превышения ПДК в три и более раз, высокого и экстремально высокого загрязнения атмосферного воздуха вредными примесями в течение 2009 года не зафиксировано. Однако, стабильное загрязнение городской среды обнаружено, накопление

которого из года в год ухудшает состояние древесных насаждений соответственно (Боровкова, 1987; Хворов, 1996).

В Самарской области лето 2010 года, отличалось тремя месяцами отсутствия дождей, экстремальной сухостью воздуха и как следствие многочисленными пожарами, которые погубили много гектаров драгоценного леса. Жара, температура более 40 °С, плюс 45 °С в тени, плюс 70 °С на почве, сухая земля на глубине 3-6 метров, постоянно палящее солнце, а так же отраженное тепло и свет в городской черте. Эти факторы повлияли на насаждения древесных растений, произрастающих в городе и пригороде. В течение последующих лет, выявился факт, говорящий о том, что особи даже устойчивых и среднеустойчивых видов (например, береза повислая *Betula pendula*) продолжают страдать и усыхать.

На основании проведенного обзора научной литературы можно сделать следующие выводы: береза повислая *Betula pendula* одна из самых чувствительных к воздействию техногенных факторов древесных растений; именно ее листья обладают высокими поглотительными качествами и адаптивными реакциями проявляющемся на анатомо-морфологическом уровне; так береза повислая *Betula pendula* является распространенным, быстрорастущим, с плотной кроной, древесным видом в городских насаждениях (Фролов и др., 1986; Чистякова, 1997; Гелашвили и др., 1999; Константинов, 2001; Лищинская, 2003; Хузина, 2010; Хикматуллина, 2013). Березу повислую *Betula pendula* рассматривают как растение-сенсор, которое можно использовать для оценки уровня суммарного загрязнения воздуха, для отдельных компонентов загрязнения (сернистого газа, аммиака и т.п.), для определения уровня загрязнения и как индикатор-концентратор тяжелых металлов (Кавеленова, 2006).



### **1.1.1. Воздействие техногенных факторов на городские древесные насаждения**

Городские древесные насаждения выполняют важные средообразующие и средозащитные функции в городской среде: санитарно-гигиенические, архитектурно-эстетические, декоративно-планировочные и эмоционально-психологические (Васильченко, 1960; Гроздова и др., 1986; Зеленые насаждения ..., 1987; Чистякова, 1989; Ухваткина, 2008). В создании благоприятных условий для жизнедеятельности человека наиболее важна санитарно-гигиеническая роль древесных растений. Для оптимизации условий урбанизированных территорий, зеленые насаждения на улицах городов обычно рассматриваются, прежде всего, для человека как в гигиеническом отношении (улавливание пыли, снижение шума, улучшение микроклимата и т. д.), так и в эстетическом (Зеленые насаждения ..., 1987; Ипатов и др., 1988; Плотникова, 1994; Соколова, 2003; Лыкшитова, 2014). Зеленые насаждения участвуют в формировании микроклимата территории города и обеспечивают защиту человека от неблагоприятных климатических воздействий в целом (Зеленые насаждения ..., 1987). Зеленые насаждения очищают, увлажняют и обогащают кислородом и фитонцидами атмосферу, изменяют радиационный и температурный режимы, ионизируют воздух, формируют микроклимат, служат фильтром для загрязнителей воздуха и пыли, рассеивают слишком яркий свет, сглаживают экстремальную температуру снижают силу ветра и шума (Pike et al., 1962; Полтараус, 1966; Brush, 1970; Perring et al., 1970; Раунер и др., 1972; Davis et al., 1979; Meyer, 1982; Sanders et al., 1982; Dierssen, 1983; Артамонов, 1986; Dufiner et al., 1988; Holland, 1989; Лукаревская, 2007 и др.).

В современных условиях древесные растения, произрастающие в насаждениях города, испытывают на себе высокое техногенное воздействие (Миркин, 1984). Древесные насаждения, необходимые для

оздоровления городской среды, сами при этом нуждаются в защите. Городская среда существенно отличается от естественных природных условий, в которых были сформированы и наследственно закреплены эколого-физиологические особенности древесных растений (Одум, 1975). В урбоэкосистемах растения вынуждены приспосабливаться к неблагоприятным для них экологическим условиям – загрязненному атмосферному воздуху, недостаточному освещению, своеобразному физико-химическому режиму городских почв и другим факторам среды. Все это приводит в итоге к снижению устойчивости растений, в том числе к вредителям и болезням. В сложной и взаимообусловленной системе «растения – промышленная среда» отмечается не только воздействие растений на окружающую среду, но и обратное влияние среды на растения. Например, загрязнение атмосферы отрицательно влияет на городские древесные растения, приводя к нарушениям биохимических и физиологических процессов, вызывая общее ухудшение существования, повреждение листовых пластинок и даже гибель растений (Николаевский, 1979).

Ухудшение экологической ситуации в городе ведет к неблагоприятному исходу для зеленых насаждений. Под экологической ситуацией в городе понимают совокупность взаимодействия факторов, формирующих качество окружающей среды. Состояние городских экосистем подразделяют на три группы (Фролов, 1998). В первую группу входят факторы, мало изменяющиеся во времени и обусловленные географическим положением города. Во вторую – техногенные факторы, как следствие развития промышленности и транспорта. А в третью – социальные факторы. Известно, что на растения в урбанизированной среде максимальное влияние оказывает загрязнение воздуха, транспорт и рекреационные нагрузки (Meyer, 1982; Sanders et al., 1982; Dierssen, 1983; Артамонов, 1986). Воздействие на растение – сложное явление, затрагивающее физиологические и биохимические процессы, приводящие,

например, у лиственных пород, к разрушению структуры клеток листовой пластинки и т.д. Так повреждение насаждений произрастающих в районе действия промышленных выбросов, проявляются в преждевременном пожелтении и опадании листьев, снижении подроста, ослаблении и в конечном итоге усыхании деревьев (Николаевский, 1979; Фролов, 1998). На ход обмена веществ и состояние организмов влияют такие условия среды: свет, температура, влажность, солевой состав воды или почвы, давление, сила ветра или течения и др.

Город считают более «сухой» территорией на фоне окружающего природного ландшафта (Dierssen, 1983; Артамонов, 1986). Основные городские экологические факторы (запыление, загрязнение и т.п.) существенно отличаются от тех, которые влияют на растения в естественной среде. В городских условиях сильно видоизменены и другие факторы (световой и гидрологический режим, температура, почвенный покров и т.д.), которые негативно отражаются на жизнедеятельности растительных организмов в целом (Зарубин, 1986). Для растений температурный режим в урбосреде необычен и определяется специфическим микроклиматом города. Территории города содержат такие участки тепла, характеризующиеся повышенными температурами, влияние которых распространяется и на окружающие территории. Световой режим зависит от географического положения города, от этого зависит количество поступающей солнечной радиации, влияющего на состояние атмосферного воздуха. Поток солнечной энергии снижается в случае запыления и задымленности воздуха. В урбосреде меняется качество света (спектральный состав): он содержит меньше ультрафиолетовых лучей и фотосинтетически активной радиации (ФАР) (Ручин, 2009). Комплекс данных факторов отрицательно влияет на интенсивность фотосинтеза городских древесных растений. Гидрологический режим урбосреды зависит от поступления воды в почву, что затруднено из-за асфальтовых покрытий, хотя в черте города осадков

выпадает больше, чем в пригородах (Николин, 1977). Однако, для растений большая часть влаги теряется, поступая в канализационную систему. Водный режим растений осложняется повышенной сухостью воздуха урбосреды, что приводит к перегреванию запыленных листовых пластинок и влияет загрязняющими веществами на целостность устьичного аппарата. Деревесные растения, растущие изолированно в условиях города, страдают от перегрева листовой поверхности и потери воды через транспирацию.

Городские древесные растения в зеленых насаждениях способны нивелировать неблагоприятные для человека факторы природного и техногенного происхождения (Davis et al., 1978; Гальперин, 1980; Большаков, 1981; Dorney, 1984; Zimmermann-Pawlowsky, 1985; Sukopp, 1987; Sukopp et al., 1988; Горышина, 1991; Beckhem, 1992; Авдеева, 1999; Виньковская, 1999; Захаров и др., 2003; Дружкина, 2007). Зеленые насаждения защищают почву и поверхности стен зданий от прямого солнечного облучения, предохраняют их от сильного перегрева и от повышения температуры воздуха (Зеленые насаждения ..., 1987). Нагреваясь, поверхность листовых пластинок деревьев испаряет в воздух большое количество влаги. Зеленые насаждения образуют полезные воздушные потоки: загрязненный воздушный поток встречает на своем пути зеленый массив, замедляет скорость, под влиянием силы тяжести 60-70 % пыли, содержащейся в воздухе, оседает на деревья и кустарники (Костюкевич, 1974; Кучерявый, 1984; Зеленые насаждения ..., 1987; Мауринь и др., 1988). Значительная часть пыли оседает на поверхность листьев, веток, стволов, которая во время дождя смывается на землю. Некоторое количество пыли выпадает из воздушного потока, наталкиваясь на стволы и ветви. Способность древесных растений, за счет ассимиляционных органов, очищать воздух от твердых частиц пыли, копоти, сажи и газов является их важнейшей средоформирующей функцией, обусловленной физико-механической способностью поверхности листовых пластинок и ветвей задерживать и осаждать пыль

(Ассортимент газоустойчивых ..., 1973). Запыленность воздуха на озелененных участках жилого микрорайона на 40 % ниже, чем на открытых площадях (Машинский, 1973; Прототопова, 1996; Татарина, 2000; Степанов, 2002). Деревьями улавливается до 70-80 % аэрозолей и пыли, а в зимний период городские насаждения снижают концентрацию пыли в воздухе до 30% (Radulovič, 1984; Терехина, 1998; Фролов, 1998). Пыль оказывает вред процессу фотосинтеза растения, забивает поры и мешает развитию и жизни листовых пластинок. Шершавые, складчатые, покрытые волосками (опушенные), липкие листовые пластинки осаждают и удерживают большее количество пыли, нежели гладкие.

Загрязнение городского воздуха является сильнодействующим стрессовым фактором для растений. Одним из таких факторов является автомобиль – основной загрязнитель атмосферы смесью вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах. Более 80 % всех выбросов в атмосферу составляют выбросы оксидов азота и углерода, двуокиси серы, углеводородов, твердых веществ (Цыпилова, 2012). Доля транспортного загрязнения воздуха составляет более 60% по угарному газу и более 50% по оксидам азота от общего загрязнения атмосферы этими газами (Молодцов, 2014). Доля автотранспорта в общих выбросах ядовитых веществ в городах может достигать 60-80 % (Цыпилова, 2012; Молодцов, 2014). Из газообразных загрязняющих веществ в наибольших количествах выбрасываются окислы углерода, углекислый газ, угарный газ, образующиеся преимущественно при сгорании топлива. В больших количествах в атмосферу выбрасываются оксиды серы: сернистый газ, сернистый ангидрид, сероуглерод, сероводород и другие. К числу постоянных ингредиентов газового загрязнения атмосферы относятся также свободный хлор и его соединения. Повышенное содержание загрязняющих газов обнаруживают в выхлопных газах неотрегулированного двигателя, а также двигателя в режиме прогрева. Основная причина загрязнения воздуха заключается в неполном и

неравномерном сгорании топлива. Всего 15 % его расходуется на движение автомобиля, а 85 % «летит на ветер». К тому же камеры сгорания автомобильного двигателя – это своеобразный химический реактор, образующий ядовитые вещества и выбрасывающих их в атмосферу. По официальным данным, автомобиль, двигаясь со скоростью 80-90 км/ч в среднем превращает в углекислоту столько же кислорода, сколько 300-350 человек (Молодцов, 2014). Годовой выхлоп одного автомобиля – это 800 кг окиси углерода, 40 кг окислов азота и более 200 кг различных углеводородов. Реакция растений на присутствие в воздухе токсичных газов проявляется не только в снижении общей оводненности тканей, но и в кардинальных перестройках в самом организме или в ухудшении жизненного состояния и впоследствии гибели (Кулагин, 1968; Фролов и др., 1986; Тарабрин, 1980).

### **1.1.2. Устойчивость городских древесных насаждений к техногенным факторам**

Под экологической устойчивостью древесных растений понимают их способность сохранять свою структуру и функции в процессе воздействия внутренних и внешних факторов (Бухарина, 2007; Хмелевская, 2008). Например, выдерживать значительные концентрации вредных веществ без снижения стабильности развития. Такая способность реализуется за счет морфологических, физиологических, анатомических и биохимических особенностей организма растения (Илькун, 1971; Часовенная, 1977; Горшкова, 1982; Крамер, 1983; Савицкая, 1988; Полевой, 1989; Кушниренко, 1991; Шемберг и др., 1994; Николаевский и др., 1998; Татарина, 2000; Захаров и др., 2001; Буинова, 2002; Скопим, 2002; Бухарина, 2007; Хмелевская, 2008; Хузина, 2010; Хикматуллина, 2013; Лыкшитова, 2014; и др.). Растения обладают различными видами устойчивости: газоустойчивость, пылеустойчивость, засухоустойчивость,

морозоустойчивость, зимостойкость, холодоустойчивость, заморозкоустойчивость, жароустойчивость, радиоустойчивость, патогеноустойчивость (Баславская, 1964; Определитель болезней ..., 1966; Кулагин, 1985; Савицкая, 1988; Каплин, 2001; Рожков, 2001; Федорова и др., 2001; Булыгин и др., 2003; Матвеев, 2006; Воскресенская, 2008; Родионова, 2008; Ручин, 2009; Биомониторинг состояния..., 2014). По степени устойчивости выделяют устойчивые, среднеустойчивые и неустойчивые (чувствительные к загрязняющим веществам) растения. Например, для лиственных растений, критерием этого служит размер площади некрозов в процентах от общей поверхности листовой пластинки (Хикматуллина, 2013). Экологическая устойчивость связана со способностью поврежденных растений к регенерации.

Современные темпы урбанизации сказываются на экологической обстановке в городах и непосредственно влияют на устойчивость древесных растений. В связи с этим появляются исследования, посвященные изучению различных механизмов адаптации растений к агрессивным воздействиям городской среды, где анализируются особенности приспособления разных видов к техногенным условиям (Матвеева, 1997; Бухарина, 2007; Скобельцина, 2011; Лыкшитова, 2014). Многие авторы отмечают комплексное воздействие негативных городских факторов природного и техногенного характера на рост и развитие растений, их способность к репродукции, так же наличие различных изменений (Лиэпа, 1977; Ловелиус, 1980; Карпенко, 1981; Мартыненко и др., 1981; Коженков, 1983; Бурда, 1989; Ковалев и др., 1990; Николаевский, 2002; Серикова, 2003; Бухарина, 2007; Кулагин и др., 2015 и др.). Город привносит в природную среду, новые для нее, нехарактерные химико-физические, биологические агенты и энергетические потоки, повышающие их фон и приводящие к нарушению функционирования экосистемы и ее отдельных элементов (Николаевский, 2002; Бухарина, 2007).

В городской черте происходит изменение в экосистеме, нарушается устойчивость растений за счет влияния на них следующих компонентов техногенного воздействия: тепловые аномальные поля инженерных коммуникаций; подтопление территории города, в том числе связанное с утечками из подземных водонесущих коммуникаций; пылевые загрязнения снегового покрова; асфальтобетонное покрытие улиц и площадей, препятствующее нормальному воздухо- и влагообмену в местах посадки и роста древесных растений; нарушение травянистого покрова и его обеднение; освещение города в ночное время, приводящее к сильному повреждению растений насекомыми у которых изменилось поведение (Купянская, 1972; Жижин и др., 1985; Емельянов, 1994; Гласьева и др., 1998). Интенсивность поступления вредных веществ в организм растения зависит от анатомо-морфологической устойчивости. Так же устойчивость растений нарушается путем химического загрязнения воздуха результатом которого являются: «высасывание» из листовых пластинок воды, приводящее к их усыханию; закупорка устьиц, нарушающая воздухо-, влаго- и теплообмен; перегрев листовых пластинок; нарушение нормального хода фотосинтеза в результате более сильного отражения солнечного света; изменение водного и теплового баланса растений в результате поглощения инфракрасного излучения (Василевская, 1954; Гриненко, 1960; Кулагин, 1966; Илькун, 1971; Жижин и др., 1985; Емельянов, 1994; Ибрагимов, 1995). Морфогенез листовой пластинки осуществляется на основе химико-физиологических способов заложения боковых элементов, таких как полимеризация, олигомеризация, интеркалярный, акро- и базипетальный рост, параллельный и дивергентный способы. Исследователи рассматривают модель морфогенез листа, которая имеет восемь эффектов, модулирующих развитие (Кавеленова, 2006).

К экстремальным факторам, непосредственно воздействующим на древесные растения, относят транспорт – автомобильный и



железнодорожный, а также негативные условия водного, светового и температурного режимов города (Соколова, 2003). К основным фитотоксикантам, нарушающим обменные функции у растений, относят загрязняющие вещества атмосферы. Согласно исследованиям в полевых и лабораторных условиях, устойчивость вида даже к одному виду загрязнения зависит от различных причин: климатических условий, удаленности от источника загрязнения, интенсивности и режима выбросов в атмосферу, от физико-географических условий района, обеспеченности растения питательными элементами, времени суток и др. (Илькун, 1971; 1978; Кулагин, 1974). Загрязнение городской среды является причиной изменения морфометрических показателей у древесных растений, которые выразились в формировании у них адаптивных изменений – мелколиственность, связанная с уменьшением площади листовой пластинки и увеличением их удельной плотности (Скобельцина, 2011). Существует ограниченное влияние дороги на зеленые насаждения, то есть с удалением от дороги влияние выхлопных газов снижается, но прослеживается до 60 см (Зеленые насаждения ..., 1987; Смит, 1988).

В настоящее время многими учеными-экологами, работающими в эколого-физиологическом направлении, проводится сравнительный анализ эколого-физиологических параметров в онтогенезе растений в условиях загрязнения урбосреды, оценка толерантности растений разного биологического возраста к комплексу антропогенных воздействий; выявление биоиндикационных характеристик для оценки состояния городской среды (Николаевский, 1998; Макеева, 2002; Лищинская, 2003; Борисова и др., 2004; Рыжова, 2008; Мокшина, 2012; Хикматуллина, 2013; Лыкшитова, 2014; и др. ).

Существующая проблема устойчивости древесных растений к загрязняющим факторам городской среды в настоящее время приобретает практическую направленность (Мокшина, 2012; Хикматуллина, 2013; Лыкшитова, 2014). Для города, с точки зрения санитарно-гигиенической

функции, зеленые насаждения должны быть высокоустойчивыми и производительными, а так же служить эффективным фильтром, который очищает воздух от различных примесей (газообразных, аэрозольных) (Зеленые насаждения ..., 1987). Исследователи отмечают, что сформировывать новые и поддерживать сложившиеся ценозы сложно (Кунцевич, 1957; Ионин, 1961; Кулагин, 1974). Видовой состав, плотность и структура размещения зеленых насаждений, которые необходимо формировать находит прямую зависимость от экологических условий среды и режима задымления (Илькун, 1971, 1978; Кондратюк, 1980; Сергейчик, 1994). Растения, попадая в различные условия, аккумулируют различное количество веществ, изменяют предел безвредного и (или) поражающего накопления фитотоксикантов в листовых тканях, даже с учетом идентичности состава и концентрации токсических элементов в окружающей среде (Малахова, 2004).

Газоустойчивость растений связана со способностью противостоять действию вредных газов, при этом сохраняя нормальный рост, развитие и декоративность. Чем быстрее растение восстанавливает свои ткани и органы после отравления вредными примесями атмосферы, тем оно менее чувствительно. За увеличение повреждаемости растений газами отвечают такие факторы: повышенная температура, влажность воздуха и солнечная радиация (Рябинин, 1965; Обыденный, 1982; Николаевский, 2002; Малахова, 2004; Цыпилова, 2012). Большое значение в устойчивости растений к газам имеют следующие особенности: интенсивность морфологических и биологических процессов роста и развития растений, их экологическая пластичность, географическое происхождение, возраст растений, а также фотопериодизм (Николаевский, 2002).

Вредные вещества влияют на режим работы устьичного аппарата, площадь поверхности различных органов растения, воскового налета, мощность кутикулы и т.д. Лиственные породы по сравнению с хвойными к газам более устойчивы, потому что самыми устойчивыми ко всем видам

загрязнений являются их листовые пластинки, обладающие прочным восковым налетом, перекрывающим устьичные клетки (Василевская, 1954; Воронкова и др., 1996; Константинов, 2001; Ерофеева, 2013). Физиологическая и биохимическая устойчивости характеризуются индивидуальными особенностями метаболизма, скоростью протекания биохимических реакций, способностью ядовитые вещества, связывать их белками цитоплазмы и выводить из организма (Крамер, 1983; Полевой, 1989; Воскресенская, 2008).

В соответствии с проведенными исследованиями Илькуна Г.М. (1971), известно, что загрязняющие вещества вызывают торможение фотосинтеза, которое вызвано разрушением пигментов, изменениями в буферной системе и нарушениями в слаженной работе ферментов, участвующих в регуляции деятельности клетки. По мере того, как разрушаются внутриклеточные структуры, появляются внешние повреждения у ассимиляционных органов и других частей растений, которые видно не вооруженным глазом. При исследовании ассимиляционных органов древесных растений в различных условиях загрязнения учеными было выявлено появление ксероморфных признаков у листовых пластинок: уменьшение их размеров и числа на годичных побегах, утолщение листовой пластинки, увеличение числа устьиц на единицу площади и уменьшение размеров клеток всех тканей листа, толщины кутикулы и эпидермиса, выраженная в подавлении стадии растяжения клеток из-за недостатка ассимилянтов и нарушения гормональной регуляции роста (Николаевский и др., 1998; Ярмишко, 1990). Так же у растений наблюдается замедление роста побегов (боковых и осевых), листовых пластинок; изреживание кроны деревьев, как следствие повреждения и опадения листьев, уменьшении возраста листовых пластинок на дереве (Лыкшитова, 2014).

Существуют различия в устойчивости древесных растений к отдельным видам газов, паров и пыли. В зонах повышенного загрязнения

воздуха должны находиться растения способные переносить без особого ущерба токсиканты, которые постоянно содержатся в приземном слое атмосферы в различных концентрациях. Древесные растения имеют различную избирательную способность к поглощению токсичных компонентов городского воздуха. Каждый вид растений обладает разной устойчивостью к вредным факторам урбосреды. Некоторые растения могут произрастать на территории самих промышленных предприятий, хорошо адаптируясь к действию газов. Отмечают, что в зоне загрязнений одни виды древесных растений сильно повреждаются и гибнут, другие – снижают свою продуктивность, а у последних нет признаков повреждения и они успешно выполняют свои функции (Лыкшитова, 2014 и др.).

Степень воздействия загрязнителя на растение зависит от нескольких факторов: его концентрации и продолжительности действия, видовая принадлежность и стадии онтогенеза растений, их толерантности к загрязнителю, сезона года и состояния окружающей среды (температуры, влажности воздуха и почвы, условий освещенности, силы ветров, условий минерального питания и т.д.) (Горышина, 1991). Например, водопроницаемость почвы под пешеходными тропинками снижается в 7 раз и в 2-3 раза увеличивается глубина промерзания (Калашникова, 2003; Казанцев, 2008). Устойчивость растений понижается на сухих и малоплодородных почвах (Карпачевский, 1981; Пастернак и др., 1983; Калашникова, 2003; Казанцев, 2008).

Устойчивость городских растений, а так же их продуктивность, в неблагоприятных условиях определяются признаками, свойствами и защитно-приспособительными реакциями. Для того, чтобы обеспечить устойчивость и выживание в неблагоприятных условиях растения используют следующие способы: ослабление влияния окружающей городской среды посредством физиологических свойств (выработка защитных веществ – смол, фитонцидов, токсинов, защитных белков), избегание неблагоприятных воздействий (изменение в ростовых

процессах, состоянии покоя и др.) и специальные структурные приспособления (особенности анатомического строения – воскообразная кутикула на поверхности листовой пластинки, корка, механические ткани, мелколистность, отсутствие листовых пластинок, густое опушение, погруженность устьиц, наличие листовых пластинок и стеблей, сохраняющих резервы воды, специальные органы защиты – жгучие волоски, колючки и т.д.) (Лиёпа, 1977; Карпенко, 1981; Мартыненко и др., 1981; Коженков, 1983; Ковалев и др., 1990; Николаевский, 2002; Серикова, 2003; и др.).

Исследователи, анализируя газоустойчивость древесных растений к токсическим веществам выбросов промышленных предприятий и их аккумулярующей способности с учетом совмещения у растений повышенной газопоглощаемости и токсикоустойчивости, составили список видов древесных растений оптимальных для санитарно-защитных зон химических предприятий (Илькун, 1971; Кондратюк, 1980; Сергейчик, 1994; Николаевский и др., 1998). В этот список входят некоторые интродуцированные растения, в сравнении с местными породами более устойчивы к ядовитым примесям в городском воздухе и накапливают их в своих тканях без вреда для себя.

Береза повислая *Betula pendula* не относится к видам, подходящим для городского озеленения около крупных промышленных предприятий, так как считается малоустойчивой к ядовитым газам из-за своей сильной газопоглощательной способности (Гелашвили и др., 1999; Константинов, 2001). Береза повислая *Betula pendula* имеет ионизирующую способность (фитонциды). Она способна снижать концентрации токсических газов и вносить антимикробное действие (Гродзинский, 1975; Шестакова и др., 2000). Так же ее используют как быстрорастущее древесное растение с плотной кроной в создании шумозащитных городских насаждений (Литвинова и др., 1986). Береза повислая *Betula pendula* интенсивно

поглощает окись азота (NO) и аммиак (NH<sub>3</sub>) и устойчива к хлористым соединениям (Малахова, 2004). Этот вид относят к группе самых распространенных устойчивых древесных пород центральной части городов (Хикматуллина, 2013).

В условиях городской среды устойчивость древесных растений обеспечивается соответствующими изменениями в физиолого-биохимических параметрах (изменения в соотношениях свободной и связанной воды и т.д.). Результаты многочисленных исследований показали, что древесные растения способны приспособиться к агрессивным условиям урбосреды, за счет регуляции водного режима и изменения морфометрических показателей листовых пластинок – дисперсность и уменьшение площади, зависящие от микроклимата и ландшафтной площадки города (Костюкевич, 1974; Кочарян, 1999; Лукаревская, 2007).

Растение, обладающее высокой стойкостью к засушливым периодам (суккулентностью), накапливает большее количество воды на меньшую поверхность листовой пластинки. Мелкоклеточная (ксероморфная) структура приводит к меньшему натяжению цитоплазмы при обезвоживании (Баславская и др., 1964). Это способствует лучшей стойкости к завяданию. Городские растения обладают в большей степени ксероморфной структурой и в меньшей – суккулентностью (Баславская и др., 1964). В своих исследованиях ряд ученых отмечают, что это связано с меньшим содержанием общей воды в листовых пластинках и устойчивые городские растения обладают хорошо выраженной ксероморфностью, за счет того, что такие виды слабее поражаются экстремальными факторами, такими как: обезвоживание, токсичные газы и перегрев. (Кулагин, 1966; Николаевский, 1979). К свидетельству об адаптации растений к условиям городской среды относят уменьшение общей оводненности тканей и увеличение количества связанной воды над количеством свободной воды (Николаевский, 1979). В качестве биоиндикационных

показателей городской среды используют морфо-биологические показатели древесных растений, процент пылевого загрязнения и особенности фракционного состава воды (Соколова, 2003; Несветайло, 2009; Лыкшитова, 2014 и др.).

В тканях растений вода представляет собой динамическую и изменчивую величину. Присутствие диоксида серы в воздухе стимулирует открывание и (или) закрывание устьиц. Действие диоксида серы на устойчивые растения приводит к быстрому снижению скорости транспирации. Закрывание устьиц происходит при низкой интенсивности света. Снижение водного потенциала клеток способствует повышению концентрации углекислого газа при низкой влажности воздуха. Листовые пластинки сильно повреждает свинец. Это отражается на водном обмене, транспирации, поглощении воды и доступности почвенной влаги (Полевой, 1989). Исследователи так же отмечают, что оводненность листовых пластинок, которые произрастают в условиях атмосферного загрязнения, на 10-15 % ниже чем у растений находящихся в чистой атмосфере (Илькун, 1971).

Отрицательное воздействие воздушного загрязнения сказывается на листовых пластинках растений. Листовые пластинки растения задерживают городскую пыль и тем, самым очищают воздух, но при этом наносится вред организму. Пыль оказывает на растение химическое и физическое воздействие. Химическое воздействие определено ее составом, количеством и токсичностью для данного вида растения. Физическое воздействие пыли проявляется в том, что происходит образование своеобразного чехла, который препятствует нормальному влаго- и теплообмену листовой пластинки с атмосферой, так же происходит уменьшение интенсивности доступного для растений света. Температура листовой пластинки повышается на 8-10 °С, и увеличивается скорость транспирации (Гусев, 1966; Воскресенская, 2008). Испарение воды прекращается при сплошном покрытии листовых пластинок пылью, и

соответственно в таких условиях растение погибает. В случаях, когда физиологические повреждения не сопровождаются внешними изменениями, обычно признаки поражения растений токсикантами выражаются в некрозах края листовой пластинки, их побурении, уродливых формах листовых пластинок (так называемые «смятые листья»), скручивании, «ожогах», а в некоторых тяжелейших случаях происходит засыхание и опадание листовых пластинок, отмирание растений. Однако, сильное повреждение листового аппарата не всегда приводит к гибели растения. Регенерационная способность растения способствует восстановлению новых листовых пластинок и побегов взамен поврежденных.

Данные для определения физиологических показателей учеными были получены у растений, произрастающих около автомобильных магистралей, на окраине города, удаленных от центра на 5-10 километров (Хмелевская, 2008). Важным фактором водного обмена является интенсивность транспирации. При оседании на листовых пластинках пылевидных частиц происходит изменение транспирации (Воронкова и др., 1989; Малахова, 2004). При изменении оптических свойств листовых пластинок, покрытых пылью, происходит повышение их температуры и как следствие повышение скорости транспирации. Запыленность является причиной нарушения работы устьичного аппарата. В этом случае ограничивается процесс транспирации. У растений, растущих в центре города, наблюдается более высокая интенсивность транспирации, чем с растениями, удаленными от центра города. Так же в условиях урбосреды интенсивность транспирации может увеличиваться более чем в 2 раза для охлаждения листовых пластинок (Самуилов, 1981; Касьянова, 1999). Различия в интенсивности транспирации по годам обычно связаны с погодными условиями (Николаевский, 1979; Рыбкина, 1981).

У растений водный дефицит наступает тогда, когда расход воды превышает его приход – характеристика водного баланса растения



(Рыбкина, 1981; Самуилов, 1981; Ручин, 2009). Водный баланс поддерживается за счет компенсации испаренной воды через листовые пластинки ее поглощением через корни. Соответственно содержание воды останется неизменным, если расход воды и ее приход будут равнозначными. Слабый водный дефицит является причиной уменьшения содержания наиболее слабо удерживаемой воды. Отсюда следует, что водный дефицит является показателем напряженности водного режима растений. Водный дефицит вызывает два фактора – это слишком медленное поглощение воды и слишком быстрая потеря воды, в этих случаях водный дефицит колеблется от 10 до 20% (Крамер, 1983; Касьянова, 1999). Исследователи анализируют следующие характеристики водного режима растений: интенсивность транспирации, водный дефицит, фракционный состав воды (содержание общей, связанной и свободной воды), водоудерживающая способность тканей и степень суккулентности (Хмелевская, 2008). Собственно, неблагоприятные экологические факторы влияют на все этапы водного обмена у растений и транспирацию в целом.

Авторы отмечают, что у растений, растущих в зонах загрязнений, с начала вегетационного периода уменьшается подвижность внутриклеточной воды (Тарабрин, 1980; Савицкая, 1988). Это объясняется тем, что в условиях загрязнения наблюдается повышенное накопление в листовых пластинках растений загрязняющих веществ, при этом повышается содержание связанной воды, общая вода и содержание свободной воды снижается, в целом водный режим у растений находится в условиях пониженной оводненности (Кулагин, 1966). Водоудерживающая способность тканей относится к одному из показателей, который характеризует состояние воды в растениях, водообмена и засухоустойчивости (Гриненко, 1960). Универсальной защитой считают способность растительного организма удерживать воду за счет ее связывания. Отмечают, что изменение водоудерживающей способности связано с уровнем оводненности клеток растений и носит адаптивный

характер (Гусев, 1966; Касьянова, 1999; Лыкшитова, 2014). Растение, обладающее повышенной водоудерживающей способностью, устойчивее к неблагоприятным условиям урбосреды. О водоудерживающей способности судят по количеству потерянной воды за первые 30 минут. К устойчивым относят растения, которые за полчаса теряют не более 4-5% воды от своей массы (Баславская и др., 1964). Увеличение эластичности и вязкости цитоплазмы клеток растений является причиной большой водоудерживающей способности, в результате остается прочно связанная вода. Отмечают, что в этом случае происходит возрастание в клетках наиболее устойчивых растений количества белков, растворимых в воде (Баславская и др., 1964).

Одним из основных загрязнителей атмосферы является автотранспорт. Выбросы автотранспорта – это комплекс различных ингредиентов. В выхлопных газах автотранспорта содержатся оксиды азота и их смесь, угарный газ, сажа (копоть). К выбрасываемым вредным веществам относятся угарный газ (концентрация в выхлопных газах 0,3-10% об.), углеводороды – несгоревшее топливо (до 3%) и оксиды азота (до 0,8%), сажа. Известно, что доля загрязнения воздуха автомобилями составляет более 60% по угарному газу и более 50% по смеси оксидов азота от общего загрязнения атмосферы этими газами. Суммарное действие этих веществ на растения иное, нежели каждого газа в отдельности (Прохорова, 2005; Цыпилова, 2012). Сажа (твердый углерод) является основным компонентом нерастворимых твердых частиц. На саже адсорбируются тяжелые ароматические углеводороды, такие как бенз(а)пирен (Цыпилова, 2012). Сажа в виде пыли оседает на поверхности растений. Двуокись азота негативно действует на растения, вызывая периферическое повреждение листовых пластинок, скручивание их вовнутрь, появление коричневой окраски на завершающем этапе их развития. Основными соединениями свинца в отработавших газах автомобилей являются хлориды и бромиды, а также (в меньших

количествах) оксиды, сульфаты, фториды, фосфаты и некоторые их промежуточные соединения, которые при температуре ниже 370°C находятся в виде аэрозолей или твердых частиц (Цыпилова, 2012). Около 50% свинца остается в виде нагара на деталях двигателя и в выхлопной трубе, остаток уходит в атмосферу с отработавшими газами. Свинцовые соединения оказывают токсическое действие. Они накапливаются в растениях и тем самым создают опасность для устойчивости растений. Повреждения органов растения связано с перемещением свинцовых соединений, поглощенных из воздуха к верхушкам и краям листовых пластинок. На них образуются пятна светло-коричневого и бурого цвета, сопровождающиеся некрозами и иссушением тканей. Газообразные токсиканты оказывают влияние на растение с момента контакта с покровными тканями. Важную роль в проявлении устойчивости растений играет устьичный аппарат листьев, как механизм, с участием которого происходит проникновение газов внутрь листовой пластинки (Малахова, 2004). Сернистый газ, повреждает растения и способствует ослаблению их устойчивости к факторам среды, вредителям и болезням. Молодые листовые пластинки сильнее поглощают сернистый газ и больше страдают. Наряду со снижением количества хлорофилла сернистый газ вызывает сдвиги в структуре мембран хлоропластов. Отмечают, что деформация листовой пластинки связана с действием этилена, содержащегося в выхлопных газах автомобиля. К признакам повреждения растений сероводородом относят – потеря тургора, появление буро-черных и светло-желтых пятен, ожогов в середине листовой пластинки. Происходят патологические изменения: нарушение структуры цитоплазматических мембран, падение интенсивности фотосинтеза и дыхания листовых пластинок растений. Они становятся неправильной формы, происходит утоньшение их мембран. Под действием значительных концентраций вредных газов, особенно двуокиси серы и свинцовых соединений, клетки мезофилла сплющиваются, сама клетка деформируется, происходит

разрушение хлоропластов и падает интенсивность фотосинтеза (Савицкая, 1988; Малахова, 2004). Растение реагирует на газообразные токсиканты в соответствии с их химической природой (реакционностью, концентрацией, продолжительностью взаимодействия с растением), важны также индивидуальные особенности растений (интенсивность газообмена, способность нейтрализовать токсикант и регенерировать частично нарушенные клеточные органеллы и функциональные системы).

Таким образом, можно отметить, что, накоплен достаточный литературный материал по проблемам устойчивости древесных растений в городских условиях. Описаны и исследованы различные типы техногенных факторов урбосреды оказывающих прямое или косвенное воздействие на жизненное состояние растений. Что касается сравнения данных по различным регионам России, несомненно, имеются конкретные экологические исследования, но они нередко локальны или отрывочны.

## 1.2. Изучение воздействия техногенных факторов на городские древесные насаждения территорий России

До недавнего времени в г. Тольятти подобных эколого-биологических исследований стабильности развития березы повислой *Betula pendula* с учетом данных по количеству пыли и автовывбросов не проводилось. Следует отметить, что вопросами ассортимента и состояния древесных насаждений активно занимались сотрудники Института экологии Волжского бассейна РАН (Саксонов, 2006; Рыжова, 2008; Раков и др., 2011; Савенко и др., 2011). Достаточно большое число исследований было проведено по изучению биологических и экологических особенностей местных видов растений (Захаров, 1971; Шаров, 1976; Моисеенкова и др., 1989; Прохорова, 1989; Болдырев, 1995; Ибрагимов, 1995; Емец и др., 1996; Калинин, 1996; Кочергин, 1996; Прохорова, 1996; Матвеева, 1997; Здетовский, 2000; Каплин, 2001; Симонова, 2001; Плаксина, 2001, 2004; Лищинская, 2003; Шабалин, 2005; Кавеленова, 2006; Матвеев, 2006; Казанцев, 2008; Родионова, 2008; Иванова, 2010; Овчаренко, 2011; Саксонов и др., 2012; Козловская, 2014 и др.). Широко освещены в литературе вопросы исследования насаждений, подверженных воздействию антропогенного, в частности промышленного, загрязнения (Рябинин, 1965; Илькун, 1971; Кулагин, 1974; Lumis et al., 1976; Антипов, 1979; Caiazza et al., 1980; Бертитц и др., 1981; Карпенко, 1981; Baker, 1981; Синдаравичюс, 1984; Сергейчик, 1994; Федорова и др., 1987; Вайнерт и др., 1988; Ковалев и др., 1990; Калинин и др., 1991; Симонова, 2001; Кулагин, 2015; и др.). В том числе при изучении лесных экосистем и состояния древостоев исследователями используется широкий спектр методических подходов (Сукачев, 1931, 1938; Третьяков и др., 1952; Корчагин, 1964; Воронцов, 1978, 1984; Алексеев, 1982, 1990; Смит, 1985; Василевич, 1993; Карманова, 1995; Третьякова, 2009; и др.). Методические

вопросы, связанные с характеристикой древесной растительности и отдельных пород в условиях городской среды продолжают разрабатываться и совершенствоваться. Вероятно, это обусловлено как большой специфичностью самого объекта исследований, так и многокомплексным характером воздействующей на него среды, вплоть до критических уровней проявлений отдельных экологических факторов.

Сохранение и развитие биоразнообразия и зеленого фонда городов является экологической стратегией России, в связи с чем была разработана система контроля состояния территорий с зелеными насаждениями. В систему контроля входит различный комплекс организационных мероприятий, которые обеспечивают разработку современных мер по контролю и прогнозу, восстановлению и диагностике, состоянию, уровню и защите территорий с зелеными насаждениями на данный момент (Розенберг и др., 2003; Государственный доклад..., 2016). В систему контроля так же входит эколого-биологический мониторинг, подразумевающий оповещение, диагностику и прогнозирование. Эколого-биологический мониторинг направлен на выявление и оценку антропогенных изменений в биоте и оценку состояния этих систем в целом. В систему оповещения входят отбор организмов и создание таких систем, которые способны с достаточной точностью выделять сигналы «отклика». Методами диагностики обнаруживают, идентифицируют и определяют концентрации загрязняющих веществ в биоте, с помощью – индикаторов на основе биотестирования.

Живые организмы реагируют на химические, экологические и физические изменения в окружающей среде. Такое свойство живых организмов называют биоиндикацией. Она проявляется в особенностях роста и развития живых организмов. В виде биоиндикаторов часто выступают растения, потому что они не могут уйти от стрессового воздействия и вынуждены адаптироваться к нему с помощью различных перестроек: физиолого-биохимических, анатомо-морфологических и

ультраструктурных. В связи с этим они считаются надежными индикаторами загрязнений природной среды различными токсическими веществами. Фиксация и оценка изменений в организме биоиндикатора дают достоверную картину условий места произрастания растений и отражают состояние городской среды.

На основе биотестирования используют метод использования организмов (индикаторов) – биоиндикация, с помощью которой обнаруживают и определяют биологически значимые антропогенные нагрузки (Миркин, 1984; Несветайло, 2009). Биоиндикаторы должны быть многочисленными и постоянно взаимосвязанными с антропогенными факторами. С их помощью получают данные об окружающей среде и ее состоянии в целом, о скорости происходящих в природе изменений, о пути и местах скопления различных загрязнений, а так же на основе полученных данных провести нормирование допустимой нагрузки на экосистемы. В биоиндикации существуют пассивный и активный мониторинг (Несветайло, 2009). В первом случае исследуют видимые и невидимые повреждения и отклонения от нормы, во втором – обнаруживают те же самые воздействия на биоиндикаторах, которые находятся в исследуемой территории. В эколого-биологическом мониторинге различают функциональные и структурные показатели. Функциональные выражаются производными функций по времени (скорость обмена веществ и фотосинтеза, показатели продуктивности, дыхание), структурные - интегралом во времени как определенный итог действий (показатель, характеризующий численность видов и особей, размера и массы особей, количество биомассы, изменение содержание веществ в экосистеме и т.д.). К функциональным показателям относят – показатели продуктивности (роста), показатели трат (дыхание и т.п.), показатели состояния (потребление и усвоение пищи и т.п.) и др. Отмечают, что в мониторинге необходимо учитывать колебания численности исследуемой популяции, причины этих колебаний,

возрастной и половой состав популяции, половые процессы и развитие в целом (Куваев и др., 1992; Емец и др., 1996; Калинин, 1996; Кочергин, 1996; Мониторинг рекреационных ..., 2003; Рысин и др., 2004; Биомониторинг состояния ..., 2014). Для того, чтобы привязать к друг другу показатели всех наблюдений, необходимо одновременно регистрировать эти показатели. В результате такой привязки дают характеристику состоянию экосистемы и осуществляют прогноз этого состояния в будущем (диагностика в мониторинге). Так же нужно устанавливать корреляционные (зависимости) между показателями, которые указывают на изменения в состоянии экосистемы, интенсивность факторов воздействия, изменение биологических реакций.

В настоящее время в исследовании городских древесных растений, произрастающих в условиях техногенного загрязнения и интенсивной урбанизации, используется большое количество методов, имеющих свои недостатки и достоинства подходящих для решения конкретных задач. Многие исследователи при характеристике насаждений используют несколько показателей. Например, исследователи городов Москва и Санкт-Петербург использовали метод фитоиндикационной оценки экологического состояния урбосреды, с помощью которого жизненное состояние древесных растений определяется по физиономическим проявлениям биологических реакций: наличию некрозов и хлорозов листовых пластинок, сквазистости кроны, мелколистности, суховершинности и др. (Булыгин и др., 1995; Терехина, 1998; Уфимцева и др., 2000; Скопим, 2002; Родионова и др., 2015). Исследователи городов Казань, Уфа, Братск, Киров и Нижний Новгород и Усть-Коксинского района использовали методы комплексной оценки физиологического состояния, водного обмена и динамики роста листовых пластин, а так же характеристик роста и развития листовых пластинок и самих древесных растений в целом (Гусев, 1966; Салихова, 1977; Рыбкина, 1981; Самуилов, 1981; Ильминских, 1982; Зеленые насаждения ..., 1987; Савинцева и др.,



2012; Хузина, 2012; Ерофеева, 2013; Рунова, 2013; Собчак и др., 2013; Хикматуллина, 2013; Кузнецов и др., 2014). Исследователи городов Самара, Ижевск, Воткинск и Кисловодск использовали оценку характеристик роста и развития растений с установленной максимальной величиной транспирации, интенсивностью фотосинтеза, коэффициентом механической поврежденности, анатомическим строением листовых пластинок и фенологическими особенностями развития растений (Силаева, 2000; Кавеленова, 2006; Бухарина, 2007; Мандра и др., 2010; Хикматуллина, 2013).

Отдельными авторами было отмечено, что при выборе методов диагностики состояния городских насаждений необходимо учитывать ряд разнообразных и специфических особенностей растений, так же следует обратить внимание на интегральность методического подхода, который подразумевает возможность использования минимального числа характеристик, обладающих четкими диагностическими признаками, технической простотой методов с использованием доступной аппаратуры, а так же возможность использования методов после вегетационного периода (Теодоронский, 2002; Кавеленова, 2006; и др.).

Древесные растения в городских насаждениях рассматривают как объекты для получения информации о физиологических, анатомо-морфологических проявлениях адаптивных реакций по отношению к урбосреде и антропогенному загрязнению (Калинин и др., 1991; Симонова, 2001). Возникшая на базе биологического мониторинга, система фитомониторинга техногенного загрязнения урбосреды рассматривает возможность использования высших растений в контроле качества городской среды. В такую систему входит оценка среды на основе наблюдений за жизненным состоянием, составом и численностью видов растений – фитоиндикация. С помощью фитоиндикации оценивают уровень конкретного экологического фактора косвенным путем, не прибегая к трудоемким экспериментам, и дают объективную оценку

экологической ситуации в городе, а так же прогнозируют дальнейшее влияние различных факторов. Выявление влияния техногенного загрязнения, производится путем сравнения исследуемых городских сообществ с природными аналогами. Сейчас выделяют наиболее удобные для индикации виды и признаки, учитывают уровень отклонения условий в данном климате от оптимума за счет видов-интродуцентов (Силаева, 2000; Родионова, 2008; Иванова, 2010; Овчаренко, 2011; Козловская, 2014).

Фитоиндикация возникла как одно из направлений биоиндикации. Фитоиндикация осуществляется по ответной реакции растений на определенные факторы или по накоплению вредных веществ в тканях растений. Растения отличаются особенностями в метаболизме из-за наличия высокочувствительного фотосинтетического аппарата, поглощающего токсические вещества из окружающей среды. Поэтому их больше используют для диагностики загрязнения воздуха, чуть меньше для диагностики загрязнения почв. Методы фитоиндикации классифицируют на: физиологические, морфометрические, биометрические, фенологические, анатомо-цитологические, биохимические, биофизические, флористические, биоценотические, генетические и экосистемные методы.

Литературный обзор по исследованию урбанизированных экосистем показал, что исследователи для оценки чаще всего используют традиционные и модифицированные методы физиологии и экологии растений, фитоиндикации и лесной патологии (Щербаков и др., 1964; Салихова, 1977; Николаевский, 1979; Полякова, 1979; Синдаравичус, 1984; Савицкая, 1988; Планчан и др., 1990; Сергейчик, 1994; Татарина, 2000; Перевозникова и др., 2002; Степанов, 2002; Серикова, 2003; Рысин, 2004; Сальников и др., 2005; Протопопова, 2006; Рассказова, 2006; Радаева, 2009; Скобельцина, 2011 и др.). К апробированным и широко применяемым относят: морфологический, анатомический, физиологический, физиолого-биохимический и электрофизиологический методы, а так же

спектрофотометрический наземный и дистанционный методы. Подробнее остановимся на первых трех методах. Остальные методы требуют специфического оборудования (Серикова, 2003 и др.) либо мало информативны (Карасев, 1985; Николаевский и др., 1998).

К *морфо-физиологическим методам* относят методы определения биометрических величин вегетативных органов; методы установления отклонений от оптимальных размеров, которые вызваны различной степенью жизнеспособности организма; использование в качестве диагностических признаков изменяющиеся показатели (годовой прирост побегов, площадь и объем листовой пластинки, асимметрия, размеры листовых пластинок и почек и т.д.) (Каплин, 2001; Биомониторинг состояния..., 2014). К уменьшению этих показателей приводит ухудшение их качественного состояния и снижения жизненного тонуса, в независимости от географического положения городов исследований (Ferakova et al., 1987; Beckhem, 1992). Так же снижаются как декоративные, так и санитарно-гигиенические свойства растений (Ловелиус, 1980; Robitaille, 1981; Обыденный, 1982; Robinson et al., 1994; Шемберг и др., 1994; и др.).

Н. В. Прохорова (1989) при анализе состояния насаждений зеленой зоны в Степном Заволжье рассматривала показатели состояния ассимиляционного аппарата растений. При характеристике устойчивости древесных растений в промышленных городах Сибири Е. Н. Прототопова (1982, 1996) изучала площадь листового аппарата. А. Л. Обыденный (1982) отмечал, что сравнительная оценка наличия и степени поражения растений в результате влияния промышленных выбросов не вызывает затруднений, если по радиусу от загрязняющего предприятия на достаточное расстояние протянулось однородное по составу и бонитету насаждение. При этом сравнивают морфо-физиологические показатели древесных растений, произрастающие вблизи предприятия и находящихся на большом расстоянии, вплоть до прекращения всякого влияния предприятия

(Щербаков и др., 1964; Антипов, 1979; Бондарь, 1982; Обыденный, 1982; Синдаравичус, 1984; Федорова и др., 1987; Воронкова, 1989; Прохорова, 1989; Сергейчик, 1994; Шихова, 1994; Булыгин и др., 1995; Неверова, 2001; Скопим, 2002; Серикова, 2003; Дружкина, 2007; Скобельцина, 2011; Копылова, 2012). В действительности это сделать непросто, так как влияние воздушных выбросов нередко распространяется на десятки километров и каждый из конкретных в пределах этой зоны участков, как правило, имеет свои индивидуальные черты, отличающие его по характеру растительности и микроклиматическим условиям, почвам или особенностям индустриального освоения (Обыденный, 1982; Прототопова, 1996).

Использование морфологических методов не требует сложной и дорогостоящей аппаратуры, и многие исследователи признают их ведущими при определении состояния растений в городских насаждениях (Третьякова, 1999; Захаров и др., 2005; Kozlov, 2014). Однако, В. А. Алексеев (1989) указывает на некоторый недостаток морфологических методов: уменьшение размеров листовых пластинок под влиянием загрязнений происходит далеко не у всех особей, поскольку этот показатель широко варьирует в связи с генетическими особенностями деревьев, различием в положении особей в древостое, а также зависит от порядка ветвления, возраста и положения ветви в кроне.

В *анатомо-физиологические методы* входят методы определения структуры, размеров и особенностей тканей в вегетативных органах растений; диагностика внутренних нарушений у растений под воздействием различных городских загрязнителей. По изменению размеров отдельных тканей и их соотношений судят об уменьшении степени жизнеспособности древесных растений в урбосреде (Василевская, 1954; Васильев, 1988; Воронкова и др., 1996; Константинов, 2001; Буинова, 2002; Скопим, 2002; Хузина, 2010; Лыкшитова, 2013; Хикматуллина, 2013). Для устойчивых видов древесных растений характерны такие

признаки, как большее число устьиц на  $1 \text{ мм}^2$  поверхности листа; меньшая длительность и степень открытости их в течение дня; большая толщина кутикулы и наличие дополнительных покровных образований; меньшая толщина и вентилируемость губчатой паренхимы; меньшая величина отношения высоты палисадной ткани к высоте губчатой (Таран и др., 1977; Николаевский, 1979; Тарабрин, 1980; Фролов и др., 1986; Фролов, 1998; Хузина, 2010). Исследователями отмечается, что по мере ухудшения условий жизнедеятельности растений, в их организме происходят значительные изменения: изменяются размеры и количество устьиц, уменьшается толщина листовой пластинки и губчатой паренхимы, увеличивается слой верхнего эпидермиса и палисадной паренхимы, изменяется соотношение столбчатой и губчатой паренхим и т.п. (Николаевский, 1979; Фролов и др., 1986; Фролов, 1998; Хузина, 2010).

Анатомические методы находят применение в углубленной характеристике функционального состояния наиболее ценных растений в городской среде. Эти методы требуют специальной подготовки и соответствующей аппаратуры. Многие методы оценки степени поражения древостоев различными промышленными загрязнениями включают в себя различные шкалы с баллами состояния древостоев, который выводится по отдельным показателям или по их совокупностям с использованием следующих способов: визуально по внешним симптомам поражения древесных растений (Коженков, 1983; Федорова и др., 1987; Ипатов и др., 1988; и др.); инструментально по физиологическим или таксационным признакам (Ватковский, 1986; Шяпятене и др., 1989); по совокупности физиологических, морфологических, и таксационных характеристик (Карпенко, 1981; Обыденный, 1982; Шяпятене и др. 1989; Федорова и др., 1987; Зайцева и др., 1988; Ковалев и др., 1990; и др.). Исследователи отмечают, что для древесных растений с многолетним циклом развития степень повреждения листовых пластинок и состояние дерева не всегда являются синонимами, поэтому необходимы дополнительные методы

оценки жизненного состояния деревьев (Алексеев, 1990; Калинин и др., 1991; и др.). Например, энтомологами была разработана универсальная шкала состояния деревьев, имеющих повреждения от насекомых и пожаров (Санитарные правила..., 1970; Купянская, 1972). Она отражает основные категории жизнестойкости деревьев полно и без дробности. Однако, многие исследователи отмечают необходимость определенного уточнения критерий и доработки этой шкалы и ей подобных (Алексеев, 1982, 1989; Зайцева и др., 1988; и др.). В частности, В. А. Алексеевым (1989) была предложена модифицированная шкала категорий жизненного состояния на основе внешнего вида деревьев. По подобию шкалы из «Санитарных правил» (1970), используются наиболее общие и значимые признаки, с учетом того, что информация шкалы не предназначена для индикации причин состояния дерева. Для этого требуются дополнительные специфические признаки, так как прогнозная ценность диагностических признаков неодинакова (Алексеев, 1989, 1990; Зайцева и др., 1988; и др.).

В. А. Алексеев (1990) отмечает, что степень повреждения ассимиляционного аппарата листовых пород характеризует современное состояние особей. Однако не всегда отражает состояние деревьев на следующий год. Предлагается для прогнозных оценок использовать более информативный признак – состояние ветвей верхней половины кроны деревьев. Так же в оценке состояния городских древесных насаждений применяют различные балльные шкалы, в которых идет подразделение деревьев в городских насаждениях на 3-4 группы с использованием показателей анатомо-морфологических особенностей листовой (Озеленение населенных мест..., 1987; Теодоронский, 2002; и др.). Некоторые авторы отмечают трудоемкость таких исследований, так как трудно быстро оценить состояние большого количества деревьев, и предлагают трехбалльную шкалу, в которой деревья оцениваются по степени развития кроны и интенсивности повреждений кроны и ствола. (Ватковский, 1986; Ипатов и др., 1988; Артемьев, 1994).

Для древесных растений лучшим вегетативным органом является лист растения. При антропогенных воздействиях в листьях происходят морфологические изменения (появление асимметрии, уменьшение площади листовой пластины и т.п.). При формировании листовой пластины, по мере накопления токсических веществ, происходит торможение ростовых процессов и лист деформируется. При окончательном формировании листовых пластин на деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях (Горышина, 1991).

Изменение стабильности развития организма является первой реакцией на различные внешние стрессовые воздействия (Захаров и др., 2001). В таких случаях приоритетными являются методы оценки качества окружающей среды, которые будут выступать как способы раннего предупреждения, позволяющие выявлять начальные изменения в состоянии организмов. Например, метод оценки качества среды, разработанная в Институте биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН авторским коллективом ученых под руководством д.б.н., чл. корр. РАН В.М. Захарова и рекомендуемая Центром экологической политики России (Захаров и др., 2001; Захаров и др., 2005). Это наиболее доступная и широко применяемая морфологическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия листа как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям. Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния. Такие различия являются результатами ошибок в ходе развития организма. При нормальных условиях их уровень минимален, любое стрессовое воздействие приводит к увеличению асимметрии (Захаров и др., 2005). Показатель асимметрии указывает на наличие в среде обитания живых организмов негативного фактора (Методические рекомендации ..., 2003; Захаров и др., 2011;

Башмакова, 2014; Хикматуллина, 2014). Это могут быть абиотические (затенение, бедная почва, погода года, климат), биотические (обитание биологического объекта на краю ареала) и антропогенные (урбанизация, автотранспорт, загрязнение вредными веществами) факторы. Показатель откликается повышением на изменение фактора и стабилен при адаптации к имеющимся условиям (Захаров и др., 2001; Захаров и др., 2005). Таким образом, на основании периодического вычисления показателя прослеживаются изменения условий обитания объекта и состояния самого объекта.

Загрязнение среды влияет на водный режим растения. Водоудерживающая способность является одним из универсальных показателей подвижности внутриклеточной воды, которая зависит от фактора напряжения (водоудерживающие силы) (Николаевский, 2002). По величине водоудерживающей способности исследователи судят об устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды (Гусев, 1966; Самуилов, 1981; Кушниренко, 1991; Николаевский, 2002). Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды напрямую связана с водоудерживающей способностью тканей. Одним из способов снижения потерь воды в неблагоприятных условиях является перевод ее в осмотически неактивную связанную форму (Бухарина, 2007). На водоудерживающую способность листьев древесных растений существенное влияние оказывает взаимодействие видовых особенностей и условий места произрастания (Бухарина, 2007). Растения менее выносливые часто имеют более низкий уровень показателя водоудерживающей способности (Николаевский, 2002). К тому же показатели водного режима листьев древесных растений изменяются под влиянием техногенного загрязнения и от погодных условий сезона наблюдения. Для нормального функционирования листового аппарата важное значение имеет его способность удерживать влагу в условиях стресса. Данный показатель клеток может служить информативным для



характеристики водообмена растений в условиях техногенной среды, а так же и показателем качества среды.

Исследователи отмечают, что широкий диапазон водоудерживающей способности листовых пластинок в различных экологических условиях, может свидетельствовать о высокой экологической пластичности вида, о его адаптационных возможностях (Бухарина, 2007). Предлагаемая методика позволяет сравнивать по исследуемому показателю растения разных экологических групп. Водоудерживающая способность характеризует свойство растений накапливать и удерживать влагу в своем теле в течение более или менее продолжительного времени. Водоудерживающая способность является видоспецифическим признаком и зависит от скорости потери воды тканями, которая, в свою очередь, определяется особенностями белков цитоплазмы (Николаевский, 2002). Чем медленнее растение теряет воду, тем выше его водоудерживающая способность и, следовательно, оно может дольше выносить обезвоживание (Гусев, 1966; Самуилов, 1981; Кушниренко, 1991; Николаевский, 2002). Чем больше водоудерживающая способность листьев, тем более устойчивым оказывается вид к экологическому загрязнению. Вода, содержащаяся в тканях растений, обеспечивает жизненно важные процессы — транспирацию и тургор (показатель насыщенности влагой). Ее доступность во внешней среде является условием нормального существования растений. Количество воды в растениях изменяется в течение вегетационного периода. Максимальное и минимальное ее содержание является характерной чертой вида. Эту методику используют для мониторинга и с ее помощью выявляют максимум и минимум содержания воды в течение вегетационного периода у растений одного вида. Кроме того, по этому показателю сравнивают растения разных видов, различных экологических групп или одного вида, но из разных местообитаний. Чем медленнее растение теряет воду, тем выше его водоудерживающая способность и, следовательно, оно может дольше

выносить обезвоживание. Водоудерживающий показатель листовой пластинки диагностирует состояние исследуемого вида, произрастающего в напряженных антропогенных условиях, помогает в оценивании содержания воды в тканях растения, наблюдении за транспирацией, подсчета накопленной и отданной влаги в процентах.

Загрязнение среды влияет на устьичный аппарат растений. Основными функциями устьиц являются газообмен и транспирация. Нарушение функций этих устьиц может привести к гибели листьев и гибели всего растения (Лыкшитова, 2013). Целостность устьичных клеток нарушается под влиянием химических загрязнений воздуха (Шихова, 1997). Замыкающие клетки устьиц не способны регулировать ширину устьичной щели. От этого устьица постоянно открыты и увеличивается расход воды растением на транспирацию. В таком случае происходит увеличение количества устьиц на своих листовых пластинках, тем самым компенсируя уменьшение размеров листьев. Уменьшение площади листовых пластинок необратимо приводит к сокращению устьичного аппарата, потому что увеличение количества устьиц при уменьшении общей площади листьев приводит к сохранению функций газообмена и транспирации листовых пластинок. Функционирование устьичного аппарата зависит как от внутренних факторов (парциальное давление углекислого газа в межклетниках, ионный баланс, возраст листьев, суточные ритмы, наличие фитогормонов и др.), так и от внешних факторов среды (влажность воздуха, освещенность, температура, водоснабжение и др.) (Прохорова, 1989). Подсчитав, количество устьиц на листовых пластинках и сравнив с контролем, получают данные говорящие о состоянии растения, его адаптационной способности, а также о выявлении мест повышенного загрязнения (Фролов, 1979; Шихова, 1994). Загрязнение воздуха влияет на устьичный аппарат растений, приводит к нарушению функций устьиц, влияет на адаптационные способности, фотосинтез, водоудерживающую способность листа и морфометрические показатели

(Прохорова, 1989). В условиях загрязнения среды количество устьиц на листовых пластинках всех исследуемых видов резко увеличивается. Это является морфологическим адаптивным приспособлением к выживанию растений в условиях загрязнения атмосферы. Увеличение количества устьиц на листовых пластинках компенсирует уменьшение дисперсности листьев, как было сказано ранее. Это связано с тем, что уменьшение площади листьев, приводит к сокращению устьичного аппарата, поэтому увеличение количества устьиц при уменьшении общей площади листовых пластинок, способствует сохранению функций газообмена и транспирации листьев. Данные о количестве устьиц хорошо коррелируют с данными о дисперсности листьев.

К распространенным антропогенным факторам относят пылевую нагрузку и выбросы от автомобильного транспорта. Пыль – это мелкие твердые частицы органического или минерального происхождения. К пыли относят частицы меньшего диаметра от долей микрона и до максимального – 0,1 мм. Более крупные частицы переводят материал в разряд песка, который имеет размеры от 0,1 до 5 мм. Состав уличной пыли различный (%): водорастворимые загрязнения (13,5); эфирорастворимые загрязнения (4,9); влага (1,7); углерод (24,7); зола (57,8); оксиды кремния (25,6); окись кальция (8,8); окись магния (2,2); окислы аммония (9,9); азот (1,6); рН в 10%-ной жидкой массе (7,3) (Биоэкологические исследования ..., 2014). Под действием влаги пыль превращается в грязь. Косвенным показателем количества пыли, осаждающейся из воздуха на поверхность земли и содержащей целый ряд вредных веществ: выбросы керамических, цементных, кирпичных заводов, частички шин и асфальтового покрытия, просто частички почвы и различных солей, может служить степень запыленности листовых пластинок широколиственных древесно-кустарниковых пород в различных местах исследований: у дороги, возле промышленных предприятий, жилых домов, в парке, у водоема. Запыленность листовой пластинки является диагностическим показателем

уровня запыленности районов города, где произрастает исследуемый вид (Биомониторинг состояния ..., 2014). Запыленность влияет на фотосинтез, водоудерживающую способность листа, анатомические и морфометрические показатели (Биоиндикация загрязнений ..., 1988; Несветаило, 2009). В свою очередь на количество пыли влияние оказывают: видовые особенности (площадь и клейкость листовой пластинки), условия места обитания (направление и сила ветровых потоков, расстояние до ближайших сооружений и архитектура), взаимодействие этих факторов (Бухарина и др., 2007).

По данным итоговых материалов о социально-экономическом развитии города за 2017 год, Тольятти входит в десятку самых крупных промышленных центров в России за счет действующих предприятий энергетики, химии, строительных материалов и машиностроения, а также растущего потока автомобильного транспорта. Причем на долю автотранспорта приходится примерно 65% всех загрязнений.

На данный момент автотранспорт продолжает оказывать все более негативное влияние на окружающую среду. Если в 70-е годы XX века доля загрязнителей, вносимых автомобилем в атмосферу, составляла менее 13 %, то сейчас она составляет более 60 %. В 2017 году выбросы в атмосферу от автотранспорта превысили объем от стационарных источников в 1,2 раза (Государственный доклад ..., 2018). По данным на 1 июля 2017 года в Тольятти на 1000 жителей приходится порядка 300 автомобилей, и их количество ежегодно увеличивается, даже, несмотря на тяжелую экономическую ситуацию в городе. Соответственно количество выбросов загрязняющих веществ имеет также тенденцию к увеличению. В среднем каждая единица автотранспорта выбрасывает в сутки 4 кг токсичных веществ и пылевых частиц.

Техническое состояние и режим работы двигателей, регулирование системы подачи топлива, организация уличного движения и качество дорожного покрытия существенно влияют на состав и количество

выхлопных газов всех типов машин. Количество вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, оценивается расчетным методом (Молодцов, 2014). Выбросы вредных веществ от автотранспорта характеризуются количеством основных загрязнителей воздуха, попадающих в атмосферу из выхлопных (отработанных) газов, за определенный промежуток времени.

В выхлопных газах автомобилей содержится более 200 соединений и веществ, большинство из которых токсичны. В окружающую среду выделяются оксиды углерода (CO), азота (NO), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), альдегиды, сажа (C), свинец (Pb) и другие. Угарный газ CO (концентрация в выхлопных газах 0,3-10% об.), углеводороды – несгоревшее топливо (до 3% об.) и оксиды азота (до 0,8%), сажа (Биоэкологические исследования ..., 2014). Экспериментально установлено, что в отработанных газах карбюраторных двигателей в период торможения выделяется большое количество углеводородов. Максимальное количество выделения угарного газа наблюдается при работе двигателя на холостом ходу и при перегрузках.

На сегодняшний день древесные растения активно используют в роли биоиндикаторов урбокосистемы (Зеленые насаждения ..., 1987). С их помощью проводят комплексные эколого-биологические исследования и определяют различные загрязняющие вещества в воздушной и почвенной средах от предприятий и автотранспорта и т.п. (Жижин и др., 1985; Константинов, 2001). Различные виды чувствительны к различным загрязняющим веществам. При озеленении территорий промышленных предприятий, а так же санитарно-защитных зон, обочин дорог выбирают более устойчивые растения. Данные полученные методами биоиндикации используют при составлении карт геохимического загрязнения почв и растительного покрова (Методические рекомендации ..., 1981; Казанцев, 2008; Копылова, 2012).

Известно, что многие физиологические процессы растений обладают специфичной чувствительностью к промышленным загрязнителям. К одним из таких загрязнителей относят кислые газы, которые являются причиной подавления фотосинтеза, начиная со слабого подавления и перерастая в устойчивое (Быков, 1974). Для диагностирования влияния таких газов и для индикации чистоты воздуха разработан сложный метод, требующий специального оборудования, метод определения физиологических ПДК допустимого загрязнения воздуха для растительности, так же определены нормативы ПДК для растений по 11 ингредиентам (диоксид серы, аммиак, диоксид азота, хлор, сероводород, пары серной кислоты, оксид углерода, метанол, бензол, формальдегид, циклогексан) (Шихова, 1994; Прохорова, 1996; Валова и др., 2001; Титова, 2001; Молодцов, 2014; Родионова и др., 2015). Листовые пластинки под влиянием кислых газов проявляется вначале активация, а затем подавление дыхания и изменение его химизма. Исследователи отмечают, что современные методы определения дыхания не позволяют использовать такие нарушения для биоиндикации загрязнения воздуха (Быков, 1974; Титова, 2001; Родионова и др., 2015).

Отдельными авторами сформулированы и обоснованы методические указания по правилам отбора насаждений, модельных деревьев и проб с них для анализов, а так же методов расчета показателей. (Куваев и др., 1992; Емец и др., 1996; Калинин, 1996; Кочергин, 1996; Hodar, 2002; MacFarlena, 2002; Moller et al., 2002; Kozlov, 2014). Конечно, исследователи отмечают, что некоторые методы фитоиндикации загрязнения окружающей среды требуют дополнительной доработки и апробации (Hodar, 2002; Moller et al., 2002; Kozlov, 2014).

В процессе мониторинга встречаются некоторые трудности, такие как, при большом числе исследуемых переменных, число зарегистрированных откликов в экосистеме может быть бесконечным, исследователи предлагают использовать методы фильтрации данных и

принципы отбора этих данных (Ибрагимов, 1995; Зорина, 2009). Например, наличие нормы по одним показателям, патологий по другим и их соотношения идентифицируют «болезнь» экосистемы, а если отсутствуют данные по специфическим показателям при действии разнообразных факторов, то необходимо использовать способ объединения показателей, дающих оценку качеству среды – «хорошо» либо «плохо» (Миркин, 1984).

На данный момент отечественными и зарубежными авторами получен большой объем материала по изучению антропогенного (техногенного) влияния на жизнедеятельность городских и пригородных растений, разработаны методы оценки состояния зеленых насаждений, оценки влияния атмосферных загрязнителей на растительность, биоиндикации чистоты воздуха. К таким методам относятся популяционные, ботанические, морфо-биометрические, физиолого-биохимические, дендрохронологические, биогеоценотические и биофизические методы. Подвергаются изменению структура, размеры и форма крон у древесных растений. По полученным данным были отмечены нарушения в развитии, росте, фаз распускания почек, времени цветения и ускорения процессов старения растений и т.п. такие нарушения развития растений связаны с изменением микроклимата урбосреды. Промышленные газы являются причинами ожогов (некрозов) на листовых пластинках и на хвое; уменьшения площади массы (сырой и сухой) листовых пластинок годичного побега (ксерофитизация), ускорения усыхания нижних ветвей в зеленых насаждениях, снижение линейного роста побегов, снижение размеров и количества ассимиляционных органов на годичных побегах древесных растений и на стебле травянистые растения и сокращения сроков жизни растений (Обыденный, 1982; Николаевский и др., 1998; Цыпилова, 2012). Отмечают высокий уровень дефолиации крон, суховершинность, изменений формы кроны, снижение длины и массы побегов под действием промышленного загрязнения (Антипов, 1979; Арманд и др., 1987; Зайцева и др., 1988; Влияние

промышленного ..., 1990). Становится очевидным, что под постоянным воздействием промышленных газов у растений изменяется анатомическое строение листовых пластинок, увеличивается их ксерофитизация. У растений, произрастающих в промышленных городах, листовые пластинки более мелкие, более толстые с мелкими клетками; у них толщина верхнего эпидермиса и кутикулы меньше, большее число устьиц на 1 мм<sup>2</sup> поверхности листовой пластинки. Так называемое «сгущение» устьиц относят к результату мелкоклеточности эпидермиса (Баславская, 1964; Фролов, 1979). Нарушения в анатомическом строении ассимиляционных органов коррелирует с концентрацией и токсичностью промышленных загрязнений (Фролов, 1979; Бертитц и др., 1981; Борисова и др., 2004). Так же под действием промышленных газов у растений увеличивается ксероморфность строения фотосинтезирующих органов растений в связи с недостатком ассимилянтов (Николаевский и др., 1998). Опираясь на литературный обзор, можно отметить, что ксероморфизм вызывают различные неблагоприятные факторы, такие как недостаток влаги и минеральных веществ, избыток освещенности. В таком случае ксерофитизацию листовой пластинки рассматривают как адаптивную реакцию (Антипов, 1979; Фролов и др., 1986). Сходные изменения в структурах растений под действием различных агентов, указывает на неспецифичность механизма возникновения. Такие изменения, скорее всего, отражают общую реакцию растений на стрессовые факторы. Например, в сильно нарушенных экосистемах отмечают серьезные изменения: уменьшение объема клеток ассимиляционной паренхимы, объема и количества хлоропластов. Особенно в хлоропластах, потому что многие поллютанты концентрируются в хлоропластах и вакуолях (Илькун, 1971; Кунин и др., 1979; Силаева, 2000). Существуют быстрые методы биоиндикации: определение размеров клеток эпидермиса, изучение дневной динамики устьиц, определение числа и размеров устьиц на поверхности листьев и т.д.



Оценка величины коэффициента корреляции показателей условий среды и реакции объекта-индикатора может служить оценкой вероятности связи исследуемого вида с определенным фактором среды.

Таким образом, опираясь на все вышеперечисленные работы и на собственные исследования, нами была проведена комплексная эколого-биологическая оценка состояния березы повислой *Betula pendula* в городских насаждениях с последующим сравнением собственных результатов исследования с результатами аналогичных исследований в других регионах Российской Федерации.

### **1.3. Роль и возможность сохранения городских насаждений березы повислой *Betula Pendula***

Городские зеленые насаждения являются одной из самых важных частей системы жизнеобеспечения города (Зеленые насаждения ..., 1987). Они занимают небольшую часть городской территории, но имеют большую значимость, поэтому проблемы сохранения зеленого фонда должны быть приоритетными целями городского хозяйства (Атаманюк, 1981). В настоящее время одной из проблем состояния зеленого фонда г. о. Тольятти является то, что продолжается интенсивное усыхание березы повислой в местах наибольшей техногенной нагрузки. Этот факт зафиксирован во всех районах города, как в естественных насаждениях, так и в посадках в объектах озеленения (Раков и др., 2003). К виновникам проблем зеленого фонда относят такие факторы: быстрый темп городской застройки, особенности градостроительства, относительная молодость селитебной территории, загрязнение воздушной среды, недостаточное количество финансирования озеленения города и недостаточная культура населения (Краснощекова, 1987). За зелеными насаждениями необходимо систематически ухаживать, например, формировать крону деревьев, производить различные виды обрезки деревьев и кустарников. В результате отсутствия надлежащего ухода большинство старовозрастных и значительная часть средневозрастных деревьев будут иметь и имеют аварийно-опасное состояние крон (Дыренков, 1983; Ерохина, 1987). Отмечается, что в Центральном районе и в старых кварталах Автозаводского и Комсомольского районов города при благоустройстве и озеленении внутриквартальных территорий допущены нарушения строительных норм и правил при посадке деревьев: расстояние от стен домов до стволов деревьев менее 5 м и часто составляет 1-3 м; расстояния между деревьями также менее 5 м, в результате чего деревья растут с

деформированными (отклоненными) стволами и ветвями и в настоящее время представляют собой фактор не комфортности среды, а фактор аварийной опасности для ЛЭП, газо- и трубопроводов, подземных коммуникаций, а также вызывают разрушения отмосток зданий, твердых покрытий, затеняют окна, засоряют ливневые канализации, сточные трубы, угрожают целостности кровель домов (Данилов, 1977; Об утверждении ..., 2015).

Зеленые насаждения березы повислой *Betula pendula* особенно усыхают вдоль автомагистралей и имеют повреждения по причине засыпания засоленным песком, попадания прибордюрной грязи, смета и смыва с автодорог. В настоящее время потери зеленых насаждений вдоль автомагистралей составляют в среднем по городу 45 % от ранее существовавших (Об утверждении ..., 2015). Асфальтовое покрытие, нагреваясь в летние жаркие дни, отдает тепло приземному слою воздуха и почве. При температуре воздуха 26–27 °С температура почвы на глубине 20 см достигает 34–37 °С, а на глубине 40 см – 29–32 °С (Татаринова, 2000; Соколова, 2003). Тем самым создается необычная тепловая обстановка: температура подземных органов березы повислой *Betula pendula* нередко выше, чем надземных. В естественных же условиях, наоборот, жизненные процессы у большинства деревьев протекают при обратном температурном режиме. Городские почвы сильнее выхолаживаются и глубже промерзают, чем в лесных массивах причиной является уборка опавших листьев осенью и снега зимой в холодный зимний период – страдает корневая система березы повислой *Betula pendula*, которая к тому же находится ближе к поверхности почвы, чем у других лиственных пород. Так же в городе береза повислая испытывает недостаток в почвенной влаге из-за стекания ее в канализационную сеть.

Как отмечала Горышина Т.К. (1991) защитные свойства растений во многом зависят от тех экологических условий, в которых они находятся. В городских условиях оптимальными для роста и развития многих деревьев

являются парки площадью 50-100 га и сады, несколько худшими – бульвары и скверы и неблагоприятными – асфальтированные улицы (Теодоронский, 2002). В составе пригородных лесных насаждений у растений наблюдаются более интенсивные процессы фотосинтеза и дыхание по сравнению с теми, которые произрастают на асфальтированных улицах и вблизи магистралей (Фролов и др., 1982). По мере накопления загрязняющих веществ в почвах и тканях деревьев, зеленые насаждения теряют свою биологическую устойчивость и при сохранении существующего в городе уровня промышленных и автотранспортных выбросов могут уже в короткие сроки деградировать (Бухарина, 2007).

Под влиянием антропогенного влияния ткани березы повислой *Betula pendula* изменяют цвет на желтый, охристый, растение поражает хлороз. Степень поражения зеленых насаждений отличается в разных районах города. Отмечено, что большой вред наносит городская пыль – это распыляемый в воздухе асфальт и бетон дорог, резина покрышек автомобилей и т.п. Так же сажа сильно ослабляет газообмен, процессы дыхания и ассимиляции, вызывает угнетение березы повислой *Betula pendula* и ослабления их роста, затрудняет процессы фотосинтеза и дыхания. Причина опадения листьев летом у данного вида – это высокое содержание свинца в воздухе. Деревья тяжело переносят свинцовое отравление.

Согласно исследованиям Сергейчика С.А. (1994) более высокие концентрации свинца (до 1000 мкг/гк) характерны для растительности на техногенно загрязненных территориях: в окрестностях металлургических предприятий, рудников по добыче полиметаллов и главным образом вдоль автострад. Определенное негативное воздействие на растительность городских парков оказывают рекреационные нагрузки. Известно, что переуплотнение почвы в местах массовых гуляний ухудшает ее водно-воздушные свойства и оказывает пагубное влияние на деревья

(Гантимуров, 1960; Гладков, 1982; Бганцова и др., 1987; Смирнова и др., 2001; Калашникова, 2003).

Важно поддерживать устойчивое функционирование зеленых насаждений, как системы в целом, так и отдельных ее компонентов. Береза повислая *Betula pendula* участвует в формировании городской среды, городского ландшафта; несет санитарно-гигиеническую и микроклиматическую роль вместе с другими видами (защищает от транспортного и других шумов, выхлопных газов и пыли, регулирует температурно-влажностный, радиационный и ветровой режимы в пределах объекта и прилегающих территорий, обогащает воздух кислородом и поглощает вредные примеси); несет архитектурно-художественную и эстетическую роль; придает городу индивидуальность; несет рекреационную роль. Сохранение березы повислой *Betula pendula* в зеленых насаждениях г. Тольятти невозможно без определенной и обоснованной стратегии действий, включающей продуманную систему природоохранных и лесоводственных и озеленительных мероприятий, требующих научного обоснования и определенных трудовых и финансовых затрат.

Данную проблему решают в рамках «экологической реабилитации», целью которой является возвращение территории, занятой нарушенным природным комплексом, способности к устойчивому выполнению экологически эффективных функций (Абраменюк, 1996; Грязькин и др., 2015; Об утверждении ..., 2015). Это применительно к участкам природного комплекса, попавшим в зону промышленной и селитебной застройки, оказавшимся в итоге в положении заброшенности или стихийной рекреационной эксплуатации, применим выбор методов эко-реабилитации из всей богатой палитры приемов благоустройства и озеленения (Руководство по разработке ..., 2013). С целью получения достоверной информации о причинах нарушения устойчивости городских зеленых насаждений эффективным может быть «зеленый эко-

мониторинг», который является инструментом действенного контроля состояния древесной растительности и возможности использования полученных данных эко-мониторинга для оценки состояния окружающей среды. Результаты данной работы освещаются через доклады, в которые включают такие сведения, как: экологическая оценка современного состояния зеленых насаждений различных категорий, породного состава и возрастных групп; актуальный анализ роли негативных антропогенных и природных факторов; анализ существующих методов создания и содержания зеленых насаждений и других действий городского хозяйства на состояние древесной растительности (Макевнин, 1991). Такие наблюдения постоянны и долговременны, на их основе можно создать большую базу данных мониторинга, выявлять тенденции развития и динамику состояния зеленого фонда г. Тольятти. На основе полученных данных можно разрабатывать рекомендации по таким мероприятиям, как сохранение и развитие зеленого фонда города.

Возможности сохранения и обновления насаждений березы повислой в городе с высокой плотностью населения и неблагоприятной экологической обстановкой звучит остро. Лес пригородный начали засаживать после пожара 2010 года. Тогда было погублено 26% леса. Береза повислая хорошо адаптирующийся вид (Фролов и др., 1986; Чистякова, 1997; Константинов, 2001; Лищинская, 2003; Хузина, 2010; Савинцева и др., 2012; Ерофеева, 2013; Хикматуллина, 2013; Родионова и др., 2015). Но растущая с каждым годом антропогенная нагрузка настолько большая, что становится больше мертвых особей, чем адаптированных. Для улучшения экологической ситуации в г. Тольятти необходима посадка березы повислой *Betula pendula* в местах, где отсутствует растительность, однако минуя промышленные зоны города. Сохранение особей так же необходимо, как и высаживание молодых образцов, потому что гибель одного вида растений означает угрозу существования от 10 до 30 видов живых существ. Богатство растительного окружения является

естественной основой духовного и физического развития здоровья человека. Чем больше разнообразие растений в той или иной экосистеме, тем более устойчива она, выше ее возможность приспособления к изменяющимся условиям.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глава содержит описание материалов и методов, использованных в исследовании, и дана общая характеристика произведенных полевых и лабораторных работ. Приведен перечень всех использованных методик, количество обследованного растительного и почвенного материала, количество произведенных измерений.

### 2.1. Объект исследования

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). Это вид растений рода Береза (*Betula*) подсемейства Березовые (*Betuloideae*) семейства Березовые (*Betulaceae*) порядка Букоцветные (*Fagales*) (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). Этот вид дает возможность проводить биоиндикацию как на огромных территориях, так и для малых территорий (Биоиндикация загрязнений ..., 1988; Вайнерт и др., 1988; Ярмишко, 1990; Егорова и др., 2000; Каплин, 2001). Например, для выявления влияния автодороги на прилегающую зону или определения состояния окружающей среды в городских экосистемах разного ранга и характера. Наиболее чувствительными к загрязнению являются ее листья, так как листовые пластинки *Betula pendula* обладают высокими поглотительными качествами (Фролов и др., 1986; Чистякова, 1997; Гелашвили и др., 1999; Константинов, 2001; Лищинская, 2003; Хузина, 2010; Савинцева и др., 2012; Ерофеева, 2013; Хикматуллина, 2013; Родионова и др., 2015).

*Betula pendula* является мезофанерофитом и мезофиллом. Рассматриваемый вид зимостойкий, засухоустойчивый и газоустойчивый.



*Betula pendula* малотребовательна к почвам и может расти на бедных песчано-каменистых почвах, а также проточных болотах. Лекарственное, фитонцидное, бактерицидное и светолюбивое растение. Применяется в озеленении улиц, скверов и парков (Бухарина, 2006).

Ботаническое описание. *Betula pendula* это листопадное быстрорастущее дерево высотой до 20-35 м в высоту и до 90 см в диаметре. Она имеет гладкую, белую, легко расслаивающуюся кору (Сукачев, 1938; Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003). У старых деревьев кора оснований стволов черно-серая и с глубокими трещинами. Мощная корневая система, обеспечивающая ветроустойчивость. Ветви повислые, молодые побеги красно-бурые, голые и покрытые смолистыми железками – бородавочками. Листья очередные, яйцевидно-ромбические или треугольно-яйцевидные с широким клиновидным основанием или почти усеченные, по краям двояко острозубчатые, гладкие, молодые – клейкие, длиной 3,5-7 см и шириной 2,5-5,5 см (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). *Betula pendula* имеет на листовых пластинках толстую кутикулу, за счет этой особенности она отличается повышенной устойчивостью к загрязняющим веществам, выбрасываемым в атмосферу промышленными предприятиями (Гусев, 1984; Чистякова и др., 1989; Бухарина, 2006). Мужские сережки длиной 5-6 см, повисающие, по 2-3 на концах ветвей; тычиночные цветки в дихазиях по 3 (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). Женские сережки цилиндрические, длиной 2-3 см, одиночные, на коротких боковых веточках; пестичные цветки по 2-3 в пазухах трехлопастных прицветных чешуи (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). Завязь верхняя, двухгнездная. Цветение березы повислой происходит одновременно с облиствением. Это фенологический сигнал наступления разгара весны. *Betula pendula* размножается семенами (Бухарина, 2006).

Исследуемый вид в свободном состоянии начинает ежегодно плодоносить с 10 лет, в насаждениях плодоносит с 20-25 лет (Сукачев, 1931; Булыгин и др., 2003). Созревание плодов происходит к концу лета и

начинается рассеивание. Данное рассеивание происходит постепенно в течение всей осени и зимы. Например, в березовом лесу выпадает ежегодно до 35 кг березовых семян на 1 га (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). Плод *Betula pendula* – продолговато-эллиптический крылатый орешек с двумя перепончатыми крыльями, которые в 2-3 раза превышают ширину самого орешка (Сукачев, 1938; Булыгин и др., 2003). Цветки мелкие, правильные, раздельнополые, невзрачные и собраны в сережчатые, повисающие соцветия на концах веточек. Цветет в мае до распускания листовых пластинок или иногда во время цветения. Плоды созревают в августе – сентябре. Сравнительно недолговечна. Живет до 120-150 лет (Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003).

Распространение и экология. *Betula pendula* это широко распространенная лесообразующая порода. Она формирует мелколиственные леса по всем климатическим зонам, кроме тундры. Березовые леса большей частью не являются коренными, а возникают на месте сведенных или сгоревших лесов, в первую очередь хвойных (Сукачев, 1938; Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003). *Betula pendula* может произрастать на бедных, хорошо дренированных почвах. Так как она светолюбива и легко вытесняется более долгоживущими и крупными деревьями. Часто *Betula pendula* присутствует в лесах только как примесь, по более светлым участкам. В районах степи и лесостепи образует коренные древостои.

*Betula pendula* образует производные леса, которые возникают на месте вырубленных или сгоревших лиственничников, ельников, сосняков и дубняков. Данный вид быстро заселяет освободившиеся территории и господствует на них, создавая лишь временные группировки до момента вытеснения другими древесными породами. Коренной березовой древостой образуется лишь в лесостепных и степных областях, особенно в Западной Сибири. Также *Betula pendula* встречается в разных типах леса в качестве примеси. Она растет на различных почвах, таких как: сухие и

влажные песчаные, суглинистые, черноземные и каменисто-щебнистые. *Betula pendula* произрастает от тундры до степной зоны, так как может выносить различные климатические условия. Исследуемый вид растет быстро, хорошо возобновляется порослью и самосевом, цветет рано весной при распускании листовых пластинок (Сукачев, 1938; Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003).

Ареал. *Betula pendula* имеет обширный евро-сибирский ареал. Этот ареал на большей части территории СНГ сплошной, с изолированными «островами» в Казахстане, Крыму и на Кавказе (Благовещенский, 1984). Ареал *Betula pendula* охватывает всю европейскую часть СНГ (кроме крайнего севера и юга), Урал, Западную и частично Среднюю Сибирь, северный Казахстан, Тарбагатай, Джунгарский Алатау, Западный Тянь-Шань и Кавказ (Сукачев, 1938; Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003). На востоке *Betula pendula* доходит до Байкала. Отмечены единичные её местонахождения в бассейне Лены и Алдана, это значительно восточнее границы ее сплошного распространения.

*Betula pendula* наиболее обильна в Западной и Средней Сибири, в средней полосе европейской части СНГ. За пределами СНГ *Betula pendula* растет в Средней и Западной Европе. Данный вид имеет обширный ареал в Европейской части России (от тундры до степей), растет в Западной Сибири, на Алтае и Кавказе. Восточная граница – озеро Байкал. За пределами России *Betula pendula* распространена почти по всей Европе, за исключением Пиренейского полуострова, в Северной Африке, в Передней и Центральной Азии. *Betula pendula* из видов берез имеет наибольший ареал. В горы исследуемый вид поднимается до высоты 2100-2500 м над уровнем моря. *Betula pendula* интродуцирована повсюду в зоне умеренного климата (Сукачев, 1938; Гроздова и др., 1986; Булыгин и др., 2003).

## **2.2. Расположение и общая характеристика модельных насаждений**

Место исследования – г. Тольятти, который расположен на левом берегу Волги напротив Жигулей. Расположен в лесостепной зоне, климат умеренно-континентальный, лето нередко засушливое. В пределах указанной территории с 2012 по 2017 гг. мы проводили эколого-биологические исследования, результатом которых явилось и написание диссертационной работы, опирающееся также и на сведения, имеющиеся в литературе и гербарных хранилищах.

В рамках сформулированных для работы задач нами были заложены пробные площади на территории пригородного леса, города, в непосредственной близости к источникам техногенного воздействия.

Исследования проводили на пяти пробных площадях (ПП) двух административных районов города (приложение А, рисунок А.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. Банькина; ПП № 4 – городской Парк Победы; ПП № 5 – промышленная зона Автозаводского района (ул. Коммунальная). Подбор и закладку ПП в городских насаждениях и таксационную характеристику древостоев (Краснощечекова, 1987) проводили по общепринятым методикам (ОСТ 56-69-83). Эколого-биологическая характеристика площадей сбора листовых пластинок представлена в таблице А.1 (приложение А).

Для конкретных насаждений определяли видовой состав растений, общее жизненное состояние и морфо-физиологические параметры березы

повислой *Betula pendula*, состояние и основные признаки почвенного покрова, положение в рельефе и связанные с ним особенности микроклимата, относительный уровень техногенного загрязнения.

Районы исследования расположены в зоне континентального климата умеренных широт с характерным арктическим и тропическим воздухом (Паспорт..., 2011; Гидрометеорологическая..., 2015). Зимой это проявляется в виде сильных морозов, а летом – резкими колебаниями температуры в течение суток. В году средняя месячная температура воздуха в Тольятти варьируется от +20,7 °С в июле до -11 °С в январе (Паспорт Тольятти..., 2011; Тольяттинская специализированная ..., 2015).

Все анализы выполняли в аккредитованных лабораториях Поволжского государственного университета сервиса: комплексной лаборатории экспериментальной химии и материаловедения и комплексной лаборатории основ биологии и экологии; и в лаборатории проблем фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти).

### 2.3. Методика исследования

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. Оценку показателей жизненного состояния березы повислой *Betula pendula* 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<sup>2</sup> листа подсчитывалось на влажных микропрепаратах в трех условных плоскостях (апикальной, серединой и базальной) на абаксиальной стороне листовой пластинки (Третьяков, 1990); количество пыли, осажденной на 1 см<sup>2</sup> листа (Федорова и др., 2001; Кавеленова, 2006); относительное жизненное состояние (ОЖС) оценивали по адаптированной шкале Алексеева 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).

Выполненное исследование было реализовано в виде трех последовательных этапов: подготовительный, полевой и лабораторный.

На подготовительном этапе (2012 г.) осуществлялись следующие виды работ:

- 1) Знакомство с объектом изучения в районах исследования. Подбор и закладка пробных площадей (ПП) в городских насаждениях. В качестве зоны условного контроля (ЗУК) выбраны территории Узюковского леса (Ставропольский район).

- 2) Определение степени детальности исследования.

3) Перспективное организационное, материальное и финансовое планирование полевых работ; выбор методик; выбор программного обеспечения для анализа данных.

4) Составление программы исследования (рис.2.3.1).

На полевом (2013-2015 гг.) и лабораторном этапах (2013-2017 гг.) осуществлялись следующие виды работ:

1) Сбор материала с исследуемых пробных площадей, занесение информации в бланки отчета. Визуальная оценка жизненного состояния растений и определение фитопатологий. Подсчет количества автотранспорта в единицу времени. Сбор листового материала производили в июне (так как конец июня, начало июля наступает прекращение роста листовых пластинок), июле и в августе. Сбор почвенного материала производили в июле. Визуальную оценку жизненного состояния растений и визуальное определение фитопатологий. (наличие пораженных патогенами листовых пластинок) осуществляли с использованием атласов-определителей болезней растений (Падий, 1962; Хохрякова, 1966; Журавлев и др., 1974; Гусев, 1984; Федоров, 1987) и фотокарточек.

В пределах ПП проведен отбор (по 10 особей на каждой площадке) и нумерация учетных древесных растений. Для анализа анатомо-физиологических показателей из числа учетных, отобраны растения средневозрастного генеративного и хорошего (или удовлетворительного) жизненного состояния (Смирнова и др., 2001). Для оценки относительного жизненного состояния древостоя за основу использовали методика В. А. Алексеева (1990) и «Методические рекомендации по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке» от 10 сентября 2002 года N 743-ПП. В полевых условиях при оценке внешнего вида крон и стволов учетных деревьев использовали бинокль Veber Classic БПЦ 7x50 VR.

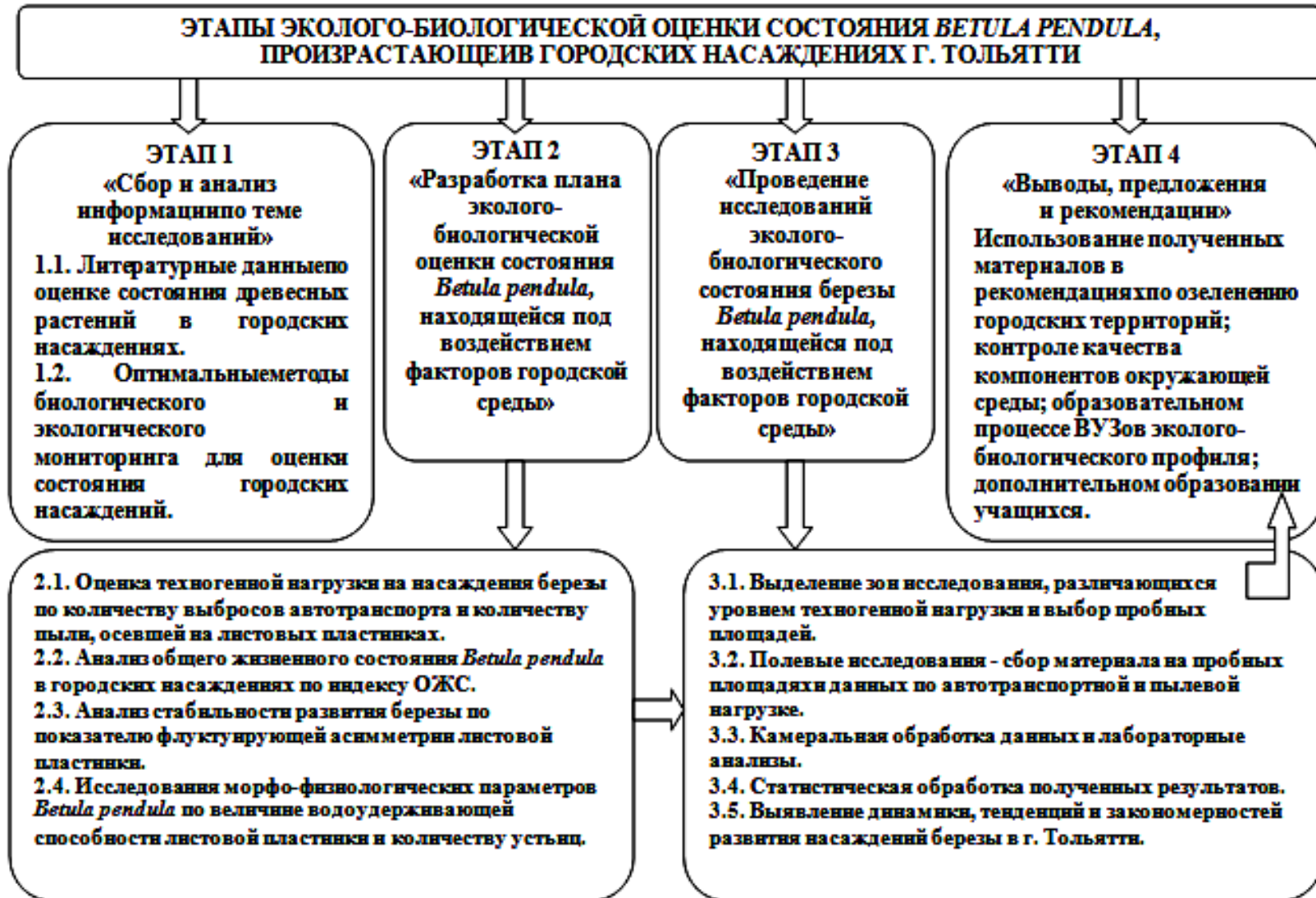


Рис. 2.3.1 Программа исследования



На выбор техногенных факторов для нашего исследования повлияли полученные данные о распространенности городского автотранспорта (УГИБДД МВД России по Самарской области 2013-2015 гг.), которые показывают постоянный прирост автотранспорта: 2013 – 262152; 2014 – 268864; 2015 – 271853 единиц. По данным Росгидромета за 2013-2015 гг. уровень общего загрязнения атмосферы города оставался стабильным и относился к категории «повышенный» (Государственный доклад..., 2016).

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:  $L = N_i \cdot l$ , 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:  $Q_i = L_i \cdot Y_i$ . Определяли общее количество сожженного топлива каждого вида ( $Q$ ). Рассчитывали количество выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду транспорта (Молодцов, 2014).

2) Обработка собранного материала в лаборатории: снятие промеров, взвешивание массы листьев, сушка в сушильном шкафу, взвешивание сухой массы, приготовление микропрепаратов листовых пластинок, подсчет устьиц через микроскоп, взвешивание массы листьев с пылью, обмыв с поверхности листовых пластинок пыли, взвешивание обмытой листовой массы, взвешивание почвенных образцов, приготовление водной вытяжки, проведение химических и гранулометрических опытов с образцами почвы. Занесение данных в таблицы бланков отчета.

Для микроскопии был использован микроскоп медицинский МИКМЕД-5. Сушильный шкаф ШС-80 использовали для определения водоудерживающей способности листовой пластинки. Электронные весы лабораторные ТВЕ-0,21-0,001/2 использовали для определения

водоудерживающей способности листовой пластинки (весовой метод) и количества пыли, осажженной на листовых пластинках (метод смыва). Для анализа проб почвы использовали: рН метр рН-673, индикаторы, соляную кислоту, электронные весы и сушильный шкаф.

Повторность всех морфо-физиологических анализов трехкратная.

3) Обработка фондовых материалов. Характеристика экологических условий г. Тольятти составлена на основе следующих данных: материалов Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды Самарской области (2010-2017 гг.), материалов Самарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЦГМС), материалов Филиала «Тольяттинская СГМО» ФГБУ «Самарский ЦГМС-Р» и материалов Генерального плана г. Тольятти (2010).

4) Обработка полученных результатов, построение графиков и карт-схем. Статистическая и математическая обработка полученных данных, представление их в табличном и графическом виде осуществлена общепринятыми методиками описательной статистики (Удольская, 1976; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984; Василевич, 1993) с использованием различных компьютерных программ (Microsoft Excel 2010, Statsoft Statistica 6.0, Microsoft Office Word 2007, Adobe Photoshop CS5, Paint.NET, DoubleGIS 2011, GoogleMaps, YandexMaps и др.).

### **2.3.1. Методы лабораторных исследований растительного материала**

В рамках поставленных задач исследования лабораторными методами изучались некоторые параметры отобранных растительных проб. Определялась флуктуирующая асимметрия листовых пластинок, их водоудерживающая способность и количество устьиц на  $1 \text{ мм}^2$  листа. Оценивалось количество пыли, осажженной на  $1 \text{ см}^2$  листовой пластинки.

Расчет показателя флуктуирующей асимметрии ФА листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (Захаров, 2000; Кавеленова, 2006; Зорина, 2009). Для своего исследования мы использовали следующие материалы и оборудование: пластиковые пакеты, линейка, циркуль-измеритель, транспортир, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных, растительный материал. В рамках методики использовали следующие методы: сбор материала, непосредственно сам метод оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки, измерение, подсчет, математическая обработка полученных данных с помощью пакета Microsoft Office – Microsoft Excel, анализ полученных данных, корреляционный анализ с помощью программы Statistica 6.0.

Техника проведения эксперимента. Представленные на рисунке 2.3.1.1 этапы выполнения оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки древесных растений, апробированы на территории г. Тольятти и дали показательные результаты.

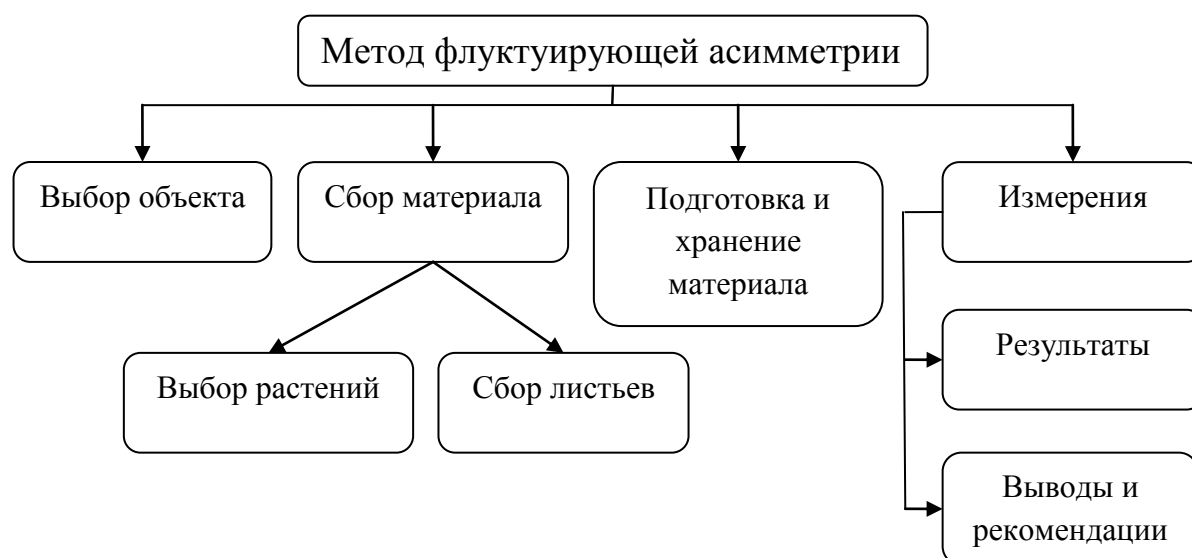


Рис. 2.3.1.1 Этапы выполнения оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*

Каждая выборка включала в себя 100 листьев – по 10 листьев с 10 растений. Листья, собранные с одного дерева, связывали за черешки. Все листья, собранные для одной выборки, складывали в полиэтиленовый пакет, и прикрепляли этикетку. В этикетке указывали латинское и русское название семейства и вида, номер выборки, место сбора, дату сбора. При сборе листьев, учитывали тот факт, что листовые пластинки должны быть собраны с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (освещенность, увлажнение и т.д.).

Для исследования отбирали растения, достигшие генеративного возраста. Листья собирали из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток равномерно вокруг дерева. Листья брали с укороченных побегов. Размер листьев должен быть сходным и средним для растения. Поврежденные листья могут использоваться в анализе, если не затронуты участки, с которых будут сниматься измерения. Нужно собирать с растений листьев больше чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не может быть использована для анализа. Материал подвергали обработке сразу после сбора, но можно позднее (приложение А). В таком случае собранный материал хранят в подписанном полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. Для длительного хранения материал гербаризируют или фиксируют в растворе этилового спирта (60%). В последнее время используют метод сканирования. Отсканированные экземпляры в дальнейшем можно пропускать через специальные расчетные программы ЭВМ.

Для измерений использовали циркуль-измеритель, линейку и транспортир. Лист помещали перед собой, стороной обращенной к верхушке побега. С каждого листа снимали показатели по пяти промерам левой и правой сторон листа (рис.2.3.1.2):

1 – ширина левой и правой половинок листа (для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки, потом разгибают лист и по образовавшейся складке производят измерения:

измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа); 2 – расстояние от основания до конца жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

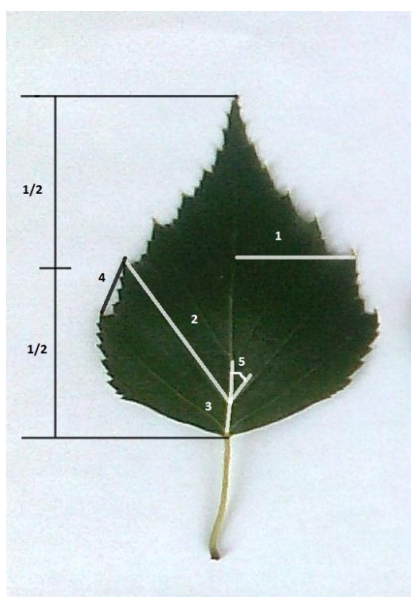


Рис. 2.3.1.2 Схема снятия промеров морфологических признаков листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*

Промеры 1-4 снимали циркулем-измерителем, угол между жилками 5 измеряли прозрачным транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещали с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла. Кромку основания транспортира совмещали с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Вторым лучом, образующим измеряемый угол, получали, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка.

Результаты измерений заносили в таблицу для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (приложение А, таблица А.3). Далее вычисляли относительную величину асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делили на сумму этих же промеров:  $|Л-П| / |Л+П|$ . Полученные величины заносили во вспомогательную таблицу А.4 (графы 2-6). Затем вычисляли показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммировали значения относительных величин асимметрии по всем признакам и делили на число признаков. Результаты вычислений заносили во вспомогательную таблицу А.4 (графа 7). Вычисляли интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого находили среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа (графа 7).

Для оценки степени нарушения стабильности развития используют различные шкалы оценки. В нашем случае это пятибалльная шкала оценки, которая составлена исключительно для березы повислой *Betula pendula* (Захаров и др., 2000) (приложение А, таблица А.5). Первый балл шкалы – условная норма. Пятый балл – критическое значение, такие значения показателя асимметрии наблюдаются в неблагоприятных условиях, где растения находятся в угнетенном состоянии.

Расчет показателя водоудерживающей способности ВС листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (Третьяков, 1990; Николаевский, 2002). Для своего исследования мы использовали следующие материалы и оборудование: термостат, весы, стеклянные бюксы, тигельные щипцы, эксикатор, проточная вода, х/б перчатки, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных, растительный материал. В рамках методики использовали следующие методы: сбор материала, весовой метод, измерение, подсчет, математическая обработка полученных данных с помощью пакета Microsoft Office – Microsoft Excel, анализ полученных данных, корреляционный анализ с помощью программы Statistica 6.0.

Техника проведения эксперимента. Листья собирали из нижней части кроны дерева, на уровне поднятой руки и выше, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг, относительно равномерно вокруг дерева в утренние часы. С каждого исследуемого дерева (по 10 особей с анализируемой площадки) собирали листья в стеклянные бюксы, которые плотно закрываются крышками. Водоудерживающую способность листовых пластинок определяли в лабораторных условиях с использованием сушильного шкафа (в % от сырой массы). Проводили наблюдение за скоростью потери воды листьями в течение некоторого времени. Опыт заканчивали, как только масса листьев становилась постоянной.

Пустые чистые бюксы взвешивали, а данные заносили в рабочую таблицу (приложение А, таблица А.6). Каждую бюксу с пробами листовых пластинок исследуемых растений взвешивали на весах в четырех повторностях, результаты заносили в рабочую таблицу и рассчитывали среднюю сырую массу пробы ( $m_1$ ).

Бюксы помещали в термостат и растительный материал высушивали при температуре 105-110 °С до постоянной массы. Крышки снимали и ставили в термостат рядом с бюксами. Для отслеживания динамики потери листьями воды, первое взвешивание проводили через 30 минут, второе – 1 час, третье – 1 час 30 минут, а контрольное — еще через 0,5 часа. (Каждый раз, вынутый из термостата, бюкс быстро закрывали крышкой и остужали в эксикаторе.). Когда при контрольном взвешивании масса не изменялась, то высушивание заканчивали. Когда масса изменялась, то сушку продолжали до постоянной массы. Результаты взвешиваний заносили в рабочую таблицу. Далее вычисляли среднюю сухую массу пробы ( $m_2$ ) и заполняли пустые графы таблицы. Производили пересчет количества потерянной воды на проценты от общей испаряющей массы (первоначальное взвешивание). По полученным результатам строили диаграмму, характеризующую динамику водоотдачи у растений. По количеству потерянной воды за первые 30 минут

говорили о водоудерживающей способности растений. Чем большее количество воды (в %) растение сохраняет после высушивания, тем выше его водоудерживающая способность.

Расчет количества устьиц КУ листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (Третьяков, 1990). Для своего исследования мы использовали следующие материалы и оборудование: стеклянные бюксы, проточная вода, скальпель, предметные и покровные стекла, микроскоп, бумажные фильтры, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных. В рамках методики использовали следующие методы: сбор материала, метод подсчета количества устьиц на  $1 \text{ мм}^2$  с помощью микроскопа, измерение, подсчет, математическая обработка полученных данных с помощью пакета Microsoft Office – Microsoft Excel, анализ полученных данных, корреляционный анализ с помощью программы Statistica 6.0.

Техника проведения эксперимента. Для анализа использовали средневозрастные растения. Листья брали из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток (с веток разных направлений, условно - на север, юг, запад, восток) по 10 листьев с каждого дерева на каждом участке. Листья брали примерно одного, среднего для данного вида размера. Подсчет устьиц проводили в лабораторных условиях на влажных микропрепаратах в трех условных плоскостях (апикальной, серединой и базальной) на абаксиальной стороне листовой пластинки. На испаряющей поверхности листа, подготовленных к опыту, скальпелем под прямым углом к центральной жилке делали поверхностные надрезы через 2-3 мм и срезали тонкий слой эпидермиса. Эпидермис листовой пластинки помещали в каплю воды на предметное стекло, накрывали покровным и рассматривали под световым микроскопом при малом увеличении, а потом микроскоп переводили на большее увеличение с объективом  $\times 40$ , окуляром  $\times 16$ . При этом микровинтом слегка меняли фокусировку, чтобы обнаружить все устьица на рассматриваемом участке. Определяли среднее число устьиц в поле зрения микроскопа, при исследовании нескольких (3-4) полей зрения в



разных участках препарата. Подсчитывали количество устьиц в световом пятне в трех местах на каждом листе: на мысленно очерченной прямой от центральной жилки к краю листа выбирали два места, а третье на верхушке листа. Результаты опыта заносили в рабочую таблицу (приложение А, таблица А.7).

Далее проводили пересчет количества устьиц на единицу площади ( $1 \text{ мм}^2$ ) листовой пластинки. Вычисляли площадь поля зрения микроскопа по формуле:  $S = \pi r^2$ , где:  $S$  – площадь поля зрения,  $r$  – радиус поля зрения микроскопа;  $d$  – диаметр поля зрения микроскопа;  $\pi = 3,1416$ . Диаметр поля зрения микроскопа измеряли объект-микрометром. Цену деления объект – микрометра смотрели на маркировке на пластинке объект-микрометра и вычисляли диаметр поля зрения микроскопа. Далее подсчитывали количество устьиц в поле зрения микроскопа (при условии, что изучаемая ткань или орган занимают все поле зрения микроскопа). Количество изучаемых устьиц равно количеству их в поле зрения  $1 \text{ мм}^2$  деленное на площадь поля зрения на ед. пл. в  $1 \text{ мм}^2$ . Отношение –  $1 \text{ мм}^2$  на площадь поля зрения микроскопа ( $\text{мм}^2$ ) является постоянным коэффициентом для данной оптики, на который можно умножать подсчитанное количество устьиц в поле зрения, не составляя каждый раз уравнения.

Расчет показателя запыленности (пылевая нагрузка) листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (Федорова и др., 2001; Кавеленова, 2006). Для своего исследования мы использовали следующие материалы и оборудование: стеклянные бюксы, весы, проточная вода, бумажные фильтры, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных. В рамках методики использовали следующие методы: сбор материала, описание, метод смыва с последующей фильтрацией через бумажные фильтры и их взвешивание на весах, измерение, подсчет, математическая обработка полученных данных с помощью пакета Microsoft Office – Microsoft Excel, анализ полученных данных, корреляционный анализ с помощью программы Statistica 6.0.

Техника проведения эксперимента. Исследование количества пыли, осевшей на листовых пластинках исследуемого вида, проводили в сухое время месяца (в течение 10 дней после дождя). Образцы листьев брали на высоте 1,5-2 метра с укороченных побегов, по кругу. С каждой из десяти особи исследуемого вида одной площадки в индивидуальную чистую стеклянную банку с крышкой собирали нормально развитые неповрежденные листья, которые помещали слегка свернутыми. Банки заполняли материалом доверху. В таком виде банки доставляли в лабораторию. Здесь банки с собранными листьями взвешивали на электронных весах отдельно для каждого дерева ( $m_1$ ). Данные заносили в рабочую таблицу (приложение А, таблица А.8).

Затем под проточной водой пыль тщательно смывали с поверхности каждого листа и банки. Листовые пластинки просушивали. Банки с просушенными листьями повторно взвешивали ( $m_2$ ). По математическим формулам рассчитывали массу пыли ( $m_1 - m_2$ ). Данные заносили в рабочую таблицу. Как дополнительный метод к исследованию использовали способ определения запыленности листовых пластинок визуальным методом. Для этого брали следующие материалы и оборудование: стеклянные бюксы, белая бумага, скотч, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных, растительный материал. Листья собирали на площадках исследования на высоте 3 м, 1,5 м и в приземном слое. Скотч прикладывали к поверхности листовых пластинок. Пленку с листьев снимали вместе со слоем пыли, а скотч приклеивали к листу белой бумаги. Степень загрязнения оценивали по пятибалльной шкале (приложение А, таблица А.9). Полученные данные подвергали обработке и делали выводы.

### **2.3.2. Методы полевых исследований**

Изучение состояния растительного покрова на площадях исследования включало оценку видового разнообразия растений, закладку в пригородных

лесонасаждениях и на территории города стационарных пробных площадок. Закладка пробных площадок осуществлялась на участках с естественными или искусственными лесными сообществами. Одна пробная площадка была заложена в Ставропольском лесничестве, на участке с типичным лесным ценозом. На всех пробных площадях производили оценку состояния древостоя, травостоя и почвы с использованием общепринятых в фитоценологии и лесоведении методов.

Полный список высших растений обнаруженных на исследуемых территориях составляет 83 вида (приложение Б, таблица Б.1).

Оценка относительного жизненного состояния ОЖС березы повислой *Betula pendula* (Алексеев, 1990; Кулагин, 2015). Оценка ОЖС проводили в летний период по пяти категориям: здоровое, ослабленное, сильно ослабленное, отмирающее и сухое (приложение А, таблицы А.10-А.11). ОЖС насаждений на пробной площадке находили по следующей формуле:

$$L_N = (100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4) / N ,$$

где  $L_N$  – ОЖС насаждения;  $n_1$  – число здоровых особей;  $n_2, n_3, n_4$  – число ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих особей соответственно; 100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие ОЖС здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих особей соответственно;  $N$  – общее число особей (включая сухостой).

В полевых условиях оценку жизненного состояния производили визуальным способом, учитывая описанные в литературе диагностические показатели, фотоизображения и шкалу категорий жизненного состояния деревьев (см. выше). Материалы и оборудование, используемые в исследовании: бинокль, бланки с рабочими таблицами для внесения полученных данных. Определение ОЖС древостоев позволяет дать комплексную оценку их состояния под действием экологических факторов.

Расчет количества выбросов вредных веществ автотранспортом (Молодцов, 2014). Исходные данные для расчета количества выбросов: количество единиц автотранспорта разных видов, проезжающих по

выделенному участку автотрассы в единицу времени; нормы расхода топлива автотранспорта – средняя норма расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города (приложение А, таблица А.12).

Подсчитывали количество единиц автотранспорта, проходящего по участку длиной в 0,5 км в течение 20 минут. Количество единиц автотранспорта за 1 час рассчитывали, умножением количества полученного за 20 минут на 3. Далее рассчитывали общий путь, пройденный выявленным количеством автомобилей каждого типа за 1 час ( $L$ , км.) по формуле:  $L = N_i \cdot l$ , где  $N_i$  – количество автомобилей каждого типа за 1 час;  $l$  – длина участка, км;  $i$  – обозначения типа автотранспорта. Рассчитывали количество топлива ( $Q_i$ , л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле:  $Q_i = L_i \cdot Y_i$ . Определяли общее количество сожженного топлива каждого вида ( $Q$ ). Рассчитывали количество выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду топлива.

Выбирали участок автотрассы в городе длиной 0,1-1 км, имеющий хороший обзор. Измеряли шагами длину участка ( $l$ , м), предварительно определив среднюю длину своего шага. Определяли количество единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 минут. Количество единиц автотранспорта за 1 час рассчитывали, умножив на 3 количество, полученное за 20 минут. Рассчитывали общий путь, пройденный выявленным количеством автомобилей каждого типа за 1 час ( $L_i$ , км) по формуле:  $L_i = N_i \cdot L$ , где  $N_i$  – количество автомобилей каждого типа за 1 час;  $i$  – обозначение типа автотранспорта;  $L$  – длина участка, км. Полученные результаты заносили в таблицу А.13 (приложение А).

Рассчитывали количество топлива ( $Q_i$ , л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле:  $Q_i = L_i \cdot Y_i$ . Значения  $Y_i$  брали из таблицы А.12. Определили общее количество сожженного топлива каждого вида ( $Q$ ) и занесли результат в таблицу А.14. Все результаты занесли в таблицу А.15.

Анализ почвенных проб с площадей исследования (Кауричев, 1973; Александрова, 1976). На пробных площадях проводили анализ профильного сечения почвы, цвет, влажность, сложение, плотность, признаки нарушенности и уплотненности, наличие включений или новообразований в горизонтах. Пробы отбирались в трехкратной повторности для каждой площадки до глубины полного исчезновения гумуса (до 1,6 м). В лабораторных условиях определяли гранулометрический состав, структуру, вскипание с HCl (проба на наличие карбонатов), pH водной вытяжки. Данные занесли в рабочую таблицу А.16 (приложение А).

Таксационная характеристика березы повислой *Betula pendula* (Анучин, 1982; Методические рекомендации..., 2002). Для каждого модельного участка составляли формулу древостоя, определяли среднюю высоту и диаметр стволов, а так же полноту насаждений. Данные заносили в рабочую таблицу А.17 (приложение А).

Для составления формулы древостоя долю видов в формуле модельного участка выражали в баллах – от 1 до 10. Общий объем крон всех растений принимали за 10 и оценивали, какую часть составляет каждый отдельный вид. Названия видов в формуле модельного участка сокращали до одной буквы: береза – Б, тополь – Т, сосна – С.

Диаметр стволов у исследуемых деревьев измеряли мерной вилкой на высоте груди ( $\approx 1,3$  м) затем производили расчет среднего значения. Также отмечали минимальные и максимальные значения для каждого полога. Измерения проводили через длину окружности. Для этого у нескольких деревьев измерили длину окружности ствола, затем среднее значение использовали для определения диаметра по формуле:  $D = L / \pi$ , где  $D$  – диаметр,  $L$  – длина окружности, а  $\pi$  - постоянное число «Пи», равное приблизительно 3,14 (в полевых условиях длина окружности делится на три).

Для определения высоты древостоя находили минимальное, максимальное и среднее значения высоты исследуемых деревьев по отдельности. Измерение высоты проводили **оптическим высотомером**.

Степень плотности стояния исследуемых деревьев в древостое устанавливали по степени сомкнутости древесного полога. При этом за единицу приняли полноту сомкнутого (нормального) насаждения. Относительную плотность выразили в десятых долях единицы (0,8; 0,7; 0,6; 0,5).

### **2.3.3. Методы математической обработки данных**

Статистическая и математическая обработка полученных данных, представление их в табличном и графическом виде осуществлена общепринятыми методиками (Удольская, 1976; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984; Василевич, 1993) с использованием различных компьютерных программ (Microsoft Excel 2010, Statsoft Statistica 6.0, Microsoft Office Word 2007, Adobe Photoshop CS5, Paint.NET, DoubleGIS 2011, GoogleMaps, YandexMaps и др.).

## 2.4. Общая характеристика исследования

В заключение главы представляется возможным сказать о наиболее подходящих методах решения задач нашего исследования. К ним относятся такие методы как: оценка стабильности развития березы повислой *Betula pendula* по показателю флуктуирующей асимметрии листа (Захаров и др., 2000; Кавеленова, 2006; Зорина, 2009); оценка физиологических процессов по величине водоудерживающей способности листа, измеряемой в % от сырой массы (Третьяков, 1990; Николаевский, 2002); оценка анатомо-физиологического состояния по количеству устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листа (Третьяков, 1990); оценка величины запыленности по количеству пыли, осаждаемой на 1 см<sup>2</sup> листа (Федорова и др., 2001; Кавеленова, 2006); оценка относительного жизненного состояния городских насаждений по адаптированной шкале В. А. Алексеева (Алексеев, 1990; Кулагин и др., 2015); расчетная оценка уровня вредных веществ, поступающих от автотранспорта в воздух за 1 час на площадях исследования (Молодцов, 2014). В таблице 2.4.1 предоставляется перечень всех использованных нами методик, количество обследованного растительного и почвенного материала, количество произведенных измерений.

Таблица 2.4.1

### Объем и методы исследования

№	Методика	Количество обследованного растительного (почвенного) материала, шт (кг)	Количество произведенных измерений, шт
1	2	3	4
1	Определение величины интегрального показателя стабильности развития березы повислой <i>Betula pendula</i> по пятибалльной шкале оценки отклонений состояния организма от условной нормы (Захаров и др., 2000)	4500 (по 100 листьев с каждой площади 3 раза за летний сезон)	27000 (ширина листа; расстояние между жилкой и основанием, расстояние и угол между жилками)

1	2	3	4
2	Определение величины показателя водного режима растения по водоудерживающей способности листовых пластинок весовым методом (Третьяков, 1990; Николаевский, 2002)	18000 (по 400 листьев с каждой площади 3 раза за летний сезон)	1800
3	Определение количества структурных элементов (устьиц) листовой пластинки методом микроскопии (Пронзина, 1960; Третьяков, 1990)	4500 (по 100 листьев с каждой площадки 3 раза за летний сезон)	13500
4	Определение величины запыленности листовых пластинок весовым методом и методом смыва (Федорова и др., 2001; Алексеенко, 2006)	18000 (по 400 листьев с каждой площади 3 раза за летний сезон)	900
5	Определение величины относительного жизненного состояния растений по морфологическим признакам визуальным методом (Алексеев и др., 1990)	50 (по 10 деревьев с каждой площади)	1800
6	Определение количества автовывбросов методом расчета (Молодцов и др., 2014)	600	1200
7	Закладка пробных площадей и таксационная характеристика древостоев (Сукачев, 1966)	50 (по 10 деревьев с каждой площади)	750
8	Определение фитопатологий (наличие пораженных патогенами листовых пластинок) с использованием атласов-определителей болезней растений (Гусев и др., 1951; Хохрякова, 1966; Журавлев и др., 1979; Гусев, 1984) и фотокарточек	50 (по 10 деревьев с каждой площади)	750
9	Отбор почвенных проб по общепринятым в почвоведении методикам (Кауричев, 1973; Александрова, 1976)	1,5 кг почвенных образцов с 5 площадей	40
	Итого	29550 (1,5)	47740

Примечание. Статистическая обработка данных (Удольская, 2004; Василевич, 1969)



### ГЛАВА 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

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

#### 3.1. Географическое положение

Городской округ Тольятти располагается в среднем течении реки Волги на ее левом берегу в 70 км вверх по течению от города Самары (рис.3.1.1).

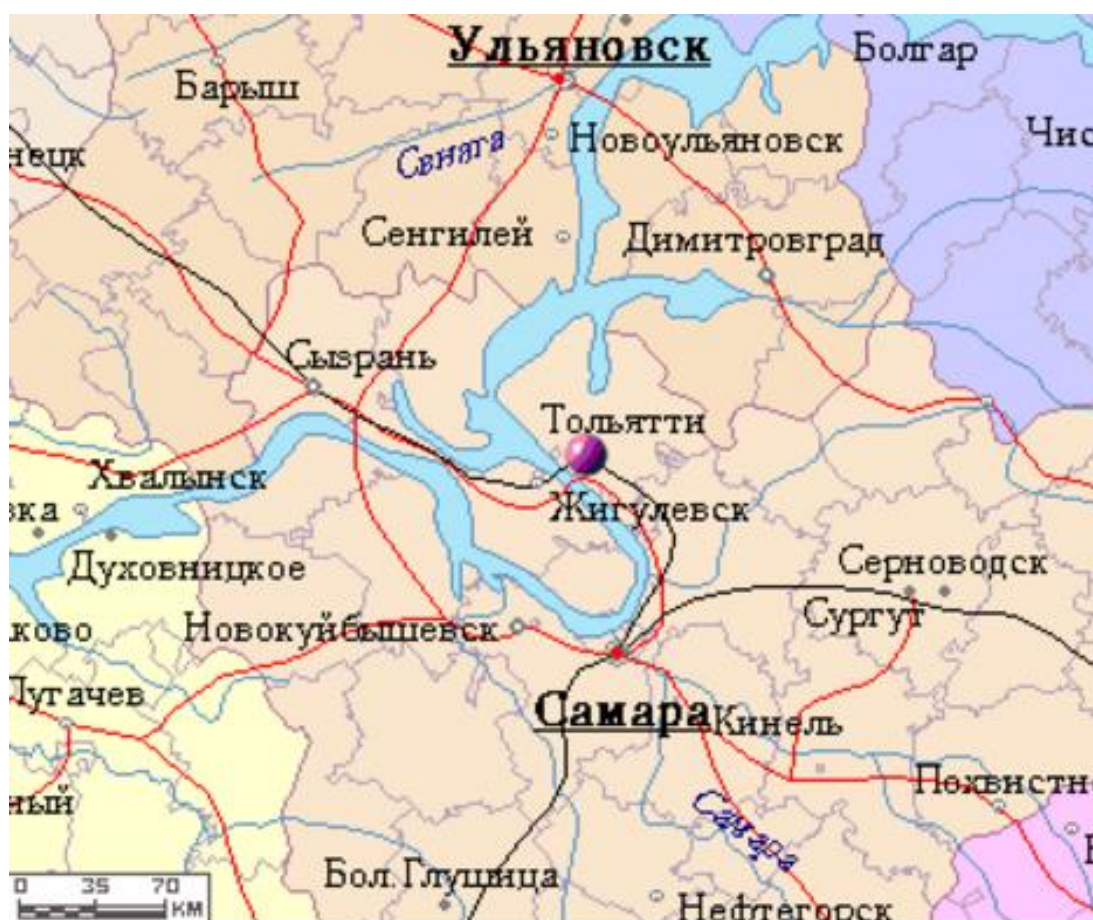


Рис.3.1 Географическое положение г. Тольятти

Город расположен в пределах степного плато, на левом берегу Куйбышевского водохранилища к северу от Самарской Луки на территории с координатами  $53^{\circ}28'$  (полуостров Копылово) –  $53^{\circ}35'$  (промышленная зона Автозаводского района) северной широты (около 17,5 км) и  $49^{\circ}12'$  (промышленная зона Автозаводского района) –  $49^{\circ}54'$  (микрорайон Поволжский) восточной долготы (около 39 км) (Атлас земель ..., 2002). Общая протяженность границ города составляет примерно 149 км, на которых он граничит со Ставропольским районом Самарской области и городом Жигулевск. Южная граница города примыкает к приплотинному участку Куйбышевского водохранилища. К северу и западу от города располагаются сельскохозяйственные поля. К востоку и в центре города находятся лесные массивы. Левый берег пересекается холмами, балками и лощинами. На противоположном берегу Волги находятся Жигулевские горы и город Жигулевск. Тольятти располагается на границе трех физико-географических районов: лесостепного Заволжья, Мелекесского низменного Заволжья и Самарской Луки. Они различны между собой по рельефу, флоре, фауне и ведению хозяйства. Все районы, так или иначе, попадают в зону влияния такого крупного города как Тольятти.

Площадь городской территории равна 31 479 га. В границы города входят: городские леса – 8042 га (25,5 %); промышленно-коммунально-складские зоны – 5532 га (17,6 %); селитебные территории площадью 5270 га (16,7 %); территория внешнего транспорта – 1032 га (3,3 %); земли сельскохозяйственного использования – 724 га (2,3 %) (Тольятти ..., 2001). Все три административных района города вытягиваются вдоль течения Волги на 40 километров. Расстояние между Центральным и Комсомольским районами составляет 5-7 километров, между Центральным и Автозаводским – около 3 километров. Районы города разделяются между собой лесными массивами. Площадь Автозаводского района составляет 36 % городской территории, площади Центрального и Комсомольского по 32 %.

### 3.2. Геологическое строение и рельеф территории

Геологическое строение и рельеф территории являются основой географического ландшафта. Несомненно, климат, размещение гидрографической сети, состав и структура почв, растительный покров зависят от характеристик геологического строения и рельефа. Территория, на которой расположен город Тольятти, в соответствии со схемой регионального геологического районирования, по структурно-тектоническому признаку входит в пределы Уральской антеклизы Русской платформы (Атлас земель ..., 2002). Тольятти (в геоструктурном отношении) расположен в пределах Ставропольской депрессии, являющейся частью более крупной Мелекесской впадины (Тольятти ..., 2001). Данный участок является полосой аккумулятивных террас, имеющих свою собственную характеристику. Это I и II подпойменные террасы, которые затоплены Куйбышевским водохранилищем. Слабо выраженная в рельефе III надпойменная терраса имеет небольшую площадь. Она выделена в районе Комсомольского района города. Также есть четвертичные отложения III террасы и они представлены разнозернистыми песками мощностью до 60 м. В кровле образованы 5-15 метровые прослои суглинков. Надпойменные террасы IV (Хазарская) и V (Бакинская) хорошо выражены в рельефе, на них расположена большая часть города. Надпойменная терраса IV имеет ширину 12-15 км. Данная терраса распространяется вдоль береговой линии от Автозаводского района в сторону Сусканского залива. Она имеет относительно ровную и плотную поверхность. Надпойменная терраса V развивается вдоль реки Волги от лесного массива через зону Центрального района и далее в северо-восточном направлении. Рассматриваемая терраса сопровождается эоловыми формами рельефа в виде песчаных дюн высотой 4-12 м и длиной 1,5-2,5 км (Рыжова, 2008). Эти дюны формируются в лесных

массивах в виде эоловых отложений кварцевых песков мощностью до 20 м. Глубина промерзания таких грунтов составляет 1,6 м.

Террасы сложены породами палео-, мезо- и кайнозойского возрастов. Верхняя часть разреза (до 200 метров) сложена породами юрской, меловой, неогеновой и четвертичной систем. Осадочные отложения девонской системы, состоящей из среднего и верхнего девона, располагаются на глубине 1130 м в районе Тольятти (Тольятти ..., 2001). Для рассматриваемой системы характерны песчано-глинистые, известковые и кварцевые породы, а также зернистые доломиты, прослойки гипса и ангидрита. Каменноугольные отложения включают в себя гнезда гипса, прослойки битуминозных глин и мергелей, песчаника, известняка. Отложения пермской системы состоят из грубообломочных пород. В основании юрских отложений расположены глины, грубозернистые пески, рыхлые конгломераты с наличием гальки.

Промышленная разработка полезных ископаемых не проводится в границах городской черты и на территории ближайших окрестностей левого берега Волги. Но существует вероятность нарушения природного ландшафта сырьевыми карьерами стройматериалов (это пески и глины). По А.С. Захарову (1971) город Тольятти расположен в провинции Низменного Заволжья (между Приволжской возвышенностью и высоким Заволжьем, она тянется почти меридионально вдоль левого берега Волги). Низменное Заволжье является областью опускания, тектонического прогиба палеозойского фундамента, заполненного толщей более молодых отложений. Юрские или меловые породы с сильно размытой и неровной поверхностью залегают на палеозойском основании. Важно отметить, что на них лежит толща неогеновых (преимущественно плиоценовых) и четвертичных песчано-глинистых отложений.

Плоские и волнисто-увалистые равнины являются преобладающим типом рельефа. Западная часть провинции представляет современную и древнюю долины Волги, в пределах которых находится пойма и три надпойменных террасы, образованные современными и древними

(четвертичными) аллювиальными песчано-глинистыми отложениями и шириной от одного до нескольких десятков километров с плоской поверхностью. Долина реки Волги врезана в плиоценовые пески и глины, которые представлены морскими акчагыльскими и пресноводными домашкинскими осадками, а также красно-бурыми сырцовыми глинами, которыми слагается Сырцовое Заволжье.

Долина реки Волги в пределах Самарской области состоит из широкой поймы и трех надпойменных террас. Русло данной реки находилось восточнее его современного положения. Волга существует не менее 10-15 миллионов лет и в течение длительного времени на основании закона Бэра оно смещалось в западном направлении, подмывая Приволжскую возвышенность (Рыжова, 2008). Река Волга образовала на левом берегу серию аккумулятивных террас, так как прижималась к правому коренному берегу и подмывала его. Урез воды в районе Тольятти составляет 53 м.

Самая низкая терраса реки Волги это ее пойма, которая часто заливается во время половодья. Пойма и первая надпойменная терраса затоплены водами Куйбышевского водохранилища, что выше плотины Волжской ГЭС им. В. И. Ленина. В северной части долины Волги первая надпойменная терраса имеет некоторое распространение. Она прослеживается к западу от Тольятти, в районе с. Русская Борковка. Ниже Тольятти она затоплена. Ровная поверхность террасы слабо наклонена в сторону Волги с абсолютными отметками поверхности 35-50 м (Государственный доклад., 2010). Здесь распространены плоские блюдцеобразные понижения и сглаженные вытянутые ложбины – это так называемые остатки стариц (некоторые из них заняты озерами). Она в значительной части распаханна и покрыта степной, а в понижениях луговой растительностью. В местах развития песков располагаются дюны и небольшие всхолмления. Вторая надпойменная терраса наиболее распространена из всех террас. К северу от Самарской Луки ее ширина достигает 15-30 км, но основная ее часть занимает территорию к северу от

Тольятти (Государственный доклад ..., 2012). Уступ этой террасы является берегом Куйбышевского водохранилища. Обрывистый берег имеет высоту 20-27 м и сильно размывается (Захаров, 1971). На ровной площадке второй террасы находятся корпуса Волжского автомобильного завода. Абсолютная высота террасы на юге области 60-70 м. Высота реки Волги вверх по течению сильно возрастает. Вторая терраса сложена сменяющимися сверху вниз слоями суглинков и супесей с залежами из темно-серых глин и песков с редкими включениями гальки и гравия. Мощность таких отложений достигает 100 м (Государственный доклад ..., 2011). Подошва залегания ниже современного уреза Волги. Образование рассматриваемой террасы относится к миндель-рисскому времени. Равнинность – это основная черта рельефа второй террасы. К тому же она имеет вид степной равнины, и почти лишена оврагов и балок. Данная равнина представляет собой обширные пространства, которые заняты полями. На ее поверхности располагается большое количество блюдцеобразных понижений различного размера, которые весной заполняются водой. Встречаются обширные замкнутые понижения («майтиги»). Размеры и форма их разнообразны и иногда достигают 10 км в длину и 6 км в ширину.

Город Тольятти и его пригородная зона занимают верхнюю (третью) волжскую террасу. Третья надпойменная терраса имеет обширную площадь к северу от Самарской Луки, и образует высокий левобережный склон, обрамляющий долину Волги против Жигулей. От русла Волги она отделена поймой и узкой полоской второй надпойменной террасы, а выше Волжского гидроузла пойма затоплена. Основной массив третьей террасы к северу от Жигулей располагается на участке между селами Русская Борковка и Пискальский Взвоз, и протягивается к северу от Волги шириною 20-30 км, доходя на севере до р. Ташелки (Государственный доклад..., 2010). На западе третья терраса возвышается над нижележащей террасой в среднем на 30 м (Рыжова, 2008). Над НПГ (наивысший подпорный горизонт) Куйбышевского водохранилища она приподнята на 50-60 м. В большей части переход от

второй террасы к третьей нечеткий, местами он выположенный, удлинённый, в виде пологого ската. Верхняя терраса сохраняет рельеф широковолнистой равнины с развитой овражно-балочной сетью. Данная терраса сложена из желтых мелкозернистых песков аллювиального происхождения с полосами глинистого материала. Абсолютная высота которой 80 м на юге и 120 м на севере Самарской области (Захаров, 1971). Поверхность третьей (верхней) террасы имеет повышение к востоку, где она переходит в коренной склон Волжской долины.

Приволжская полоса имеет своеобразный рельеф и располагается в Комсомольском районе и зоне отдыха. В строении террасы преобладают пески, в связи с этим ее поверхность местами сильно всхолмлена. Дюнный рельеф развит в районе Тольятти и закреплен сосновым лесом. Третья терраса является наиболее древней из всех волжских террас, и ее первоначальный рельеф подвергся значительному изменению и переработке. Поверхность сильно размыта. От других аккумулятивных террас она отличается наибольшим развитием ложбинно-балочного расчленения. Такая расчлененность рельефа возрастает в восточном направлении. При переходе на коренной склон долины реки Волги третья терраса имеет вид широковолнистой равнины.

### **3.3. Гидрологические и гидрогеологические условия**

Берег реки Волги преобразован с помощью плотин в систему водохранилищ. Территория города Тольятти расположена на этом берегу. Здесь водоток разделен на две части – выше плотины – Куйбышевское водохранилище, ниже плотины – Саратовское. Это связано с непосредственной близостью плотины Волжской ГЭС им. В. И. Ленина.

Ландшафтное преобразование территории Тольятти началось с 1957 года, в связи с сооружением и наполнением Куйбышевского водохранилища протяженность которого по судовому ходу 510 км (Захаров, 1971; Рыжова,

2008). Водохранилище является значительным местным фактором, вносящим изменения в мезо- и микроклиматические характеристики. Водохранилище имеет девять районов с четко выраженными плесовидными расширениями и сужениями и отличающихся по характеру водных масс и особенностям в морфологическом облике берегов и ложа. Приплотинный район имеет небольшую площадь зеркала, значительный объем воды и является естественной границей южной части города. Это самый глубокий плес Куйбышевского водохранилища. Приплотинный район ивытянут с запада на восток, в отличие от остальных районов, и его наибольшая длина составляет 29 км. Заполненное русло реки Волги от плотины Волжского гидроузла до западного окончания Жигулевских гор протягивается вдоль правого склона и образует приглублые берега, выворачивая к центру района. Русло реки Волги у села Климовка поворачивает к правобережью. Небольшие мелководья обнаружены вдоль северных берегов района, на местах затопленных участков первой надпойменной террасы. Здесь находятся поселок Портовый и городская зона отдыха. На противоположной стороне находятся Жигулевские горы, которые прорезаются большим заливом, образовавшимся в устье реки Усы.

Приплотинный район Куйбышевского водохранилища имеет следующие особенности гидрологического режима: вскрытие ледяного покрова начинается через 5-10 дней после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  (обычно оно начинается во второй половине апреля с появлением закраин, полыней и разводий); окончательное очищение водохранилища ото льда в среднем происходит с 20 по 28 апреля, после чего обычно через 4-8 дней происходит нагрев воды до  $4^{\circ}\text{C}$  (Государственный доклад ..., 2010). Период летнего прогревания осуществляется от появления устойчивой прямой стратификации по глубине до начала осеннего охлаждения водных масс. Последнее происходит от начала устойчивого охлаждения водных масс до момента образования на нем сплошного ледяного покрова. В этот период наблюдается общее понижение



температуры. В Приплотинном районе оно начинается в сентябре и заканчивается в первой половине декабря. Период ледостава здесь в среднем составляет 132 дня.

В теплый период года, когда водохранилище свободно ото льда, усиление ветров вызывает волнение. Данное волнение на водохранилище отличается большим разнообразием. Это разнообразие проявляется даже при однородных полях ветра, из-за сложной конфигурацией береговой линии и большими разностями глубин. За безледоставный период преобладает волнение высотой менее 0,5 м (57%). Ежегодно на участках акватории отмечают волны высотой 2,5-3,0 м. Наиболее интенсивное волнение наблюдается в октябре, менее интенсивное – в июле (Рыжова, 2008). В результате заполнения водохранилищ и повышения уровня водоносного горизонта на восточной границе города образовалась цепь из 13 озер, образующих Васильевскую группу, наиболее крупные из которых: Малое и Главное Рыбоводные озера, Малое и Большое Васильевские, Дачное, Восьмерка, Прудовиков, Шламонакопительное, Отстойник, Свалочное и Трешка (Тольятти, 2001). Сейчас значительная часть озер используется как отстойники сточных вод и шламонакопители, это вызывает их обмеление, пересыхание и постепенное исчезновение. На территории города не имеется заболоченных, сырых и влажных местообитаний.

Период весеннего половодья значительно сократился в связи с заполнением водохранилищ и обычно заканчивается к началу июня. Основным фактором формирования и переработки берегового профиля в районе города является волновое движение Куйбышевского водохранилища. Водоносный горизонт мощностью от 25 до 75-80 м сложен из водонасыщенных глинисто-песчаных пород без ниже лежащего водоупорного горизонта и расположен в старице реки Волги (Рыжова, 2008). Фильтрация с поверхности и обратная фильтрация из Куйбышевского водохранилища приводит к наполнению водоносного горизонта.

В Автозаводском районе и в районе севернее Тольятти зафиксировано формирование подповерхностного водоносного горизонта. Данный горизонт насыщен различными поллютантами и сообщен с глубоко залегающими водами за счет вертикальной фильтрации. Скорость вертикальной фильтрации в этом районе достигает 20 м/сутки. Уровень грунтовых вод в районе города повышен в связи с наличием водохранилища. В 1984 году их средняя глубина залегания составила 2,5-3,0 м (Рыжова, 2008). В результате интенсивной техногенной нагрузки уровень грунтовых вод повышается в среднем на 0,2-0,4 м/год, что приводит к подтоплению территории, засолению земель (Государственный доклад ..., 2013).

В районе города воды относятся к пресным, мягким, гидрокарбонатно-кальциевым (или магниевым) и сульфатным водам. Минерализация колеблется в пределах 0,4-0,7 г/л; реакция среды – околонейтральная, pH 7,3-7,6; жесткость 6,5 ммоль/л (Рыжова, 2008). В водах отдельных скважин повышено содержание марганца и железа (Государственный доклад ..., 2012). В настоящее время питание водоносного горизонта происходит за счет фильтрации из водохранилищ, инфильтрации атмосферных осадков и поливных вод в пределах Жигулевской оросительной системы, а также утечек из трубопроводов. Подпитка из водохранилища идет в местах интенсивных водозаборов, расположенных вдоль побережья.

На основании данных экологического атласа Тольятти в районе ПАО «АвтоВАЗ» поверхностный горизонт подземных вод насыщен различными солями (Экологический атлас..., 1996). Это создает предпосылки агрессивного воздействия химических соединений на несущие конструкции зданий и сооружений. В городе имеются артезианские скважины с водами, которые являются важным источником водопотребления в городе. Например, за сутки Центральный и Комсомольский районы выпивают 96 тыс. м<sup>3</sup> воды, на нужды промышленности здесь тратится 39,2 тыс. м<sup>3</sup> (глубина скважин составляет ~50 и ~100 м соответственно). Автозаводский район использует волжскую воду, 109 тыс. кубических метров промышленно – коммерческая зона и

столько же жилые кварталы (Рыжова, 2008). В черте города (северо-запад Центрального района) находится небольшой (~20 м<sup>2</sup>) пруд, в этом месте, в естественном понижении рельефа выходят на поверхность грунтовые воды. Также есть искусственно созданный водоем на юге Центрального района – искусственное озеро, возникшее на месте карьера в качестве приемного коллектора вод ливневой канализации. К северо-востоку от Комсомольского района расположена сеть небольших озер (~200-350 м<sup>2</sup>) антропогенного происхождения (Экологический атлас ..., 1996). В лесной зоне города отмечают незначительные выходы грунтовых вод на поверхность в виде совсем небольших по размерам водотоков. Весной, во время снеготаяния и летом, в период дождей по оврагам лесного массива, расположенного в черте города, текут многочисленные ручьи.

### **3.4. Климатические условия**

На исследуемой территории климат характеризуется как недостаточно влажный континентальный с умеренно суровой и малоснежной зимой, жарким летом, а также сравнительно большой вероятностью весенних и осенних заморозков. Тольятти относится к поясу континентального климата умеренных широт с характерными вторжениями арктического и тропического воздуха. Под воздействием солнечной радиации в жаркие летние дни возможен фотохимический смог.

В годовом ходе средняя месячная температура воздуха в Тольятти изменяется от +22,7 °С в июле до -17,2 °С в январе. Средняя температура января -10,6 °С, средняя температура июля +20,9 °С. Абсолютный максимум температуры зафиксирован 2 августа 2010 года и равнялся +40,5 °С. Предыдущий рекорд составлял +39 °С (июль 1984 г.). Абсолютный минимум -43,4 °С (1 января 1979 г.). Среднегодовая температура – +5,1 °С. Разница между температурой в городе и на прилегающих территориях в среднем составляет 1,2 °С летом и 4,5 °С зимой (Тольятти ..., 2001). Количество

солнечных часов (дней) в году – 2113 часов (285 дней). Роза ветров города характеризуется следующим образом: в холодный период года преобладают ветра южного и юго-западного направления, в теплый – западного и северо-западного. Среднегодовая скорость ветра около 3,9 м/с. Среднемесячные скорости ветра изменяются от 3,2-3,5 м/с (июнь - август) до 4,6 м/с (октябрь). Среднегодовая повторяемость штилей составляет 13 %, ветров до 1 м/сек. – 27 %, а повторяемость ветров в 7 м/с и выше составляет 5 % (Государственный доклад ..., 2010). По количеству выпадающих осадков Тольятти относится к зоне недостаточного увлажнения (в среднем за год выпадает около 497 мм осадков). После заполнения Куйбышевского водохранилища годовая сумма осадков увеличилась почти на 100 мм. Сухие периоды в теплое время наблюдаются чаще дождливых, продолжительность их больше.

Преобладающие ветры юго-западные, западные и северо-западные, причем скорость ветра увеличивается над водной поверхностью водохранилища и в прибрежной зоне на расстоянии 4-5 км (Тольятти ..., 2001). В зависимости от ширины, ориентации и типа застройки каждая улица имеет свой микроклимат. Особенно сильные сквозняки возникают в тех случаях, когда дома ориентированы таким образом, что господствующий ветер может свободно проникать вглубь жилых территорий через фронтальные и торцовые разрезы между зданиями. В застроенных кварталах направление ветра преимущественно вдоль улицы. На улицах и перекрестках особенно легко возникают вихри. Наблюдения в ясные тихие дни показывали, что сильно нагреваются широкие асфальтированные улицы, закрытые двory с кустарниковой растительностью (Рыжова, 2008). Более низкая температура отмечается на бульварах и площадях, засаженных деревьями, а также переулках, затененных высокими зданиями. Большое количество примесей в городе является причиной образования островов тепла, которые четко выражены в ночные часы. Днем турбулентность и усилие ветра способствуют перемешиванию воздуха в горизонтальном и вертикальном направлениях. В городе абсолютная и относительная

влажность ниже, чем в пригороде. Влияние водохранилища на прилегающие территории распространяется на 1-3 км. Весной и летом водохранилище оказывает охлаждающее действие, осенью – тепляющее.

По исследованиям 1994 года Тольятти принадлежит к зоне повышенного ПЗА, где климатические условия в значительной степени способствуют накоплению примесей в приземном слое атмосферы от низких источников. Автозаводской район находится с наветренной стороны города, характеризуется низкой плотностью застройки (16 %) и свободной ее планировкой. Усилению скорости ветра способствуют физико-географические особенности местности. Район ветреный, холодный. Особенно неблагоприятные условия могут складываться зимой и в переходные сезоны. Преобладающее направление ветра зимой – южное, юго-восточное, летом – северное. Зимой температура воздуха здесь ниже, чем в Комсомольском районе на 1,6 °С, летом – на 0,8 °С (Тольятти ..., 2001). Влажность воздуха летом ниже, чем в других районах. По условиям рассеивания примесей в атмосфере этот район наиболее благоприятный.

Центральный район защищен от преобладающих ветров с запада, юга и юго-востока лесными массивами, расположенными на более высоких отметках местности. Застройка в основном пятиэтажная с замкнутыми пространствами дворов, характеризуется большой плотностью 20-40 %. Район благоприятный по микроклиматическим условиям. Преобладающее направление ветра зимой и летом – южное, юго-восточное. Летом температура воздуха выше, чем в Автозаводском районе на 0,8-1,5 °С (Рыжова, 2008). Существует вероятность перегрева среды летом. Комсомольский район расположен в зоне активного влияния водохранилища. С запада, севера и северо-востока к району примыкают лесные массивы, с юга район открыт преобладающим ветрам (зимой – южным, летом – южным и юго-западным). Скорости ветра здесь выше, чем в Центральном районе. По температурному режиму этот район самый теплый, влажность воздуха самая низкая. По условиям рассеивания примесей район относительно

благоприятный. Приподнятые и приземные инверсии – смещение охлажденных слоев воздуха вниз и скопление их под слоями теплого воздуха, приводят к увеличению концентрации в приземной части загрязняющих веществ. Этому явлению способствуют замкнутые отрицательные формы рельефа – долины, котловины, овраги и др. В районе Тольятти наблюдаются повторяющиеся инверсии (вероятность – 38 %). В зимнее время мощность приземных инверсий достигает 0,8 км, а в летнее – 0,3 км (Рыжова, 2008). В связи с большой изменчивостью атмосферной циркуляции наблюдается непостоянство погоды, иногда резкая ее смена.

Приведем некоторые метеорологические характеристики вегетационного периода 2013-2015 годы исследования (приложение В, таблица В.1). Количество осадков ( $R$ , мм) выпавших за вегетационный период 2013 года было несколько большим по сравнению с 2014 и 2015 гг. соответственно: 318, 179 и 220. Высота снежного покрова зимой 2014 и 2015 гг. характеризовалась достаточным количеством выпавшего снега (сумма осадков, выпавших в зимний сезон, составила в среднем по области 715 мм, это больше значений 2013 года почти в 2 раза). Относительная влажность воздуха ( $f$ , %) не имела весомых различий по годам исследования: 2013 – 61,1; 2014 – 55,9; 2015 – 62,55. Среднесуточное количество солнечных часов стабильно по годам исследования и составляет 10,78 часа. При расчете  $T_e$  учитывается влияние влажности воздуха и скорости ветра. Под суммой эффективных температур ( $T_e$ , °C) понимают общее количество тепла, получаемого растениями для завершения вегетационного периода или для прохождения жизненного цикла. В годы исследования данный показатель не имел резких отличий: в 2013 году соответствовал  $T_e = 21916$ ; 2014 – 20410; 2015 – 21262. Сумма эффективных температур на солнце  $T_{es}$  °C зависит от высоты солнца над горизонтом, облачности и скорости ветра. В годы исследования данный показатель не имел резких отличий: в 2013 году  $T_{es} = 24559$ ; 2014 – 23545; 2015 – 24105. Средняя температура воздуха  $T$  °C в январе 2013 и 2014 гг. не имела различий и соответствовала –13,9. Лишь в

2015 году была чуть выше нормы –14,5. Средняя температура воздуха  $T^{\circ}\text{C}$  в июле не имела различий по годам исследования.

Однако в годы исследования отмечается заметная изменчивость в отношении выпадающих осадков (приложение В, рисунок В.3). В 2013 году нормы по температуре и осадкам находятся в пределах вегетационного периода. В октябре отмечен дефицит влаги, что может повлиять на подготовку растений к зимованию. В 2014 году заметно достаточное количество влаги. Однако июль и сентябрь характеризуется дефицитом влаги. В 2015 году нормы по температуре и осадкам находятся в пределах вегетационного периода.

### **3.5. Почвенный покров**

Город Тольятти располагается на территории площадью около 32 тыс. га (Тольятти ..., 2001). Подзолистые почвы, преимущественно «боровые пески», расположены широкой полосой вдоль левого берега Волги (Комсомольский район и зона отдыха). Это скрытоподзолистые, боровые пески, песчаные и супесчаные сильноподзолистые почвы (Экологический атлас ..., 1996). Неоднородность рельефа и растительность в условиях перевеянных песчаных массивов оказала существенное влияние на формирование комплекса. На рассматриваемой территории обнаружены среднегумусные суглинистые и глинистые черноземы (в пределах волжских террас распространены черноземы террасовые суглинистые), оподзоленные супесчаные и песчаные черноземы. Они расположены, преимущественно, на севере и северо-западе города. На территории города распространены выщелоченные черноземы и серые лесные почвы (преимущественно на территории лесного массива в черте города и на востоке города). Верхний плодородный слой почвы при строительстве любого сооружения снимается отдельно и хранится в специальном землехранилище, а потом вывозится на газоны.

В городе на больших площадях преобладают искусственные насыпные почвы. В таких почвах подстилающий горизонт часто состоит из строительного мусора. Почвы города формировались на материнских породах с градациями механического состава от легких до тяжелых суглинков. В границах городской черты мощность почвенно-растительного слоя составляет 1,2-1,6 м (Рыжова, 2008). Местность города характеризуется перевейными дюнными песками, холмисто-увалистым рельефом, прорезана массой оврагов, дающих песчаные выносы в долину Волги. Почвы значительной части территории города нарушенные. Это связано с жилой и промышленной застройкой. Данные почвы ранее представляли собой долинные (террасовые) черноземы с гумусовым горизонтом от 40 до 80 см и содержанием гумуса до 6 %. Сейчас значительное распространение имеют почвы зонального ряда – выщелоченные черноземы на легких грунтах с содержанием гумуса в верхнем слое до 5 %, в блюдцеобразных понижениях – до 8 % (Государственный доклад ..., 2011).

Почвы лесных массивов города являются скрыто подзолистыми (боровые пески), песчаными и супесчаными подзолистыми. Под лесными массивами, на всхолмлениях, почвы дифференцируются на боровые пески, серые лесные, и дерновые лесные почвы. Преобладают переходные дерново-боровые маломощные песчаные и супесчаные почвы. Профиль дерново-боровых песчаных почв состоит из маломощной подстилки (1-2 см), гумусового горизонта серого или буро-серого цвета (их гумусовый горизонт не превышает 10 см), и с кислой реакцией (рН 5-5,5) (Экологический атлас ..., 1996). Такой профиль не способен удерживать большинство загрязнителей. Темно-серые лесные почвы с относительно большим содержанием гумуса и выраженной дифференциацией горизонтов встречаются небольшими участками под широколиственным лесом. Под городскую застройку отводились безлесные территории (террасовые черноземы). Сохранены лесные массивы (преимущественно сосновые леса на песчаных дюнах) несущие признаки малопродуктивных и неустойчивых экосистем.



Агроценозы, бывшие в прошлом участками луговых степей, занимают значительную площадь в границах города. Пески террасы Волги характеризуются высокой скоростью фильтрации (до 8 м/сутки). Способствует поливному земледелию и, собственно, технологическим утечкам из различных сетей, постоянное сокращение толщины защищающих подземные воды пород, из-за подъема уровня грунтовых вод.

### **3.6. Растительный покров**

Многообразие элементов рельефа, подстилающих пород, почв, степень увлажнения – все это предопределяет биоразнообразие и богатство растительного покрова вне- и внутригородских территорий Тольятти. По ботанико-географическому районированию территория Тольятти относится к Восточно-Европейской лесостепной провинции, Заволжско-Приуральской подпровинции с зональными типами следующих растительных формаций: широколиственными лесами, луговыми степями, Восточноевропейскими лесостепными и степными сосновыми лесами. В пределах городской черты встречаются лесные, степные и луговые сообщества растений. Лесные массивы города и пригородной зоны расположены на глубоких рыхлых песчаных почвах наносно-намывного происхождения (Рыжова, 2008).

После затопления территории Ставрополя-на-Волге городской лес нынешнего Тольятти расчленен дорогами, ЛЭП и другими линиями коммуникаций. Значение леса для города огромно. Прежде всего, он, как и любой другой естественный биотоп является местом обитания определённого комплекса животных и растений. Городские леса Тольятти относятся к первой группе лесов почвозащитного и водоохранного значения (Захаров, 1971). Здесь преобладающая порода – сосна (64 % от покрытых лесом земель). Вторая по значимости лесообразующая порода городских лесов Тольятти – это дуб (21 %). Он представлен низкоствольными порослевыми насаждениями. Третья значимая порода – береза (9 %).

В городских лесах существенно нарушена возрастная структура – наблюдается резкое уменьшение подроста и замедление процессов лесовозобновления. Это в большей степени связано с возросшей рекреационной нагрузкой (Рыжова, 2008). Наблюдается экстенсивное наступление крупного промышленного центра на окружающие его природные территории. Главной особенностью лесов Тольятти является расположение массивов внутри города, между его районами, с образованием буферных зон в 2-7 км (Захаров, 1971). Лесной массив города разделяют на нескольких основных частей. Западный лесной массив отделяет Автозаводский район от Центрального района, с юга примыкает к берегу Куйбышевского водохранилища. Его составляют в основном старовозрастные сосняки, а дубравы сосредоточены на западной стороне массива. Границы массива находятся на различных стадиях рекреационной дигрессии. Наибольшая дигрессия отмечена в южной части. Здесь встречаются участки с хорошо развитой тропиной сетью, поранением корневых лап, вытаптыванием живого напочвенного покрова, уплотнением почвы, механическим повреждением деревьев. С юга и юго-востока Центральный район охватывает лесной массив преимущественно смешанного состава с участием сосны, дуба, осины, березы, липы (Саксонов и др., 2012). Антропогенная нагрузка определена близостью водохранилища: продолжают процессы формирования береговых откосов, их эрозия. Восточный лесной массив разделяет Комсомольский и Центральный районы. Здесь преобладают сосновые культуры и не покрытые лесом площади. В пределах массива расположена цепь Васильевских озер. Данная зона является критичной по отношению к лесным пожарам. На не покрытых лесом площадях расположены свалки.

По ботанико-географическому районированию леса относятся к Восточно-Европейской лесостепной провинции, Заволжско-Приуральской подпровинции. Леса Тольятти и его пригородной зоны в основном естественного происхождения (Рыжова, 2008). Искусственные посадки

составляют 18 % от общей покрытой лесом площади. Большая часть искусственных посадок в возрасте 10-15 лет (на 2008 год). Есть искусственные посадки 70-80-летнего возраста, они занимают немного места – всего несколько десятков гектаров (Саксонов и др., 2012). В городе имеются совсем молодые посадки, посаженные через год после большого пожара 2010 года и периодически проводимые в настоящее время. Лесные массивы города и пригородной зоны расположены на глубоких рыхлых песчаных аллювиальных почвах. Характерным типом леса Тольятти и его пригородной зоны является дубрава. Чистые и смешанные дубравы составляют около половины его лесов (осина, береза, липа в составе). Осиновые леса встречаются довольно часто, осина растет по склонам возвышенностей, по оврагам и балкам. Хвойные леса представлены основными сообществами (Саксонов и др., 2012): боры травянистые, сложные боры, лиственные леса и пойменные леса.

Для боров травянистых преобладающими являются сосновые леса, со значительным вкраплением березы. Подлеском в них выступают крушина, рябина, бересклет бородавчатый. Травянистый покров состоит из ландыша майского, медуницы, купены лекарственной, звездчатки лесной, папоротника мужского и папоротника-орляка.

В сложный тип бора входят: сосна, липа, береза, дуб, осина. В качестве подлеска выступают рябина, липа, крушина, бересклет и др. Травянистый покров состоит из злаков и разнотравья – чины весенней, фиалок, сныти, вейника наземного, перловника, ежи сборной, папоротников. В этом типе сложного бора выделяют особый подтип – многоярусный бор. Его первый ярус представлен такими видами деревьев, как сосна, береза, осина, второй ярус – дубом, осинкой. В качестве подлеска выступают бересклет, ракитник, дуб, липа, вишня, орешник и др. Травянистый покров многоярусного сложного бора состоит из сныти, костяники, папоротников, звездчатки лесной, ландыша, купены, копытеня.

Лиственные леса представлены меньше, это самостоятельно возникшие леса. Сложены эти леса дубом, липой, осиной, кленом. В подлеске лиственных лесов (в зависимости от преобладающей породы) встречаются: татарский клен, крушина слабительная, шиповник, жимолость татарская, бересклет бородавчатый, бобовник, чилига, степная вишня, рябина, черемуха, кизильник черноплодный. Травянистый покров лиственных лесов составляют ландыш, купена лекарственная, скерда сибирская, душица, поповник щитконосный, колокольчик крапиволистный, колокольчик болонский, звездчатка лесная, перловник высокий, василек русский, спаржа лекарственная, герань лесная, фиалки, хмель, чистотел, земляника, костяника, ежа сборная и др.

Пойменные леса представлены дубом, вязом, осиной, осокарем, ольхой, ивой. Они размещаются в зависимости от склонности почв к дренажу. На хорошо дренированных участках пойм произрастает дуб, осина, береза. Территории ближе к береговой полосе, то есть менее дренированные, заняты вязовыми лесами, а береговая полоса – осокорями. Самые низменные территории порастают ивняком и ольшаниками.

Растительные сообщества на территории Тольятти, располагаясь на границе лесостепной и степной зоны, отличаются переходным характером и включают различные элементы: широколиственные, хвойно-широколиственные, лесостепные и степные. В лесной зоне широко распространены остепненные сосняки с лишайниковым покровом, сосняки со степным и южноборовым кустарничками, а также широколиственно-сосновые леса (Саксонов и др., 2012). Среди древесных растений в лесах города и его пригородной зоны преобладают: сосна обыкновенная, лиственница, дуб, клен, вяз, береза, осина, липа и тополь. Среди подлесочных пород наиболее характерны: ильм шершавый, клен остролистный и липа мелколистная. Из кустарников наиболее типичны: крушина ломкая, бересклет бородавчатый, вишня степная, бузина красная, шиповник. В травяном покрове лесов представлены луговые и сорные виды

растений: чистотел, крапива двудомная, лопух большой и малый, одуванчик лекарственный, мятлик луговой и однолетний, пижма, пустырник пятилопастный и другие виды (Рыжова, 2008). Из лесостепных и степных видов растений различают: ковыль перистый, качим метельчатый, спаржу лекарственную, тимофеевку степную и мордовник обыкновенный. Также встречаются виды, характерные для северных, южно-таежных и хвойно-широколиственных лесов: ландыш майский, вейник наземный, купена лекарственная, ястребинка зонтичная (Саксонов и др., 2012).

В городской среде, кроме естественной растительности, наиболее распространены рудеральные сообщества нарушенных местообитаний. В общей сложности на территории Тольятти насчитывается 101 вид из группы рудеральных растений (Тольятти ..., 2001). Для Тольятти существует следующая типология рудеральной растительности: цикламеновый, кострово-пырейный, марево-лебедовый, чертополоховый, полынный, лопуховый, полынно-типчаковый, донниковый, мятликовый, крапивный и чередовый. Характерным для железнодорожных насыпей и платформ выделяется прутняково-солянковый тип (Захаров, 1971). В городской черте произрастают редкие, эндемичные (тимьян жигулевский, боярышник волжский, смолевка башкирская, колокольчик волжский) и реликтовые (шаровница крапчатая, майник двулистный, толокнянка обыкновенная, овсяница высокая, льнянка дроколистная) растения (Саксонов и др., 2012). На территории города произрастают растения, нуждающиеся в охране – адонис весенний, тмин песчаный, рябчик русский, пыльцеголовник красный, прострел раскрытый.

Ближайшими памятникам природы являются Ставропольский и Задельненский сосняки и Федоровские старицы. Ставропольский сосняк занимает 23 квартал Тольяттинского лесничества и находится в границах городской черты вблизи берегов Куйбышевского водохранилища. Он состоит из травяных, орляковых и других сообществ с подлеском из бересклета бородавчатого, ракитника русского, рябины обыкновенной, и других

кустарников. Задельненские сосняки на дюнных песках располагаются в зоне древней долины реки Волги между Самарой и Тольятти и занимают кварталы 79 и 94 Ставропольского лесничества. Сухой сосновый бор с примесью березы и осины составлен древостоем возрастом 130-140 лет, высотой до 30 м, толщиной до 1,5 м. Данный бор имеет почвозащитное и противозерозионное значение и он подвержен сильной антропогенной нагрузке (Саксонов и др., 2012). Озера, старицы и заливные луга, расположенные в окрестностях поселка Федоровки и окруженные широколиственным лесом, также подвержены сильной антропогенной нагрузке. Помимо высших растений, на исследуемой территории растут грибы, мхи и лишайники. К наиболее типичным водорослям водоемов города относят: хламидомонада, носток, кладофора, спирогира, гидродикцион сетчатый (водяная сеточка), ботридиум, хара. Наиболее типичными мхами лесной части Тольятти являются: политрихум, гипнум Шребера, дикранум. Типичные лишайники – кладония кустистая и бокальчатая.

Обзор состояния естественных компонентов природной среды города Тольятти показывает, что территория представляет собой часть сложной экологической системы. Состояние климата, воздушной, водной и геологической сред претерпевают значительные изменения в результате хозяйственной деятельности людей, как на локальном, так и на глобальном уровне, а скорость деградации природной среды зависит от характера антропогенно-техногенных воздействий. В современных условиях растительный покров вне- и внутригородских территорий Тольятти характеризуется видом разнообразием и высокой степенью антропогенной преобразованности.

### **3.7. Особенности объектов озеленения**

По данным генерального плана Тольятти в городе должно отводиться не менее 50% площади под насаждения в виде различных по своему

назначению объектов озеленения в соответствии с современными градостроительными нормами (Тольятти. Генеральный ..., 2001; Паспорт города ..., 2004). Все объекты озеленения города должны быть взаимосвязаны и объединены в единую последовательную систему озеленения города. Объект озеленения (он же земельный участок) – это важный структурный элемент территории населенного места и участков пригородной зоны, играющий важную санитарно-гигиеническую роль как средство охраны окружающей среды, а также удовлетворяющий потребности жителей в отдыхе на открытом воздухе.

К объектам озеленения города относят скверы, бульвары, сады, парки, озелененные участки вблизи зданий в жилой и промышленной застройке городской черты, в общественно-административных зданиях, на магистралях и улицах, в пригородных зонах и лечебно-оздоровительных комплексах. Все объекты озеленения различны по своему функциональному назначению, по конфигурации и величине в плане города, по местам размещения. Объекты зелёных насаждений жилой и промышленной застройки располагаются на участках с относительно спокойным рельефом, хорошими условиями для отвода дождевых вод. Не пригодные для застройки участки имеют овраги, крутые склоны, заболоченные почвы и требуют осуществления мелиоративных мероприятий. Все городские объекты озеленения, такие как городские сады и парки, находятся в тяжелых условиях урбосреды, где зеленые насаждения подвергаются интенсивному влиянию пыли и выхлопных газов от автотранспорта, выделений вредных взвесей и газов промышленного производства и неправильного отношения жителей города к зеленым насаждениям.

Места озеленения различны по своему использованию населением и назначению. Городские объекты классифицируют на объекты общегородского и районного значения (Тольятти. Генеральный ..., 2001; Паспорт города ..., 2004). В отдельную группу выделяют объекты специального назначения. Городские объекты также делят на объекты

общего и ограниченного пользования. К объектам озеленения общего пользования относят городские сады и парки. Например, скверы, лесопарки, бульвары, полосные магистральные насаждения, насаждения на набережных, озелененные участки при общегородских административных и торговых центрах, а также прогулочные, спортивные, детские и мемориальные. Территории промышленной и селитебной застройки являются объектами озеленения ограниченного пользования. Это жилые территории, участки школ, детских садов, вузов, техникумов, насаждения промышленных предприятий, спорткомплексы. К местам озеленения специального назначения причисляют санитарно-защитные зоны и насаждения коммунально-складских территорий, насаждения ветрозащитного, почво- и водоохранного значения, кладбища, питомники. Наибольшую площадь озеленения города занимают местные объекты общегородского и районного значения. К ним относят бульвары, скверы, городские парки и сады, участки жилой застройки (придомовые полосы, дворы-сады, территории детских садов и школ).

От правильного размещения рассмотренных выше категорий городских насаждений в плане города, от высокого качества разработки проектов, и соответствующего этим проектам воплощения в жизнь, а также их последующего содержания, зависят комплексный характер озеленения города, санитарно-гигиеническое состояние, его архитектурно-художественный облик, условия отдыха населения в благоприятной по микроклимату среде. К городским насаждениям предъявляют различные требования ведения хозяйства и садово-паркового строительства. Это зависит от месторасположения и размещения точек озеленения в плане города, их назначения и величины.

Скверы размещают на участках с площадями от 0,15 до 2,5 га; это важные, представительные места озеленения. Скверы располагают на пересечениях улиц и проспектов, городских площадях, у общественных и административных зданий, участках примыкающих и вблизи жилых



кварталов. Скверы находятся в значительно неблагоприятных условиях городской среды, таких как – загазованность и запыленность воздуха, высокий уровень шума, вытаптываемость почвы. Планировка сквера определяется его назначением и включает различные партерные участки – газоны, группы деревьев, цветники и кустарники, прогулочные и транзитные дорожки, площадки для отдыха. Скверы имеют стойкие к городской среде посадочные и семенные материалы, прочные декоративные покрытия площадок и дорожек. При создании скверов предъявляют высокие требования к выполнению работ по посадке кустарников и деревьев, устройству цветников и газонов, по уходу за насаждениями на высоком агротехническом уровне. Это регулярные поливы, внесение минеральных и органических удобрений, применение стимуляторов роста, периодическая прополка и рыхление почвы.

Бульвары размещают вдоль районных магистралей и улиц в виде полос шириной не менее 16-18 м; это объекты озеленения для непродолжительного отдыха жителей города. Бульвары включают транзитные и прогулочные дорожки, площадки для отдыха, изолирующие посадки вдоль проезжей части улицы, декоративные группы устойчивых кустарников и деревьев, расположенных на участках газона, а также цветочное оформление клумб и газонов.

Сады и парки представляют собой земельные участки с размерами от 6-10 (сады) до 100-150 га и более; это наиболее важные и крупные объекты озеленения города. Парки и сады по назначению подразделяют на многофункциональные культурные парки отдыха и специализированные – спортивные, детские, прогулочные; по назначению, величине и местоположению в плане города парки и сады классифицируют на районные и городские.

К объектам озеленения жилой застройки относят дворы-сады, придомовые полосы, участки перед культурно-бытовыми учреждениями, территории детских садов и школ, предназначенные для кратковременного

отдыха и хозяйственно-бытовой деятельности населения. Объекты озеленения районов промышленной застройки – это сложные объекты, предназначенные для улучшения условий нахождения трудящихся на заводско-фабричных территориях и для их краткосрочного отдыха.

В городе Тольятти расположены следующие виды мест озеленения: групповые в виде геометрических форм, одиночные и рядовые – «живая изгородь». Выделяют плотные и изреженные рядовые посадки. Расстояния между деревьями в плотных рядовых посадках такие: 3 шт. на 1 м; 3 – 0,7 м. Расстояния в изреженных рядовых посадках: 3 шт. на 3 м (для ели, тополей); 3 шт. на 4-6 м (для деревьев с широкой кроной). Ряды размещаются параллельными линиями по два, для того чтобы деревья росли в «шахматном порядке». Примерами данной посадки служат аллеи тополей (Советский, Пионер, Балле). Рядовые посадки выполняют различные функции: они исполняют роль пылесборников и пылеудержателей, служат естественной защитой от продувания ветрами жилых комплексов, являются декоративным украшением селитебных ландшафтов, освежают воздух. При посадке кустарниковой и древесной растительности рассчитывали такие параметры как площадь строений, их высота (этажность), суммарная площадь дворов внутри комплексов зданий. Планирование различных видов высадки зеленых насаждений (кустарников и деревьев) осуществляли в зависимости от размера и формы внутривортовых пространств, а так же их освещенности. При проведении реконструкционных работ старые по возрасту деревья (по возрасту деревья, достигшие возраста 40-50 лет) выкорчевывают и насаждают молодые (не старше 10-11 лет). При данной замене так же происходит смена пород деревьев. Озеленение мест отдыха населения, которые расположены рядом с жилыми строениями, осуществляет ряд функций: оказывает благоприятное влияние на самочувствие населения (микроклимат: теневой занавес в жаркие дни, оптимальная влажность); создаёт защиту от продувания ветрами; выполняет декоративную функцию; является естествообразующим заслоном от пыли.

Жилая застройка в Центральном районе города Тольятти более разнообразна, нежели в прочих районах (Комсомольском и Автозаводском). В связи с этим выделяют несколько вариантов озеленения района. Центр района является самым густо озелененным. Густота насаждений здесь достигает показателя в 13-14 м<sup>2</sup> на человека. При озеленении данного сектора применяли посадку следующих древесных пород: вяз обыкновенный, клен ясенелистный, клен остролистный, тополь (несколько видов), рябина обыкновенная, береза пушистая. В более поздние периоды начали сажать ель колючую (Центральная площадь, площадь Свободы), яблоню сибирскую (ул. Жилина). Из кустарников высажены боярышник (несколько видов) и кизильник блестящий в живой изгороди, также калинолистная спирея и несколько видов барбариса в группах. На окраине сектора района имеют более низкую густоту насаждений 9,6-10,3 м<sup>2</sup> на человека. Кроме уже перечисленных пород в посадки данных секторов вошли конский каштан (окончание ул. Мира) и лиственница (ул. Банькина) в аллеиных посадках. Северо-западный и северный сектор, которые прилегают к центральному району, является самым протяженным по площади и в плане озеленения самым разреженным. В данном секторе характерной чертой застройки является усадебная, соответственно здесь не происходило массового озеленения, только частное (территорию озеленяли сами жители сектора). В древесном ярусе встречается клен ясенелистный, тополь и рябина обыкновенная; в кустарниковом: боярышник, сирень. В аллеиных посадках используют такие породы как: клен остролистный, липа мелколистная (ул. Горького); в одиночных посадках встречается ель, рябина; лиственница (Молодежный бульвар), каштан, туя, ива плакучая (Центральная площадь) встречаются как в групповых так и аллеиных посадках. В кустарниковом ярусе присутствует спирея калинолистная, гортензия, калина Бульданеш.

Основным фактором, повлиявшим на качественное и количественное озеленение Комсомольского района является время и то, что район состоит из трех разделенных поселений, в свое время объединенных. Здесь можно

выделить три разных подхода к озеленению района. Первый вариант это одиночные усадебные посадки, расположенные на северо-востоке района. Здесь озеленение самое изреженное в Комсомольском районе, так как не проводилось никаких специальных работ городского масштаба по озеленению. В древесном ярусе присутствует клен ясенелистный, береза бородавчатая, рябина обыкновенная, а в кустарниковом – боярышник и сирень. Участок на востоке района имеет густоту насаждений 9,6-10,3 м<sup>2</sup> на человека. В озеленении присутствуют следующие породы: клен остролистный, мелколистная липа, несколько видов тополей в аллеиных посадках; ива плакучая, рябина обыкновенная, клен ясенелистный, вяз обыкновенный в одиночных и групповых посадках. Береза бородавчатая присутствует во всех видах посадок, а в кустарниковом ярусе находится боярышник. Весь западный сектор района представляет собой участок жилой застройки и является самым «молодым», вследствие чего озеленение его происходило позже других секторов и его состав кустарниковых и древесных пород более разнообразный. В древесном ярусе это: ель колючая, тополь (несколько пород), береза бородавчатая, лиственница, клен ясенелистный, вяз обыкновенный, клен остролистный, липа мелколистная. Данный сектор находится на границе с лесом, поэтому лесные породы деревьев тоже входят в перечень озеленения. В состав кустарников входят: боярышник (несколько видов), кизильник блестящий, лох узколистный, спирея калинолистная.

В Автозаводском районе озеленение городского масштаба проводилось позже других. В жилой зоне района озеленение представлено аллеиными посадками кустарников и деревьев вдоль основных бульваров, проспектов, тротуаров, улиц, групповыми посадками зеленых насаждений на территориях, рядом с административными, жилыми и культурно-бытовыми объектами, парками, внутриквартальными садами и скверами. Кроме рядовых посадок тополей (ул. Тополиная, ул. Дзержинского, Приморский пр.) на территории так же представлены посадки кленов (ул. Фрунзе), рябин (Рябиновый бульвар), лип (ул. Свердлова, Ленинский пр.), каштанов (бульвар

Баумана), лиственниц, берез. В состав одиночных и групповых посадок из древесных пород входят: вяз обыкновенный, береза пушистая, яблоня сибирская, ель колючая, липа, сосна обыкновенная, рябина обыкновенная, клен ясенелистный, акация, черемуха, бархат амурский; из кустарниковых пород: жимолость, войлочная вишня, жасмин, бирючина, боярышник (несколько видов), шиповник (несколько видов), спирея калинолистная, кизильник блестящий. Кроме этого, встречается сирень, вяз мелколистный (его часто применяют при посадке вблизи лавочек), лох узколистный и др. Часто встречается в кустарниковой живой изгороди клен ясенелистный. Это растение самопроизвольно распространяется и представляет помеху для живой изгороди.

В Автозаводском районе жилые массивы имеют формы различных геометрических фигур (треугольник, прямоугольник, трапеция), отсюда происходит их бытовое название «квартал». Каждый квартал имеет порядковый номер. Условно Автозаводский район можно разделить по времени застройки. Выделяется два вида спальных массивов: «старые», куда входят все кварталы с 1 по 14 и «новые», с 15 квартала и далее. В «новых» кварталах состав зеленых насаждений отличается значительным количеством и разнообразием хвойной древесной растительности (несколько видов ели, туя, сосна, лиственница), при этом густота озеленения «старых» кварталов в сравнении с «новыми» выше. Количество посаженных деревьев по породам (условно): береза бородавчатая – 20%; липа – 20%; тополь (в общей сумме) – 20%; клен остролистный – 20%; Остальные породы деревьев составляют 20%. Густота озеленения района составляет 22 м<sup>2</sup> на человека.

У водоемов в городских парках антропогенного происхождения посажены: береза бородавчатая, разнообразные виды тополей, клен ясенелистный, ясень зеленый, каштан конский, липа мелколистная, клен остролистный, различные виды ивы (ива плакучая, ива «стригучая»), бархат амурский; также в естественных парках присутствуют древесные породы местных широт (дуб, сосна обыкновенная). В парках естественного

происхождения густота озеленения в разы превышает густоту озеленения в «искусственных» парках отдыха. При создании прибрежного парка (расположен между Автозаводским районом и Волгой) осуществлялось размещение разнообразных видов зеленых насаждений на ограниченной территории, закрепленной за одним из ближайших жилых кварталов. Здесь использовались неприхотливые породы деревьев (тополь, сосна, береза бородавчатая, ясень, вяз обыкновенный, ива, липа). Деревья насаждались куртинами, для создания образа естественных произрастаний пород.

От жилых районов, кроме парков, также по составу и густоте пород значительно отличается санитарно-защитная полоса, разделяющая ПАО АВТОВАЗ (включая промышленную зону) и Автозаводский район. В состав данной полосы вошли такие породы деревьев как клен ясенелистный и береза пушистая. Принцип ее оформления основан на произвольном размещении небольших групп деревьев и кустарников, а также крупных массивов, на фоне сплошного лугового газона. По проекту было высажено 52 тысячи кустарников и 44 тысячи деревьев.

Для точного описания селитебных ландшафтов Тольятти были выделены различные типы жилых комплексов, отличные друг от друга: по времени застройки, это позволяет разделить их на три жилых района; озеленением комплексов; фрагментарным единообразием внутрирайонной (внутрикомплексной) застройки. Плотность зеленых насаждений исчисляется в количестве деревьев на 1 га. Плотность посадок деревьев варьируется от 7 шт./га до 240 шт./га. Видовой состав насчитывает двадцать различных пород деревьев. Сюда входят: тополя (Пионер, Советский, Берлинский, Балле, Петровский), сосна обыкновенная, ель колючая, береза повислая, ясень зеленый, черемуха, вяз обыкновенный, клен ясенелистный, лиственница обыкновенная, рябина обыкновенная, каштан конский, клен остролистный, туя, яблоня сибирская, липа мелколистная, ивы (плакучая, стригучая). Видовой состав кустарников представлен: спиреей калинолистной, кизильником блестящим, боярышником (несколько видов), барбарисом,

сиренью, бирючиной, калиной (несколькими видами), войлочной вишней, жимолостью, шиповником (несколько видов), жасмином (чубушник).

### **3.8. Техногенный покров**

Понятие техногенного покрова широко используется для описания составляющей ландшафтов Тольятти. Техногенный покров составляют различные виды застроек города, промышленные и селитебные зоны. Природную среду города рассматривают как геологические комплексы (геокомплексы) включающие в себя следующие элементы: характер застройки, растительность (естественная, созданная человеком), подстилающие породы и рельеф. Под характером застройки понимают высоту зданий, их функциональное значение, плотность (среднее расстояние между зданиями).

Под воздействием техногенного покрова преобразуются, изменяются качественно и количественно в результате перестройки своей структуры, обнаруживаются новые связи, но не прекращают развиваться по естественным законам. Понятие техногенный покров города включает все новое, возникшее под воздействием человека в черте города и привело в одних случаях к модификации, в других – к нарушению инвариантного состояния элементарных природно-территориальных комплексов. Сюда относят твердые покрытия почвы, культурный слой, созданные человеком группировки зеленых насаждений, наземные и подземные коммуникации, преобразованные и искусственные водоемы и т.п. Основную составляющую техногенного покрова города представляют функционирующие технические системы, сооружения и устройства – фабрики, заводы, электростанции, шахты, селитебные и промышленные комплексы, плотины и т.п.

Производственно-технические типы техногенного покрова, его степень развития находятся в зависимости от профиля производства города, планировочной структуры, особенностей технологических процессов его

предприятий, истории формирования, плотности и этажности застройки, а также от его специфики воздействия и природных предпосылок на развитие природной среды. Возникновение и формирование техногенного покрова связано с воздействием человека. В то же время он сам становится активным компонентом природы, регламентирующим и выражающим в какой-то степени динамику и развитие городских ландшафтов. Многие типы техногенного покрова – парки, плотины, скверы и др. – входят в ландшафт города как его элементы структуры.

Приведем характеристику видов геокомплексов города Тольятти.

Первый геокомплекс расположен на западе Автозаводского района, на пологом склоне второй и третьей террас. Естественная растительность здесь не представлена, характерными являются искусственно созданные насаждения: береза пушистая, тополь пирамидальный, клен ясенелистный, карагач, яблоня сибирская, каштан американский, вяз приземистый, из кустарников – лох узколистный. Геокомплекс включает в себя селитебные зоны с застройкой разной этажности (здания от 5 до 16 этажей) и плотностью застройки от 20 до 120 м. Также здесь расположены малоэтажные (2-4 этажа) здания общего назначения;

Второй геокомплекс расположен на востоке Автозаводского района, на пологом склоне третьей террасы. Естественная растительность здесь не представлена, характерными являются искусственно созданные насаждения: береза пушистая, тополь пирамидальный, клен ясенелистный, каштан американский, карагач, яблоня сибирская, вяз приземистый, из кустарников – лох узколистный. Геокомплекс включает селитебные зоны с многоэтажной застройкой (здания от 9 до 16 этажей) и плотностью застройки от 20 до 120 м. Также сюда включены малоэтажные (2-4 этажа) здания общего назначения;

Третий геокомплекс (ландшафт) расположен в Автозаводском районе Тольятти. Здесь расположена рекреационная зона района, она находится на пологих склонах 2 и 3 террас. Из растительности здесь представлены



созданные искусственно насаждения: береза пушистая, тополь пирамидальный, рябина обыкновенная, ива белая (плакучая), яблоня сибирская. Застройка мало- и многоэтажная (от 2 до 12 этажей), плотность застройки от 20 до 120 м, сюда входят только здания общественного значения;

На севере Центрального района расположен четвертый геоконкомплекс, на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями расположены малоэтажные (2-3 этажа) частные коттеджные строения. Плотность застройки здесь составляет 15-46 м. Из растительности представлены частные садовые насаждения: вишни, яблони и т.п.;

Пятый геоконкомплекс в центральной части Центрального района, на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Ландшафты расположены с мало- и многоэтажной застройкой (5-9 этажей) и малоэтажными жилыми зданиями (2-4 этажа) общественного значения. Плотность застройки: 15-95 м. Представлена растительность искусственными насаждениями: береза пушистая, береза бородавчатая, вяз приземистый;

Шестой геоконкомплекс на юго-востоке Центрального района города, на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположены многоэтажные жилые строения (9-16 этажей) и малоэтажные (2-4 этажа) здания общественного значения. Плотность застройки составляет от 35 до 135 м. Представлена искусственно созданная растительность: береза пушистая, тополь пирамидальный, вяз приземистый; клен ясенелистный, из кустарников представлен лох узколистный;

Седьмой геоконкомплекс расположен на юго-западе Центрального района, на пологонаклонной третьей террасе, сложенной супесями и песками расположены малоэтажные жилые строения (2-5 этажей). Плотность застройки составляет от 20 до 70 м. Из растительности представлены декоративные посадки: береза бородавчатая, береза пушистая, вяз приземистый, клен.

В центре поселка Шлюзового расположен восьмой геокомплекс, на волжской пойме, сложенной супесями и песками. Застройка представлена мало- и многоэтажными жилыми зданиями (5-16 этажей), а также малоэтажными (2-4 этажа) зданиями общественного значения, плотность застройки от 35 до 130 м. Отсутствует естественная растительность, представлены только искусственно созданные насаждения: клен, береза пушистая, калина бульданеш, рябина обыкновенная.

Девятый геокомплекс находится на юго-востоке Шлюзового поселка, на пологой волжской пойме, сложенной песками и супесями. Здесь расположены малоэтажные жилые строения (3-5 этажей) с малоэтажными (2-4 этажа) зданиями общественного значения. Из растительности характерной является преимущественно посаженная человеком: клен ясенелистный, береза пушистая, ива белая (плакучая), рябина обыкновенная. Естественная растительность в геокомплексе отсутствует;

Десятый геокомплекс на пологонаклонной третьей террасе, сложенной супесями и песками расположена рекреационная зона Центрального района. Из строений представлены малоэтажные (1-4 этажа) здания общественного значения, плотность застройки составляет от 60 до 100 м. Из растительности представлены искусственно созданные насаждения: ель колючая, береза пушистая, ель европейская, клен, береза бородавчатая, рябина обыкновенная, калина бульданеш, ива белая (плакучая), кизильник блестящий; из лиан: виноград девичепятилисточковый, спирея калинолистная.

Одинадцатый геокомплекс расположен на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями. Здесь расположены мало- и многоэтажные (5-16 этажей) жилые строения Комсомольского района, также сюда входит малоэтажная застройка (2-3 этажа) – это здания общественного значения. Плотность застройки составляет от 35 до 130 м. Из растительности характерными являются искусственно созданные насаждения: клен, береза пушистая, рябина обыкновенная, калина бульданеш;

Двенадцатый геокомплекс расположен на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями, в Портовом и Шлюзовом поселках. Здесь расположены малоэтажные (2-3 этажа) частные коттеджные строения. Плотность застройки 15-46 м. Из древесной растительности представлены частные садовые насаждения: вишни, яблони, и т.п.;

Тринадцатый геокомплекс на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями. В Портпоселке, расположены малоэтажные (3-5 этажей) жилые строения, включающие малоэтажные здания (2-3 этажа) общественного значения. Плотность застройки от 20 до 70 м. Из растительности представлена посаженная человеком: клен ясенелистный, береза пушистая, ива белая (плакучая), рябина обыкновенная.

Четырнадцатый геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями расположены участки, в настоящее время заброшенные и зарастающие (в том числе степными видами растительности). Ранее данные участки использовались в сельскохозяйственных целях;

Пятнадцатый геокомплекс – на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями, в месте, прилегающем, к Комсомольскому району. Здесь расположены промышленные ландшафты, представленные зданиями различной этажности (1-6 этажей), также сюда включены гаражные комплексы. Плотность застройки составляет от 30 до 100 м. Растительность представлена декоративными посадками из березы бородавчатой.

Шестнадцатый геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь располагаются промышленные ландшафты, прилегающие к Центральному району. Промышленные здания представлены строениями различной этажности (3-9 этажей). Характерным для геокомплекса является многопанельное расположение зданий. Плотность застройки от 30 до 200 м. Древесной растительности, характерной для

данных ландшафтов, не выделено; частично представлена сорная травяная растительность;

Семнадцатый геокомплекс – на северо-западной окраине города Тольятти. Расположен на пологонаклонной второй террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположена промышленная застройка, представленная зданиями различной этажности (2-9 этажей). В этой застройке характерно преобладание сооружений горизонтальной протяженности, а также однопанельное их расположение. Плотность застройки составляет от 30 до 70 м. Растительность в геокомплексе представлена декоративными посадками из: березы бородавчатой, ели колючей, каштана американского и клена ясенелистного.

Восемнадцатый геокомплекс – на пологих склонах второй и третьей террас, сложенных песками и супесями, расположена промышленная застройка, прилегающая к Автозаводскому району. Застройка представлена зданиями различной этажности (5-12 этажей). Плотность застройки составляет от 50 до 110 м. Из растительности характерными являются декоративные насаждения из: вяза приземистого, березы бородавчатой, рябины обыкновенной, карагача; из кустарников представлен лох узколистный;

Девятнадцатый геокомплекс на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями. Здесь расположены лесные ландшафты, представленные дубравами и сосняками (травянистыми и сложными борами, а также пойменными и лиственными лесами).

Двадцатый геокомплекс – на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями. Здесь расположены дачные массивы с малоэтажной застройкой. Плотность застройки от 20 до 80 м. Из растительности представлены частные садовые насаждения: вишни, яблони и т.п.;

Двадцать первый геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположены дачные массивы с

малоэтажной застройкой. Плотность застройки от 50 до 100 м. Из растительности представлены частные садовые насаждения: вишни, яблони т.п.;

Двадцать второй геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположена рекреационная зона Комсомольского района, без участков со зданиями. Из растительности представлены сохранившиеся участки дубрав и сосняков.

Двадцать третий геокомплекс – на грядово-бугристо-западинной равнине третьей террасы, сложенной песками и супесями. Здесь расположена рекреационная зона Шлюзового поселка, без участков со зданиями. Из растительности представлены сохранившиеся участки дубрав и сосняков.

Двадцать четвертый геокомплекс – на пологой волжской пойме, сложенной песками и супесями. Здесь расположена промышленная застройка Шлюзового поселка. Застройка представляет собой здания различной этажности (1-6 этажей), а также массивы гаражей. Плотность застройки от 30 до 100 м. Растительность представлена декоративные посадки из березы бородавчатой.

Двадцать пятый геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположены декоративные посадки набережной Автозаводского района. Посадки представлены: елью европейской, березой пушистой, вязом приземистым, рябиной обыкновенной, кленом.

Двадцать шестой геокомплекс – на пологонаклонной третьей террасе, сложенной песками и супесями. Здесь расположены жилые многоэтажные (9-16 этажей) строения, а также малоэтажные (2-4 этажа) здания общественного значения Центрального района. Плотность застройки составляет от 20 до 80 м. Из растительности характерными являются декоративные посадки: клен ясенелистный, береза пушистая, рябина обыкновенная;

Двадцать седьмой геокомплекс расположен в центре Автозаводского района, на пологом склоне третьей террасы. Естественная растительность

здесь не представлена, характерными являются искусственно созданные насаждения из пирамидального тополя, березы пушистой, яблони сибирской, клена ясенелистного; из кустарников представлен лох узколиственный. Геокомплекс включает селитебные зоны с мало- многоэтажной застройкой (здания от 5 до 16 этажей) и плотностью застройки от 20 до 120 м. Также сюда входят малоэтажные (2-4 этажа) здания общего назначения.

В городе Тольятти основным источником загрязнения воздуха является автотранспорт. Городские автомобили производят почти 75% вредных выбросов. Официальным данные указывают, что автовладельцем является каждый третий житель города (Государственный доклад ..., 2016). Автотранспорт продолжает увеличивать своё негативное влияние на окружающую среду. В 70-е годы XX века доля загрязнителей, вносимых автомобилем в атмосферу, составляла менее 13 %, сейчас же она превышает 60 %. По данным на 1 июля 2017 года в Тольятти выбросы от автотранспорта в атмосферу превысили объем выбросов от стационарных источников в 1,2 раза. Подсчитано, что на 1000 жителей города приходится порядка 300 автомобилей, количество автотранспорта ежегодно увеличивается, даже на фоне тяжелой экономической ситуации в городе. Следовательно, количество выбросов загрязняющих веществ сохраняет тенденцию к увеличению. Усреднено единица автотранспорта выбрасывает за день 4 кг пылевых частиц и токсичных веществ. Режим работы двигателей и их техническое состояние, регулирование системы подачи топлива, качество дорожного покрытия и организация уличного движения значительно влияют на количество и состав выхлопных газов всех типов автомобилей и двигателей. В выхлопных газах автомобилей содержится свыше 200 веществ и соединений, основная масса которых токсичны. В окружающую среду выделяются оксиды азота (NO), углерода (CO), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), альдегиды, свинец (Pb), сажа (C) и другие. Экспериментально установлено, что в выхлопных газах карбюраторных двигателей в период торможения выделяется большая масса углеводородов. Максимальное выделение

угарного газа CO наблюдается при работе двигателя при перегрузках и на холостом ходу.

В городе ежегодно регистрируется загрязнение придорожной почвы опасным канцерогеном – бенз(а)пирен (Государственный доклад..., 2017). Повышенные концентрации бенз(а)пирена были обнаружены в процессе исследований вблизи Автозаводского и Южного шоссе (до 20 ПДС). По мере удаления от обследованных дорог, отмечается снижение концентраций канцерогена, что свидетельствует о негативном влиянии движения транспорта, как источника загрязнения.

В городе существует еще одна проблема также связанная с автотранспортом – это качество бензина. После ряда проверок было зарегистрировано повышенное содержание серы во всем бензине, который реализуется на территории города.

На разнообразии ландшафтов города Тольятти значительное влияние оказали волжские террасы. Река Волга непосредственно оказывает влияние на ландшафты города. Основное влияние на разнообразие ландшафтов города оказал растительный покров. Растительный покров города представлен двумя основными видами: естественный и искусственно созданный (посаженный человеком). Большое значение для города имеет естественный растительный покров – это лес, находящийся в черте города, он выделяется как отдельный геокомплекс. Значительное воздействие на разнообразие ландшафтов города Тольятти оказали застройки города. застройка разделена на селитебную и промышленную. В селитебной застройке выделены дачные массивы и рекреационные зоны. В жилых зонах района выделено 27 различных видов геокомплексов. Это говорит о большем разнообразии среди ландшафтов города именно селитебных комплексов. Комплексы различаются плотностью и характером застройки. Промышленные ландшафты имеют значительно меньшее, по сравнению с селитебными, разнообразие, но они также имеют четкое разделение.

Промышленные ландшафты также разделены по плотности и характеру застройки.

Элементы техногенного покрова оказывают мощное негативное влияние на окружающую среду города Тольятти, в частности автомобильный транспорт. Это влияние проявляется в шумовом и тепловом воздействии, загрязнении воздуха, риске при перевозке опасных грузов, отчуждении земель под автотранспортную структуру, потреблении не возобновляемых энергетических ресурсов нефтяного происхождения.



## **ГЛАВА 4. ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ *BETULA PENDULA* В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ТОЛЬЯТТИ**

Глава посвящена изложению и обсуждению результатов анализа почвенных и отдельных техногенных условий (пылевая и автотранспортная нагрузки) местообитания березы повилой *Betula pendula* на территории г. Тольятти.

### **4.1. Оценка влияния автотранспортной нагрузки на насаждения березы повислой *Betula pendula***

На исследуемых площадях мы провели анализ автотранспортной нагрузки, предварительно ознакомившись с общей техногенной обстановкой города. В крупных промышленных центрах Российской Федерации 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 (приложение В, таблица В.1, рисунок В.2). Однако по данным Росгидромета за 2013-2015 гг. уровень общего загрязнения атмосферы города оставался стабильным и относился к категории «повышенный» (Государственный доклад ..., 2016). Отмечается следующая тенденция загрязнения атмосферного воздуха г. Тольятти: 2013 г. – высокий, 2014 г. – повышенный, 2015 г. – повышенный уровни. Уровень загрязнения воздуха в 2014 г «повышенный», (однако, с учетом старых ПДК на формальдегид состояние загрязнения атмосферы было бы отнесено к категории «высокого»). По сравнению с 2013 г. загрязнение атмосферы снизилось, город переместился из градации с «высоким» в градацию с

«повышенным» загрязнением атмосферы (приложение В, таблица В.2, рисунок В.3).

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. 4.1.1). В зоне контроля (ПП № 1) автомобильная нагрузка по сравнению с другими ПП практически отсутствует.

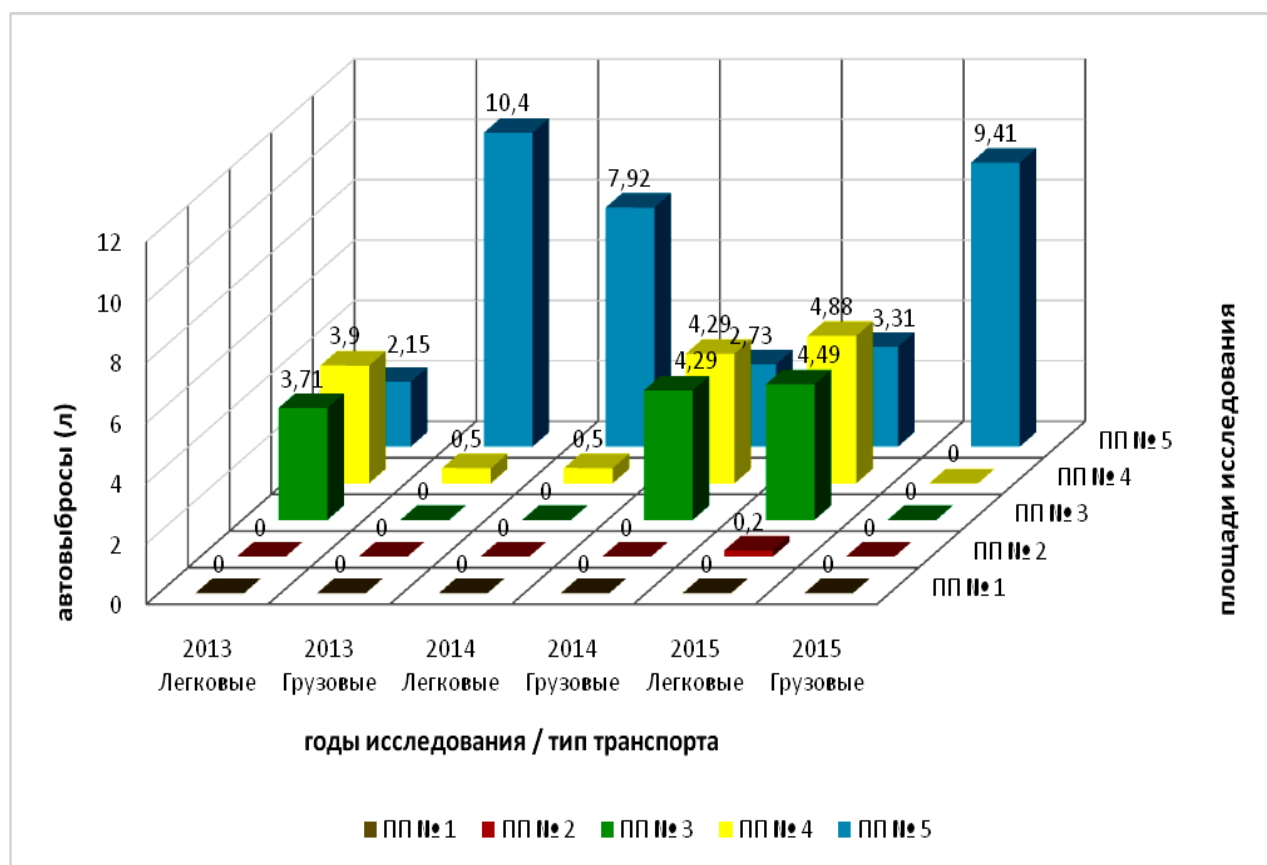


Рис. 4.1.1. Распределение автовыбросов (л) с учетом типа автотранспорта на пробных площадях по годам исследования:

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

Результаты расчетной оценки количества вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу на площадях исследования представлены в таблицах приложения В – В.3, В.4, В.5. Наибольшая автотранспортная нагрузка отмечается в зоне повышенного загрязнения (ПП № 5 промышленная зона города). В зоне сильного загрязнения отмечен наибольший приток грузовых автомобилей и, соответственно, наибольшее количество выбросов – 27,73 л (с учетом легковых автомобилей – 35,92 л; с учетом легковых автомобилей и автобусов – 37,24 л). В зоне среднего загрязнения – 1 л; 25,76 л; 34,34 л (рис.4.1.1). В зоне контроля отсутствует существенная автомобильная нагрузка.

Для березы повислой *Betula pendula* вредно избыточное содержание углекислого газа, сажи и пыли, которое в атмосфере возрастает в связи с увеличением объемов сжигаемого топлива. Морфо-физиологические показатели особей улучшаются по мере удаления изучаемых объектов от главной магистрали.

#### 4.2. Оценка влияния загрязнения пылью листовых пластинок березы повислой *Betula pendula*

На исследуемых площадях мы провели анализ пылевой нагрузки. Результаты анализа количества осажденной пыли на листовых пластинках березы повислой *Betula Pendula* представлены в приложении В таблице В.7 и на рис. 4.2.1. Автомобильные дороги и работающие предприятия являются основными источниками пыли в городе Тольятти (Хворов, 1996). Этот факт подтверждают места расположения исследуемых площадей города и пригорода. Было рассчитано количество пылевых частиц, осажденных единицей площади листовой поверхности (табл. 4.2.1). Выяснено, что у березы повислой *Betula Pendula*, произрастающей в насаждениях промышленной зоны города, листовые пластинки имеют самую большую запыленность, с каждым годом увеличивающуюся в независимости от дожливости сезона.

Таблица 4.2.1

Масса пыли в пересчете на 1 мг/см<sup>2</sup> с исследуемых площадок

г. Тольятти на 2013-2015 гг.

№ п/п	Место сбора материала	2013	2014	2015
1	2	3	4	5
1	Узюковский лес (ЗУК)	0,006	0,008	0,010
2	Лес пригородный	0,012	0,014	0,016
3	Банькина улица	0,196	0,210	0,257
4	Парк Победы	0,238	0,262	0,334
5	Промышленная зона	0,344	0,407	0,495

В соответствии с полученными данными, было отмечено, что показатель запыленности листовых пластинок в 2014 году выше, чем в 2013. В связи с тем, что 2014 год был более сухим, чем 2013 год. Летний сезон 2013 года характеризовался частым выпадением осадков в виде дождя. Пик концентраций пыли пришелся на 2014 год. Этот год характеризовался в

городе жаркой, сухой погодой в весенние, летние и осенние месяцы; длительным отсутствием осадков, возможно недостаточно качественной уборкой городских территорий и автодорог, что привело к загрязнению пылью. При ветреной погоде, наблюдавшейся в указанный год, взвешенные вещества вновь поступали в приземный слой атмосферы, образуя при этом «вторичное» загрязнение.

Общие изменения концентрации пыли за 2-летний период составили 55 %. Результаты исследования концентрации пыли 2015 года показали дальнейшее пылевое загрязнение на всех площадках города. Сравнивая показатели запыленности воздуха на исследуемых площадях города, было выяснено, что наибольшая загрязненность поверхности листовых пластинок наблюдается в промышленной зоне города, вблизи центральной автодороги. Наименьшее содержание пыли по массе отмечено на контрольной площадке – Узюковский лес. Показатель запыленности воздуха на исследуемых площадях по городу в среднем превышает контроль в 2,5-3 раза. Количество пыли осевшей на листья в Узюковском лесу в 4,5 раза меньше по сравнению с наиболее запыленной площадью сбора. Самой низкой способностью удерживать пылевые частицы характеризуются особи, произрастающие в магистральных посадках, что ниже контроля в среднем на 8,18 в  $\text{мг}/\text{см}^2$ . Это можно объяснить усиленным движением атмосферного воздуха в магистральных посадках, вызванного потоком автотранспорта.

Анализ распределения среднего количества пыли, осаждаемой на листовых пластинках березы повислой *Betula Pendula* на всех исследованных площадях показывает достаточно широкий диапазон варьирования значений данного показателя. На исследуемой площадке №5 количество пыли оказалась гораздо выше (1,81), чем на других площадках (0,39; 0,62; 0,94; 1,22), что характеризует данный район как критический по экологическим условиям. На запыленность влияют характер размещения автомобильных дорог, промышленных предприятий, различных сооружений и ветровых потоков, а также морфо-физиологические особенности исследуемого вида.

Анализ количества пыли, осевшей на листовых пластинках березы повислой *Betula Pendula* в зонах исследования, показал, что уровень запыленности в зоне сильного загрязнения (ПП № 5) самый высокий и имеет тенденцию к увеличению год от года (рис. 4.2.1). Из графика видно, что за год показатель запыленности листовых пластинок поднялся в среднем на 0,12 г. Заметим, что для всех ПП количество пыли на листовых пластинках березы за годы исследования (2013-2015 гг.) также увеличивается. Если подсчитать, сколько пыли будет оседать на исследуемые деревья через 40 лет, то этот показатель будет выше 4,8 г (Беляева, 2015).

По степени увеличения экологического загрязнения, исследуемые площадки города Тольятти распределились так: Ставропольский район (Узюковский бор) < Тольяттинское лесничество (Пригородный лес) < Центральный район (улица Баныкина) < Автозаводской район (Парк Победы) < Промышленная зона города.

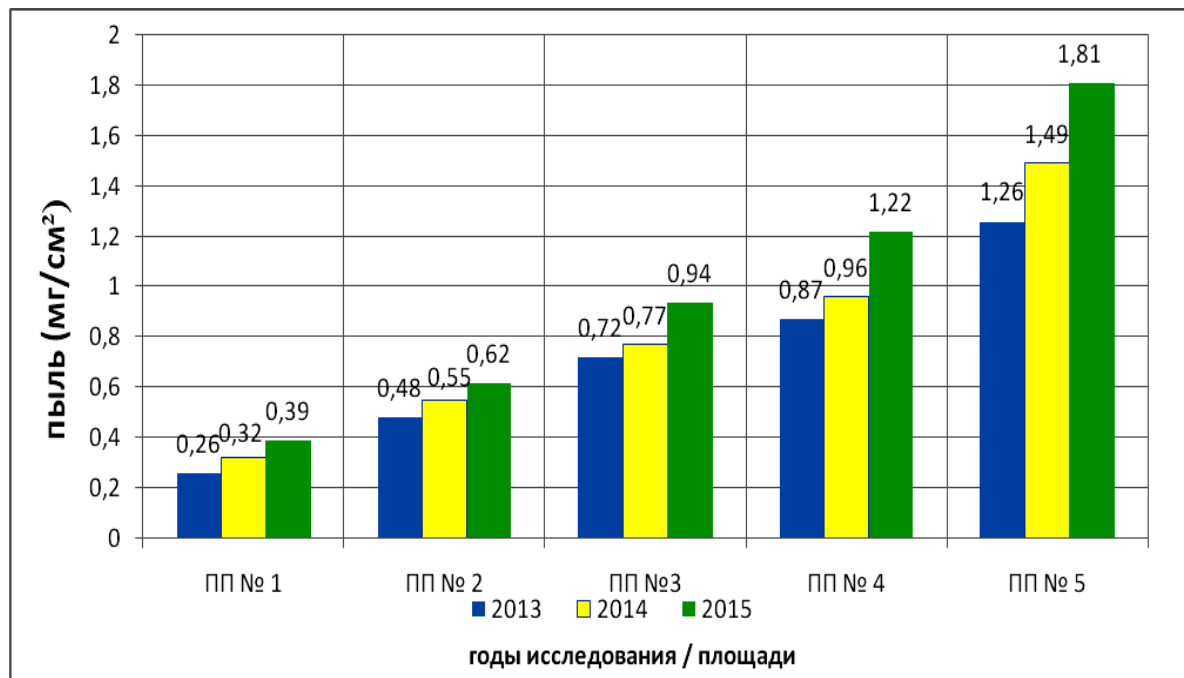


Рис. 4.2.1 Распределение пылевой нагрузки (мг/см<sup>2</sup>) на пробных площадях по годам исследования

Замечена максимальная запыленность на листьях, которые растут в нижней части кроны, т.е. находятся ближе к почве. Такое распределение связано с различной скоростью оседания разных фракций пыли под действием силы тяжести. Количество осажденной пыли на листовых пластинках исследуемого вида связано с местом произрастания и наличием поблизости загрязняющего объекта. Деревья, растущие вблизи дорог, крупных транспортных магистралей и промышленных предприятий, имеют очень запыленную листву (промышленная зона). На территории парков и скверов степень запыленности меньше (ПП № 3-4). В целом, за время исследования концентрация пыли на листовых пластинках медленно, но существенно увеличивается. Показатели запыленности листовых пластинок различны в разных функциональных частях города и пригорода.

### **4.3. Анализ почвенных условий местообитания березы повислой *Betula pendula* на территории г. Тольятти**

По результатам исследования почвенного покрова, было выяснено, что основной чертой почвенного покрова территории г. Тольятти являются серые, слабокислые, карбонатные почвы (приложение В, таблица В.8).

Физико-химический анализ почв проводился на базе эколого-аналитической лаборатории Института экологии Волжского бассейна. Нами были определены следующие показатели: рН водной вытяжки, содержание гумуса, наличие карбонатов, влажность и цвет, механический состав, структура и сложение, признаки нарушенности и уплотненности, наличие бытового мусора.

Кислотность почв является основным показателем их химических свойств. Кислотность влияет на подвижность химических элементов в почвах и их доступность растениям, на реальную емкость катионного обмена и состав обменных катионов, на ферментативную активность почв, их физические свойства и т.д. Например, в кислой и щелочной среде снижается усвояемость фосфора. Физико-химический анализ показал, что актуальная кислотность почвенного покрова исследуемых территорий варьирует от 5,1 до 6,7. В анализируемых пробах преобладают слабокислотная и нейтральная реакции почвенных вытяжек.

Гумус – наиболее ценная органическая и биологически активная часть почвы. Собственно, для растений гумус является основным источником питательных веществ и элементов, таких как азот. Оценка содержания гумуса в почвенных пробах показала, что для большей части площадей исследования отмечены среднегумусированные (4,0-5,0%) почвы. Низкое содержание гумусовых веществ отмечено в промышленной зоне города (3,0-4,0%) и городском парке ( $\leq 2\%$ ), что определяется воздействием техногенной



нагрузки на исследуемых территориях. Почвы данных территорий мы отнесли к малогумусированным и слабогумусированным соответственно.

Анализ почвы на пробных площадях (ПП) показал, что в зоне сильного загрязнения (ПП № 5 промышленная зона) 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 (приложение А, рисунки А.20-21). В то же время почва зоны условного контроля (ПП № 1 Узюковский лес) не имеет признаков нарушенности и уплотненности. По сравнению с зоной условного контроля на территории города отмечены наименьшая влажность и кислотность ( $pH=5,1$ ) почвы. На всех пробных площадях, кроме зоны условного контроля, качественным анализом было установлено наличие карбонатов.

Косвенным показателем антропогенной нагрузки на урбоценозы служит нарушенность почвенного покрова на пробных площадях исследования. Важно отметить, что результаты почвенного анализа обнаружили зависимость от локализации насаждений внутри городской территории. В условиях однородности климатических условий, рельефа и гидрологического режима, решающими факторами в развитии насаждений может стать почвенный покров и почвообразование местообитания.

## **ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ *BETULA PENDULA* В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ТОЛЬЯТТИ**

Глава посвящена изложению и обсуждению результатов оценки морфо-физиологических (флуктуирующая асимметрия, водоудерживающая способность и количество устьиц листовой пластинки) показателей состояния березы повилой *Betula pendula* и эколого-биологических показателей (почвенно-климатические условия, пылевая нагрузка, количество выбросов автотранспорта) ее местообитания.

### **5.1. Таксационная характеристика березы повислой *Betula pendula* в городских насаждениях**

На формирование особенностей функционирования городских насаждений и влияет ряд техногенных факторов: загрязнение воздуха промышленными и автомобильными выбросами, загрязнение почв, некорректные мероприятия по озеленению, в ходе которых структура местных растительных сообществ нарушается инвазивными видами или видами, не способными существовать в загрязненной урбосреде. Поэтому общая оценка эколого-биологического состояния березы повислой *Betula pendula* требует определения видового состава фрагментов городских насаждений, где произрастает исследуемый вид.

На исследуемых площадях мы провели таксационный анализ насаждений березы повислой *Betula pendula* с использованием метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Для характеристики насаждений, подверженных техногенезу, условно, пробные площади мы определили в три группы: зона сильного загрязнения III, в которую вошли насаждения промышленной зоны города с низким показателем жизненного

состояния; зона среднего загрязнения II, объединившая ослабленные и здоровые насаждения (селитебная) и условно чистая зона I (контрольная) (приложение А, рисунок А.1-А.6). Краткая таксационная характеристика насаждений березы повислой *Betula pendula*, на основе глазомерной (ориентировочной) оценки приведена в таблице 5.1.1. Исследуемый вид произрастает в рядовых посадках в зонах среднего и сильного загрязнения, имеет одинаковый возраст, высоту и диаметр стволов. В зоне слабого загрязнения особи произрастают группами, возраст несколько старше. В остальном таксационные характеристики по зонам исследования сопоставимы.

Таблица 5.1.1

Таксационная характеристика насаждений  
березы повислой *Betula pendula* (г. Тольятти, 2013-2015 гг.)

Зоны (площади)	Формула древостоя	Возраст*, лет	Средний диаметр, см (min-max)	Средняя высота, м (min-max)	Полнота
Зона сильного загрязнения (промзона)	9Б1Т	35-40	11,2 (7,2-12,6)	16,0 (10,0-23,8)	0,5-0,6
Зона среднего загрязнения (селитебная)	10Б	35-40	10,4 (5,9-13,5)	13,5 (7,9-21,5)	0,7-0,8
Зона условно чистая (контроль)	9Б1С	40-45	12,3 (8,2-14,2)	16,6 (8,4-24,2)	0,6-0,7

*Примечание.\** – данные представлены на основании генерального плана г. Тольятти

В ходе анализа полученных данных нами отмечено, что в местах произрастания березы повислой *Betula pendula* древесный и травяной покров имеет некоторые отличия (приложение А, таблица А.1). В зоне сильного

загрязнения на пробной площади представлены 17 видов деревьев и травянистых растений, относящихся к 17 родам и 6 семействам (приложение Б, таблица Б.1). В черте города встречаются адвентивные виды, такие как икотник серо-зеленый, латук компасный, клен американский и т.п.

В условиях урбосреды г. Тольятти наблюдается обеднение видового состава, так на пробной площади городского парка сообщество мертвопокровно (травяной ярус отсутствует), что определяется высокой сомкнутостью древесного яруса, а также сильной уплотненностью почвенного покрова. В зоне среднего загрязнения на пробных площадях представлены 17 видов деревьев и травянистых растений, относящихся к 14 родам и 7 семействам.

В зоне контроля на пробной площади представлен 31 вид деревьев и травянистых растений, относящихся к 28 родам и 16 семействам. Состав пробных площадей на территории города представлен 27 видами, что составляет 41,5 %, а на площадях лесных территорий – 38 видами (58,5 %).

Отметим, что площадь пригородного леса имеет лишь 7 видов растений, а площадь зоны контроля (лес в 25 км от черты города) уже 31 вид. Биоразнообразие на пробных площадях территории города определяет соотношение видов растений в пользу бедности состава.

Проведенный анализ растительного покрова площадей произрастания березы повислой *Betula pendula* на городских территориях показал, что существенное разнотравье присутствует лишь в зоне контроля. В условиях урбосреды Тольятти наблюдается обеднение видового состава, так на пробной площади городского парка сообщество мертвопокровно (травяной ярус отсутствует), что определяется высокой сомкнутостью древесного яруса, а также сильной уплотненностью почвенного покрова. В остальном таксационные характеристики по зонам исследования сопоставимы.

## 5.2. Оценка общего жизненного состояния городских насаждений березы повислой *Betula pendula*

На исследуемых площадях мы провели анализ общего жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*. Определение общего жизненного состояния древесных насаждений позволяет дать оценку не только эколого-биологическому состоянию растений, но и позволяет говорить об устойчивости насаждений к воздействию техногенных факторов городской среды. В таблице 5.2.1 представлены общие результаты оценки жизненного состояния насаждений березы повислой *Betula pendula*, произрастающей в г. Тольятти (приложение А, таблица А.2, рисунок А.1-А.6).

Таблица 5.2.1

Диагностические признаки древостоя березы повислой *Betula pendula* на исследуемых площадях (2013-2015 гг.)

№, п/п	Пораженность листа, %			Мертвые сучья, %			Облиственность, %			Индекс ОЖС L <sub>N</sub> , %		
	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); №2 – пригородный лес; №3 – внутригородские насаждения; №4 – городской парк; №5 – Промышленная зона

В ходе осмотра была проведена визуальная (глазомерная) оценка, по шкале категорий ОЖС деревьев, следующих диагностических признаков относительного жизненного состояния деревьев: сомкнутость и густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), наличие биологических повреждений листовых пластинок (повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми). Общий вид деревьев по внешним признакам

поражения кроны и ствола характеризовался пятью категориями их жизненного состояния (Алексеев, 1990; Методические рекомендации ..., 2002). Показатели состояния древостоя улучшаются по мере удаления от промышленных предприятий.

Присутствуют в различной степени структурно-функциональные изменения листовых пластинок, а также появление некрозов и хлорозов (табл.5.2.2). Нами зарегистрированы поражения листовых пластинок распространенными патогенами, такими как: мучнистая роса (*Microspheera betulae*), ржавчина (*Mellampsoridium betulinum*), бурая пятнистость (*Marssonina betulae*), оливковая пятнистость (*Discula betulina*) и черная пятнистость (*Dothidella betulina*).

Таблица 5.2.2

Наличие пораженных листовых пластинок  
березы повислой *Betula pendula*, распространенными патогенами на  
исследуемых площадях (2013-2015 гг.)

№ ПП/ Патоген	Мучнистая роса ( <i>Microspheera betulae</i> )	Ржавчина ( <i>Mellampsoridium betulinum</i> )	Бурая пятнистость ( <i>Marssonina betulae</i> )	Оливковая пятнистость ( <i>Discula betulina</i> )	Черная пятнистость ( <i>Dothidella betulina</i> )
ПП № 1	+				
ПП № 2		+		+	
ПП № 3	+	+	+		
ПП № 4	+	+			
ПП № 5	+	+	+		+

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

Так же края листовых пластинок заметно повреждены насекомыми (приложение А, рисунок А.12-А.13). На площадях в зоне загрязнения отмечается скрученность листовых пластинок, появление коричневой и бурой окраски, ожогов, точечный и пятнистый некроз, мертвый край листовых пластинок и мертвая верхушка, изменение формы листа. При чем на площадке промышленной зоны (ПП № 5) отмечается наибольшее

количество пораженных листовых пластинок большим числом патогенов, нежели на остальных площадках. Наибольшая суховершинность и увеличение количества листовых пластинок с отмирающим краем и верхушкой, так же отмечено на данной площадке.

Результаты оценки диагностических признаков древостоя березы повислой *Betula pendula* 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 (приложение Г, таблица Г.1). Рассчитанный на основании этих данных индекс ОЖС показал следующее: в зоне сильного загрязнения (ПП №5 промышленная зона) 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 внутригородские насаждения) индекс ОЖС имеет промежуточные значения и здесь также отмечено его снижение год от года.

В результате проведенной оценки было установлено, что на разных модельных площадях (выделенных по расположению относительно «очагов» техногенеза города) соответственно имеются разные показатели жизненного состояния насаждений березы повислой *Betula pendula*. Несмотря на ослабленное состояние в промышленной зоне города, насаждения выполняют свои средозащитные функции.

### **5.3. Оценка стабильности развития березы повислой *Betula pendula* по показателю флуктуирующей асимметрии листовой пластинки**

На исследуемых площадях мы провели анализ стабильности развития березы повислой *Betula pendula* с использованием метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Метод флуктуирующей асимметрии апробирован многолетними опытами и используется исследователями в качестве критерия неблагополучия экологической обстановки в конкретной точке (Захаров, 2001, Зорина, 2006). Флуктуирующая асимметрия измеряется в единицах.

Анализ полученных данных по показателю флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* за 2013 год обнаружил, что величина интегрального показателя стабильности развития – среднего относительного различия между сторонами на признак несколько изменялась по месяцам (июнь-август) и отличалась по местоположению пробных площадей (приложение Г, таблица Г.2). Величина асимметрии признака показывает зависимость от расположения площади исследования по отношению к объектам загрязнения. На площади № 5 (промышленная зона) показатель асимметричности составил 0,056 – что соответствует критическому состоянию среды (5 баллов). Существенными нарушениями от нормального состояния обладают площади внутригородских территорий (№3, №4). По показателю асимметрии, состояние исследуемых особей соответствует 3 баллам (загрязнено, «тревога»). Такие значения наблюдаются в неблагоприятных условиях, растение находится в угнетенном состоянии. На территории пригородного леса показатель асимметрии соответствует 2 баллам, что соответствует относительно чистому состоянию среды («норма»). И наконец, контрольная выборка №1 (Узюковский лес, двадцать пять километров от города) отличается стабильностью показателя и



показала асимметрию 0,035 – соответствует 1 баллу, это значит «чисто» (Беляева, 2013).

Анализ данных по показателю флуктуирующей асимметрии 2014 года обнаружил, что величина интегрального показателя стабильности развития – среднего относительного различия между сторонами на признак изменялась по месяцам (июнь-август) и отличалась по местоположению пробных площадей (приложение Г, таблица Г.3). Здесь величина асимметрии признака зависит от расположения площади исследования по отношению к объектам загрязнения, а так же от года исследования в котором происходят возможные изменения техногенной нагрузки. На площади № 5 (промышленная зона) показатель асимметричности составил 0,058, что соответствует критическому состоянию среды (5 баллов). Существенными нарушениями от нормального состояния обладают площади внутригородских территорий (№3, №4), по показателю асимметрии, соответствуют 3 баллам (загрязнено, «тревога»). Такие значения наблюдаются в неблагоприятных условиях, растение находится в угнетенном состоянии. На территории пригородного леса показатель асимметрии соответствует 2 баллам, что соответствует относительно чистому состоянию среды («норма»). И наконец, контрольная выборка №1 (зона условного контроля) показала асимметрию 0,034 – соответствует 1 баллу, это значит «чисто».

Анализ данных по показателю флуктуирующей асимметрии 2015 года обнаружил, что величина интегрального показателя стабильности развития – среднего относительного различия между сторонами на признак изменялась по месяцам (июнь-август) и отличалась по местоположению пробных площадей (приложение Г, таблица Г.4). Величина асимметрии признака зависит от расположения выборки исследования по отношению к объектам загрязнения, а так же от года исследования в котором происходят некоторые изменения с техногенной нагрузкой и погодными условиями. На площади № 5 (промышленная зона) показатель асимметричности составил 0,062 – соответствует критическому состоянию среды (5 баллов). Существенными

нарушениями от нормального состояния обладают площади внутригородских территорий (№3, №4) по показателю асимметрии, соответствуют 3 и 4 баллам соответственно (загрязнено, «тревога» и грязно «опасно»). Такие значения наблюдаются в неблагоприятных условиях, растение находится в угнетенном состоянии. На территории пригородного леса показатель асимметрии соответствует 2 баллам, что соответствует относительно чистому состоянию среды («норма»). И наконец, контрольная выборка №1 (зона условного контроля) показала асимметрию 0,035 – соответствует 1 баллу, это значит «чисто».

Сравнивая результаты трех лет исследования, можно данные выборки отнести к четырем точкам:

1. *Точка критического значения* – где максимальный показатель флуктуирующей асимметрии в 0,062 вышел за пределы критического состояния (0,055) – это промышленная зона. Здесь наблюдаются вредные неблагоприятные условия.

2. *Точка загрязнения* – показатель флуктуирующей асимметрии 0,051 и 0,048 соответственно говорят о грязном районе – это городской парк и загрязненном районе – внутригородские магистрали.

3. *Точка относительной чистоты* – показатель флуктуирующей асимметрии 0,040 свидетельствует о незначительных нарушениях гомеостаза развития и об относительно благоприятной экологической обстановке – городской лес. Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов.

4. *Точка условной нормы* – показатель флуктуирующей асимметрии 0,035 свидетельствует о чистой, благоприятной обстановке – Узюковский лес. Сходный уровень показателя флуктуирующей асимметрии на территории Узюковского леса в 25 км от города и показателей в литературных источниках, позволяет в дальнейшем использовать в качестве условного контроля именно этот район.

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. 5.3.1). 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 5.3.1

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

Балл	Флуктуирующая асимметрия (отн.ед.)	Характеристика	Пробные площади исследования		
			2013 г	2014 г	2015 г
1	<b><math>&lt;0,040</math></b>	Чисто. Условная норма	ПП№1	ПП№1	ПП№1
2	<b><math>0,040-0,044</math></b>	Относительно чисто. Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов	ПП№2	ПП№2	ПП№2
3	<b><math>0,045-0,049</math></b>	Загрязнено (тревога). Загрязненные районы	ПП№3 ПП№4	ПП№3 ПП№4	ПП№3
4	<b><math>0,050-0,054</math></b>	Грязно (опасно). Сильнозагрязненные районы	-	-	ПП№4
5	<b><math>&gt;0,054</math></b>	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. 5.3.1 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 повислой *Betula pendula* за 2013-2015 гг., что говорит о ежегодном ухудшении состояния насаждений березы.

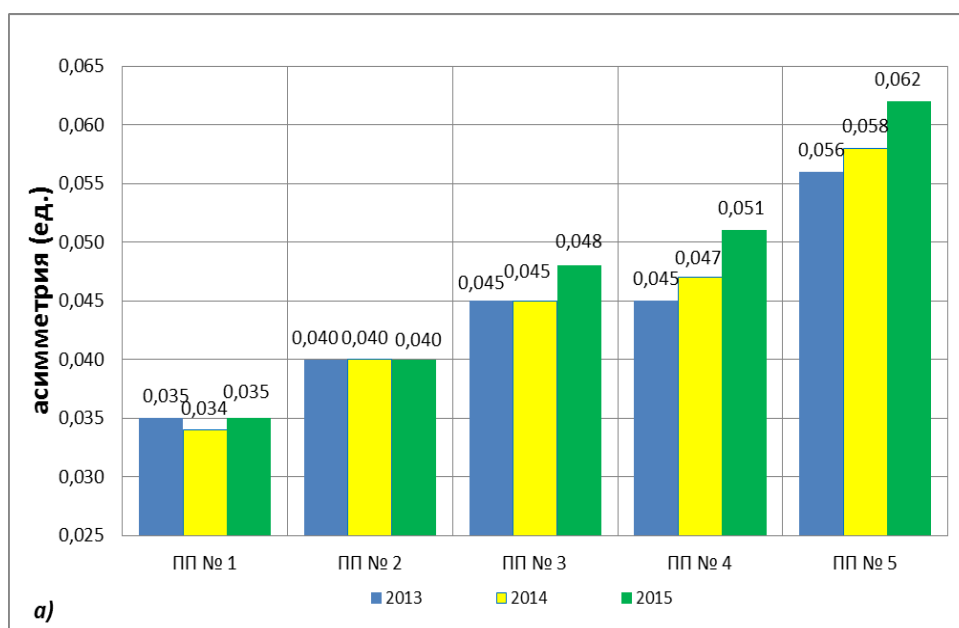


Рис.5.3.1 Изменение флуктуирующей асимметрии (в ед.) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* в зависимости от года и площадей исследования: ПП № 1 – Узюковский лес; ПП № 2 – Лес пригородный; ПП № 3 – Улица Баныкина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 – Промышленная зона

Анализ распределения средних величин флуктуирующей асимметрии на всех исследованных площадях показывает достаточно широкий диапазон варьирования значений данного показателя. Выявлены нарушения развития листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* в городских насаждениях. По разности промеров признаков у листовых пластинок с правой и левой стороны вычисляли коэффициент асимметрии, который характеризует качество окружающей исследуемый объект среды. На

площади №5 он оказался гораздо выше (0,062), чем на других площадках (0,051; 0,048; 0,040; 0,035), что характеризует данный район как критический по экологическим условиям. Величина асимметрии признака зависит от расположения выборки исследования по отношению к объектам загрязнения, и малозначительно от года исследования.

#### **5.4. Оценка физиологических процессов березы повислой *Betula pendula* по величине водоудерживающей способности листовой пластинки**

На исследуемых площадях мы провели анализ водного режима березы повислой *Betula pendula* с использованием метода оценки водоудерживающей способности листовой пластинки. Водоудерживающая способность листьев является одним из важных показателей водного режима растений и характеризует их устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды (Николаевский, 2002). Водоудерживающая способность измеряется в процентах.

В нашей работе внимание было ориентировано на водоудерживание (ВС) листьев березы повислой *Betula pendula* различного территориального расположения. Результаты показали, что наибольшей водоудерживающей способностью обладают растения, произрастающие на пробной площади условно чистой зоны и пригородного леса, наименьшей – на площадях интенсивного техногенного загрязнения – в промышленной зоне города и городском парке (Приложение Г, таблицы Г.5-Г.8). При этом наиболее медленная потеря воды наблюдается у экземпляров, растущих в придорожных и магистральных посадках (Беляева, 2014).

Анализ данных о водоудерживающей способности листовых пластинок за 2013 год показал, что в начале лета (июнь) оводненность листьев березы повислой *Betula pendula* была удовлетворительной, что объясняется короткими весенними дождями года и относительно высокими температурами в данный период. В июле и августе оводненность снижается (приложение Г, таблица Г.5). Анализ водоудерживающей способности 2014 и 2015 года показал, что в начале лета (июнь) оводненность листьев березы повислой *Betula pendula* была достаточно высокой, что объясняется длительными весенними дождями года и относительно невысокими

температурами в данный период. В июле и августе оводненность снижается (приложение Г, таблицы Г.6, Г.7). У растений в начале вегетации оводненность тканей листьев наибольшая – от 60 до 90 %. По мере старения листьев (ближе к концу августа), этот показатель снижается на 15-30 %. В промышленной зоне листья исследуемых деревьев характеризуются низкими показателями водоудерживающей способности, в селитебной зоне средние показатели, а в лесной зоне соответственно высокие. В относительно чистом районе водоудерживающая способность березы повислой *Betula pendula* высокая.

В ходе исследования было выявлено снижение водоудерживающей способности у березы повислой *Betula pendula*, произрастающей на антропогенно-напряженных точках города по мере усиления загрязнения окружающей среды и рекреационной нагрузки (промышленная зона города и городской парк). На техногенно-загрязненных территориях водоудерживающая способность тканей растений понижается вне зависимости от возраста растений (Биоиндикация загрязнений ..., 1988). По степени ухудшения водоудерживающей способности листьев (увеличения экологического загрязнения), исследуемые площади города Тольятти распределились так: Ставропольский район (Узюковский бор) < Тольяттинское лесничество (Пригородный лес) < Центральный район (улица Баныкина) < Автозаводской район (Парк Победы) < Промышленная зона города.

В таблице 5.4.1 представлены обобщенные результаты анализа водоудерживающей способности березы повислой *Betula pendula*. Все исследуемые особи были разделены на 3 группы: с низкой (от 0 до 40 %), средней (от 40 до 70 %) и высокой (свыше 70 %) водоудерживающей способностью. В первую группу вошли деревья с городского парка и промышленной зоны; во вторую – деревья с внутригородских насаждений и пригородного леса; в третью – условно чистой зоны.

Оценка водоудерживающей способности листовой пластинки  
березы повислой *Betula pendula*  
(на основании результатов исследования 2013-2015 гг.)

Группа		% от сырой массы	Пробная площадь (ПП)
№	название		
1	низкая	от 0 до 40 %	ПП № 4; ПП № 5
2	средняя	от 40 до 70 %	ПП № 4; ПП № 2
3	высокая	свыше 70 %	ПП № 1

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

На рис. 5.4.1 видно, что самая высокая водоудерживающая способность отмечена у листьев, собранных с деревьев в зоне условного контроля (69,5-72,1 %).

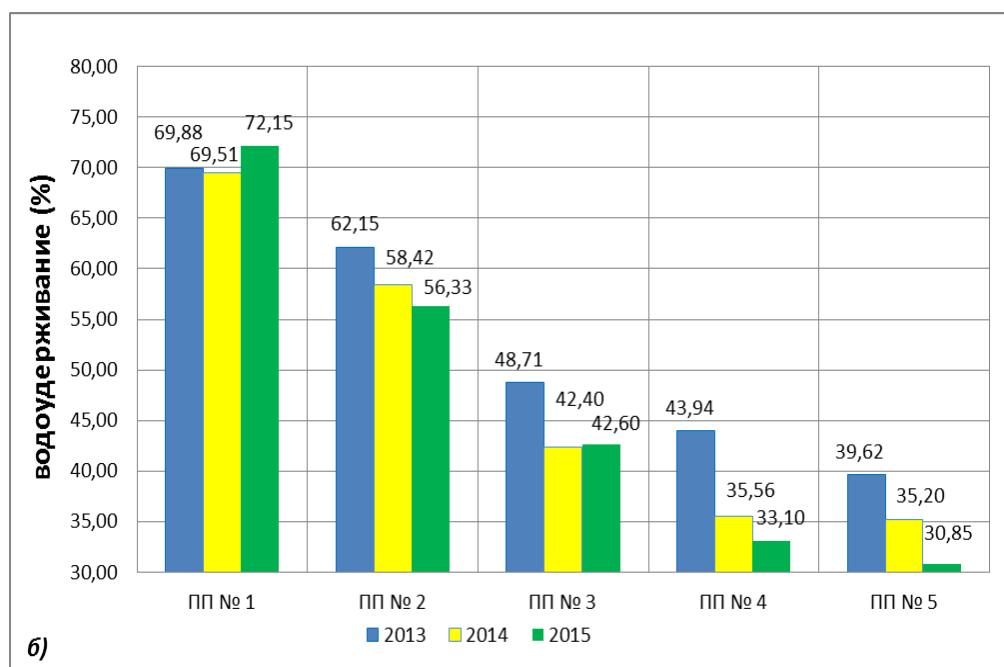


Рис. 5.4.1 Изменение водоудерживающей способности (в %) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* в зависимости от года и площадей исследования: ПП № 1 – Узюковский лес; ПП № 2 – Лес пригородный; ПП № 3 – Улица Банькина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 – Промышленная зона



Низкая (30,8-43,9 %) и средняя (42,4-62,1 %) водоудерживающая способность характерны для березы повислой *Betula pendula*, произрастающей 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.5.2.1., рис.5.3.1). Анализ распределения средних величин водоудерживающей способности на всех исследованных площадях показывает достаточно широкий диапазон варьирования значений данного показателя. Выявлены нарушения развития листовой пластины березы повислой *Betula pendula*. На исследуемой площади №5 водоудерживающая способность березы повислой *Betula pendula* оказалась гораздо ниже (30,85 %), чем на других площадках (33,10 %; 42,60 %; 56,33 %; 72,15 %), что характеризует данный район как критический по экологическим условиям. Способом снижения потерь воды в неблагоприятных условиях является ее перевод в осмотически неактивную связанную форму (Николавеский, 2002). У большинства видов интенсивность потери воды согласуется с невысоким содержанием связанной воды и это присуще растениям, произрастающим в условиях повышенного загрязнения окружающей среды.

В результате проведенного исследования выявлена взаимосвязь между водоудерживающей способностью листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* и местом произрастания растений. Так же исследование показало, что водоудерживающую способность листьев можно использовать как метод фитоиндикации для березы повислой *Betula pendula*, в условиях различных природных ценозов и внутригородских территорий города Тольятти, Самарская область. Снижение уровня водоудерживающей способности листьев в урбосреде и ослабление наблюдается при снижении жизненного состояния древесных растений.

### 5.5. Оценка морфо-физиологического состояния березы повислой *Betula pendula* по количеству устьиц на листовой пластинке

На исследуемых площадях мы провели анализ морфо-физиологического состояния березы повислой *Betula pendula* с использованием метода оценки количества устьиц листовой пластинки. 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). Количество устьиц измеряется в штуках на мм<sup>2</sup>.

На основании подсчетов было вычислено среднее количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*. Опытные образцы собраны с различных площадей. По результатам был построен график, на котором средние данные с разных точек исследования выразились в кривую линию, указывающую на увеличение количества устьиц по мере возрастания загрязненности воздуха (Беляева, 2015).

Результаты исследования показали, что у березы повислой *Betula pendula*, произрастающей в черте города (ПП № 3-5) приходится большее число устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листовой поверхности, по сравнению с пригородным лесом и контролем – Узюковский лес (приложение А, рисунки А.14-А.18). Максимальное увеличение числа устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листовой пластинки отмечается в промышленной зоне (499). На исследуемой площади №5 количество устьиц листа оказалась гораздо выше (499), чем на других площадях (200; 260; 351; 458), что характеризует данный район как критический по экологическим условиям. У особей при приближении к автомагистралям количество устьиц резко возрастает (200; 458). Количественные показатели устьичного аппарата листовых пластинок в 2014

году выше, чем в 2013 (приложение Г, таблицы Г.9, Г.10). Большой скачок в показателях отмечается в 2015 году (приложение Г, таблицы Г.11).

Полученные данные, говорят о том, что уменьшение размеров листовых пластинок компенсируются увеличением количества устьиц. По сравнению с эталонным участком, в промышленной зоне отмечено увеличение количества устьиц в 2,2 раза, в городском парке в 2 раза, на внутригородских территориях в 1,6 раза и в пригородном лесу в 1,2 раза (табл.5.5.1). За год показатель количества устьиц листовых пластинок увеличился в среднем в 3,5 раза.

По степени увеличения экологического загрязнения, исследуемые площадки города Тольятти распределились так:

Ставропольский район (Узюковский бор) < Тольяттинское лесничество (Пригородный лес) < Центральный район (улица Банькина) < Автозаводской район (Парк Победы) < Промышленная зона города.

Таблица 5.5.1

#### Результаты оценки количества устьиц листовых пластинок

#### березы повислой *Betula pendula*

(летний сезон 2013-2015 гг., г. Тольятти)

№ выбо рки	Точки сбора	Кол-во устьиц 1 мм <sup>2</sup>		
		2013 г.	2014 г.	2015 г.
1	2	3	4	5
1	Узюковский лес (ЗУК)	198	206	200
2	Лес городской	231	257	260
3	Банькина улица	319	348	351
4	Парк Победы	392	430	458
5	Промышленная зона	429	461	499

В зонах сильного (ПП № 5) и среднего (ПП № 2-4) загрязнения количество устьиц превышает таковое, отмеченное для зоны условного контроля (рис. 5.5.1). 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.).

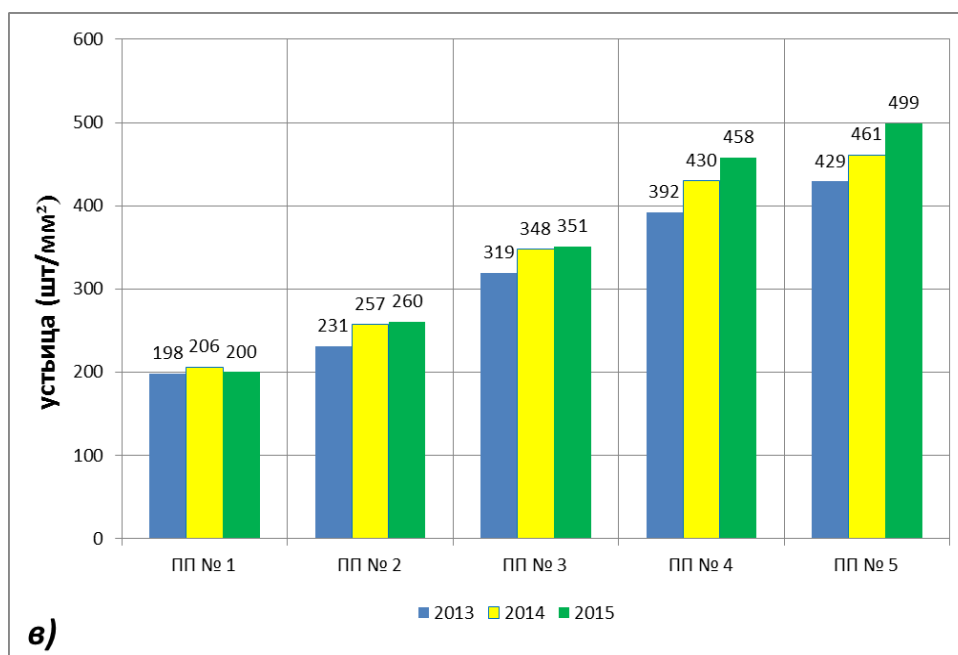


Рис. 5.5.1 Изменение количества устьиц (в шт./мм<sup>2</sup>) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* в зависимости от года и площадей исследования: ПП № 1 – Узюковский лес; ПП № 2 – Лес пригородный; ПП № 3 – Улица Баныкина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 – Промышленная зона

Ранее было отмечено, что с возрастанием влияния негативных факторов водоудерживающая способность листьев снижается (рис. 5.4.1). 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 повислой *Betula pendula* в неблагоприятных экологических условиях.

Анализ распределения среднего количества устьиц листовой пластинки на всех исследованных площадях показывает достаточно широкий диапазон варьирования значений данного показателя. Влияние атмосферного

загрязнения нарушает целостность клеток устьиц, и замыкающие клетки устьиц теряют способность регулировать ширину устьичной щели. При постоянно открытых устьичных щелях, расход влаги растительным организмом на физиологические процессы особенно влияет на интенсивность транспирации. Увеличение количества устьиц на листовой пластинке, изменение площади и массы листа, дисперсности, анатомии листа, следует рассматривать как попытку к адаптации березы повислой *Betula pendula* к условиям техногенного загрязнения городской среды.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют, что в г. Тольятти, в условиях комплексного загрязнения атмосферного воздуха, повышенного содержания выхлопных газов автотранспорта наблюдается ослабление жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*, что выражается в ухудшении анатомо-физиологических характеристик листьев. Вне зависимости от возраста дерева происходит увеличение количества устьиц. Наибольшая вариабельность данного параметра отмечена у особей, произрастающих на площадях с наибольшей автотранспортной нагрузкой. Отмеченная особенность, возможно, связана с тем, что при повышенном уровне загрязнения происходит нарушение газообмена листовых пластинок с окружающей средой. Большое количество устьиц может служить способом улучшения регулирования интенсивности газообмена в сложных условиях техногенеза.

## **ГЛАВА 6. ИЗМЕНЕНИЕ МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ *BETULA PENDULA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

В главе обсуждаются результаты двухфакторного анализа данных о состоянии березы повислой *Betula pendula* в городских насаждениях, корреляционной оценки влияния автовывбросов и пылевой нагрузки на морфо-физиологические параметры исследуемых особей.

### **6.1 Двухфакторный анализ степени негативного влияния городских условий на насаждения березы повислой *Betula pendula***

Поскольку мы считаем, что городской автотранспорт является основным неблагоприятным фактором для насаждений березы повислой *Betula pendula*, мы рассмотрели зависимость морфо-физиологических параметров от интенсивности автовывбросов и количества пыли. Для определения степени влияния этих факторов на состояние березы повислой *Betula pendula*, 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. Фактор «год» подразумевает возможные различия в климатических характеристиках за период исследования (2013-2015 гг.). Под климатическими условиями года понимаются среднемесячные данные по температуре и осадкам, зарегистрированные в эти годы.

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 морфофизиологические параметры статистически не значимо. Влияние комбинации выбранных факторов также не являлось статистически значимым по отношению ко всем параметрам (доля влияния варьируется от 0,4 до 2,0 %). Таким образом, основным фактором, который влияет на состояние насаждений березы повислой *Betula pendula*, является «зона», отражающая уровень техногенной нагрузки (табл.6.1.1).

Таблица 6.1.1

Результаты двухфакторного анализа степени негативного влияния городских условий на насаждения березы повислой *Betula pendula*

№	Параметры/Фактор	Год (%)	Зона (%)	Др. факторы (%)
1	Количество устьиц	1,2	70,4	28,4
2	Водоудерживающая способность	1,3	43,6	55,1
3	Флуктуирующая асимметрия	0,4	40,2	59,4
4	Количество пыли	2,0	37,6	60,4

*Примечание.* Под другими факторами подразумевается такой комплекс: промышленность, генетика, уход, совместный рост и т.п.

Отмечена возможность существования пространственно-временной гетерогенности городской среды из-за сложного характера зависимости ответных реакций растений на весь комплекс условий местообитания вместе с уровнем техногеоза, так как климатические и биотические факторы могут изменять характер воздействия на растения техногенных загрязнителей. Важно учитывать то, что листья испытывают внешнее воздействие, начиная с момента закладки листовых зачатков.

Состояние насаждений березы повислой *Betula pendula* по зонам достоверно различается, это подтверждает нашу гипотезу о различии

условий для произрастания березы по зонам города. В результате сравнения полученных данных с креационных насаждений города и естественных насаждений с Узюковского леса, обнаруживается расхождение экологических условий, то есть наиболее выгодные условия для роста и развития данного вида это внегородские условия. Условия пригородных лесов Тольятти наиболее соответствуют экологическим потребностям березы повислой *Betula pendula*.

## **6.2. Корреляционный анализ между морфо-физиологическими параметрами березы повислой *Betula pendula* и количеством автовывбросов и пыли**

Мы провели корреляционный анализ между морфо-физиологическими параметрами березы повислой *Betula pendula* и количеством автовывбросов 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 автовывбросами и количеством пыли (рис. 6.2.1). Отметим, что данные по ПП № 1 и 2 здесь не учитывали, т.к. количество автовывбросов на этих участках близко к 0 (рис. 4.1.1).

Полученные нами значения влияния выбросов автотранспорта на морфо-физиологические параметры листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* представлены в таблице 6.2.1. Данные таблицы показывают, что количество автовывбросов распределяется в порядке увеличения при приближении к зоне сильного загрязнения и с последующими годами. Отмечены высокие корреляции при действии пыли ( $r=0,974$ ; при пороге достоверности 0,810 или 0,666) и автовывбросов ( $r=0,915$ ) на асимметрию. Выявлена высокая корреляционная связь ( $r=0,899$ ) между количеством устьиц и пыли, между количеством устьиц и автовывбросами ( $r=0,717$ ). Также



обнаружена корреляция автовыбросов и пыли ( $r=0,851$ ). Получена обратная взаимосвязь между величиной водоудерживающей способности и количеством пыли ( $r=-0,828$ ). Наиболее высокие корреляции наблюдаются в загрязненном районе города (ПП5) и у тех особей, которые ближе всего располагаются к дороге.

Таблица 6.2.1

Корреляционный анализ влияния автотранспортных выбросов на морфо-физиологические параметры листа березы повислой *Betula pendula* (г. Тольятти)

Годы	Площади	Q,л	ФА,ед	ВС,%	КУ,шт/мм <sup>2</sup>	КП,мг/см <sup>2</sup>
2015	ПП5	13,38	0,062	30,85	499	0,495
	ПП4	6,2	0,050	33,10	458	0,334
	ПП3	5,31	0,047	42,60	351	0,257
	ПП2	0	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0	0
2014	ПП5	10,65	0,058	35,20	461	0,407
	ПП4	6,11	0,046	35,56	430	0,262
	ПП3	5,61	0,044	42,41	348	0,210
	ПП2	0	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0	0
2013	ПП5	13,21	0,055	39,62	429	0,344
	ПП4	6,38	0,045	43,94	391	0,238
	ПП3	5,03	0,045	48,71	319	0,196
	ПП2	0	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0	0
Корреляция Пирсона (r)			0,915	-0,552	0,717	0,851
			+	-	+	+

Примечание. Q - общее количество сожженного топлива двигателем каждого вида транспорта (л); ФА - коэффициент (показатель) флуктуирующей асимметрии (ед.); ВС - водоудерживающая способность (%); КУ - количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup>; КП - пылевая нагрузка (мг/см<sup>2</sup>); ПП3-Улица Баныкина; ПП4-Парк Победы; ПП5-Промышленная зона; + - достоверно; - - недостоверно

Существенная разница между значениями автовыбросов отмечается между 3-5 ПП. Так от 3 к 5 ПП значения автовыбросов распределяются следующим образом: 13,38>6,2>5,1 (2015); 10,65>6,11>5,61 (2014); 13,21>6,38>5,03 (2013). В соответствии с местоположением площадей 1 и 2 по отношению к зоне сильного загрязнения существенных показателей

автovyбросов не зафиксировано. Данный показатель варьирует в пределах 1,80-2,15. Уровень загрязнения воздуха пылевыми частицами в пределах каждой исследуемой площади характеризуется неоднородностью, что согласуется с наличием различного автотранспортного потока, разнообразных застроек и объектов озеленения. Значения влияния пылевой нагрузки на морфо-физиологические параметры листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* представлены в таблице 6.2.2. Данные таблицы показывают, что значения количества пыли распределяются в порядке увеличения при приближении к зоне сильного загрязнения и с последующими годами.

Таблица 6.2.2

Корреляционный анализ влияния пылевой нагрузки на морфо-  
физиологические параметры листа  
березы повислой *Betula pendula* (г. Тольятти)

Годы	Площади	КП, мг/см <sup>2</sup>	ФА, ед	ВС, %	КУ, шт/мм <sup>2</sup>
2015	ПП5	0,495	0,062	30,85	499
	ПП4	0,334	0,05	33,1	458
	ПП3	0,257	0,047	42,6	351
	ПП2	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0
2014	ПП5	0,407	0,058	35,2	461
	ПП4	0,262	0,046	35,56	430
	ПП3	0,21	0,044	42,41	348
	ПП2	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0
2013	ПП5	0,344	0,055	39,62	429
	ПП4	0,238	0,045	43,94	391
	ПП3	0,196	0,045	48,71	319
	ПП2	0	0	0	0
	ПП1	0	0	0	0
Корреляция Пирсона			0,974	-0,828	0,899
			+	-	+

Примечание. Q - общее количество сожженного топлива двигателем каждого вида транспорта (л); ФА - коэффициент (показатель) флуктуирующей асимметрии (ед.); ВС - водоудерживающая способность (%); КУ - количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup>; ПН - пылевая нагрузка (мг/см<sup>2</sup>); ПП3-Улица Баныкина; ПП4-Парк Победы; ПП5-Промышленная зона; + - достоверно; - - недостоверно

Данные корреляционного анализа показали статистически значимую связь количества автовывбросов с некоторыми морфо-физиологическими параметрами листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (рис.6.2.1). В частности, выявлена положительная связь количества автовывбросов с асимметрией ( $r=0,915$ ; при  $p<0,05$ ), количеством устьиц ( $r=0,717$ ; при  $p<0,05$ ) и количеством пыли ( $r=0,851$ ; при  $p<0,05$ ). Отмечена высокая корреляционная связь, которая указывает на определенное влияние автомобильных выбросов на морфо-физиологические параметры листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*. Существенная разница между значениями количества пыли отмечается между 3-5 ПП. Так от 3 к 5 ПП значения количества пыли распределяются следующим образом:  $0,495>0,334>0,257$  (2015);  $0,407>0,262>0,210$  (2014);  $0,344>0,238>0,196$  (2013). В соответствии с местоположением площадей 1 и 2 по отношению к зоне сильного загрязнения существенных показателей пылевой нагрузки не зафиксировано. Данный показатель варьирует в пределах 0,085-0,103.

Для выяснения тенденций изменения жизненного состояния березы повислой *Betula pendula* с влиянием техногенеза нами было выполнено построение точечной диаграммы и построение для нее линии тренда с уравнением регрессии. Данные корреляционного анализа показали статистически значимую связь количества пыли и автовывбросов с некоторыми морфо-физиологическими параметрами листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* (рис.6.2.1). Отмечены статистически значимые положительные корреляции воздействия автовывбросов и количества пыли на показатели флуктуирующей асимметрии (рис. 6.2.1 а, б) и количеством устьиц (рис. 6.2.1 д, е). Также наблюдается обратная взаимосвязь между величиной автовывбросов и водоудерживающей способностью, а также между количеством пыли и водоудерживающей способностью листьев (рис. 6.2.1 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).

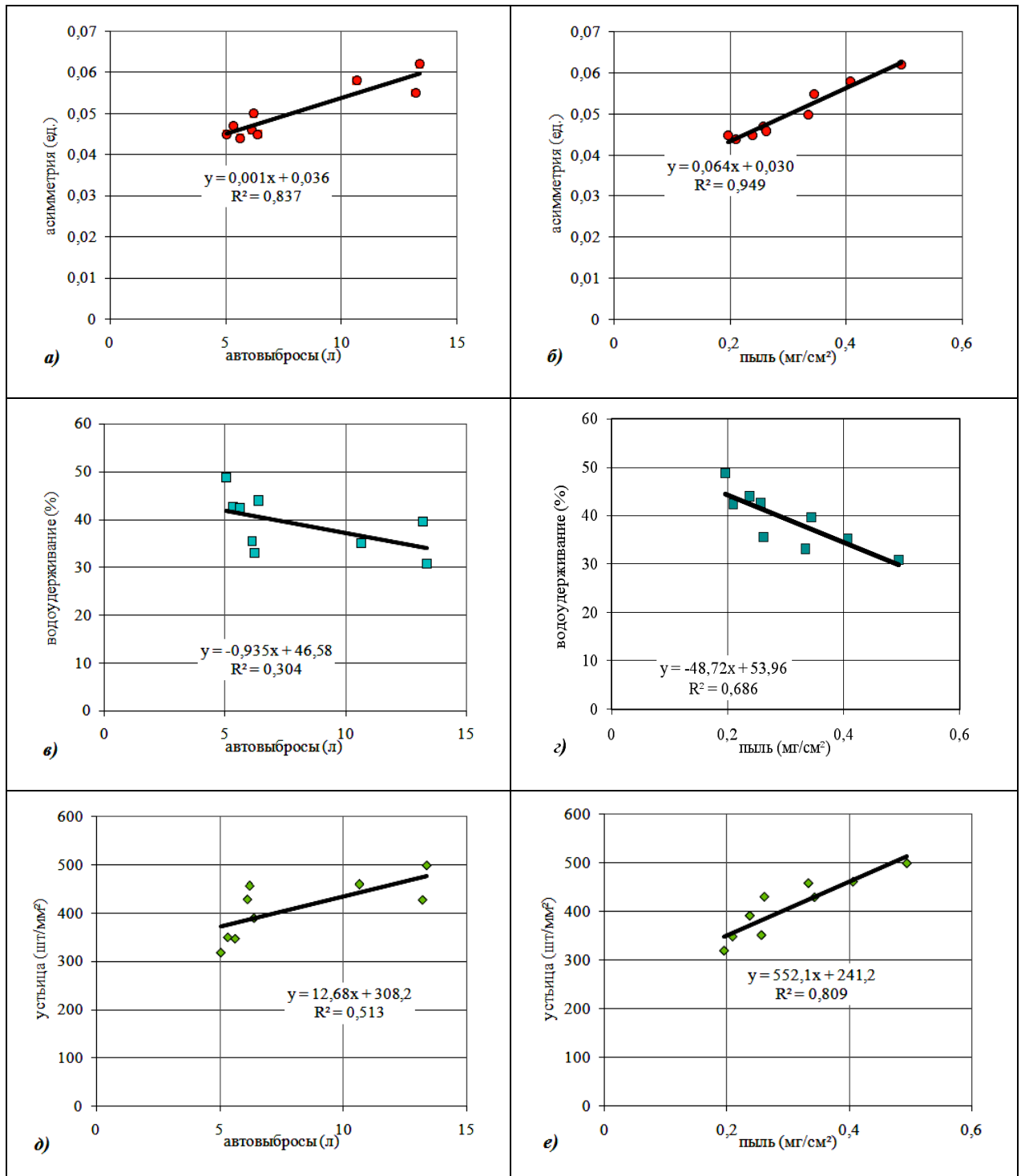


Рис. 6.2.1 Результаты корреляционного анализа автовыбросов и количества пыли с морфо-физиологическими параметрами листьев березы повислой *Betula pendula*: а и б – показатели флуктуирующей асимметрии; в и г – водоудерживающая способность; д и е – количество устьиц (данные за 3 года на ПП №№ 3-5)

В частности, выявлена положительная связь количества пыли с асимметрией ( $r=0,974$ ; при  $p<0,05$ ), количеством устьиц ( $r=0,899$ ; при  $p<0,05$ ) и количеством автовывбросов ( $r=0,851$ ; при  $p<0,05$ ). Получена обратная взаимосвязь между величиной водоудерживающей способности и количеством пыли ( $r=-0,828$ ; при  $p<0,05$ ). Отмечена высокая корреляционная связь, которая указывает на существенное влияние количества пыли на морфо-физиологические параметры листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*.

При изучении водоудерживающей способности листовых пластинок не получено значимых различий в результатах между данными опыта и контроля, что говорит о возможной устойчивости данных показателей к автомобильному загрязнению воздуха. В условиях загрязнения воздуха автотранспортом происходит увеличение асимметрии и количества устьиц. Наиболее выраженной была асимметрия листа в 2015 году, вегетационный период находился в норме по температуре и осадкам, то есть тогда формирование листовой пластинки испытало на себе исключительно техногенное влияние. Наблюдая за изменением асимметрии, мы обнаружили увеличение данного показателя у растений, произрастающих вдоль дорог в сравнении с контрольными насаждениями березы повислой *Betula pendula* в Узюковском лесу. Также было установлено, что растения вдоль автотрассы имеют более высокие показатели адаптации. В процессе адаптации к условиям загрязненной городской атмосферы у растений появляется мелкоклеточность, утолщение клеточных оболочек, уменьшение площади листовой пластинки, увеличение жилкования и количества устьиц. В зоне сильного загрязнения отмечено низкие показатели величины водоудерживающей способности листовых пластинок за летний период.

Соотнести нестабильность развития листа с техногенозом стало возможным при соблюдении такого факта, как условия произрастания исследуемых особей березы повислой *Betula pendula* должны быть одинаковы. По результатам исследований выявлено, что у растений,

произрастающих в непосредственной близости к выбросам автотранспорта, наблюдались показатели превышающую норму. Критические показатели отмечены у особей, произрастающих в загрязненном районе города (промышленная зона) и у тех особей, которые ближе всего расположены к дороге.

Для г. Тольятти наиболее сильное влияние на формировании асимметрии листа оказали особенности техногенных условий конкретных местообитаний насаждений березы повислой *Betula pendula*. Корреляционный анализ показал, что существенная часть отмеченных изменений обнаруживала связь с уровнем техногенеза. Также высокая статистическая значимость суммарных показателей пыли и автовывбросов позволяет говорить о прямой зависимости пылевой нагрузки от количества загрязняющих веществ в воздухе, что указывает на накопленный суммарный эффект. Выявлены статистически значимые корреляционные связи показателей техногенеза с морфо-физиологическими параметрами листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, что подтверждает факт существенного влияния близости автодорог промышленной зоны на стабильность морфо-физиологических параметров ассимиляционного аппарата древесных растений.

Таким образом, городские насаждения березы повислой *Betula pendula* реагируют на увеличение автотранспортной нагрузки ухудшением морфо-физиологических параметров листьев.

**ГЛАВА 7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ *BETULA  
PENDULA* В Г. ТОЛЬЯТТИ И ДРУГИХ РЕГИОНАХ РФ**

Анализ работ, посвященных исследованию показателей стабильности развития березы повислой *Betula pendula* в других регионах Российской Федерации, позволил выделить на обследованных территориях три группы регионов с высоким (показатель флуктуирующей асимметрии более 0,1), средним (0,06-0,08) и низким (0,05-0,06) уровнями загрязнения (рис. 7.1, табл. 7.1). Приведенные в таблице работы отбирали по принципу идентичности использованных методик и условий проведения исследований.

Таблица 7.1

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	<i>Тольятти</i>	<i>0,035</i>	<i>0,045</i>	<i>0,062</i>	<i>Беляева, 2016</i>
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

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 повислой *Betula pendula*.

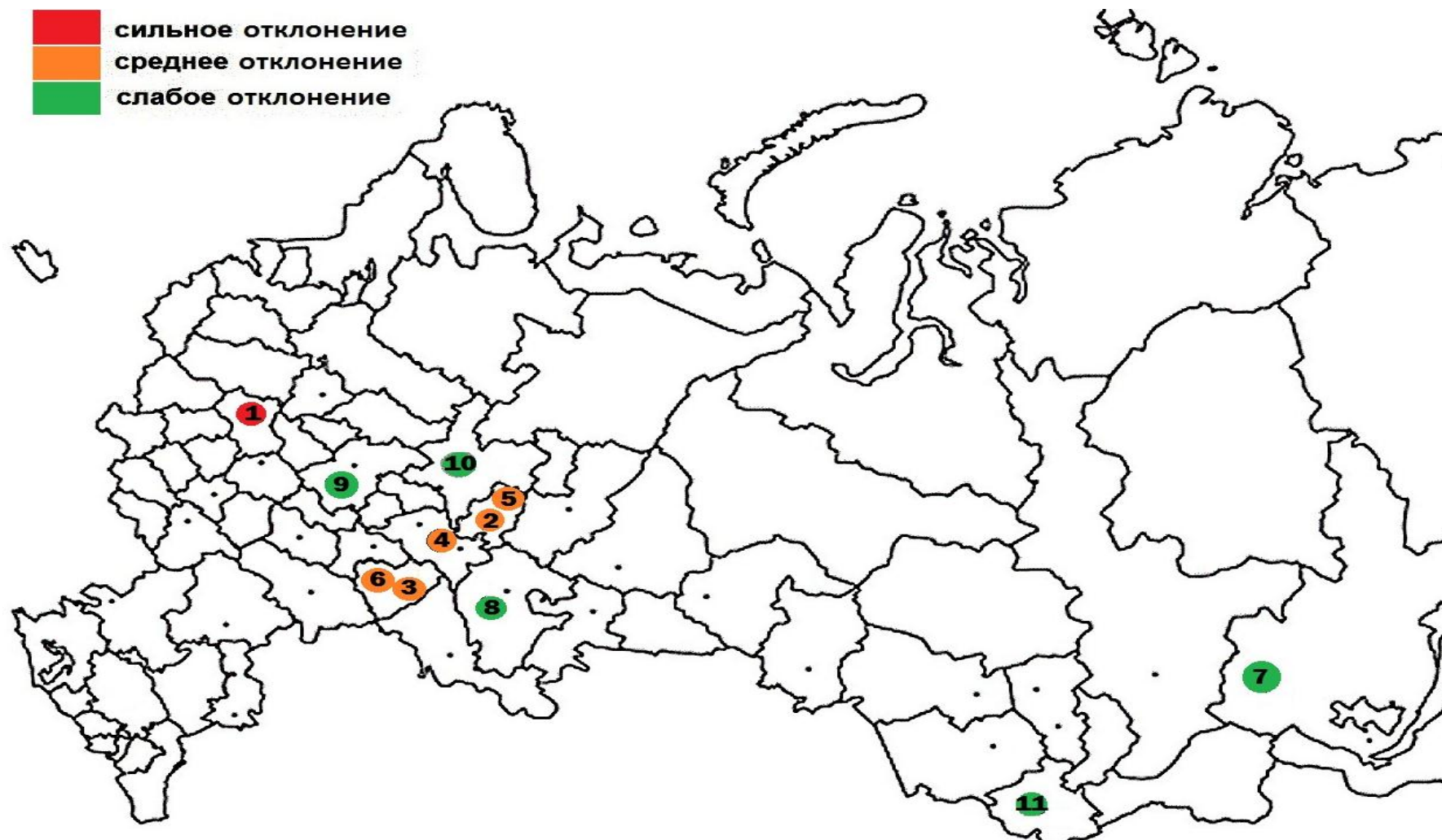


Рис. 7.1 Распределение показателя стабильности развития березы повислой по городам РФ



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 повислой *Betula pendula* 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 повислой *Betula pendula* от нормы указывают на относительно благоприятную обстановку.

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

Массовое ослабление и усыхание березы повислой *Betula pendula* наблюдается в г. Тольятти с 2010 года. Этот факт зафиксирован во всех районах города, как в естественных насаждениях, так и в посадках в объектах озеленения. Зеленые насаждения березы повислой *Betula pendula* вдоль автомагистралей усыхают и имеют повреждения по различным химико-биологическим причинам. Многолетнее и комплексное изучение жизненного состояния березы повислой *Betula pendula* в условиях г. Тольятти и анализ литературных источников позволяют нам сделать некоторые замечания. береза повислая *Betula pendula* является наиболее подходящим объектом для озеленения пригородной зоны и участков селитебной зоны. Она тяжело переносит техногенную нагрузку парковой и промышленной зоны города. Данные зоны находятся в сложных условиях городской среды, где насаждения в первую очередь подвергаются влиянию выхлопных газов автотранспорта и пыли.

На основании результатов проведенной нами эколого-биологической оценки жизненного состояния городских насаждений березы повислой *Betula*

*pendula* и анализа литературных данных о биологических особенностях вида, предложены практические рекомендации применительные к березовым насаждениям г. Тольятти (табл.7.2).

Таблица 7.2

Практические рекомендации по сохранению и высаживанию  
березы повислой *Betula pendula* в г. Тольятти

Зона города/Рекомендации для зоны	Авто-выбросы (Q,л)	Флукт-ая асимм-ия (ед.)	Водоуд-ая способ-ть (%)	Кол-во устьиц (шт/мм <sup>2</sup> )	Кол-во пыли (мг/см <sup>2</sup> )
Зона условно чистая	<5	<0,045	100-70	<225	<0,190
Рекомендации	<i>Betula pendula</i> необходимо высаживать на расстоянии от автомобильной дороги не менее, чем 50 метров.				
Зона среднего загрязнения	5-10	0,045-0,054	70-40	225-460	0,190-0,350
Рекомендации	<i>Betula pendula</i> можно использовать в озеленении пригородных зон, внутриквартальных территорий и улиц с низким и средним уровнями загрязнения воздуха. Данный вид необходимо высаживать на расстоянии от автомобильной дороги не менее, чем 50 метров				
Зона сильного загрязнения	>10	>0,054	40-0	>460	>0,350
Рекомендации	<i>Betula pendula</i> в озеленении использовать не рекомендуется. «Старые» насаждения необходимо держать под контролем, лечить и защищать от вредителей и болезней (сбор растительных остатков, обрезка и сжигание пораженных побегов, опрыскивание препаратами)				

Подводя итоги можно отметить, что полученный нами большой практический материал может послужить опорой для дальнейшего исследования жизненного состояния насаждений березы повислой *Betula pendula* в городских условиях среды, а также в разработке мероприятий по поддержанию здорового состояния древесной растительности и восстановлению зеленых насаждений в городе.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ условий местообитания березы повислой *Betula pendula* на территории г. Тольятти показал, что автотранспортная и пылевая нагрузки являются основными факторами, ухудшающими состояние насаждений березы. С возрастанием количества автовыбросов 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 повислой *Betula pendula*, является фактор «зона» (ПП), который отражает общий уровень техногенной нагрузки. Выявлена зависимость морфо-физиологических параметров листьев березы повислой *Betula pendula* от экологических условий: количество автовыбросов 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 автовыбросов ( $r=0,915$ ) и пылевой нагрузкой ( $r=0,974$ ), а также количества устьиц – с автовыбросами ( $r=0,717$ ) и пылевой нагрузкой ( $r=0,899$ ). Обнаружена обратная взаимосвязь между величиной водоудерживающей способности с количеством пыли ( $r=-0,828$ ) и автовыбросами ( $-0,552$ ). 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 повислой *Betula pendula* 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 повислой *Betula pendula* и отклонения от нормальных показателей стабильности развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абраменок П. П. Комплексный мониторинг и автоматизированная система управления природными ресурсами Прибайкальского государственного природного национального парка // Мониторинг на особо охраняемых природных территориях: Бюлл. Самарская Лука. – 1996. – № 8. – С. 179–186.
2. Авдеева Е.В. Оценка состояния городских зеленых насаждений // Проблемы химико-лесного комплекса: Научно-практическая конференция. Сб. тез. докл. Красноярск. – 1999. – С. 81–85.
3. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51–57.
4. Алексеев В. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1990. – 197 с.
5. Антипов В. Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. – Минск: Наука и техника, 1979. – 215 с.
6. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
7. Арманд А.Д., Ведюшкин М.А., Тарко А.М. Модель воздействия промышленных загрязнений на лесной биоценоз. // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: Наука. – 1987. – С.291-296.
8. Артамонов В. И. Растение и чистота природной среды. Москва, 1986. – 172 с.
9. Артемьев О.С. Ландшафтная таксация и лесопарковое устройство. – Красноярск, 1994. – 39 с.
10. Ассортимент газоустойчивых растений для озеленения санитарно-защитных зон промышленных предприятий. – Москва. – 1973. – 75 с.

11. Атаманюк Ю. А. Озеленение санитарно-защитных зон. – Киев: Будивельник, 1981. – 64 с.
12. Атлас земель Самарской области. – Самара, 2002. – 101 с.
13. Бабкина С.В. Урбанофлора Комсомольска-на-Амуре // Дис. канд. биол. наук. - Комсомольск-на-Амуре, 2002. - 167 с.
14. Баславская Е. С. Практикум по физиологии растений. – Москва: Московский университет, 1964. – 104 с.
15. Башмакова Д. Д., Башмаков Д. И. Оценка качества среды в г. Саранске по показателю стабильности развития листьев *Betula pendula* Roth. // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: Материалы всероссийской (с международным участием) научной конференции (Саранск, 20–22 ноября 2014 г.). – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 31-35.
16. Бганцова В. А., Бганцов В. Н., Соколов Л. А. Влияние рекреационного лесопользования на почву // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Изд-во «Наука», 1987. – С. 71–95.
17. Беляева Ю.В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о.Тольятти) //Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН». – 2013. – Т.15, №3 (7) – С.2196-2200.
18. Беляева Ю.В. Распределение показателей количества пыли на листовых пластинках *Betula pendula* Roth, произрастающей в г.о. Тольятти //Научный журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук». – 2015. – Т. 17. № 4-5 – С. 989-993.
19. Беляева Ю.В. Результаты исследования водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula pendula* Roth, произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) //Научный журнал «Известия Самарского научного центра РАН». –2014. – Т.16, №5 (5) – С.1654-1659

20. Беляева Ю.В. Результаты исследования количества устьиц листовых пластинок *Betula pendula* Roth, произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о.Тольятти) //Научный журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук». – 2015. –Т. 17. № 4-1. – С. 113-116.
21. Березуцкий М. А. Антропогенная трансформация флоры // Бот. журн. – 1999. – Т. 84, № 6. – С. 8–20.
22. Бертитц С. Влияние загрязнений воздуха на растительность. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 184 с.
23. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: пер. с нем. / под ред Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
24. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 153 с.
25. Биоэкологические исследования [Интернет-ресурс] – 2014 – Режим доступа: <http://nsmelaya.narod.ru/ecopraktika.htm>
26. Благовещенский В. В. Определитель растений Среднего Поволжья. – Л.: Наука, 1984. – 392 с.
27. Болдырев В. А. Влияние рекреационного вытаптывания на некоторые лесные фитоценозы в Саратовском Правобережье // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Межвед. сб. науч. тр. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1995. – Вып. 1. – С. 155–160.
28. Большаков В. Н. Город и природа // Человек и природа. – 1981. – № 6. – С. 21-55.
29. Бондарь В. И. Изменение корненоселённости лиственных древесных пород в рекреационных насаждениях // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев, 1982. – № 62. – С. 16–19.
30. Борисова О.В., Ярмишко В.Т. Динамика лесных фитоценозов в условиях техногенного загрязнения в Новгородской области // Мат-лы межд.

науч.-практ. конф. «Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты». – 2004. – С.245–249.

31. Боровкова Т. Н. Климат Тольятти. Приволжское территориальное управление по гидрометеорологии и контролю окружающей среды, 1987. – 400 экз.

32. Буинова М. Г. Анатомия листа растений Забайкалья. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2002. – 152 с.

33. Булыгин Н. Е., Фирсов Г.А. Древесные растения местной флоры в урбофитоценозах Санкт-Петербурга // Бюллетень главного ботанического сада. Вып. 172. М.: Наука, 1995. – С. 3-7.

34. Булыгин Н. Е., Ярмишко В. Т. Дендрология. – М.: МГУЛ, 2003. – 528 с.

35. Бурда Р. И. Направленное формирование флоры при ее антропогенной трансформации // Интродукция и акклиматизация растений. – Киев, 1989. – С. 9-14.

36. Бухарина И. Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. – Ижевск, 2007. – 216 с.

37. Быков О. Д. Бескамерный способ изучения фотосинтеза: методические указания. – Л., 1974. – 17 с.

38. Вайнерт Э., Вальтер Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 348 с.

39. Валова Е. Э. Эколого-геохимические особенности загрязнения территории г. Улан-Удэ // Материалы научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов БГУ: тезисы докладов : в 2 ч. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского госуниверситета, 2001. – Ч. 1. – С. 23-26.

40. Василевич В. И. Некоторые новые направления в изучении динамики растительности // Бот. журн. – 1993. – Т. 78, № 10. – С. 1–16.

41. Василевская В. К. Формирование листа засухоустойчивых растений. – Ашхабад: Изд-во АНТ СССР, 1954. – 182 с.



42. Васильев Б. Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон. – Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1988. – 205 с.
43. Васильченко И. Т. Всходы деревьев и кустарников: Определитель. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 302 с.
44. Ватковский О. С. Оценка текущего состояния насаждений таксационными методами // Мониторинг лесных экосистем: тез. докл. – Каунас, 1986. – С. 9–10.
45. Виньковская О. П. Состав флоры города Иркутска // Разнообразие растительного покрова Байкальского региона: материалы международной научной конференции. – Улан-Удэ, 1999. – С. 11.
46. Владимиров В. В. Город и ландшафт: проблемы, конструктивные задачи и решения. – Москва: Мысль, 1986. – 236 с.
47. Воронкова Н. М., Прилуцкий А. П. Жизнеспособность древесных растений в техногенных ландшафтах Приморья // Итоги изучения лесов Дальнего Востока и задачи интенсификации многоцелевого лесопользования. – Хабаровск, 1989. – С. 62–63.
48. Воронкова Н. М., Козина Л. В., Прилуцкий Л. П., Орехова Т. П., Дмитриенко Т. П. Кислородопродуктивность, фитонцидность и повреждаемость листьев древесных растений Приморского края // Комаровские чтения. Владивосток: Дальнаука, 1996. – № 33. – С. 101-111.
49. Воронцов А. И. Биологические основы защита леса. – М., «Высшая школа», 1984. – 262 с.
50. Воронцов А. И. Патология леса. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1978. – 272 с.
51. Воскресенская О. Л., Грошева Н. П., Скочилова Е. А. Физиология растений. – Йошкар-Ола, 2008. – 148 с.
52. Габеев В. Н. Зеленые насаждения общего пользования г. Владикавказа (Правобережье). – Владикавказ, 1997. – 157 с.
53. Гальперин М. И. Динамика древостоев пригородных ландшафтов // Лесн. журн. – 1980. – № 3. – С. 16–20.

54. Гантимуров И. И. Почвенные условия городов Омска и Новосибирска в связи с их озеленением // Озеленение городов западной Сибири. – Новосибирск, 1960. – С. 51-56.

55. Гелашвили Д. Б., Мокров И. В. Некоторые статистические закономерности стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на заповедной и урбанизированной территориях // Геоботаника XXI века: Матер. Всерос. научн. конф. – Воронеж, 1999. – С. 136–138.

56. Гладков В. П. Влияние массового воскресного отдыха на растительность и почвы пригородных лесов в Коми АССР // Тр. Коми фил. АН СССР. – 1982. – № 50. – С. 31–44.

57. Гласьева Т. В., Лебедева Г.С., Сураппаева В.М. Комплексные очаги листогрызущих насекомых лесопарка «Измайлово» г. Москвы // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – М.: МГУ, 1998. – С. 191-198.

58. Горчаковский П. Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. – 1984. – № 5. – С. 3–16.

59. Горшкова А. А. Значение эколого-физиологических методов в исследованиях растительного покрова // Нетрадиционные методы в исследованиях растительности Сибири. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 3-9.

60. Горышина Т. К. Растение в городе. – Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1991. – 149 с.

61. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2015 год. Выпуск 26. – Самара, 2016. – 287 с.

62. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год. Выпуск 25. – Самара, 2015. – 298 с.

63. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2013 год. Выпуск 24. – Самара, 2014. – 283 с.

64. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2012 год. Выпуск 23. – Самара, 2013. – 397 с.

65. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Выпуск 22. – Самара, 2012. – 343 с.

66. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2010 год. Выпуск 21. – Самара, 2011. – 336 с.

67. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2009 год. Выпуск 20. – Самара, 2010. – 489 с.

68. Грек В. С., Соловьева И. А., Нечаев А. А., Морин В. А. Оценка состояния зеленых насаждений Центрального парка культуры и отдыха г. Хабаровска // Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока: Материалы региональн. конф. – Хабаровск, 2002. – С. 160-165.

69. Гриненко В. В. Состояние воды в тканях как показатель устойчивости растений // Физиол. уст. раст. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 431-435.

70. Гроздова Н. Б. Некрасов В. И. Глоба-Михайленко Д. А. Деревья, кустарники и лианы. – М: Лесная промышленность, 1986. – 112 с.

71. Грязькин А.В., Новикова М.А., Беляева Н.В., Ковалев Н.В., Новиков Я.А. Особенности естественного возобновления березы под пологом древостоев // Экологические проблемы арктики и северных территорий / Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск:САФУ. – 2015. – № 18. –С. 9-15.

72. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 472 с.

73. Гусев Н. А. Физиология водообмена растений. – Казань, 1966. – 72 с.
74. Данилов М. Д. За сохранность и улучшение состояния лесных насаждений в зонах массового отдыха // Охрана родной природы. – Йошкар-Ола, 1977. – С. 112–122.
75. Дружкина Т. А. Скрининговая оценка экологического состояния городской среды по древесным культурам: автореф. дис. канд. биол. наук. – Астрахань, 2007. – 25 с.
76. Дыренков С. А. Изменения лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования /// Рекреационное лесопользование в СССР. – М.: «Наука», 1983. – С. 20–34.
77. Егорова Е. И., Белолипецкая В.И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. – Обнинск, 2000. – 80с.
78. Емельянов И. Г. Разнообразие и устойчивость биосистем // Успехи соврем. биол. – 1994. – Т. 114, Вып. 3. – С. 304–318.
79. Емец В. М., Емец Н. С. Об экологическом мониторинге Усманского бора. Почвенно-зоологические наблюдения // Мониторинг на особо охраняемых природных территориях: Бюлл. Самарская Лука. – 1996. – № 8. – С. 175–179.
80. Ерофеева Е.А. Оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по интенсивности липопероксидации и величине флуктуирующей асимметрии листа *Betula pendula* Roth // Записки Горного института. – Нижний Новгород. – 2013. – №1. – С.166-169.
81. Ерохина В. И. Озеленение населенных мест. Справочник. – М.:Стройиздат, 1987. – С.10-15.
82. Жидкова Н. Ю. Видовой состав, состояние, рост древесной и кустарниковой растительности в условиях г. Архангельска: автореф. дис. канд. биол. наук. – Сыктывкар : Б., 2002. – 20 с.
83. Жижин Н. П., Зеленский Н. Н. Критерии и индикаторы устойчивости лесов УССР к рекреационным нагрузкам // Тез. докл. Всесоюз.

совещ. «Современные проблемы рекреационного лесопользования». – М., 1985 – С. 92–93.

84. Журавлев И. П., Крангауз Р. А., Яковлев В. Г. Болезни лесных деревьев и кустарников. – М.: Лесная пром-ть, 1974. –160 с.

85. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М: Наука, 1984. – 424 с.

86. Зайцева В. К., Тарасов Е. В., Гутман Т. С. Об использовании индекса состояния при оценке древостоя в зоне промышленных выбросов // Экология и защита леса. – Л.:ЛТА, 1988. – С 3- 6.

87. Зарубин Г. П., Новиков Ю. В. Гигиена города. – Москва: Медицина, 1986. – С. 78-88.

88. Захаров А. С. Рельеф Куйбышевской области. – Куйбышев, 1971. – 110 с.

89. Захаров В. М., Шкиль Ф. Н., Кряжева Н. Г. Оценка стабильности развития березы в разных частях ареала // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Биология. Материалы 8-го Всероссийского популяционного семинара «Популяции в пространстве и времени». – Нижний Новгород, 2005. – Вып. 1(9). – С. 77–84.

90. Захаров В.М., Кряжева Н.Г., Дмитриев С.Г., Трофимов И.Е. Оценка возможных изменений состояния популяций вследствие климатических изменений (на примере исследования стабильности развития березы повислой) // Успехи современной биологии. – 2011. – Т. 131. – № 4. – С. 425-430.

91. Захаров В.М., Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфологических и физиологических показателей у березы повислой // Доклады Академии Наук. – 2001. – 357 (26): С. 1-3.

92. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В.,

Чистякова Е.К., Здоровье среды: практика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 320 с.

93. Захаров В.М., Шкиль Ф.Н. Применение методики раннего выявления нарушений состояния зеленых насаждений // Экология большого города. Альманах. Проблемы содержания зеленых насаждений и городских лесов в условиях Москвы. – Москва, «Прима-М». – 2003. – вып.8, – С. 50-54.

94. Здетоветский А. Г. Биоэкологические особенности древесных растений пригородных и парковых лесонасаждений в Лесостепи на примере г. Самары: автореф. дис. канд. биол. – Самара, 2000. – 23 с.

95. Зеленые насаждения Казани // Экология урбанизированных территорий. – Казань: Изд-во Казанского уни-та, 1987. – 103 с.

96. Зорина А. А. Нормальная изменчивость флуктуирующей асимметрии животных и растений : дисс. кандидата биологических наук. – Петрозаводск, 2009. – 184 с.

97. Ибрагимов А. К. Об уровнях устойчивости и критическом состоянии лесных экосистем // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: межвед. сб. науч. тр. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1995. – Вып. 1. – С. 81–87.

98. Иванова Н. В. Флора в условиях урбанизированной среды г. Самары: дис. канд. биол. наук. – Самара, 2010. – 184 с.

99. Илькун Г. М. Газоустойчивость растений. Вопросы экологии и физиологии. – Киев: Наукова думка, 1971. – 148 с.

100. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев, 1978. – 246 с.

101. Ильминских Н. Г. Анализ городской флоры (на примере города Казани): автореферат дисс. кандидата биологических наук. – Ленинград, 1982. – 23 с.

102. Ионин В. М. Озеленение санитарно-защитных зон. Рекомендации по озеленению городов. – Уральск: Наука, 1961 – 98 с.

103. Ипатов В. С., Герасименко Г. Г. Оценка жизненности деревьев и древостоев с помощью бонитировочных шкал // Вестн. ЛГУ. Сер. биол. – 1988. – № 3. – Вып.1. – С.32-38.
104. Ишбирдин А. Р. Эколого-географические закономерности синантропной флоры России I. Хорология основных синтаксонов растительности // Бот. журн. – 2001. – Т. 86, № 3. – С. 27–36.
105. Ишбирдина Л. М., Ишбирдин А. Р. Динамика флоры города Уфы за 60 – 80 лет // Бот. журн. – 1993. – Т. 78, № 3. – С. 3–10.
106. Кавеленова Л. М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. – Самара: Изд-во «Универс групп», 2006. – 223 с.
107. Кавеленова Л. М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи.// Вестник Сам ГУ, 2 спец. выпуск. Самара, 2003. – С. 182-191.
108. Казанская Н. С., Ланина В. В., Морфенин Н. Н. Рекреационные леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 96 с.
109. Казанцев И. В. Экологическая оценка влияния железнодорожного транспорта на содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях полосы отвода: автореф. дис.канд. биол. наук. – Самара, 2008. – 18 с.
110. Калашникова О. В. Техногенное загрязнение почв и состояние древесных насаждений в г. Москве: автореферат дис. ...канд. биолог, наук. – М, 2003. – 20с.
111. Калинин В. Л., Крюк В. И., Луганский Н. А., Шавнин С. А. Модель оценки состояния пораженных древостоев// Экология. – 1991. – №3. – С.21-38.
112. Калинин О. В. Флористическое разнообразие как критерий рекреационного мониторинга // Мониторинг на особо охраняемых природных территориях: Бюлл. Самарская Лука. – 1996. – № 8. – С. 219–220.
113. Каплин В. Г. Биоиндикация состояния экосистем. – Самара, Изд-во СГХА, 2001. – 143 с.

114. Карасев В. П. Информативность биофизических параметров древесных растений при оценке их жизнеспособности // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов. – Кн. 2. Йошкар-Йш, 1985. – С. 45-47.
115. Карманова И. В., Рысина Г. П. Поведение некоторых лесных видов растений в нарушенных лесных сообществах // Изв. АН РАН. Сер. биол., 1995. – № 2. – С. 231–239.
116. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. – М.: Изд-во «Лесн. пром-ть», 1981. – 264 с.
117. Карпенко А. Д. Оценка состояния древостоев, находящихся под воздействием промышленных эмиссий // Экология и защита леса. – Вып.6, Л.-ЛТЛ, 1981. – С. 39-43.
118. Касьянова Л. Н. Водный обмен растений в экосистемах Прибайкалья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Иркутск, 1999. – 34 с.
119. Ковалев Б.И., Филипчук А.Н. Состояние лесов в зоне воздействия промышленных выбросов // Лесное хозяйство. – 1990. – №5. – С. 36-38.
120. Коженков Л.Л. К методике оценки состояния лесных насаждений, подверженных воздействию промышленных выбросов // Повышение устойчивости и природоохранной роли лесов. – М.: Наука, 1983. – С.115-119.
121. Козловская О.В. Материалы к флоре поселка Поволжский и его окрестностей (городской округ Тольятти). 1: Двудольные растения. «Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья». Материалы III научной конференции "Исследования растительного мира Самарско-Ульяновского Поволжья". – 2014. – с.210-216.
122. Кондратюк Е.Н. Промышленная ботаника. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.



123. Константинов Е. Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth. ) как вида биоиндикатора : дисс. кандидата биологических наук. – Калуга, 2001. – 126 с.
124. Копылова Л. В. Накопление тяжёлых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: автореф. дис. канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 24 с.
125. Корчагин А. А. Внутривидовой (популяционный) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1964. – Т.3. – С. 63-125.
126. Костюкевич Н. И. Озеленение городов и населенных мест в целях оздоровления климата //Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск, 1974. – Вып. 3. – С. 28-32.
127. Кочарян К. С. Эколого-лесоводственные основы зеленого строительства в крупных городах центральной части России (на примере г. Москвы): автореферат дис. доктора с-х наук. – М., 1999. – 54 с.
128. Кочергин А. С. Организация системы экологического мониторинга на территории НПП «Смоленское Приозерье» // Мониторинг на особо охраняемых природных территориях: Бюлл. Самарская Лука. – 1996. – № 8. – С. 186–190.
129. Крамер П. Д. Физиология древесных растений. – Москва, 1983. – 462 с.
130. Краснощекова Н.С. Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: обзорная информация. – М.: ЦЕНТИ Минжилком- хоза РСФСР, 1987 – 53 с.
131. Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Захаров В. М. Анализ стабильности развития берёзы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. – 1996. – № 6. – С. 441–444.
132. Куваев В. Б., Шелгунова М. А., Константинов Л. К. Флора Знаменского: опыт долговременного мониторинга и сохранения урбанизированной флоры Подмосковья. – М., 1992. – 358 с.

133. Кузнецов Д.А., Валиева Г.Д. Сравнение состояние среды городской территории и деревенской по величине флуктуирующей асимметрии листа березы повислой *Betula pendula* [Интернет-ресурс] – Точка доступа: [olimp.bspu.ru/data/olimp/1/50/doc/work\\_5088\\_5399\\_ihsluzprr.doc](http://olimp.bspu.ru/data/olimp/1/50/doc/work_5088_5399_ihsluzprr.doc)

134. Кулагин А. Ю., Тагилова О. В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. – Уфа: Гилем, Башк.энцикл. 2015. – 196 с.

135. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда. – Москва: Наука, 1974. – 208 с.

136. Кулагин Ю.З. Водный режим и газоустойчивость древесных растений // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. – Свердловск: Наука, 1966. – С. 49-51.

137. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. – М.: Наука, 1985. – 120 с.

138. Кулагин Ю.З. О газоустойчивости древесных растений и биологическая очистка атмосферы воздуха в лесостепном Предуралье // Растения и промышленная среда. – Киев: Наукова думка, 1968. – С. 14-18.

139. Кунин И. М., Инсарова И. Д., Трушин С. Б. Действие сернистого ангидрида на метаболизм растительной клетки // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – Т. 2. – С.87–124.

140. Кунцевич И. П. Озеленение фабрично-заводских площадок и промышленных поселков. – М.: Наука, 1957. – 115 с.

141. Купянская А. Н. Защита зелёных насаждений городов Приморского края от вредных насекомых. – Владивосток, 1982. – 83с.

142. Кучерявый В. А. Природная среда города. – Л.: Львов. гос. ун-т, 1984. – 144 с.

143. Кушниренко М. Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинев, 1991. – 304 с.

144. Лиёпа И. Я. Оценка реакции древостоя как основного критерия антропогенного воздействия // Антропоотолерантность наземных биоценозов и прикладная экология. – Таллин, 1977. – С. 114–166.
145. Литвинова Л. И. Левон Ф. М. Зеленые насаждения и охрана окружающей среды. – Киев: Здоровья, 1986. – 63 с.
146. Лищинская С. Н. Эколого-биологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как компонента антропогенных лесонасаждений г. Самары : дис.канд. биол. наук. – 2003. 193 с.
147. Ловелиус П.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. автореферат дис. ...канд. биолог, наук. – Днепропетровск, 1980. – 62 с.
148. Лукаревская Т.В. Растения в условиях города / Журнал «Ботаника». – №8. – 2007. – С.10
149. Лунц Л. Б. Проектирование городских зеленых насаждений. – М.: Изд-во Мин. ком. хозяйства РСФСР, 1953. – 211 с.
150. Лыкшитова Л. С. Морфологические адаптации деревьев и кустарников к загрязнению атмосферного воздуха г. Улан-Удэ // Вестник Бурятского государственного университета. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2014. – Вып. 4. – С. 78-83.
151. Лыкшитова Л. С. Сравнительный анализ морфометрических параметров листьев древесных пород (*Ulmus pumila*(L.), *Malus baccata*(L.), *Syringa vulgaris*(L.) ) в условиях г. Улан-Удэ // Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы всероссийской школы-конференции. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2013. – С. 109-112.
152. Лысова С. И. Географические особенности формирования города Тольятти. – Тольятти: Тольяттинская академия управления, 2004. – 158 с.
153. Макевнин С. Г. Охрана природы. – М.: Агропромиздат, 1991. – 127 с.

154. Макеева Т. И., Никонова Г. Н. Оценка антропогенной нагрузки на территории по показателям стабильности развития растений // Проблемы и пути их решения: научно-практическая конференция, материалы конференции. – М., 2002. – С. 201-207.

155. Малахова Е. С. Газоустойчивость и аккумуляционная способность растений в техногенной среде нефтехимических предприятий Западной Сибири (На примере ОАО «Техуглерод») : дис. канд. биол. наук. – Омск, 2004. – 222 с.

156. Мандра Ю. А., Еременко Р. С. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. – №1-8. – С.1990-1994.

157. Мартыненко В. А., Груздев Б. И. Флора Тимано-Печорского региона и её изменения при антропогенных воздействиях // Проблемы ботаники на Европейском Северо-Востоке РСФСР. – Сыктывкар, 1981. – № 35. – С. 3–14.

158. Матвеев Н. М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны). – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2006. – 311 с.

159. Матвеева Н. В. Некоторые закономерности в распространении флоры на территории города Самары // Взаимодействие человека и природы на границе Европы и Азии: тез. докл. конф. – Самара, 1996. – С. 104–105.

160. Матвеева Н. В. Типы урбанизированных местообитаний растений г. Самары // Формирование экологической культуры – актуальная задача современности: материалы научной конференции. – Пенза: Изд-во Пензенского гос. пед. ун-та им. В. Г. Белинского, 1997. – С. 118–120.

161. Мауринь А.М., Раман К.К. Зеленые насаждения в городе // Окружающая среда крупного города. – Л: Наука, 1988. – С. 45-69.

162. Машинский Л.О. Город и природа: (Городские зеленые насаждения). – М.: Стройиздат, 1973. – 228 с.

163. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых организмов (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). - Распоряжение Росэкологии № 460-р от 16 октября 2003 г.

164. Методические рекомендации по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке от 10 сентября 2002 года N 743-ПП.

165. Методы изучения лесных сообществ / Отв. ред. В.Т.Ярмишко, И.В.Лянгузова. – СПб, 2002. – 240 с.

166. Миркин Б. М. Антропогенная динамика растительности // Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1984. – Т. 5. – С. 139–232.

167. Моисеенкова Т. А., Халеев А. Е. Оценка основных функций городских лесов и их сохранение // Межвуз. сб. науч. статей: Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1989. – С. 65–76.

168. Мокшина Д. Д. Система устойчивых зеленых насаждений и ее функции // Антропогенная трансформация природной среды: научные чтения памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка: материалы международной школы семинара молодых ученых. – Пермь, 2012. – С.187-201.

169. Молодцов В.А., Гуськов А.А. Определение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – 22 с.

170. Мониторинг рекреационных лесов / Под ред. Л. П. Рысин, Л. И. Савельева, Г. А. Полякова, С. Л.Рысин, О. В.Беднова, А. А. Маслов. – М., 2003. – 167 с.

171. Морозова Г. Ю., Злобин Ю. А., Мельник Т. И. Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, цитогенез и структура популяций // Журнал общей биологии. – М.: Наука, 2003. – Том 64, № 2. – С. 166-180.

172. Наставление по защите лесных культур и молодняков от вредных насекомых и болезней. – М., 1997. – С 9-12.

173. Неверова О. А. Биоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха по состоянию древесных растений. – Новосибирск: Наука, 2001. – 98 с.

174. Несветайло, К.А. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды // Аграрная Россия. – 2009. – Спец. вып. – С.221 – 225.

175. Николаевский В. С, Васина И. В. Эколого-физиологическое состояние зеленых насаждений г. Москвы // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: научн. тр. – Московский государственный университет леса, 1998. – С. 198-205.

176. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.

177. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.

178. Николин А. А. К методике оценки рекреационной дигрессии пригородных лесов // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1977. – Вып. 10. – С. 109–115.

179. Об утверждении муниципальной программы "Благоустройство территории городского округа Тольятти на 2015-2024 годы» (с изменениями на 25 августа 2015 года) МЭРИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ТОЛЬЯТТИ ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 24 марта 2015 года № 905-п/1 Об утверждении муниципальной программы "Благоустройство территории городского округа Тольятти на 2015-2024 годы» (с изменениями на 25 августа 2015 года). – 91 с.

180. Обыденный А.Л. Количественная оценка поражения древесных растений вредными газами // Научные труды лесотехнического института. – Вып. 147. 1982. – С. 82-85.

181. Овчаренко А. А. Повышение экологической ценности лесов степной зоны // Сб. трудов III Международного экологического конгресса (V Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов».

Россия, Самарская область, Тольятти – Самара. Самарский научный центр РАН. Тольяттинский государственный университет. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2011. – Т. 2. – С. 166–171.

182. Одум Ю. Основы экологии. – Москва : Мир, 1975. – 740 с.

183. Озеленение населенных мест: Справочник / Под общ. ред. В.И. Ерохиной. – М.: Стройиздат, 1987. – 480 с.

184. Определитель болезней растений / Под общей редакцией М. К. Хохрякова. – Л.: Колос, 1966. – 592 с.

185. ОСТ 56–69–83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. – М.: ЦБНТИ гослесхоза СССР, 1983. – 60 с.

186. Падий Н. Н. Краткий определитель хвое- и листогрызущих вредителей. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 82с.

187. Паспорт города Тольятти Самарской области. – Тольятти: Мэрия Тольятти, 2004. – 111 с

188. Пастернак П. С., Бондарь В. И. Изменение физических свойств тёмно-серых лесных почв под влиянием рекреационных нагрузок // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев: Изд-во «Урожай». – 1983. – Вып. 67. – С. 18–23.

189. Перевозникова В. Д., Зубарева О. Н. Геоботаническая индикация состояния пригородных лесов (на примере Берёзовой рощи Академгородка г. Красноярск) // Экология. – 2002. – № 1. – С. 3–9.

190. Плаксина Т. И. Анализ флоры. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2004. – 152 с.

191. Плаксина Т. И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001. – 388 с.

192. Плотникова Л. С. Деревья и кустарники рядом с нами. – М.: Наука, 1994. – 173 с.

193. Поланчан А.И., Боаге Д. В. Видовой и формовой состав древесных растений зеленых насаждений г. Кишинева // Интродукция

растений и озеленение: Ботанические исследования. – Кишинев: Штинца, 1990. – Вып. 8. – С. 50-81.

194. Полевой В. В. Физиология растений. – Москва: Высшая школа, 1989. – 464 с.

195. Полтараус Б. В. О микроклимате парков и площадей большого города // Вести. МГУ. Сер. 5. География. – М. Наука, 1966. – Т.2. – С. 11-19.

196. Полякова Г. А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов // Лесоведение. – 1979. – № 3. – С. 70–80.

197. Прототопова Е. Н. Санитарно-гигиеническая роль зеленых насаждений г. Красноярска // Средообразующая роль лесных экосистем Сибири. – Красноярск: СССР, 1982. – С. 76-86.

198. Прототопова Е. Н. Устойчивость древесных растений в промышленных городах Сибири // Проблемы химико-лесного комплекса: Научно-практическая конф: Сборник тез. докл. (часть первая). – Красноярск, 1996. – С. 72-73.

199. Прохорова Н. В. Влияние загрязнения окружающей среды на ассимиляционные органы некоторых древесных растений в Степном Заволжье // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы. – Куйбышев: Изд-во «Куйбышевский университет», 1989. – С. 33–38.

200. Прохорова Н. В. Распределение тяжёлых металлов в почвенном покрове лесостепного и степного Поволжья (на примере Самарской области). – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1996. – 28 с.

201. Прохорова Н. В. Эколого-геохимическая роль автотранспорта в условиях городской среды // Вестник СамГУ. – Естественнонаучная серия. – Самара, 2005. – № 5(39). – С. 188–199.

202. Радаева Ю. Г. К вопросу изучения лесной растительности Южного Урала (Оренбургская область) // Биоразнообразие флоры. Труды Института биоресурсов и прикладной экологии. – 2009. – Вып. 9 – С. 114–117.



203. Раков Н. С. Флора города Ульяновска и его окрестностей. – Ульяновск: Изд-во «Корпорация технологий продвижения», 2003. – 216 с.

204. Раков Н. С., Саксонов С. В., Сенатор С. А. Начальные стадии пионерной сукцессии в городских лесах Тольятти (флористический аспект) // Сб. трудов III Международного экологического конгресса (V Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». – Тольятти: Изд-во ТГУ., 2011. – Т.2. – С. 196–200.

205. Рассказова М. М. Оценка состояния некоторых лесных фитоценозов в условиях рекреационной нагрузки: автореф. дис. канд. биол. наук. – Калуга, 2006. – 31 с.

206. Раунер Ю. Л., Чернавская М. М. Тепловой баланс города и влияние городского озеленения на температурный режим // Изв. ЛИ СССР. Сер. География. – М.: Наука, 1972. – Т5. – С. 46-53.

207. Ревякина Н.В., Олькова О.А. Антропогенная трансформация растительного покрова Барнаула // Проблемы устойчивого развития общества и эволюция жизненных сил населения Сибири на рубеже XX-XXI вв.: Материалы Междунар. конф. – Барнаул, 1998. – С. 209-210.

208. Родионова Г. Н. Практикум по демэкологии растений. – Самара: Изд-во СГПУ, 2008. – 148 с.

209. Родионова Е.А., Зубкова В.М. Изменение флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth и *Acer negundo* в зависимости от содержания тяжелых металлов в почве восточного административного округа города Москвы // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 2-3. – С. 293-296

210. Рожков Л. Н. Основы теории и практики рекреационного лесоводства. – Минск: Изд-во Белорус. гос. технолог. ун-та, 2001. – 212 с.

211. Розенберг Г.С., Саксонов Г.С. Экологический мониторинг как элемент управления биологическими ресурсами // Региональный экологич.

мониторинг в целях управления биологич. ресурсами. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – С. 3-8.

212. Руководство по разработке раздела «Охрана окружающей среды» к проекту планировки (реконструкции) жилого района [Интернет-ресурс] – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/RukovodstvoRukovodstvopor.html>

213. Рунова Е.М., Гнаткович П.С. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии березы повислой // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-2. – С. 223-227

214. Ручин А. Б. Урбоэкология для биологов. – Москва: Колос, 2009. – 195 с.

215. Рыбкина Г. В. К изучению механизмов регуляции внутриклеточного обмена. – Академия наук СССР. – Казань, 1981. – С. 87-102.

216. Рыжова Е.В. Антропогенная трансформация растительного покрова урбоэкосистемы г. Тольятти: автореф. дис. канд. биол. наук. – Тольятти, 2008. – 21 с.

217. Рысин Л. П., Савельева Л. И., Рысин С. Л. Мониторинг лесов на урбанизированных территориях // Экология. – 2004. – № 4. – С. 243–248.

218. Рябинин, В. М. Лес и промышленные газы. – М. : Лесная промышленность, 1965. – 96 с.

219. Савенко О.В., Саксонов С.В., Сенатор С.А. Материалы для флоры Узюковского лесного массива//Исследования в области естественных наук и образования. Межвуз. Сб.науч.-исслед. работ. – Самара, 2011. – Т.2.– С.48-53.

220. Савинцева Л.С., Егошина Т.Л., Ширяев В.В. Оценка качества урбаноcреды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.)//Вестник Удмуртского университета. Серия "Биология. Науки о Земле". – 2012. – №2. – С.31-37.

221. Савицкая Н. Н. Методические разработки опытов по физиологии растений для летней полевой практики. – Ленинград, 1988. – 80 с.
222. Саксонов С. В. Проблемы охраны растительного мира Самарской области // Зеленая книга Самарской области: редкие и охраняемые растительные сообщества. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2006. – С. 176–184.
223. Саксонов С.В., Сенатор С.А. Путеводитель по Самарской флоре. Флора Волжского бассейна. – Тольятти: Кассандра, 2012. – Т. I. – С. 1851–2011.
224. Салихова Ф. В. Влияние рекреационной деятельности человека на природные условия пригородной зоны г. Казани // Учен. зап. Казан. пед. ин-та. – 1977. – Вып. 174. – С. 34–40.
225. Сальников А. Л., Пилипенко В. Н. Антропогенная трансформация флоры города Астрахани и его окрестностей за последние 100 лет // Экология. – 2005. – № 6. – С. 421–428.
226. Самуилов Ф. Д. О регуляции водного режима растений // Вопросы водообмена и состояния воды в растениях. – Академия наук СССР. – Казань, 1981. – С. 68–87.
227. Сергейчик С. А. Устойчивость древесных растений в техногенной среде. – Минск : Наука и техника, 1994. – 279 с.
228. Серикова А.В. Функционирование древесной растительности г. Москвы в условиях антропогенного воздействия // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – М., 2003. – № 6. – С. 9–29.
229. Силаева Т. Б. Значение флористических данных для оценки степени биологического загрязнения среды // Мат-лы V рабоч. совещ. по сравнительной флористике (Ижевск, 1998 г.). – СПб., 2000. – С. 307–311.
230. Симонова Н. И. Влияние природных и антропогенных факторов на растительный покров сосновых лесов Самарской области: автореф. дис. канд. биол. наук. – Тольятти : Б. и., 2001. – 18 с.
231. Синдаравичюс И. М. Рост и состояние древесных растений в условиях загрязнённой среды // Влияние промышленного загрязнения на

лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости. – Каунас, 1984. – С. 45-67.

232. Скобельцина А. В. Биоэкологические особенности адаптации древесных растений в условиях урбанизированных территорий (на примере г. Чита): автореферат дисс. канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2011. – 17 с.

233. Скопим А. Н. Характер изменчивости морфологической структуры листа древесных растений под действием антропогенного стресса // Тез. докл. II Междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. – СПб., 2002. – С. 313-314.

234. Смирнова О. В., Бобровский М. В. Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова // Экология. – 2001. – № 3. – С. 177–181.

235. Смит У. Х. Лес и атмосфера: взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха. – М.: Прогресс, 1985. – 429 с.

236. Смит У. Х. Поглощение загрязняющих веществ растениями // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 460-499.

237. Собчак Р. О., Афанасьева Т. Г., Копылов М. А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 368. – С. 195–199.

238. Соколова И. Г. Деревья и кустарники города Пскова // Ботанический журнал. – СПб.: Наука, 2003. – Т. 88, № 11. – С. 79-86.

239. Сперанская Н. Ю. Состав и жизненное состояние древесных насаждений г. Барнаул: автореферат дисс. канд. биол. наук. – Барнаул, 2007. – 15 с.

240. Степанов М. В. Рекреационная трансформация пригородных лесов Саратова: дис. канд. биол. наук. – 2002. – 237 с.

241. Сукачев В. Н. Руководство к исследованию типов леса. – Л.: Гос. Изд-во сельхоз. и колх. - кооп. мет., 1931. – 328 с.
242. Сукачев В. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. – Л.: Гослестехиздат, 1938. – 574 с.
243. Сымпилова Д. П. Экологическое состояние и структура природно-территориальных комплексов пригородной зоны г. Улан-Удэ : дисс. канд. геог. наук. – Улан-Удэ, 2000. – 150 с.
244. Тарабрин В. П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнениям // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 18-29.
245. Таран И. В., Спиридонов В. Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 179 с.
246. Татарина Т. А. Морфофизиологические особенности состояния древесных растений в городских экосистемах // Международная межвузовская школа-семинар по экологии, Москва. Материалы семинара. – М., 2000. – С. 38-39.
247. Теодоронский В. С. Садовопарковое строительство (посадки деревьев и кустарников в сложных экологических условиях). – М. : Изд-во МГУЛ, 2002. – 91 с.
248. Терехина Н. В. Многокритериальная фитоиндикационная оценка экологического состояния городской среды мегаполиса (на примере Василеостровского района Санкт-Петербурга): автореф. дис. канд. геогр. наук. – Санкт-Петербург, 1998. – 21 с.
249. Титова В. И. Экотоксикология тяжёлых металлов. – Н. Новгород: Изд-во НГСХА, 2001. – 135 с.
250. Тольятти. Генеральный план города: пояснительная записка. – Тольятти, 2001. – 150 с.
251. Тольяттинская специализированная гидрометеорологическая обсерватория государственного учреждения, Самарский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными

функциями, компания, расположенный на Тольятти, Россия [Интернет-ресурс] – Точка доступа: [http://pogoda-sv.ru/info/weather\\_seasons/](http://pogoda-sv.ru/info/weather_seasons/).

252. Третьякова А. С. Флора лесопарков города Екатеринбурга // Биоразнообразие флоры. Тр. Ин-та биоресурсов и прикладной экологии. – 2009. – Вып. 9. – С. 142–144.

253. Удольская Л. Н. Введение в биометрию. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 76 с.

254. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Экспрессный фитоиндикационный метод оценки экологического состояния городской среды. – СПб: Изд-во СПб унив-та, 2000. – 32 с.

255. Ухваткина О. Н. Древесные растения в озеленении городов юга Дальнего Востока (биологические особенности, перспективность, интродукции): автореферат дисс. канд. биол. наук. – Владивосток, 2008. – 22 с.

256. Федоров, Н. И. Лесная фитопатология. – Минск: Высшая школа, 1987. – 178 с.

257. Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – Москва, 2001. – 288 с.

258. Федорова Ю. К. Шишкина Н. Г., Нестерова А. А. Состояние древесных растений в районах промышленного загрязнения // Лесное хозяйство. – 1987. – С. 67-68.

259. Фролов А. К. Ассимиляционный аппарат некоторых древесных растений в условиях городской среды: автореферат дис. канд. биолог. наук. – Л., 1979. – 20 с.

260. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. – СПб.: Наука, 1998. – 328 с.

261. Фролов А. К., Горышина Т. К. Особенности фотосинтетического аппарата некоторых древесных пород в городских условиях // Ботан. журн.– 1982.– Т. 67.– №5.– С. 599-609.

262. Фролов А. К., Куклева Е. Г., Заботина Л. Н. Строение фотосинтетического аппарата *Betula pendula* (Betulaceae) в уличных посадках и в пригородном парке Ленинграда // Ботан. журн.– 1986.– Т. 71.– №7.– С. 933-936.

263. Хворов Г. В. Экологический атлас г. Тольятти. – СПб.: Мониторинг, 1996. – 20 с.

264. Хикматуллина Г. Р. Сравнительный анализ морфологических параметров листьев древесных растений в условиях урбанизированной среды: автореферат дисс. канд. биол. наук. – Казань, 2013. – 24 с.

265. Хмелевская И. А. Эколого-физиологические исследования древесных пород в г. Пскове // Вестник Псковского государственного университета. Сер.: Естественные и физико-математические науки. – 2008. – № 6. – С. 37-57.

266. Хузина Г. Р. Влияние урбаносреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вест. Удм. ун-та. – 2010. – Вып. 3. – С. 53-57.

267. Хузина Г. Р. Изменчивость морфометрических параметров листовых пластинок березы повислой в условиях урбаносреды // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. – С. 210-212.

268. Цыпилова Р. А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей на улицах г. Улан-Удэ // Продуктивность агрофитоценозов, экология среды и охрана лесных ресурсов глазами молодых. – Улан-Удэ: Издательство БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2012. – 166 с.

269. Часовенная А. А. Некоторые показатели физиологического состояния растений и их фитонцидная активность в условиях экологической среды города. – Вестник ЛГУ.– 1977. – № 15. – С. 113-122.

270. Чистякова А. А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники: методические разработки для студентов биологических специальностей. – М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. В.И. Ленина, 1989. – Ч. 1. – 106 с.

271. Чистякова Е. К. Анализ стабильности развития в природных популяциях растений на примере березы повислой (*Betula pendula* Roth. ) автореферат диссертации кандидата биологических наук. – Москва, 1997. – 15 с.

272. Шабалин И. М. Самарский лес. – Самара: Изд-во «Самара», 2005. – 76 с.

273. Шаров В. М. Ландшафты и лесопарковые участки у г. Куйбышева // Сб. ст. Лесное хозяйство Куйбышевской области. – Куйбышев, 1976. – С. 150–157.

274. Шемберг М. А., Кузьмина Г. П., Варкалист М. Ю. Морфологическая оценка состояния древесных растений из городских посадок // Российская научно-практическая конференция «Проблемы химико-лесного комплекса» Сб. научи, тр. – Красноярск, 1994. – II том. – С. 205-209.

275. Шестакова Г. А., Стрельцов А. Б., Константинов Е. Л. Методика сбора и обработки материала для оценки качества среды (по березе повислой) // Очерк экологии города Калуги. – Калуга, 2000. – С. 378-385.

276. Шихова Н.С. Оценка жизненного состояния древесных видов в условиях загрязнения среды // Труд ел международной конференции по анатомии и морфологии растений. – СПб., 1997. – С. 332-333.

277. Шихова Н.С. Накопление тяжелых металлов ассимиляционными органами дальневосточных древесных пород // Вестник ДВО РАН. – Владивосток, 1994. Ч 5-6. – С. 143-148.

278. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.



279. Шяпятене Я., Мостаускис М., Барткявичус Э., Армолайтис К., Бараускас Р., Вайчис М. Оценка жизнеспособности сосны, ели и берёзы в условиях Литвы // Лесное хозяйство. – 1989. – №9. – С. 33-35.
280. Щербаков А. П., Чередниченко Н. Ф. Реакция древесных и кустарниковых пород лесопарковой зоны Москвы на загрязнение воздуха и меры повышения жизнестойкости растений // Охрана природы на Урале. – Свердловск, 1964. – Вып. 2. – С. 151-162.
281. Якушина Э. И. Древесные растения в озеленении Москвы. – Москва: Наука, 1982. – 158 с.
282. Ярмишко В. Т. Проблемы биоиндикации и оценки жизненного состояния лесных экосистем в условиях аэротехногенного загрязнения // Методология экологического нормирования. – Харьков, 1990. – Ч. 2. – С. 108–109.
283. Baker A. Accumulators and excluders - strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant. Nutr. – 1981. – Vol. 3, N 14. – P. 643-654.
284. Bechmann A. Das LEA-Infosystem // Natur und Landschaft. – 1977. – 52, № 10. – P. 280–286.
285. Beckhem N. The value of an urban tree // Indian Biol. – 1992. – Vol. 24, N 1. – P. 1-10.
286. Beer R. The computerised inventory of trees city of Geneva // Authos. – 1986. – Vol. 25, N3. – P. 21-25.
287. Bogucki D. J., Malanchuk J. L., Schenk Th. E. Impact of shortterm camping on ground-level vegetation // J. Soil and Water Conserv. – 1975. – Vol. 30, N. 5. – P. 231–232.
288. Bradshaw A. D. The Evolution of Metal Tolerance and its Significance for Vegetation Establishment on Metal Contaminated Sites // Intern. Conference on Heavy Metals in the Environm. – Toronto (Canada), 1975. – V. 27-31. – P. 599-622.

289. Brandes D. Veränderungen in der Ruderalvegetation von Nordwestdeutschland // *Wiss. Beitr. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.* – 1987. – H. 26. – S. 84–110.
290. Brush R. O. The attractiveness of woodlands: perceptions of forest landowners in Massachusetts // *Forest Sci.* – 1979. – Vol. 25, N. 3. – P. 495–506.
291. Caiazza N.A., Quinn J. A. A leaf morphology in *Arenaria patula* and *Lonicera japonica* along a pollution gradient // *Jbull. Torrey Bot. Club.* – 1980. – Vol. 107. N 1. – P. 9-18.
292. Davis A. M., Glick T. F. Urban ecosystems and island biogeography // *Environ. Conserv.* – 1978. – Vol. 5, N 4. – P. 299-304.
293. Dierssen K. Zum Wandel der Gefäßpflanzen flora Schleswig-Holstein und ihre Ursache // *Heimat.* – 1983. – Bd 90, H. 6. – S. 170–179.
294. Dorney R. S. , McLellan P. W. The urban ecosystems: its spatial structure, its scale relationships, and its subsystems attributes // *Environment.* – 1984. – Vol. 16, N 1. – P. 9-20.
295. Dufiner F., Wathern P. Berlin's green Island building an urban wilderness // *Environment.* – 1988. – Vol. 30, N 2. – P. 12-15.
296. Elias P. Changes in synanthropic flora and vegetation of western Slovakia throughout last forty years // *Wiss. Beitr. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.* – 1987. – H. 26. – S. 158–175.
297. Ferakova V., Jarolimek I. Anthropogenic changes in flora and vegetation of Bratislava // *Wiss. Beitr. M.-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.* – 1987. – H. 26. – P. 145–157.
298. Fischer W. Vegetationskundliche Aspekte der Ruderlisation von Waldstandorten im Berliner Gebiet // *Arch. Naturschutz und Landschaftsforsch.* – 1975. – Bd. 15, N. 1. – P. 21–32.
299. Fries M. Aspect of floristic changes in connection with the development of the cultural landscape // *Oikos.* – 1969. – Vol. 20, N. 12. – P. 29–34.

300. Gödde M. Veränderung der ruderalen Flora des engeren Stadtgebietes von Münster im Zeitraum von 35 Jahren // *Natur und Heimat*. – 1982. – Bd. 42, H. 4. – S. 39–44.
301. Green D. F. Can potential recreation areas be inventoried in the office? // *J. Forest.* – 1979. – 77, N. 10. – P. 670–672, 691.
302. Gutte P. Der Florenwandel im Stadtgebiet von Leipzig // *Teuxenia*. – 1990. – H. 10. – S. 57–65.
303. Hodar J. A. Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions // *J. Arid Environments*. – 2002. – V. 52. – P. 233–243.
304. Holland M., Sorrie B. Floristic dynamics of a small island complex in Lake Winnepesaukee, New Hampshire // *Rhodora*. – 1989. – Vol. 91, N. 868. – P. 315–338.
305. Klotz S. Flora und Vegetation in der Stadt, ihre Spezifik und Indikatorfunktion // *Landschaftsarchitektur*. – 1988. – 17, N4. – P. 104–107.
306. Kornas J. Man's impact upon the flora: processes and effects // *Mem. zool.* – 1982. – Vol. 37. – P. 11 – 30.
307. Kozlov M. V. Planning of ecological research: theory and practical recommendations // *KMK Science Press, Moscow*. – 2014. – 171 p.
308. Kriedemann P.E. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth // *Austral. J. Plant Physiol.* – 1986. – Vol. 13, N 1. – P. 15–31.
309. Landolt E. Veränderungen der Flora der Stadt Zürich in der letzten 150 // Jahren . – *Bauhinia*. – 1992. – H. 10. – S. 149–164.
310. Lawalree A. L'appauvrissement de la flora belge // *Bull. Jard. bot. nat. Belg.* – 1971. – Vol. 41, N 1. – P. 167–197.
311. Lumis G. P., Hofstra G., Hall R. Roadside woody plant susceptibility to sodium and chloride accumulation during winter and spring // *Can. J. Plant Sci.* – 1976. – Vol. 56, N 4. – P. 853–859.

312. MacFarlena G.R. Leaf biochemical parameters in *Avicennia marina* (Forsk) Vierh as potential biomarkers of heavy metal stress in estuarine ecosystems // *Mar. Pollut. Bull.* . – 2002 . – 44, N 3 . – P. 244-256.
313. Meyer F. H. Baum in der Stadt // Uemer, Stuttgart. – 1982. – P. 212-223
314. Moller A. P., Van Dongen S. Ontogeny of Asymmetry and Compensational Growth in Elm *Ulmus glabra* Leaves under Different Environmental Conditions // *Int. J. Plant Sci.* – 2002. – V. 164, № 4. – P. 519–526.
315. Papanek F. Antropicke posobenije v narodnom parku z hladiska rekreacie a ochrany prirody a krajiny // *Zb. pr. Tatransk. Nar. parku.* – 1978. – 20. – P. 51–65.
316. Perring E., Hampton F., Classey E. The flora of a changing Britan // London, 1970. – 157 p.
317. Pike R., Hodgdon A. Changes in flora of the Machias Seal Islands // *Rhodora.* – 1962. – Vol. 64, N. 760. – P. 340–350.
318. Radulovic S. Antropogeni uticaj na sastav flore Ade Ciganlije // *Glass. Sumar. fak. Univ. Beogradu.* – 1984. – Vol. 63. – P. 48–52.
319. Robinson G., Yurlina M., Handels S. A century of change in the Staten Island flora: ecological correlates of species losses and invasions // *Bull. Torrey Bol. Club.* – 1994. – Vol. 121, N 2. – P. 119–129.
320. Robitaille G. Heavy- metal assumulation in the annual rings of balsam fir *Abies balsamea* (L.) Mill // *Environ. Pollut.* – 1981. – B2, N 3. – P. 193-202.
321. Runge F. Weitere Anderungen der Flora des Naturschutzgebietes «Heiliges Meer» bei Hopsten // *Natur und Heimat.* – 1967. – Bd 27, H. 3. – P. 129–135.
322. Sanders R., Stuessy T., Marticorena C. Recent changes in the flora of the Juan Fernandez Islands, Chile // *Taxon.* – 1982. – Vol. 31, N. 2. – P. 284–289.
323. Sudnic-Wojcikowska B. Dinamic der Warschauer Flora in den letzten 150 Jahren // *Gleditschia.* – 1987. – Bd. 15, H. 1. – P. 7–23.

324. Sukopp H. Development of flora and fauna in Urban areas // Council of Europe. – Strasborg. – 1987. – P. 67.
325. Sukopp H., Weiler S. Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany // Landscape Urban Plann. – 1988. – T.15. – P. 39-58.
326. Tatsumi Y., Yoda K., Ikeda L. Effects of soil pollution by heavy metals on annual plants in Sakai city // Jap. J. Ecol. – 1983. – Vol. 33, N 6. – P. 293-303.
327. Terpo A., Egyedne B. A magyar flora szubszontan fas novenei // Kertesz. egyet. kozl. – 1983 (1985). – Vol. 47. – P. 117–126.
328. Tomas W. Anderungen der Flora des NSG «Venner Moor» in den letzten 44 Jahren // Natur und Heimat. – 1983. – Bd 43, H. 2. – P. 48–52.
329. Weeda E. Invasions of vascular plants and mosses in to the Netherlands // Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch. – 1987. – Vol. 90, N 1. – P. 19–29.
330. Yahara T. In Japan, 17 of native plant species are extinct or threalened with extinction // Dev. Persrect. 21st Cent. 5th Int. Congr. Ecol. (Yokohama, Aug. 23 – 30, 1990). Yokohama. – 1990. – P. 442.
331. Zimmermann-Pawlowsky A. Flora und Vegetation von Euskirchen und ihre Veranderungen in ... Santana 70 Jahren // Decheniana. – 1985. – Bd. 138. – P. 17–37.

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Список приложений

Приложение А. Характеристика физико-географических и эколого-биологических условий на площадях исследования Тольятти.

Приложение Б. Список растений на площадях исследования Тольятти.

Приложение В. Характеристика природно-климатических и техногенных условий в городе в годы исследования.

Приложение Г. Результаты статистического анализа данных по морфо-физиологическим параметрам березы повислой по годам исследования.

Приложение Д. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных по морфо-физиологическим параметрам березы повислой по годам исследования.

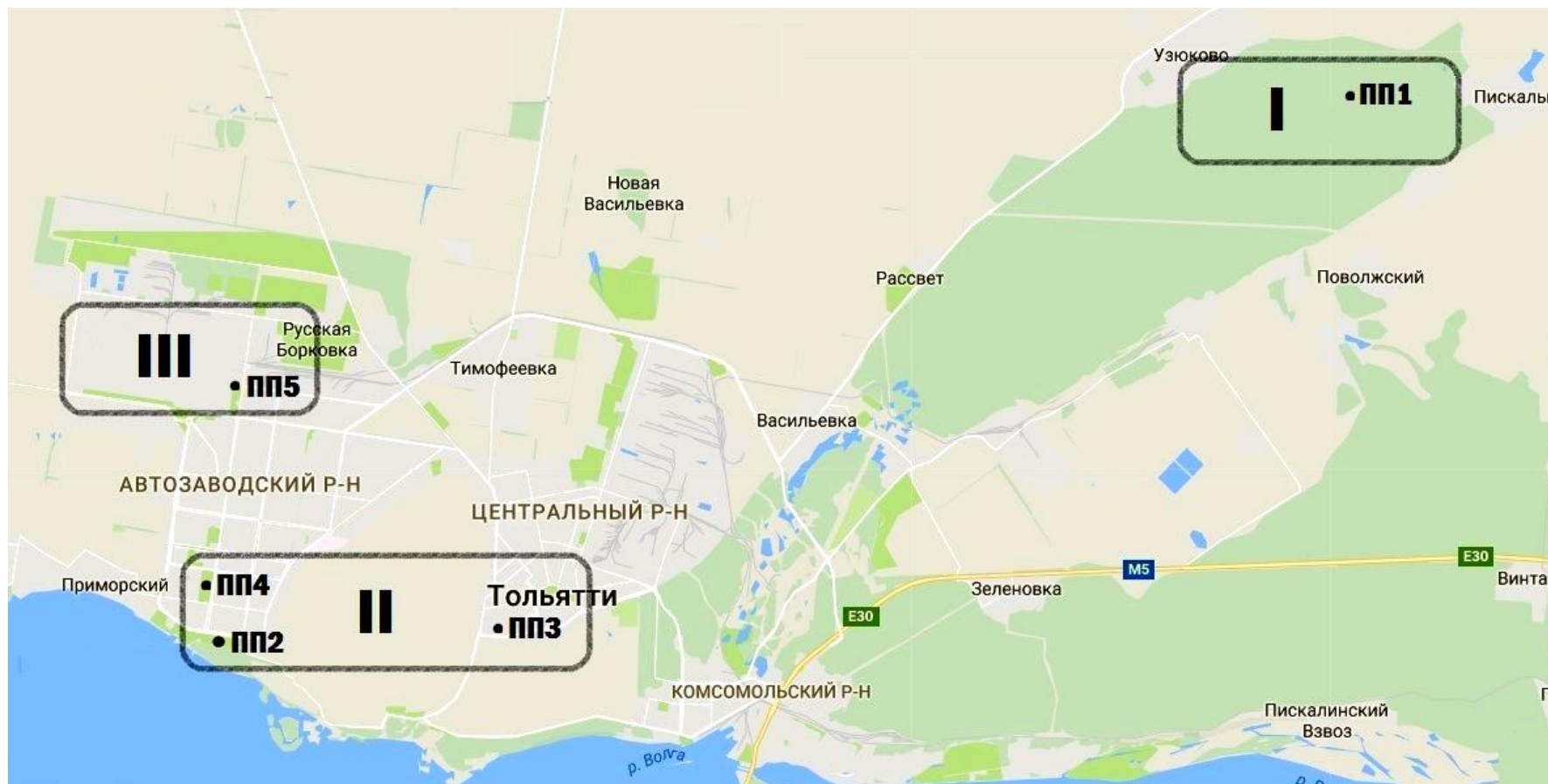


Рисунок А.1 Карта-схема расположения пробных площадей г. Тольятти: I – условно чистая зона (ПП № 1 контроль); II – зона среднего загрязнения (ПП № 2-4); III – зона сильного загрязнения (ПП № 5). Примечание. ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – внутригородские насаждения; ПП № 4 – городской парк; ПП № 5 – промышленная зона.



Таблица А.1 Характеристики площадок исследования березы повислой *Betula pendula* Roth (г. Тольятти)

№ выб орки	Характеристика выборки	Тип насаждений	Флора выборки*	Источник антропогенного загрязнения**
1	2	3	4	5
1	Узюковский лес (Узюковское лесничество Самарской области, двадцать пять километров от города) - контроль.	Смешанный хвойно- лиственный лес за пределами города. Естественные насаждения.	Деревья: береза повислая, сосна обыкновенная, рябина обыкновенная, дуб черешчатый, осина (тополь дрожащий), клен остролистный, липа сердцелистная. Растения: будра плющевидная, вероника дуоуровная, вероника широколиственная, герань кроваво-красная, Гулявник Лезеля, душица обыкновенная, ежа сборная, звездчатка злаковидная, звездчатка ланцетолистная, земляника лесная, змееголовник тимьянолистный, клевер белый, клевер луговой, колокольчик перисколистный, коровняк метельчатый, котсрец безостый, крапива двудомная, ландыш майский, лапчатка гусиная, мятлик дубравный, орляк обыкновенный, пижма обыкновенная, пиретрум щитковый, подмарейник северный, пустырник пятилопастный, репешок обыкновенный, скерда кровельная, тысячелистник обыкновенный, хвощ полевой, сныть, костянка, овсяница, иван- да-марья, лекарственная ромашка, мох зеленый.	Источника антропогенного загрязнения нет.

## Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
2	Пригородный лес (Тольяттинское лесничество, Автозаводской район).	Смешанный хвойно-лиственный лес за пределами города (один километр от города). Естественные насаждения.	Деревья: береза повислая, сосна обыкновенная, рябина обыкновенная, клен американский, клен остролистный, липа мелколистная, осина (тополь дрожащий), дуб черешчатый, бузина и т.д. Растения: горошек тонколистный, икотник серо-зеленый, осот полевой, полынь полева, цикорий обыкновенный, крапива двудомная, сныть, косянка, ландыш, костер, мятлик узколистный, овсяница, лекарственная ромашка, полевой хвощ и т.д.	Источники техногенного загрязнения: ОАО «АвтоВАЗ».
3	Внутригородские насаждения (Улица Баныкина, Центральный район. г. Тольятти). Городские объекты: Спидвейный трек «СТК им.Степанова», плавательный бассейн «Старт», Центральный автовокзал, ТГУ, Мэрия г.о.Тольятти, спортивный комплекс «Кристалл».	Искусственные насаждения	Деревья: береза повислая, тополь душистый, клены американский и остролистный и т.д. Растения: клевер луговой, кострец безостый, крапива двудомная, мятлик узколистный, одуванчик лекарственный, осот полевой, полынь обыкновенная, пустырник пятилопастный, цикорий обыкновенный, горец птичий, пырей ползучий и т.д.	Источники техногенного воздействия: густая сеть автодорог, 4 остановки рядом с местом сбора, один перекресток, пропускной поток 1000-1700 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону. Наружные силовые кабели, троллейбусные линии – источники электромагнитных полей. ООО «Химзавод».

## Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
4	Городской парк (Парк Победы Автозаводской район, г. Тольятти). Городские объекты: Дворец спорта «Волгарь», стадион «Торпедо», спортивный комплекс «Олимп», АЗС «ТНК», МАУ ДКИТ.	Искусственные насаждения.	Деревья: береза повислая, липа крупнолистная, тополь душистый, рябина обыкновенная, яблоня ягодная.	Источники техногенного воздействия: наружные силовые кабели, густая сеть автодорог, пять остановок вокруг парка, четыре перекрестка, пропускной поток 1600-1900 единиц разнотипных транспортных средств в час в одну сторону. ОАО «АвтоВАЗ».
5	Промышленная зона (Автозаводской район, г. Тольятти). Городские объекты: ЗЖБК ЗАО «Завод железобетонных конструкций», Железнодорожный вокзал, мастерская по ремонту электродвигателей.	Искусственные насаждения.	Деревья: береза повислая, тополь душистый, яблоня домашняя. Растения: астрагал мутовый, вейник наземный, вьюнок полевой, вязель разноцветный, донник лекарственный, икотник серо-зеленый, коровяк метельчатый, латук компасный, люцерна хмелевидная, мордовник круглоголовый, мятлик узколистный, одуванчик лекарственный, полынь горькая, пырей ползучий, тысячелистник обыкновенный, цикорий обыкновенный, чертополох колючий, горец птичий, сныть.	Источники техногенного воздействия: густая сеть автодорог, пропускной поток 1500-1900 единиц транспортных средств (преобладание грузовых машин, 70-80 %) в час в одну сторону. Наружные силовые кабели, троллейбусные линии – источники электромагнитных полей. ОАО «АвтоВАЗ».

\* - данные из собственных полевых исследований в рамках эколого-биологической оценки состояния *Betula pendula* (2013-2015 гг.)

\*\* - данные из государственных докладов о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Самарской области (2013-2016 гг.)

Таблица А.2 Распределение насаждений березы повислой *Betula pendula* по категориям (2013-2015 гг.)

№ и название площади	Категория	Признаки
1. Узюковский лес (Узюковское лесничество Самарской области, двадцать пять километров от города) – контроль	1	По внешним признакам здоровые деревья. У них густая, нормально развитая крона; потеря листьев незначительна (до 10%). Сухие ветви в кроне отсутствуют; листья берёзы обычных размеров и цвета
2. Лес пригородный (Тольяттинское лесничество)	1	По внешним признакам здоровые деревья. У них густая, нормально развитая крона; потеря листьев незначительна (до 10%). Сухие ветви в кроне отсутствуют; листья берёзы обычных размеров и цвета
3. Улица Баныкина (Центральный район, г. Тольятти)	2	Ослабленные или слабо поврежденные деревья. Крона деревьев несколько разреженная, потери листьев составляют 11-25%, доля сухих ветвей не более 20%. У деревьев средних размеров длина кроны уменьшается до 10%. Линейный прирост побегов снижается на 20-25%
4. Парк Победы (Автозаводской район, г. Тольятти)	3	Сильно ослабленные или средне поврежденные деревья. Кроны их заметно разрежены, потеря листьев составляет 26-60%, сухие ветви составляют 21-50%. В большинстве случаев длина кроны уменьшена на 11-40%. Укороченность побегов достигает 26-75 %. Процессы ослабления деревьев усугубляются, они начинают усыхать
5. Промышленная зона (Автозаводской район, г. Тольятти)	4	Усыхающие или сильно поврежденные деревья, окончательно потерявшие жизнеспособность. Кроны явно просвечивают, потеря листьев достигает более 60%. В кроне более 50% сухих ветвей. Часто встречаются суховершинные деревья. У них явно больные, короткие розеточные (вторичные) побеги, очень редко покрытые листьями. Листья малых размеров, быстрее желтеют. Длина кроны уменьшается более чем на 40%, прирост в высоту отсутствует

Таблица А.3 Таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке (Захаров и др., 2000)

Дата сбора: ...											
Исполнитель:											
Место сбора: ...											
№	Номер признака										Форма макушки
	1		2		3		4		5		
	сле ва	спра ва	сле ва	спра ва	сле ва	спра ва	сле ва	спра ва	сле ва	спра ва	
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица А.4 Вспомогательная таблица для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке (Захаров и др., 2000)

№	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
1	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
Величина симметрии в выборке						X=...

Таблица А.5 Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой *Betula pendula* (Захаров и др., 2000)

Балл	1	2	3	4	5
Величина показателя стабильности развития	<0,040	0,040-0,044	0,045-0,049	0,050-0,054	>0,054

Примечание. I – чисто; II – относительно чисто («норма»); III – загрязнено («тревога»); IV – грязно («опасно»); V – очень грязно («вредно»)

Таблица А.6 Таблица для расчета интегрального показателя водоудерживающей способности в выборке (Биомониторинг состояния ..., 2014)

Дата ...					Исполнитель ...							
Место сбора ...												
повторность	Масса				m 1	Масса				m 2	Содержание воды	
	пустого бюкса	бюкса с пробой		пробы		0,5 ч	1,0 ч	1,5 ч	2 ч		m1- m2	в % от сырой массы (m1- m2/m1)*10 0%
						бюкса с пробой						
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Таблица А.7 Рабочая таблица для подсчета количества устьиц (Биомониторинг состояния ..., 2014)

№ области просмотра	Количество устьиц	Среднее количество устьиц
1	...	...
2	...	
...	...	

Таблица А.8 Рабочая таблица для метода расчета показателя запыленности листовых пластинок (Биомониторинг состояния ..., 2014)

№ объекта/ массы	m1	m2	m1-m2
1	...	...	...
...	...	...	...

Таблица А.9 Шкала определения степени запыленности для метода расчета показателя запыленности листовых пластинок (Биомониторинг состояния ..., 2014)

№, п/п	Характер запыленности	Балл	Внешние проявления запыленности
1	2	3	4
1	Незначительная	1	Едва заметное наличие пылевых частиц
2	Малая	2	Малое заметное наличие пылевых частиц
3	Средняя	3	Хорошо заметное скопление пылевых частиц, различимое даже при беглом взгляде, но не ухудшающее прозрачность ленты
4	Высокая	4	Большое количество пылевых скоплений на липком слое, ухудшающее прозрачность ленты
5	Очень высокая	5	Большое количество пылевых частиц, делающее ленту непрозрачной

Таблица А.10 Категории относительного жизненного состояния деревьев (по Алексеву и др., 1990)

Категория дерева	Диагностические признаки			
	Густота кроны, %	Мертвые сучья, %	Степень повреждения листьев, %	Индекс ОЖС
1	2	3	4	5
Здоровое	85-100	0-15	0-10	80-100
Ослабленное	55-85	15-45	10-45	50-79
Сильно ослабленное	20-55	45-65	45-65	20-49
Отмирающее	0-20	65-100	65-100	5-19
Сухое	0	100	-	<5

Таблица А.11 Шкала категорий жизненного состояния деревьев по визуальным характеристикам кроны по Алексееву (1989-1990 гг.)

Категория	Признаки
1	По внешним признакам здоровые деревья. У них густая, нормально развитая крона; потеря листьев незначительна (до 10%). Сухие ветви в кроне отсутствуют; листья берёзы обычных размеров и цвета
2	Ослабленные или слабо повреждённые деревья. Крона деревьев несколько разреженная, потери листьев составляют 11-25%, доля сухих ветвей не более 20%. У деревьев средних размеров длина кроны уменьшается до 10%. Линейный прирост побегов снижается на 20-25%
3	Сильно ослабленные или средне поврежденные деревья. Кроны их заметно разрежены, потеря листьев составляет 26-60%, сухие ветви составляют 21-50%. В большинстве случаев длина кроны уменьшена на 11-40%. Укороченность побегов достигает 26-75 %. Процессы ослабления деревьев усугубляются, они начинают усыхать
4	Усыхающие или сильно поврежденные деревья, окончательно потерявшие жизнеспособность. Кроны явно просвечивают, потеря листьев достигает более 60%. В кроне более 50% сухих ветвей. Часто встречаются суховершинные деревья. У них явно больные, короткие розеточные (вторичные) побеги, очень редко покрытые листьями. Листья малых размеров, быстрее желтеют. Длина кроны уменьшается более чем на 40%, прирост в высоту отсутствует
5	Погибшие деревья, сухостой текущего года. Деревья без зелени. Свежий сухостой быстро заселяется стволовыми вредителями древесины и деревоокрашивающими грибами. Качество древесины падает
6	Старый сухостой. Деревья погибли несколько лет тому назад. У них сохранились только наиболее толстые ветви, отпадает кора. Стволы заселены вредителями древесины и дереворазрушающими грибами. Качество древесины резко падает. В основном, она пригодна в качестве дров



Таблица А.12 Средняя норма расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города (Молодцов, 2014)

№	Тип автотранспорта	Средние нормы расхода топлива (л на 100км)	Удельный расход топлива $Y_i$ (л на км)
1	2	3	4
1	Легковой автомобиль	11-13	0,11-0,13
2	Грузовой автомобиль	29-33	0,29-0,33
3	Автобус	41-44	0,41-0,44
4	Дизельный грузовой автомобиль	31-34	0,31-0,34

Таблица А.13 Общий путь пройденный различными типами автотранспорта (Молодцов, 2014)

№	Типы автотранспорта	Всего за 1 час $N_i$ , шт	Общий путь за 1 час $L_i$ , км
1	2	3	4
1	Легковые автомобили	...	...
2	Грузовые автомобили	...	...
3	Автобусы	...	...

Таблица А.14 Общее количество топлива сожженного различными типами автотранспорта (Молодцов, 2014)

№	Тип автотранспорта	$N_i$	$Q_i$ , в т.ч.бензин,л
1	2	3	4
1	Легковые автомобили	...	...
2	Грузовые автомобили	...	...
3	Автобусы	...	...

Таблица А.15 Сводная таблица количества топлива сожженного различными типами автотранспорта (Молодцов, 2014)

№	Типы автотранспорта	Всего за 20 мин, шт.	Всего за 1 час $N_i$ , шт.	Общий путь за 1 час $L_i$ , км	Удельный расход топлива $Y_i$ (л на км)	$Q_i$ , т.ч. бензин, л	№ ПП
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Легковые автомобили	...	...	...	...	...	...
2	Грузовые автомобили	...	...	...	...	...	
3	Автобусы	...	...	...	...	...	
Итого							$\sum Q$ , л

Таблица А.16 Характеристика состояния почвенного покрова пробных площадей г. Тольятти (Кауричев, 1973)

№	Пробная площадка	Цвет	Влажность	Гранулометрический состав	Структура	Сложение, плотность	Вскипание	рН водной вытяжки	Гумус	Признаки нарушенности	Признаки уплотненности	Присутствие бытового мусора
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таблица А.17 Таксационная характеристика древесных насаждений (Анучин, 1982)

Зоны	Формула древостоя	Возраст, лет	Средний диаметр, см (min-max)	Средняя высота, м (min-max)	Полнота
...	...	...	...	...	...



Рисунок А.2 Береза повислая *Betula pendula*,  
Узюковский лес, Ставропольская область  
(контрольная площадь №1)



Рисунок А.3 Береза повислая *Betula pendula*,  
пригородный лес Тольятти, Самарская область  
(пробная площадь №2)



Рисунок А.4 Береза повислая *Betula pendula*,  
внутригородские насаждения Тольятти, Самарская область  
(пробная площадь №3)



Рисунок А.5 Береза повислая *Betula pendula*,  
промышленная зона Тольятти, Самарская область  
(пробная площадь №5)



Рисунок А.6 Береза повислая *Betula pendula*,  
городской парк Тольятти, Самарская область  
(пробная площадь №4)



Рисунок А.7 Образцы листовых пластинок березы повислой  
*Betula pendula* с Узюковского леса Ставропольского района



Рисунок А.8 Образцы листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* с пригородного леса Тольятти



Рисунок А.9 Образцы листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* с городского парка Тольятти



Рисунок А.10 Образцы листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* с внутригородских насаждений Тольятти



Рисунок А.11 Образцы листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* с промышленной зоны Тольятти



Рисунок А.12 Наличие воздействия патогенов на березу повислую *Betula pendula* промышленной зоны Тольятти



Рисунок А.13 Наличие воздействия патогенов на березу повислую *Betula pendula* промышленной зоны Тольятти



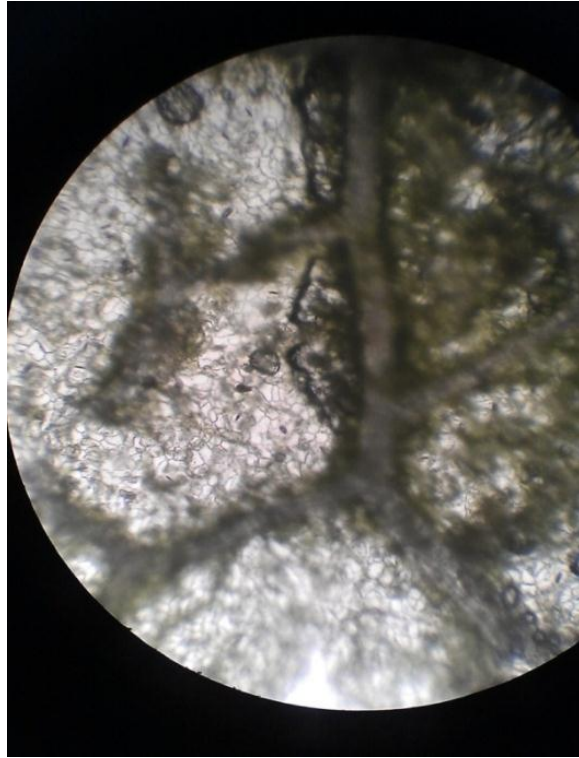


Рисунок А.14 Микропрепарат среза листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, Узюковский лес Ставропольского района

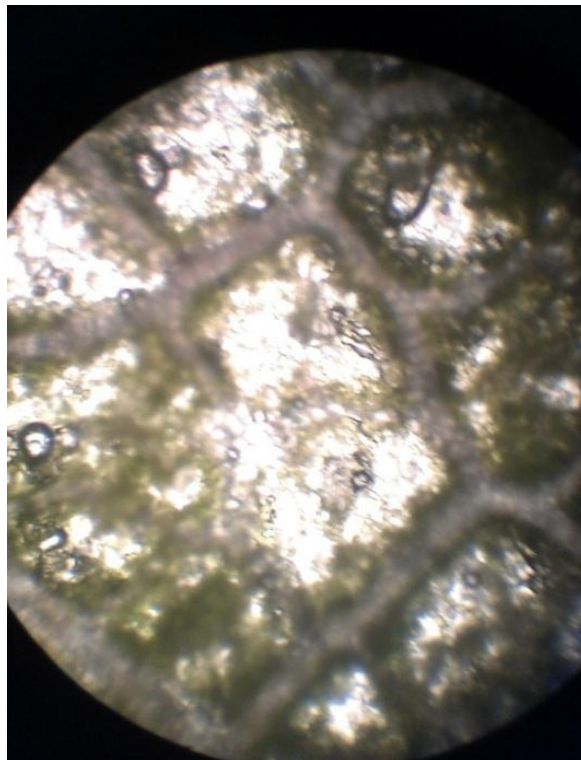


Рисунок А.15 Микропрепарат среза листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*., пригородный лес Тольятти

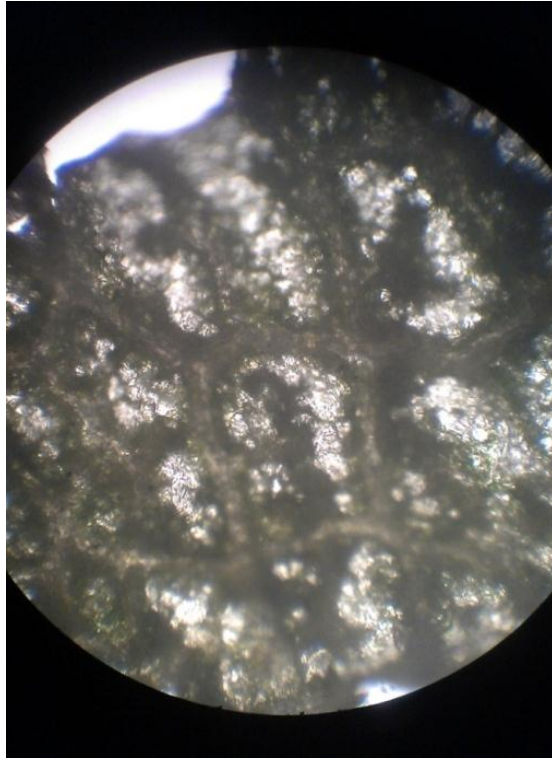


Рисунок А.16 Микропрепарат среза листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, городской парк Тольятти

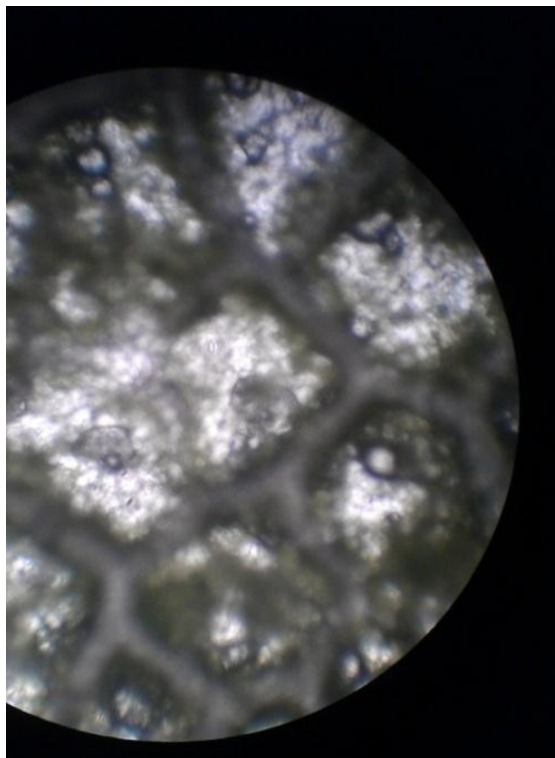


Рисунок А.17 Микропрепарат среза листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, внутригородские насаждения Тольятти

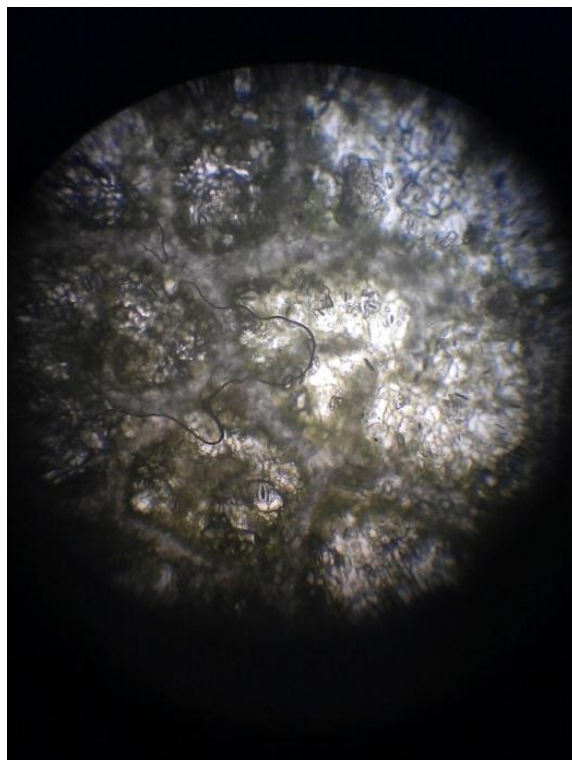


Рисунок А.18 Микропрепарат среза листовой пластинки березы повислой *Betula pendula*, промышленная зона Тольятти



Рисунок А.19 Оборудование и инструменты для исследования морфо-физиологических параметров листьев березы повислой *Betula pendula*



Рисунок А.20 Темно-серая средне-суглинистая почва на пробной площади №3 (внутригородские насаждения)



Рисунок А.21 Серо-коричневая легко-суглинистая почва на пробной площади № 5 (промышленная зона)

Таблица Б.1 Список растений площадок исследования  
березы повислой *Betula pendula* (г. Тольятти)

№ п/п	Русское название	Латинское название	Семейство
1	2	3	4
<b>промышленная зона</b>			
1	Астрагал мутовый	<i>Astragalus cicer</i> L., 1753	Бобовые
2	Вейник наземный	<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth, 1788	Злаки
3	Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753	Вьюнковые
4	Вязель разноцветный	<i>Coronilla</i> L., 1753	Бобовые
5	Донник лекарственный	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam., 1753	Бобовые
6	Икотник серо-зеленый	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC., 1753	Капустные
7	Коровяк метельчатый	<i>Verbascum lychnitis</i> L., 1753	Норичниковые
8	Латук компасный	<i>Lactuca</i> L., 1753	Астровые
9	Люцерна хмелевидная	<i>Medicago lupulina</i> L., 1753	Бобовые
10	Мордовник круглоголовый	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L., 1753	Астровые
11	Мятлик узколистный	<i>Poa angustifolia</i> L. (1753)	Злаки
12	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Webb	Астровые
13	Полынь горькая	<i>Artemisia absinthium</i> L., 1753	Астровые
14	Пырей ползучий	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski, 1933	Злаки
15	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium</i> L., 1753	Астровые
16	Цикорий обыкновенный	<i>Cichorium intybus</i> L., 1753	Астровые
17	Чертополох колючий	<i>Carduus</i> L., 1753	Астровые
<b>внутригородские насаждения</b>			
1	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i> L., 1753	Бобовые
2	Клен американский	<i>Acer negundo</i> L., 1753	Кленовые
3	Кострец безостый	<i>Bromus inermis</i> Leyss., 1761	Злаки
4	Крапива двудомная	<i>Urtica dioica</i> L. (1753)	Крапивные
5	Мятлик узколистный	<i>Poa angustifolia</i> L. (1753)	Злаки
6	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i> Webb, 1753	Астровые
7	Осот полевой	<i>Sonchus arvensis</i> L., 1753	Астровые
8	Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i> L., 1753	Астровые
9	Пустырник пятилопастный	<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib., 1793	Яснотковые

## Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
10	Цикорий обыкновенный	<i>Cichorium intybus L., 1753</i>	Астровые
<b>пригородный лес</b>			
1	Горошек тонколиственный	<i>Vicia tenuifolia Roth, 1788</i>	Бобовые
2	Икотник серо-зеленый	<i>Berteroa incana (L.) DC., 1753</i>	Капустные
3	Клен американский	<i>Acer negundo L., 1753</i>	Кленовые
4	Мятлик узколиственный	<i>Poa angustifolia L. (1753)</i>	Злаки
5	Осот полевой	<i>Sonchus arvensis L., 1753</i>	Астровые
6	Полынь полевая	<i>Artemisia campestris L., 1753</i>	Астровые
7	Цикорий обыкновенный	<i>Cichorium intybus L., 1753</i>	Астровые
<b>Узюковский лес</b>			
1	Будра плющевидная	<i>Glechoma hederacea L., 1753</i>	Яснотковые
2	Вероника дубравная	<i>Veronica chamaedrys L., 1753</i>	Подорожниковые
3	Вероника широколиственная	<i>Veronica teucrium L., 1753</i>	Подорожниковые
4	Герань кроваво-красная	<i>Geranium sanguineum L., 1753</i>	Гераниевые
5	Гулявник Лёзеля	<i>Sisymbrium Loeselii L., 1753</i>	Капустные
6	Душица обыкновенная	<i>Origanum vulgare L., 1753</i>	Яснотковые
7	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata L. (1753)</i>	Злаки
8	Звездчатка злаковидная	<i>Stellaria graminea L., 1753</i>	Гвоздичные
9	Звездчатка ланцетолистная	<i>Stellaria holostea L., 1753</i>	Гвоздичные
10	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca L., 1753</i>	Розовые
11	Змееголовник тимьянолистный	<i>Dracocephalum thymiflorum L., 1753</i>	Яснотковые
12	Клевер белый	<i>Trifolium repens L., 1753</i>	Бобовые
13	Клевер луговой	<i>Trifolium pratense L., 1753</i>	Бобовые
14	Колокольчик персиколистный	<i>Campanula persicifolia L., 1753</i>	Колокольчиковые
15	Коровняк метельчатый	<i>Verbascum lychnitis L., 1753</i>	Норичниковые
16	Кострец безостый	<i>Bromus inermis Leyss., 1761</i>	Злаки
17	Крапива двудомная	<i>Urtica dioica L. (1753)</i>	Крапивные
18	Ландыш майский	<i>Convallaria majalis L., 1753</i>	Спаржевые
19	Лапчатка гусиная	<i>Potentilla anserina L., 1753</i>	Розовые
20	Липа сердцелистная	<i>Tilia cordata Mill., 1768</i>	Мальвовые
21	Мятлик дубравный	<i>Poa nemoralis L., 1753</i>	Злаки
22	Орляк обыкновенный	<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn, 1879</i>	Деннштедтиевые
23	Пижма обыкновенная	<i>Tanacetum vulgare L., 1753</i>	Астровые
24	Пиретрум щитковый	<i>Tanacetum corymbosum (L.) Sch.Bip., 1844</i>	Астровые

## Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
25	Подмарейник северный	<i>Galium boreale L., 1753</i>	Мареновые
26	Пустырник пятилопастный	<i>Leonurus quinquelobatus Gilib., 1793</i>	Яснотковые
27	Репешок обыкновенный	<i>Agrimonia eupatoria L., 1753</i>	Розовые
28	Скерда кровельная	<i>Crepis tectorum L., 1753</i>	Астровые
29	Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris L., 1753</i>	Сосновые
30	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium L., 1753</i>	Астровые
31	Хвощ полевой	<i>Equisetum arvense L., 1753</i>	Хвощовые

## Приложение В

Таблица В.1 Некоторые метеорологические характеристики  
вегетационного периода (апрель-август) 2013-2015 гг исследования\*

№	Метеорологические характеристики / Годы	2013	2014	2015
1	2	3	4	5
	<i>Температурный режим</i>			
1	Сумма эффективных температур $T_e$ °С	21916	20410	21262
2	Сумма эффективных температур на солнце $T_{es}$ °С	24559	23545	24105
3	Средняя температура воздуха $T$ °С (январь)	-13,9	-13,9	-14,5
4	Средняя температура воздуха $T$ °С (июль)	+21,5	+21,5	+21,5
	<i>Водный режим</i>			
1	Количество осадков $R$ мм	318	179	220
2	Средняя высота снежного покрова $S$ см (январь-март)	393	703	727
3	Относительная влажность воздуха $f$ %	61,1	55,9	62,55
	<i>Солнечный режим</i>			
1	Среднесуточное количество солнечных часов, ч	10,78	10,78	10,78

\* - данные из государственных докладов о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Самарской области (2013-2016 гг.)

Таблица В.2 Количество автотранспорта г. Тольятти 2010-2015 гг.\*

Количество автотранспорта, тыс. ед.	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	255767	250404	259621	262152	268864	271853

\* - данные из государственных докладов о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Самарской области (2013-2016 гг.)

Таблица В.3 Состояние загрязнения атмосферы основными загрязняющими веществами 2013-2015 гг исследования\*

ПДК, ед.	2013						2014						2015					
	Ф	Б	У	Д	В	А	Ф	Б	У	Д	В	А	Ф	Б	У	Д	В	А
	2,2	1,8	1,6	1,0	0,8	0,6	2,0	1,7	1,6	1,0	1,0	0,7	2,0	1,7	1,6	0,7	0,8	0,5

Примечание: Ф – формальдегид, Б – бенз(а)пирен, У – углеводороды, Д – диоксид азота, Ф – фторид водорода, А – аммиак. \* – данные из государственных докладов о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Самарской области (2013-2016 гг.)



Таблица В.4 Результаты расчета количества выбросов вредных веществ в воздух от автотранспорта на площадях исследования за 2015 год

Типы автотранспорта	Всего за 20 мин, шт.	Всего за 1 час $N_i$ , шт.	Общий путь за 1 час $L_i$ , км	Удельный расход топлива $Y_i$ (л на км)	$Q_i$ , в т.ч. бензин, л	Площади исследования
Легковые автомобили	17	51	25,5	0,11-0,13	3,31	ПП5
Грузовые автомобили	19	57	28,5	0,29-0,33	9,41	
Автобусы	1	3	1,5	0,41-0,44	0,66	
					13,38	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	25	75	37,5	0,11-0,13	4,88	ПП4
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	2	6	3	0,41-0,44	1,32	
					6,2	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	23	69	34,5	0,11-0,13	4,49	ПП3
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	2	6	3	0,41-0,44	1,32	
					5,31	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	1	3	1,5	0,11-0,13	0,20	ПП2
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0,20	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	0	0	0	0,11-0,13	0	ПП1
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0	$\sum Q, л$

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

Таблица В.5 Результаты расчета количества выбросов вредных веществ в воздух от автотранспорта на площадях исследования за 2014 год

Типы автотранспорта	Всего за 20 мин, шт.	Всего за 1 час $N_i$ , шт.	Общий путь за 1 час $L_i$ , км	Удельный расход топлива $Y_i$ (л на км)	$Q_i$ , в т.ч. бензин, л	Площади исследования
Легковые автомобили	14	42	21	0,11-0,13	2,73	ПП5
Грузовые автомобили	16	48	24	0,29-0,33	7,92	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					10,65	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	22	66	33	0,11-0,13	4,29	ПП4
Грузовые автомобили	1	3	1,5	0,29-0,33	0,50	
Автобусы	2	6	3	0,41-0,44	1,32	
					6,11	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	22	66	33	0,11-0,13	4,29	ПП3
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	2	6	3	0,41-0,44	1,32	
					5,61	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	0	0	0	0,11-0,13	0	ПП2
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	0	0	0	0,11-0,13	0	ПП1
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0	$\sum Q, л$

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

Таблица В.6 Результаты расчета количества выбросов вредных веществ в воздух от автотранспорта на площадях исследования за 2013 год

Типы автотранспорта	Всего за 20 мин, шт.	Всего за 1 час $N_i$ , шт.	Общий путь за 1 час $L_i$ , км	Удельный расход топлива $Y_i$ (л на км)	$Q_i$ , в т.ч. бензин, л	Площади исследования
Легковые автомобили	11	33	16,5	0,11-0,13	2,15	ПП5
Грузовые автомобили	21	63	31,5	0,29-0,33	10,40	
Автобусы	1	3	1,5	0,41-0,44	0,66	
					13,21	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	20	60	30	0,11-0,13	3,9	ПП4
Грузовые автомобили	1	3	1,5	0,29-0,33	0,50	
Автобусы	3	9	4,5	0,41-0,44	1,98	
					6,38	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	19	57	28,5	0,11-0,13	3,71	ПП3
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	2	6	3	0,41-0,44	1,32	
					5,03	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	0	0	0	0,11-0,13	0	ПП2
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0	$\sum Q, л$
Легковые автомобили	0	0	0	0,11-0,13	0	ПП1
Грузовые автомобили	0	0	0	0,29-0,33	0	
Автобусы	0	0	0	0,41-0,44	0	
					0	$\sum Q, л$

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

Таблица В.7 Количество осажденной пыли на листовых пластинках березы повислой *Betula Pendula* за 2013-2015 гг.

№ n/n	Наименование пробных площадей	Масса листьев с пылью, г	Масса чистых листьев, г	Масса пыли, г	Балл
1	2	3	4	5	6
2013 год					
1	ЗУК	20,41	20,15	0,26	2
2	Пригородный лес	21,94	21,46	0,48	2
3	Внутригородские насаждения	22,86	22,14	0,72	3
4	Городской парк	22,72	21,85	0,87	4
5	Промышленная зона	23,18	21,92	1,26	5
2014 год					
1	ЗУК	22,17	21,85	0,32	2
2	Пригородный лес	22,90	22,35	0,55	2
3	Внутригородские насаждения	21,12	20,35	0,77	3
4	Городской парк	23,84	22,88	0,96	4
5	Промышленная зона	21,83	20,34	1,49	5
2015 год					
1	ЗУК	23,25	22,86	0,39	2
2	Пригородный лес	23,73	23,11	0,62	2
3	Внутригородские насаждения	22,63	21,69	0,94	4
4	Городской парк	25,96	24,74	1,22	5
5	Промышленная зона	25,06	23,25	1,81	5

Примечание. ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – улица Баныкина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 – Промышленная зона

Таблица В.8 Характеристика состояния почвенного покрова пробных площадей г. Тольятти

№	Пробные площади	Цвет	Влажность	Механический состав	Структура	Сложение, плотность	Наличие карбонатов	рН водн вытяжки	Гумус (баллы)	Признаки нарушения	Признаки уплотненности	Присутствие бытового мусора
1	ПП№1	Светло-коричневая	Влажная 80%	Супесчаная	Комковатая	Слабоуплотненная	-	6,2	4-5 (4,0-5,0%)	-	-	-
2	ПП№2	Темно-серая	Влажная 70%	Супесчаная	Комковатая	Слабоуплотненная	Заметное, кратковременное	6,0	4 (4,0-4,8%)	-	-	-
3	ПП№3	Темно-серая	Влажная 60%	Среднесуглинистая	Призмовидная	Слабоуплотненная	-	5,5	4-5 (4,0-5,0%)	-	-	+
4	ПП№4	Серо-коричневая	Сухая 40%	Легкосуглинистая	Комковатая	Сильноуплотненная	Заметное, долговременное	5,1	2-3 ( $\leq 2\%$ )	+	+	+
5	ПП№5	Серо-коричневая	Влажная 50%	Легкосуглинистая	Комковатая	Сильноуплотненная	Заметное, долговременное	6,7	3-4 (3,0-4,0%)	+	+	+

Примечание. ПП № 1 – Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 – пригородный лес; ПП № 3 – улица Баныкина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 – Промышленная зона

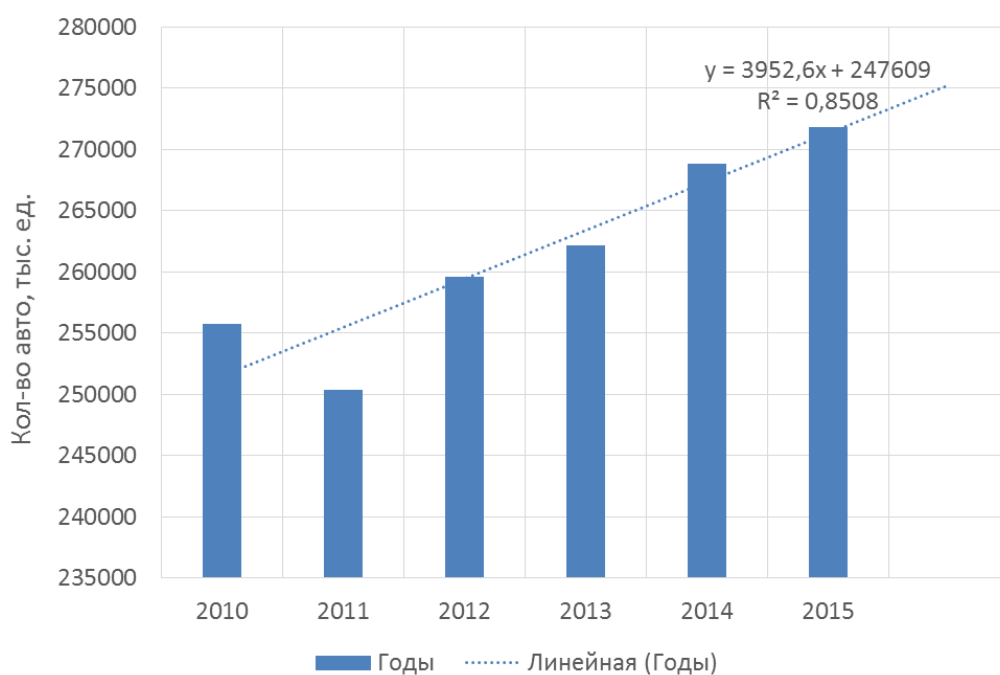


Рисунок В.1 Прирост автотранспорта на территории г. Тольятти (2010-2015 гг.)

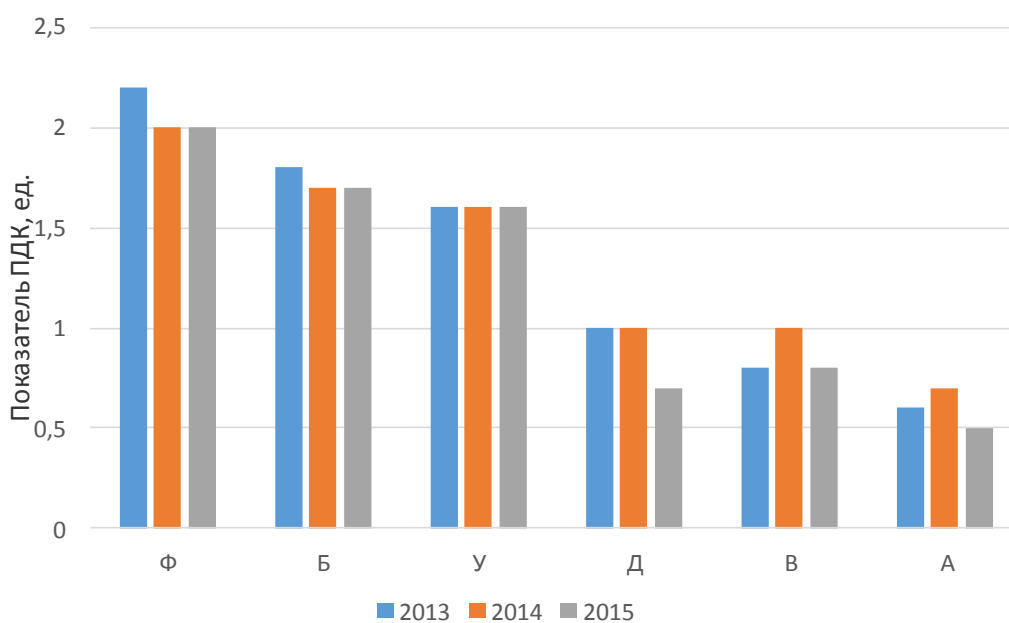


Рисунок В.2 Характеристика общего загрязнения атмосферы г. Тольятти

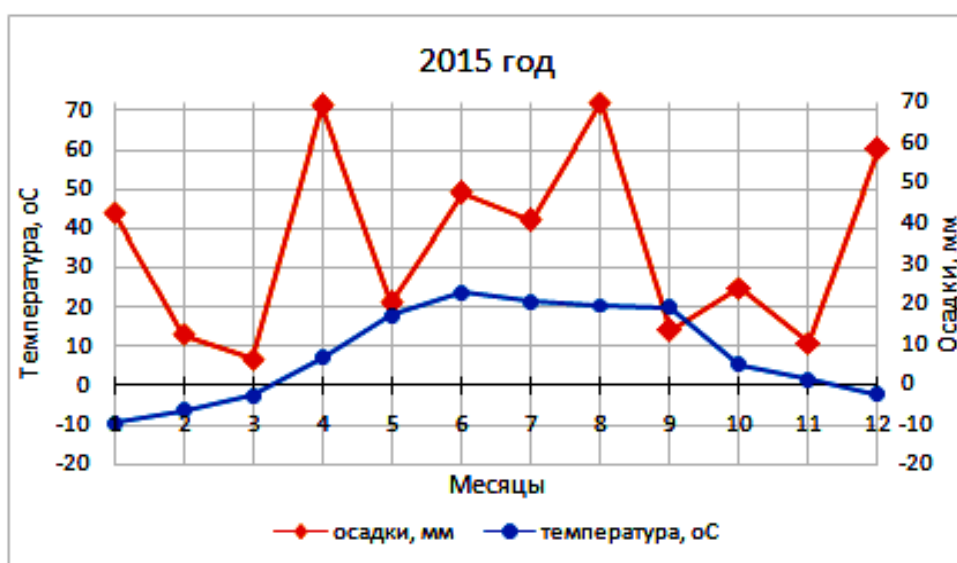
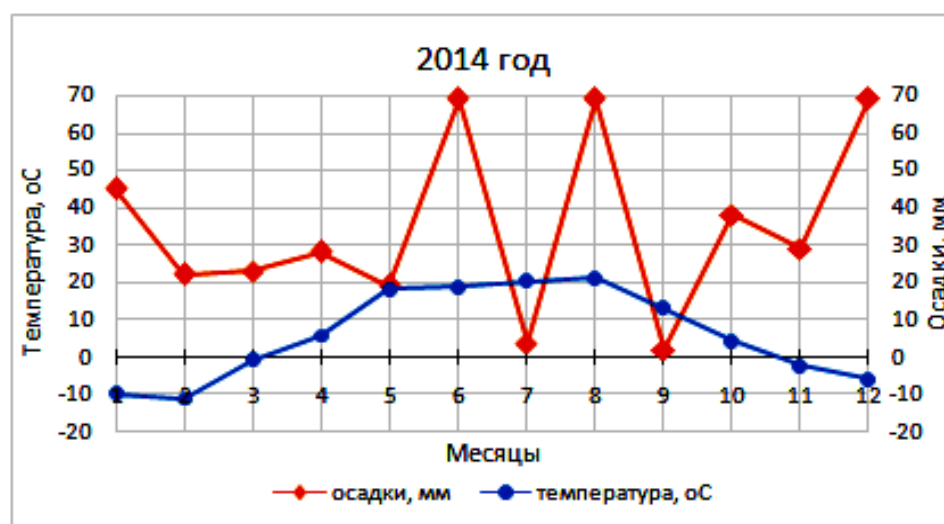
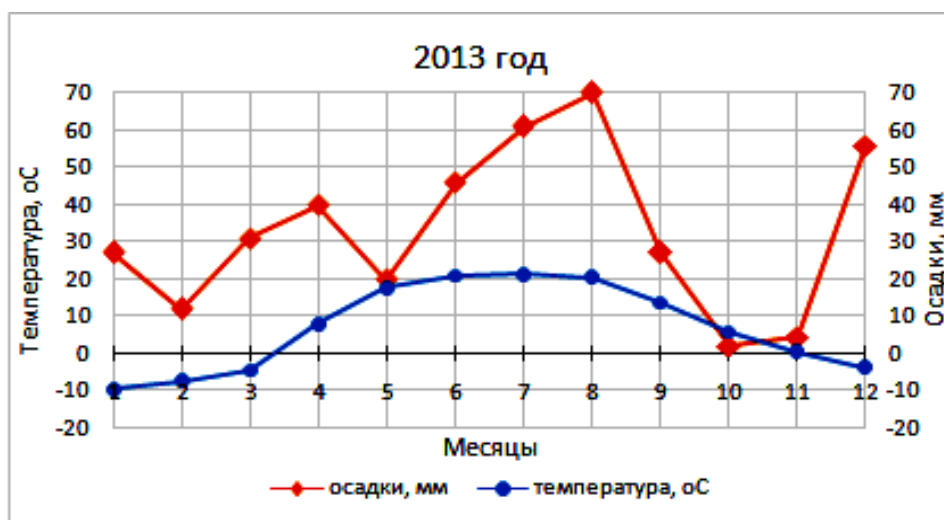


Рисунок В.3 Климатограммы, характеризующие погодные условия  
2013-15 гг в г. Тольятти

## Приложение Г

Таблица Г.1 Характеристика относительного жизненного состояния березы повислой *Betula pendula*, произрастающей на исследуемых площадях (2013-2015 гг.)

№ выборки	Наименование пробных площадей	Количество деревьев				Индекс ОЖС $L_N$
		Здоровые n1	Ослабленные n2	Сильно ослабленные n3	Отмирающие n4	
1	2	3	4	5	6	7
2013 год						
1	ЗУК	16	1	1	0	95
2	Пригородный лес	15	2	1	0	93
3	Внутригородские насаждения	13	4	1	0	90
4	Городской парк	10	6	2	0	83
5	Промышленная зона	10	5	2	1	80
2014 год						
1	ЗУК	16	1	1	0	95
2	Пригородный лес	15	2	1	0	93
3	Внутригородские насаждения	13	4	1	0	90
4	Городской парк	10	5	3	0	82
5	Промышленная зона	10	4	3	1	78
2015 год						
1	ЗУК	16	1	1	0	95
2	Пригородный лес	14	3	1	0	92
3	Внутригородские насаждения	12	5	1	0	88
4	Городской парк	9	6	3	0	80
5	Промышленная зона	8	5	4	1	73

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 - улица Банькина; ПП № 4 - Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.



Таблица Г.2 Результаты измерений флуктуирующей асимметрии (в ед.) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (летний сезон 2013 года, по всем выборкам, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	2013 г.				Балл
		Интегральный показатель на июнь	Интегральный показатель на июль	Интегральный показатель на август	Интегральный показатель за лето	
1	2	3	4	5	6	7
1	ЗУК	0,034 ±0,014	0,035 ±0,014	0,035 ±0,014	0,035 ±0,014	1
2	Пригородный лес	0,040 ±0,018	0,040 ±0,018	0,039 ±0,018	0,040 ±0,018	2
3	Внутригородские насаждения	0,046 ±0,021	0,044 ±0,020	0,044 ±0,020	0,045 ±0,020	3
4	Городской парк	0,046 ±0,021	0,046 ±0,021	0,042 ±0,019	0,045 ±0,021	3
5	Промышленная зона	0,056 ±0,030	0,054 ±0,030	0,057 ±0,031	0,056 ±0,030	5

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 – улица Банькина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.

Таблица Г.3 Результаты измерений флуктуирующей асимметрии (в ед.) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (летний сезон 2014 года, по всем выборкам, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	2014 г.				Балл
		Интегральный показатель на июнь	Интегральный показатель на июль	Интегральный показатель на август	Интегральный показатель на лето	
1	2	3	4	5	6	7
1	ЗУК	0,034 ±0,016	0,034 ±0,016	0,035 ±0,016	0,034 ±0,016	1
2	Пригородный лес	0,039 ±0,021	0,040 ±0,021	0,040 ±0,021	0,040 ±0,021	2
3	Внутригородские насаждения	0,045 ±0,023	0,045 ±0,023	0,044 ±0,023	0,045 ±0,023	3
4	Городской парк	0,048 ±0,025	0,047 ±0,025	0,045 ±0,024	0,047 ±0,025	3
5	Промышленная зона	0,056 ±0,027	0,059 ±0,028	0,058 ±0,028	0,058 ±0,028	5

Таблица Г.4 Результаты измерений флуктуирующей асимметрии (в ед.) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula*, (летний сезон 2015 года, по всем выборкам, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	2015 г.				Балл
		Интегральный показатель на июнь	Интегральный показатель на июль	Интегральный показатель на август	Интегральный показатель на лето	
1	2	3	4	5	6	7
1	ЗУК	0,034 ±0,021	0,035 ±0,021	0,035 ±0,021	0,035 ±0,021	1
2	Пригородный лес	0,040 ±0,022	0,040 ±0,022	0,040 ±0,022	0,040 ±0,022	2
3	Внутригородские насаждения	0,047 ±0,025	0,049 ±0,026	0,047 ±0,025	0,048 ±0,025	3
4	Городской парк	0,050 ±0,027	0,052 ±0,028	0,050 ±0,027	0,051 ±0,027	4
5	Промышленная зона	0,061 ±0,029	0,063 ±0,030	0,061 ±0,029	0,062 ±0,029	5

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 – улица Банькина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.

Таблица Г.5 Результаты измерений водоудерживающей способности листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (летний сезон 2013 года, % от сырой массы, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	Водоудерживающая способность по месяцам лета 2013 года, %			Водоудерживающая способность за летний сезон 2013 года, %
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	78,81 ±16,49	72,84 ±14,18	57,99 ±12,21	69,88 ±14,29
2	Пригородный лес	67,95 ±14,87	65,22 ±12,01	53,27 ±9,21	62,15 ±12,03
3	Внутригородские насаждения	52,91 ±17,92	48,83 ±15,66	44,40 ±12,71	48,71 ±15,43
4	Городской парк	47,96 ±13,95	45,87 ±11,20	37,98 ±10,12	43,94 ±11,75
5	Промышленная зона	45,22 ±11,15	40,19 ±9,23	33,45 ±7,84	39,62 ±9,41

Таблица Г.6 Результаты измерений водоудерживающей способности листовых пластинок березы повислой *Betula pendula*, (летний сезон 2014 года, % от сырой массы, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	Водоудерживающая способность по месяцам лета 2014 года, %			Водоудерживающая способность за летний сезон 2014 года, %
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	70,48 ±10,98	66,52 ±9,64	58,15 ±8,88	69,51 ±9,83
2	Пригородный лес	65,11 ±15,14	59,44 ±13,25	50,70 ±11,02	58,42 ±13,14
3	Внутригородские насаждения	45,28 ±11,10	42,88 ±10,11	39,05 ±9,02	42,40 ±10,07
4	Городской парк	40,32 ±10,23	36,14 ±8,61	30,23 ±7,95	35,56 ±8,93
5	Промышленная зона	39,19 ±8,99	36,25 ±7,92	30,15 ±6,74	35,20 ±7,89

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 – улица Банькина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.

Таблица Г.7 Результаты измерений водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula pendula*, (летний сезон 2015 года, % от сырой массы, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	Водоудерживающая способность по месяцам лета 2015 года, %			Водоудерживающая способность за летний сезон 2015 года, %
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	81,29 ±17,54	74,05 ±15,88	59,64 ±12,96	71,66 ±15,46
2	Пригородный лес	63,84 ±14,27	53,88 ±13,19	51,27 ±11,75	56,33 ±13,08
3	Внутригородские насаждения	45,70 ±12,27	42,00 ±11,12	40,10 ±10,92	42,60 ±11,43
4	Городской парк	37,19 ±9,82	32,08 ±8,27	30,04 ±8,52	33,10 ±8,84
5	Промышленная зона	35,29 ±8,23	30,59 ±7,98	26,66 ±6,47	30,85 ±7,57

Таблица Г.8 Показатели водоудерживающей способности (ВС) листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (летний сезон 2013-2015 гг., % от сырой массы, г. Тольятти)

№ выборки	Наименование пробных площадей	Показатель ВС (%) 2013 г.	Показатель ВС (%) 2014 г.	Показатель ВС (%) 2015 г.
1	2	3	4	5
1	ЗУК	69,88 ±14,29	69,51 ±9,83	71,66 ±15,46
2	Пригородный лес	62,15 ±12,03	58,42 ±13,14	56,33 ±13,08
3	Внутригородские насаждения	48,71 ±15,43	42,40 ±10,07	42,60 ±11,43
4	Городской парк	43,94 ±11,75	35,56 ±8,93	33,10 ±8,84
5	Промышленная зона	39,62 ±9,41	35,20 ±7,89	30,85 ±7,57

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 - улица Банькина; ПП № 4 - Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.

Таблица Г.9 Количественные показатели устьичного аппарата листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* за 2013 г.

№ выборки	Наименование пробных площадей	Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup>			Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup> за летний сезон 2013 года
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	205 ±33	202 ±32	188 ±31	198 ±32
2	Пригородный лес	242 ±44	235 ±43	217 ±41	231 ±43
3	Внутригородские насаждения	334 ±69	322 ±67	301 ±64	319 ±67
4	Городской парк	399 ±58	394 ±57	382 ±55	392 ±57
5	Промышленная зона	440 ±70	428 ±66	419 ±68	429 ±68

Таблица Г.10 Количественные показатели устьичного аппарата листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* за 2014 г.

№ выборки	Наименование пробных площадей	Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup>			Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup> за летний сезон 2014 года
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	198 ±32	207 ±33	212 ±35	206 ±33
2	Пригородный лес	250 ±48	258 ±49	262 ±51	257 ±49
3	Внутригородские насаждения	334 ±71	348 ±73	361 ±75	348 ±73
4	Городской парк	418 ±58	431 ±60	442 ±62	430 ±60
5	Промышленная зона	450 ±61	459 ±62	474 ±64	461 ±62

Примечание. ПП № 1 - Узюковский лес (зона условного контроля); ПП № 2 - Пригородный лес; ПП № 3 – улица Банькина; ПП № 4 – Парк Победы; ПП № 5 - Промышленная зона.

Таблица Г.11 Количественные показатели устьичного аппарата листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* за 2015 г.

№ выборки	Наименование пробных площадей	Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup>			Количество устьиц на 1 мм <sup>2</sup> за летний сезон 2015 года
		июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
1	ЗУК	200 ±33	202 ±33	197 ±32	200 ±33
2	Пригородный лес	259 ±51	261 ±53	259 ±51	260 ±52
3	Внутригородские насаждения	347 ±61	350 ±62	357 ±64	351 ±63
4	Городской парк	423 ±53	479 ±54	472 ±54	458 ±53
5	Промышленная зона	472 ±62	499 ±64	526 ±68	499 ±64

Таблица Д.1 Изменение морфо-физиологических параметров листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* в зависимости от положения изучаемых объектов по отношению к автомагистрали на ПП5 (2013-2015 гг)

№	Положение объекта по отношению к автомагистрали, м	ФА, ед.	ВС, %	КУ, шт/мм <sup>2</sup>	КП, мг/см <sup>2</sup>
1	15-30	0,069	30,12	502	0,512
2	31-45	0,061	33,68	463	0,490
3	46 и более	0,057	35,74	441	0,445

Примечание. ФА – показатель флуктуирующей асимметрии (ед.); ВС – водоудерживающая способность (%); КУ – количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup>; КП – количество пыли (мг/см<sup>2</sup>); ПП5-Промышленная зона

Таблица Д.2 Двухфакторный дисперсионный анализ показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (в ед.)

Параметры	A	B	AB	X	Z	Y
C'	0,025808	0,000509	0,000259	0,026576	-	-
C=dC'	0,025808	0,000509	0,000259	0,026576	0,038	0,064
$\eta^2=C_i/C$	0,402125	0,007929	0,004033	0,414088	0,585912	1
V	1	2	2	5	174	179
$\sigma_i^2=C_i/v_i$	0,025808	0,000254	0,000129	0,005315	0,000216	-
F <sub>i</sub> (критерий Фишера)	119,4201	1,177417	0,598892	24,59455	-	-
F <sub>расп</sub>	0,000017	0,310643	-	-	-	-

Примечание. A – площадки (ПП1, ПП5) – 2 градации; B – годы (2013, 2014, 2015) – 3 градации

Таблица Д.3 Двухфакторный дисперсионный анализ показателя водоудерживающей способности листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (в %)

Параметры	A	B	AB	x	z	Y
C'	60259,69	1825,108	1323,015	63407,81	-	-
C=dC'	60259,69	1825,108	1323,015	63407,81	74652,606	138060,42
$\eta^2=C_i/C$	0,436473	0,01322	0,009583	0,459276	0,5407242	-
V	3	2	6	11	348	359
$\sigma_i^2=C_i/v_i$	20086,56	912,554	220,5025	5764,347	214,51898	-
F <sub>i</sub> (критерий Фишера)	93,63536	4,253954	1,027893	26,87103	-	-
F <sub>расп</sub>	0,000019	0,015012	0,406708	-	-	-

Примечание. A – площадки (ПП1,ПП2,ПП3,ПП5) – 4 градации; B – годы (2013, 3014, 2015) – 3 градации

Таблица Д.4 Двухфакторный дисперсионный анализ количества устьиц листовых пластинок березы повислой *Betula pendula* (на 1 мм<sup>2</sup>)

Парметры	A	B	AB	X	Z	Y
C'	3086096	55698,23	38230,38	3180025	-	-
C=dC'	3086096	55698,23	38230,38	3180025	1200841,326	4380866,296
$\eta^2=C_i/C$	0,704449	0,012714	0,008727	0,72589	0,274110471	-
V	2	2	4	8	261	269
$\sigma_i^2=C_i/v_i$	1543048	27849,11	9557,596	397503,1	4600,92462	-
F <sub>i</sub> (критерий Фишера)	335,3778	6,052939	2,077321	86,39636	-	-
F <sub>расп</sub>	0,000076	0,002676	0,084149	-	-	-

Примечание. A – площадки (ПП1,ПП3,ПП5) – 3 градации; B – годы (2013, 3014, 2015) – 3 градации

Таблица Д.5 Двухфакторный дисперсионный анализ количества пыли на листовых пластинках березы повислой *Betula pendula* (в мг/см<sup>2</sup>)

Параметры	A	B	AB	X	z	Y
C'	7,157902	0,389722	0,148243	7,695867	-	-
C=dC'	7,157902	0,389722	0,148243	7,695867	11,339	19,035
$\eta^2=C_i/C$	0,376048	0,020474	0,007788	0,40431	0,595689764	1
V	1	2	2	5	174	179
$\sigma_i^2=C_i/v_i$	7,157902	0,194861	0,074122	1,539173	0,065164894	-
F <sub>i</sub> (критерий Фишера)	109,8429	2,990275	1,137446	23,61967	-	-
F <sub>расп</sub>	0,000017	0,163487	-	-	-	-

Примечание. A – площадки (ПП1, ПП5) – 3 градации; B – годы (2013, 2014, 2015) – 3 градации