

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина,  
К.Е. Ведерников

**Эколого-биологические особенности  
древесных растений  
в урбанизированной среде**

Монография

Ижевск 2007

УДК 581.5:635.92.054 (470.51-21)

ББК 28.58 (2 Рос.Удм-2)

Б 94

*Рецензенты:*

О.А.Неверова – д.б.н., профессор;

В.В.Туганаев – д.б.н., профессор;

А.К.Касимов – д.с.-х.н., профессор

**Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е.**

**Б 94**

Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде : монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е.Ведерников. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.

ISBN 978-5-9620-0098-5

В монографии отражены результаты изучения видового состава и состояния древесных насаждений различного функционального назначения в г. Ижевске. Выявлены особенности ассимиляционной активности видов древесных растений в условиях урбано-среды, особенности развития, морфометрические характеристики, динамика основных элементов минерального питания и вторичных метаболитов в структурных частях растений. Выявлены физиолого-биохимические показатели, которые можно использовать в мониторинге состояния городской среды. Дана оценка средообразующей роли имеющегося зеленого фонда города с учетом функционального состояния древесных растений.

Книга рассчитана на биологов, экологов, физиологов растений и других специалистов, занимающихся проблемами экологии крупных промышленных центров, аспирантов, студентов биологических и лесохозяйственных факультетов высших учебных заведений.

УДК 581.5:635.92.054 (470.51-21)

ББК 28.58 (2 Рос.Удм-2)

© ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007

© Фото. Ведерников К.Е., 2007

ISBN 978-5-9620-0098-5

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	(И.Л. Бухарина)	5
Глава 1.	<b>Трансформация природной среды в урбаноэкосистемах и ее влияние на жизнедеятельность растений</b> (И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина)	10
1.1	Город как специфическая экологическая среда	10
1.2	Вклад промышленного производства и автотранспорта в атмосферное загрязнение урбаноэкосистем	13
1.3	Влияние техногенной нагрузки на жизнедеятельность растений	16
1.4	Средообразующая роль древесных растений	18
1.5	Некоторые особенности изменения флористического состава урбанизированных территорий	23
Глава 2.	<b>Характеристика района исследований</b> (И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников)	26
2.1	Характеристика природно-климатических условий г. Ижевска	26
2.2	Метеорологические условия в годы исследований	29
2.3	Характеристика транспортно-промышленного комплекса г. Ижевска	30
Глава 3.	<b>Методы исследований</b> (И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников)	34
Глава 4.	<b>Структура размещения и характеристика видового состава древесных насаждений города Ижевска</b> (К.Е. Ведерников, И.Л. Бухарина)	39
4.1	Структура размещения зеленых насаждений г. Ижевска	39
4.2	Видовой состав древесных насаждений г. Ижевска	43
4.3	Эколого-биологическая характеристика древесных растений, широко используемых в озеленении г. Ижевска	48
Глава 5.	<b>Эколого-физиологическая характеристика древесных растений в составе насаждений различных функциональных зон города Ижевска</b> (И.Л. Бухарина, Т.М. Поварницина, К.Е. Ведерников)	54
5.1	Экологическая характеристика условий произрастания древесных насаждений разного функционального назначения	54
5.1.1	Оценка роли факторов экологической дестабилизации городской среды	63

5.2	Особенности наступления фенологических фаз у древесных растений в условиях города.....	63
5.3	Оценка состояния древесных растений.....	68
5.3.1	Результаты таксационного описания древесных растений.....	68
5.3.2	Напряженность роста древесных растений.....	70
5.3.3	Жизненное состояние древесных растений .....	71
5.3.4	Морфометрический анализ годичного побега древесных растений.....	76
5.3.5	Зимостойкость почек древесных растений.....	85
5.3.6	Ассимиляционная активность древесных растений.....	88
5.3.7	Водоудерживающая способность листьев древесных растений.....	96
5.3.8	Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений.....	101
5.3.9	Динамика содержания дубильных веществ (таннинов) в побегах древесных растений.....	107
5.4	Взаимосвязь физиологических и биохимических показателей состояния древесных растений.....	112
5.5	Динамика распределения основных элементов минерального питания в структурных частях древесных растений.....	113
Глава 6.	<b>Роль древесных растений в оптимизации урбанизированной среды (И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина).....</b>	<b>120</b>
6.1	Оценка средообразующего потенциала древесных насаждений города.....	120
6.2	Возможность использования физиолого-биохимических показателей древесных растений в индикации загрязнения окружающей среды.....	123
	Заключение (И.Л. Бухарина).....	125
	Список литературы.....	129
	Приложения.....	152

## ВВЕДЕНИЕ

За многовековую историю деятельность человека привела к глобальным изменениям среды своего обитания. Особенно ощутимо указанные преобразования затронули урбанизированные территории. В последние десятилетия темпы увеличения доли городского населения имеют тенденцию к возрастанию, и в начале XXI века около половины мирового населения (примерно 45%) проживает в городах.

В России горожане составляют 73% населения, поэтому ее можно отнести к категории высокоурбанизированных стран. Каждый шестой россиянин проживает в городе-миллионере, число которых в настоящее время достигло 14.

Города с экстенсивной малоэтажной застройкой, где сохранились природные ландшафты, рассматривают как природно-антропогенные системы. Однако они требуют протяженных транспортных и ресурсообеспечивающих коммуникаций, поглощают один из основных природных ресурсов – территорию, поэтому современные города представляют собой уплотненные урбанизированные образования с интенсивно используемыми территориями.

Таким образом, урбанизацию к началу третьего тысячелетия можно охарактеризовать как глобальный социально-экономический процесс, сопровождающийся глубоким антропогенным изменением природы, заменой естественных экосистем урбосистемами (Озерова, Покшишевский, 1981; Аракелов, 1996; Моисеев, 1997; Горшков, 1998; Перцик, 1999; Экология крупного города, 2001; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003).

В городах человек создает искусственную среду обитания, поскольку материальная сфера и архитектура города представляют собой результат его деятельности. Им создаются и регулируются потоки вещества и энергии, например, газового и теплового обмена, формируются новые и разрываются природные трофические цепи. Город – чрезвычайно зависящая от человека экосистема. Если природные экосистемы лишь частично открытые, то города являются сверхоткрытыми системами. В связи с этим, экологическое равновесие устанавливается и поддерживается привлечением извне огромного количества веществ и энергии, поэтому урбаносистемы крайне неустойчивы. Таким образом, города полностью зависят от окружающей среды, поэтому их относят к категории «экологических паразитов».

Урбанизированная территория представляет собой аккумулирующую систему с положительным балансом вредных веществ, что, как правило, ведет к накоплению отходов: атмосфера, водоемы и почвы засоряются выбросами и вредными веществами.

Возникают и другие отрицательные последствия урбанизации, с которыми природа не может справиться, поскольку теряет способность к самовосстановлению (Владимиров, 1999; Маслов, 2002; Бухарина, Туганаев, 2005).

Ухудшение экологической обстановки урбанизированных территорий (увеличение концентрации углекислого газа, уменьшение толщины озонового экрана и др.) в семидесятые годы заставило научные, государственные и международные организации пересмотреть проблемы охраны природы. Начиная с 1972 г., оформился новый экологический подход к решению проблем охраны природы, который получил название Глобальной Системы Мониторинга Окружающей Среды (ГСМОС). Согласно этой экологической концепции изучению и охране подлежат не частные элементы или части биосферы, а вся биосфера с ее комплексом живой и неживой материи, системами саморегуляции и гомеостаза. Такой подход позволяет продолжать в разумных пределах развитие научно-технической революции и цивилизации на Земле (Николаевский, 2002).

При разработке новых принципов решения экологических проблем города мы считаем возможным опираться на концепцию (гипотезу) «Геи» (Lovelock, 1979, 1991, 1999; Розенберг, Рянский, 2005), которая предполагает, что жизнь в планетарном масштабе активно поддерживает относительно стабильные неравновесные условия на Земле, благоприятные для собственного существования. Таким образом, живые существа организуют параметры среды, постоянно подстраивают их под себя в процессе собственного эволюционного развития. Живые организмы представляют собой термодинамически неравновесные системы, устроенные таким образом, что они стремятся к некоторому неравновесному, но устойчивому состоянию, называемому стационарным, которое обеспечивается гомеостазом. Для удержания системы в состоянии, далеком от равновесия, необходимо, чтобы эта система была определенным образом устроена, она должна быть диссипативной структурой (Щербаков, 2005). В рамках этой концепции, города и крупные промышленные центры следует рассматривать в качестве болевых точек или «ран», где окружающая среда подвергается глобальной трансформации, а способность биоты поддерживать относительную стабильность среды нарушается (Туганаев, Бухарина, 2005).

Геофизиология ориентируется на поиск и изучение механизмов саморегуляции на планетарном уровне путем установления связей циклических самопродуцирующихся, аутопоэтических (autopoietic) (Varela, Maturana, Urbe, 1974) процессов на клеточно-молекулярном уровне с подобными процессами на других связанных уровнях, таких, как организм, экосистемы и планета в целом (Lovelock, 1991).

Для реализации такого подхода необходимо использование усовершенствованных методов классических наук, приспособленных к новым экологическим задачам (Николаевский, 2002). В качестве объекта изучения может быть использован любой живой организм (Николаевский, 1983; Израэль, 1984; Мазинг, 1984; Шпынов, 1998; Каплинг, 2001; Орлов, Садовникова, Лозановская, 2004).

Для решения экологических проблем города, на наш взгляд, необходимо ответить на два принципиальных вопроса: во-первых, каковы масштабы воздействия трансформированной среды на организм (способен ли он и в каких пределах выполнять средообразующие функции); во-вторых, какие меры должен принять человек, чтобы «помочь» организмам выполнять возложенную на них функцию.

Роль растений в решении проблем города рассматривалась многими известными учеными (Кулагин, 1974; Тарабрин, 1974; Николаевский, 1979, 2002; Вишаренко, Толоконцев, 1982; Сергейчик, 1984; Чернышенко, 1996; Неверова, 1999, 2001а, б и др.), результаты исследований которых широко используются в практике зеленого строительства в городах. Но далеко не все эколого-физиологические аспекты отношений «растение – город» рассмотрены в достаточной мере. Например, недостаточно изучены физиолого-биохимические особенности растений в условиях комплексного воздействия факторов городской среды, слабо разработана научная тематика, связанная с исследованием участия вторичных метаболитов в явлениях адаптации (Чупахина, Масленников, 2004; Lavola, Julkunen-Tiitto, Paakkonen, 1994; Powers, 1999). Остается невыясненной роль растений в биогеохимическом круговороте элементов в урбаноэкосистемах.

Изучение состояния и средообразующих функций растений в городах, неизбежно приводит к выводу, что значительная роль в решении проблем экологической оптимизации промышленных центров принадлежит пригородной зоне (Туганаев, Бухарина, Адаховский и др., 2005). Ю. Одум (1986) отмечал, для того чтобы воспринимать город и его проблемы в их реальной сложности, необходимо преодолеть узость нашего мышления и вынести границы наших активных действий далеко

за пределы города. Город можно считать экосистемой в полном смысле слова только в том случае, если учитываются его обширные среды на входе и выходе.

Значение пригородной зоны возрастает в связи с тем, что в городах значительно сокращается площадь зеленых насаждений. Например, за 20 лет в Москве зеленые насаждения сократились на 30%, и на каждого москвича теперь приходится менее 15 м<sup>2</sup> насаждений общего пользования (вместо 18,8 м<sup>2</sup>), в Ижевске за 2000-2004 гг. площадь зеленых насаждений сократилась на 158 га (в последние годы наблюдается интенсивная застройка города, данные по площадям насаждений отсутствуют) (Горшев, Конова, Морозова и др., 1995; Экология крупного города, 2001; Доклад об экологической обстановке..., 2004, 2005).

Целью наших исследований являлось изучение эколого-физиологического состояния, особенностей адаптации древесных растений и оценка их средообразующего потенциала в урбаноэкосистемах крупного промышленного центра на примере г. Ижевска.

Город Ижевск имеет население свыше 640 тыс. человек, развитую промышленность, транспортную сеть и социальную инфраструктуру, следовательно, вполне соответствует модели крупного промышленного центра. Уровень загрязнения атмосферы в Ижевске соответствует среднестатистическим показателям городов России.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение видового состава зеленых насаждений города.
2. Выявление особенностей роста и развития древесных растений.
3. Изучение экофизиологических реакций древесных растений в насаждениях с различной функциональной нагрузкой.
4. Установление закономерностей динамики основных элементов минерального питания в структурных частях растений.
5. Поиск наиболее информативных методов оперативного мониторинга окружающей среды.
6. Оценка экологической толерантности древесных растений к условиям городской среды и разработка рекомендаций по экологической оптимизации урбаноэкосистем.

В Ижевске ранее проводились работы по изучению содержания и распределению тяжелых металлов в почвах и растениях, по влиянию почвенного загрязнения на анатомические и морфологические структуры растений (Кузнецов, 1994; Стурман, 1995-2001; Бухарина, 1998; Капитонова, 1999; Братчук, 2001; Рылова, 2003).



Научная новизна проводимых нами исследований заключается в том, что они направлены на выявление экологически значимых физиолого-биохимических и морфологических показателей, отражающих реакцию растений на техногенное загрязнение и среди которых установлены индикаторные, которые можно использовать при выполнении экологического мониторинга. В работе приводятся и обобщаются данные анализа динамики основных элементов минерального питания в структурных частях растений, дается оценка средообразующего потенциала древесных насаждений. Кроме того, освещаются вопросы состояния древесных насаждений, таксономического состава деревьев и кустарников. Надеемся, что результаты исследований представляют теоретический и практический интерес и могут быть использованы при решении экологических проблем не только Ижевска, но и других крупных промышленных центров.

Результаты исследований используются в работе отдела озеленения Главного Управления архитектуры и градостроительства г. Ижевска, Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска, при чтении курса «Урбаноэкология» в Удмуртском государственном университете.

Работа выполнялась при поддержке гранта «Университеты России» № УР 07.01.050, в рамках научно-исследовательской темы по контракту с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды УР, а также на инициативных началах в Ижевской государственной сельскохозяйственной академии при сотрудничестве с кафедрой общей экологии Удмуртского государственного университета.

Выражаем искреннюю благодарность руководству ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА и лично проректору по НР профессору, д.с.-х.н. И.Ш. Фатыхову; зав. кафедрой общей экологии УдГУ профессору, д.б.н. В.В. Туганаеву за ценные советы и рекомендации; начальнику Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска Н.П. Попову; специалисту-дендрологу Главного Управления архитектуры и градостроительства г. Ижевска Т.П. Ложкиной; д.б.н., профессору О.А. Неверовой, д.х.н., профессору В.З. Латыповой и д.б.н., профессору Р.И. Винокуровой за консультации по методической части работы; д.б.н. профессору Н.В. Глотову и к.б.н. Л.В. Прокопьевой за консультации по статистической обработке данных; коллективу лаборатории агрохимии; доценту, к.б.н. Н.Ю. Сунцовой; аспирантам и студентам агрономического и лесохозяйственного факультетов Ижевской ГСХА, кафедры общей экологии УдГУ.

# ГЛАВА 1. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В УРБАНОЭКОСИСТЕМАХ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ

## 1.1 Город как специфическая экологическая среда

Городская среда отличается своеобразием экологических факторов, специфичностью техногенных воздействий, приводящих к значительной трансформации окружающей среды. Растения хотя и подвергаются комплексному химическому, физическому, биогенному воздействию вследствие загрязнения атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, но, тем не менее, остаются основным фактором экологической стабилизации городской среды благодаря своей жизнедеятельности, и, прежде всего, фотосинтезу и способности к аккумуляции загрязняющих веществ.

В крупных городах складывается особый температурный режим, характеризующийся повышенными температурами. Его формирование обусловлено усиленным притоком антропогенного тепла (работа промышленных предприятий, транспорт, отопительные системы жилых массивов, а также дополнительные источники теплового излучения – искусственные покрытия улиц и площадей, крыши и стены зданий). Воздействие промышленных предприятий и транспорта, существенно изменяющих состав воздуха в направлении уменьшения содержания кислорода и увеличения концентрации углекислого газа, способствует развитию парникового эффекта. Трансформация теплового баланса городской территории является причиной возникновения над городом слоя теплого воздуха куполообразной формы высотой до 200 м, названного в литературе «тепловой шапкой». По этой причине температура воздуха в городе в среднем на 0,5-5 °С выше по сравнению с пригородной зоной, а безморозный период продолжительнее на несколько дней (Берлянд, Кондратьев, 1972; Ишерская, Фетисов, 1974; Израэль, 1984; Бримблкумб, 1988; Климат Москвы..., 1989; Протопопов, Гирс, Яновский и др., 1990; Безуглая, Расторгуева, Смирнова, 1991; Горышина, 1991; Макальская, 1998; Экологические проблемы..., 1998; Стурман, Малькова, Загребина, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004; Лобанова, 2005).

Важное экологическое значение имеет понижение относительной влажности воздуха в городе, это особенно заметно в летний период, когда разница между городом и пригородом по этому показателю достигает 7-15%, а в центре – 20-22%. Большая концентрация ядер конденсации в атмосфере над городом приводит к повышенной облачности и увеличению частоты выпадения осадков примерно на 10-15% (Берлянд, Кондратьев, 1972; Владимиров, Микулина, Яргина, 1986; Климат Москвы..., 1989; Горышина, 1991; Макальская, 1998; Малькова, Загребина, 2002).

В городских условиях наблюдается нивелирование ветров, усиление турбулентности воздушных потоков, что связано с орографическими неровностями и планировочными особенностями городской застройки. Наличие своеобразного «острова тепла» над центром города вызывает образование системы ветров, дующих от периферии к центру. Это приводит к ослаблению вентилируемости центральных районов города и скоплению вредных атмосферных примесей (Дмитриев, 1974; Заварина, Борисенко, 1974; Мазинг, 1984; Атмосферная турбулентность..., 1985; Владимиров, Микулина, Яргина и др., 1986; Одум, 1986; Макальская, 1998; Глазунов, 2001; Неверова, Колмогорова, 2003).

Задымление и запыленность воздуха, частая повторяемость туманов задерживают 18-20% солнечной радиации (в сильно загрязненных районах – до 50%, для коротковолновой ультрафиолетовой радиации – до 80%). Ослабление наиболее активной в биологическом отношении радиации оказывает неблагоприятное влияние на жизнедеятельность человека и растений. В районах с многоэтажной застройкой растения нередко испытывают недостаток света из-за прямого затенения. Особенностью светового режима в урбаноземосистемах является дополнительное освещение улиц, искусственно продлевающее световой день, которое не влияет на процессы фотосинтеза (из-за низкой интенсивности), но сказывается на фотопериодических реакциях растений и нарушает естественные биологические ритмы поведения насекомых-фитофагов, вызывая их перераспределение и скопление в отдельных частях насаждений (Владимиров, 1982; Владимиров, Микулина, Яргина, 1986; Стурман, Малькова, Загребина, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004; Образцова, Фрумин, 2005).

В городах сильной трансформации подвергаются почвы, испытывающие комплексное антропогенное воздействие. Естественные почвы часто оказываются погребенными под слоем насыпного грунта, в том числе с примесью строительного мусора, и на профиле с трудом выделяются горизонты. Уплотненность и загрязненность урбаноземов, нали-

чие асфальтового покрытия отрицательно воздействуют на температурный режим, воздухо- и водообмен почв, состояние почвенной микрофлоры и мезофауны, и как следствие, состояние растительности. В результате угнетается рост деревьев, появляются признаки сухостебельности, происходит частичное или полное исчезновение травянистого покрова. Внесение гололедных солевых смесей, вызывающее засоление и формирование солонцеватости почв, способствует формированию условий «физиологической» сухости для растений (Кочановский, 1964; Мазинг, 1984; Владимиров, Микулина, Яргина, 1986; Ганина, 1990; Горышина, 1991; Башаркевич, Морозова, Сомаев, 1998; Рылова, 2003; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004; Войцековская, 2005; Маврин, Дворяк, Соколов и др., 2005; Устинова, Устинов, 2005).

Вследствие высокой теплопроводности асфальтового покрытия годовой перепад температур в корнеобитаемых горизонтах почв в городах составляет 40-50 °С (в естественных условиях не более 20-25 °С). В результате летом почва под асфальтом перегревается и иногда достигает 50-55 °С, а зимой, наоборот, сильно промерзает (до -10-13 °С), в итоге верхние слои почв не содержат живых корней (Горышина, 1991).

Ежегодная уборка опавшей листвы, скашивание газонных трав изменяют элементный состав почв, что может привести к размыканию естественных биогеохимических циклов. Кроме того, происходит подщелачивание городских почв (рН 7,5, зональные почвы характеризуются рН 4-4,5), что снижает доступность элементов питания. Плодородие почв во многом определяется деятельностью почвенной микрофлоры и мезофауны, но, по указанным ранее причинам, городские почвы практически стерильны почти до метровой глубины. Содержание органического углерода в урбанопочвах обуславливается не только сугубо почвенными процессами, но и оседающей пылью, включающей углеродосодержащие соединения промышленных и транспортных выбросов. Такой органический углерод не имеет прямого отношения к гумусу и не может служить показателем плодородия почв (Ахматов, 1976; Янышева, 1979; Баканина, 1990; Зеликов, 1996; Капелькина, 1996; Рылова, 2003; Артамонова, Бортникова, Кривошекова и др., 2006; Graul, 1994). В российских городах суммарная площадь почв, полностью потерявших плодородие, исчисляется миллионами гектаров (Почва..., 1997; Касимов, Никифорова, 2004).

В почвах промышленных центров отмечается превышение допустимого уровня содержания микроэлементов и, соответственно, переход

их в разряд тяжелых металлов. В большинстве случаев загрязнение тяжелыми металлами затрагивает лишь поверхностные слои почвы (Москаленко, Смирнова, 1990; Никифорова, 1991; Хакимов, 1998; Рылова, 2003; Федорова, Просвирина, Калаев и др., 2005; Hegemeyer, 1999).

Можно отметить, что экологические блоки промышленного города, между которыми формируются потоки загрязняющих веществ, условно делят на три группы: источники выбросов (промышленный комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт), транзитные среды (атмосфера, временные и постоянные водотоки, грунтовые воды) и депонирующие среды (почвы и грунты, снежный покров, растения, животные и человек) (Раевич, Саэт, Смирнова и др., 1982; Методические рекомендации ..., 1999).

## **1.2 Вклад промышленного производства и автотранспорта в атмосферное загрязнение урбаноэкосистем**

Среди веществ и соединений, поступающих в атмосферу из различных источников в виде газопылевых выбросов, основную долю составляют диоксид серы, оксид и диоксид углерода, оксиды азота и пыли различного химического состава. Большая часть загрязнителей концентрируется в приземном слое атмосферы. Загрязнители классифицируют на основные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, пыль), на которые приходится 85% общей массы загрязнений, и специфические (углеводороды, фенол, формальдегид, сероводород и др.) (Израэль, 1984; Геохимия окружающей среды, 1990; Защита..., 1993; Богдановский, 1994; Гелашвили, 2000; Константинов, 2000; Стурман, Гагарин, 2002).

Источники загрязнения урбаноэкосистем делят на стационарные (промышленные предприятия, котельные и др.) и передвижные (средства транспорта). Среди стационарных основную роль в поступлении пылевидных и газообразных загрязнителей в атмосферу играют предприятия металлургии, машиностроения, энергетики, химической и угледобывающей промышленности, а также производство строительных материалов. Количественные и качественные характеристики выбросов во многом зависят от типа производства и используемого сырья (Маслов, 2002; Стурман, 2002).

Черная и цветная металлургия, металлообрабатывающая промышленность занимают одно из первых мест по объему загрязнений, выбрасываемых в окружающую среду. Различные виды металлургического

производства и металлообработки (доменное, сталеплавильное, горячего проката, травление металлов и т.д.) являются поставщиками диоксида углерода, оксида азота, диоксида серы, углеводородов, металлической пыли (оксиды железа, марганца, цинка, ванадия, никеля и других металлов). Цветная металлургия является вторым после теплоэнергетики загрязнителем биосферы диоксидом серы. В процессе обжига и переработки сульфидных руд цинка, меди, свинца и других металлов в атмосферу выбрасываются газы, содержащие до 4-10% SO<sub>2</sub> (Алексеев, 1987; Защита..., 1993; Лозановская, Орлов, Садовникова, 1998).

В теплоэнергетике источником атмосферных выбросов является сжигание угля, нефти, нефтепродуктов, природного газа и др. В состав отходящих дымовых газов входят диоксид углерода, диоксид и триоксид серы и ряд других компонентов. Рост содержания диоксида углерода в атмосфере связывают, в том числе, и с работой предприятий этой отрасли (Израэль, 1984; Лозановская, Орлов, Садовникова, 1998).

На строительство и производство строительных материалов приходится не более 10% загрязнений атмосферы пылью и газами, образующимися при проведении земляных, взрывных, погрузочно-разгрузочных, сварочных и других видов работ. В атмосферу попадают оксид и диоксид углерода, оксиды азота, формальдегид, сажа, соединения свинца, пары растворителей и красителей, цементная и асбестовая пыль, нитроцеллюлозные и полиэфирные масла (Израэль, 1984; Защита..., 1993; Маслов, 2002).

Основная доля, приходящаяся на передвижные источники, поступает от автомобильного транспорта. В крупных городах он составляет в среднем 60% всех загрязнений городского воздуха. Автомобильные выбросы представляют собой смесь более 200 веществ. Характер и состав выхлопных газов транспорта зависит от многих факторов, в том числе и от состава топлива. Бензиновые двигатели выбрасывают в атмосферу значительное количество несгоревших легких углеводородов (метан, этилен, ацетилен) и продуктов их неполного сгорания (оксид углерода, альдегиды, кетоны), а автомобили с дизельным топливом – канцерогенных веществ (тяжелые углеводороды, сажа, аэрозоли, масла и несгоревшее топливо, сернистый ангидрид и акролеин). Особенно опасными среди выбросов являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в том числе бенз(а)пирен. По усредненным данным, содержание в воздухе этого токсичного соединения близ транспортных магистралей крупных городов иногда в 10-12 раз превышает установленные нормы. Большинство выхлопных газов тяжелее воздуха, поэтому скапливаются в нижних слоях ат-

мосферы. Особенности городской застройки (узкие улицы, высокие здания) также способствуют задерживанию токсических соединений выхлопных газов в зоне дыхания пешеходов (Богдановский, 1994; Лозановская, Орлов, Садовникова, 1998; Константинов, 2000; Стурман, Гагарин, 2002; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Перемитина, 2005).

Качество атмосферного воздуха в приземном слое атмосферы в урбанизированных районах определяется не только количеством поступающих загрязняющих веществ от многочисленных стационарных и подвижных источников на территории города, но и совокупностью климатических условий и метеорологических факторов, влияющих на условия их рассеивания, аккумуляции и разложения. Наиболее значительное влияние на состояние воздушной среды оказывают интенсивность и направление воздушного переноса, стратификация пограничного слоя атмосферы, интенсивность и режим выпадения осадков и температурно-влажностные характеристики атмосферного воздуха.

Ухудшение экологической обстановки, связанное с ростом концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, особенно в ее нижних слоях, находится в прямой зависимости от скорости ветра, которая способствует перемешиванию воздушных масс. Опасная скорость ветра зависит от параметров выброса. Для мощных источников выбросов (ТЭЦ, металлургических и т.д.) с большим перегревом дымовых газов относительно окружающего воздуха порог «опасной скорости ветра» составляет 5-7 м/с. Для источников с малым объемом выбросов и низкой температурой газов он составляет 1-2 м/с. Неустойчивость направления ветра способствует усилению рассеивания по горизонтали и снижению приземных концентраций примесей (Экологические проблемы..., 1998; Гелашвили, 2000).

Неблагоприятные для рассеивания примесей условия могут сочетаться с особенностями температурной стратификации приземного слоя атмосферы. Характер рельефа, значительная повторяемость антициклонов обуславливают инверсионное распределение температуры воздуха в городе. Наличие здесь «острова тепла» приводит к образованию нескольких инверсионных слоев, что препятствует вертикальной циркуляции воздуха. Сочетание инверсий с высокой повторяемостью штилей и слабых ветров создает опасность повышенного скопления выбросов в нижних слоях атмосферы.

На пространственное распределение загрязнителей влияют микроклиматические особенности города. Наибольшее количество загрязняющих веществ сосредотачивается в пониженных местах, в местах защи-

щенных от ветров постройками или рельефом, на узких улицах, ориентированных перпендикулярно преобладающему переносу воздушных масс. Неблагоприятным явлением в формировании экологической обстановки является «городской бриз» способствующий созданию замкнутой системы циркуляции, когда воздушные потоки в нижних слоях переносят примеси с окраин города в центр, а затем поднимаются и движутся в обратном направлении, опускаясь у окраин города.

Распределение и активность вредных примесей в атмосфере зависят и от влажности воздуха. Ее увеличение приводит, как правило, к росту концентраций большинства веществ, способствует трансформации отдельных веществ и возникновению смогов (Экологические проблемы..., 1998; Гелашвили, 2000; Никаноров, Хоружая, 2001; Маслов, 2002; Стурман, 2002).

Источники поступления загрязняющих веществ и их влияние на растения приведены в приложении Б. Данные о влиянии отдельных загрязнителей на растительные организмы получены в основном в лабораторных условиях (Николаевский, 1979; Кулагин, 1985; Артамонов, 1986; Гетко, 1989; Николаевский, 2002), а в условиях города растения испытывают комплексное воздействие этих веществ. Следует также отметить, что воздействие загрязняющих веществ на растительный организм неспецифично (например, хлороз и некроз вызывают целый ряд загрязнителей).

### **1.3 Влияние техногенной нагрузки на жизнедеятельность растений**

В условиях урбанизированной среды трансформации подвержены в первую очередь биохимические свойства, физиология и, как следствие, морфоструктура растений. Степень повреждения растения зависит в основном от двух факторов – концентрации токсичного вещества и длительности его воздействия (Ковальский, 1974; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004).

В условиях техногенной среды у деревьев снижена ассимиляционная активность, наблюдается уменьшение содержания хлорофилла, изменяется строение хлоропластов, кислотность клеточного сока; под влиянием токсичных веществ снижается содержание аскорбиновой кислоты, нуклеиновых кислот, белков, клетчатки, слабеет способность выделять фитонциды, изменяется активность ферментов, нарушается водный режим растений, снижается фертильность пыльцы (Илькун, 1971; Гудериан,



1979; Мальхотра, Хан, 1989; Капитонова, 1999; Неверова, 2001а; Чернышенко, 2001; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004; Третьякова, Носкова, 2004; Половникова, Воскресенская, 2005; Darral, 1989; Lidon, Henrigues, 1993).

Осевшая на листьях пыль экранирует лист, снижая поступление к пигментам фотосинтетически активной радиации (примерно на 5-14%) и, наоборот, резко повышая поглощение теплового излучения (на 25-33%). В результате лист перегревается (на 1-1,5 °С), увеличивается расход воды на транспирацию, сокращается продуктивность фотосинтеза. Химическое действие пыли проявляется после растворения ее в воде и проникновения во внутренние ткани организма. Действие на растения минеральных водорастворимых частиц нередко вызывает локальные ожоги на листьях, а при длительном опылении – ослабление и гибель растений (Илькун, 1971; Неверова, 2001б).

В состав пыли техногенного происхождения входят металлы. Одни из них принадлежат к классу тяжелых металлов (имеют плотность более 5), другие являются биогенными элементами, необходимыми для жизнедеятельности растений (Fe, Mn, Cu, Zn). Третьи, такие, как Pb, Hg, не обладают известными метаболическими функциями, и их нередко относят к токсичным элементам. Биогенные микроэлементы при определенных концентрациях могут стать токсичными (Алексеев, 1987; Неверова, Колмогорова, 2003; Kohno, Matsumura, Kobayashi, 1995). Биогеохимическими исследованиями установлена связь степени пораженности растений и накоплением в них относительно фона ряда химических элементов (Pb, St, Va, Sr, Ag, Co, Cu, Zn) вблизи производств черной и цветной металлургии, машиностроения, автомобильных дорог. Отмечены признаки усыхания у 87% деревьев, произрастающих вдоль крупных магистралей (Курбатова, Башкин, Касимов, 2004; Чукпарова, 2005).

В целом в городах наблюдается тенденция ксерофитизации: деревья имеют редкую крону, мелкие листья, у них изменен рост побегов, появляются некрозы листьев. Промышленные газы в определенном диапазоне концентраций (от 1 ПДК и выше) вызывают появление некрозов (ожогов) на листьях и хвое древесных растений, снижение продолжительности жизни хвои, ускорение усыхания нижних ветвей в насаждениях (ель, пихта) (Горышина, 1991; Неверова, Колмогорова, 2003; Состояние зеленых..., 2002; Сарбаева, 2005; Турмухаметова, 2005).

В урбаноэкосистемах происходит нарушение феноритмов роста и развития древесных растений: ускоряются начальные фазы распускания почек, облиствления побегов, начало цветения, начало листопада, сокра-

щаются сроки и глубина покоя (Гудериан, 1979; Мамаева, Ситчихина, 1979; Волкова, Беляева, 1990; Горышина, 1991; Николаевский, 2002; Григорьев, Пахарькова, Сорокина, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Колмогорова, 2005; Сеницын, 2005; Турмухаметова, 2005, 2006).

Ослабленность городских древесных растений способствует развитию вредителей и болезней, что усугубляет их состояние, а иногда является причиной преждевременной гибели (Экология крупного города, 2001; Яновский, 2002; Рунова, Ворошилова, 2005; Колмогорова, 2006).

Комплекс негативных факторов урбанизированной среды приводит к снижению в 2-3 раза продолжительности жизни городских растений (Горышина, 1991; Николаевский, 2002; Состояние зеленых насаждений..., 2002; Васфилов, 2003; Морозова, Злобин, Мельник, 2003).

Реакция на действие нарастающих стрессовых факторов у растений состоит в ряде последовательных этапов. Первоначально изменяются метаболизм и биохимические процессы растений, затем наблюдаются изменения морфоструктуры растений, позже начинает проявляться трансформация виталитетной и возрастной структур популяции. Завершается этот процесс снижением обилия вида и полным его выпадением из растительного покрова (Морозова, Злобин, Мельник, 2003). На каждом из перечисленных уровней существуют адаптации растений, поэтому весьма важно исследовать начальные этапы трансформации, т.е. физиологические и биохимические основы реакции растений на загрязнение среды, чтобы предсказать ее последующие этапы.

Для планирования озеленения в городах необходимо учитывать эколого-биологические характеристики насаждений, устойчивость растений к комплексу негативных факторов, климатические условия региона (климат, городская застройка, роза ветров), специфику промышленности и транспортной сети городов (Ковальский, 1974; Николаевский, Николаевский, Козлова, 1999; Бухарина, 2005; Вишнякова, 2005).

#### **1.4 Средопреобразующая роль древесных растений**

В настоящее время крайне актуален вопрос оптимизации городской среды. Для этого используются растения, как основной фактор стабилизации экологической обстановки в городе.

Общеизвестна роль зеленых насаждений в регуляции температуры воздуха, летом в насаждениях температура воздуха ниже на 4-6 °С. Снижение температуры в значительной степени зависит от полноты насаж-

дений: в густых насаждениях (полнота 0,7) в жаркие дни понижение температуры воздуха на уровне 1,5 м достигает 8-10 °С (Краснощекова, 1987; Неверова, Колмогорова, 2003).

Зеленые насаждения способны увеличивать влажность воздуха. Например, в скверах и на бульварах относительная влажность воздуха на 2-8% выше, чем на открытых площадях. Повышение влажности связано с испарением воды с поверхности листьев. Листовая поверхность деревьев и кустарников более чем в 20 раз больше площади, занимаемой проекцией крон. Вместе с тем насаждения обладают повышенной отражательной способностью листьев по сравнению с грунтовыми и асфальтовыми покрытиями, что также способствует понижению температуры воздуха в районе древесных насаждений и созданию комфортной для человека среды (Горышина, 1991; Экология крупного города, 2001).

На своеобразии ветрового режима города накладывает отпечаток форма, плотность, видовой состав насаждений. Ветрозащитные свойства проявляют уже невысокие насаждения с ажурностью кроны не менее 30-40%. Несколько рядов деревьев высотой не менее 10 м способны в два раза ослабить скорость ветра. Посадка зеленых насаждений плотной конструкции не оправдывает ветрозащитных функций, поскольку это приводит к усилению турбулентности воздушных потоков. Ветровой режим городов зависит не только от характеристик насаждений, но и от параметров отдельных деревьев, составляющих это насаждение: деревья с широкой и густой кроной испытывают наибольшее ветровое давление. Ветроустойчивость дерева зависит также от прочности древесины, наличия болезней, особенностей корневой системы дерева и характеристик почвы (Глазунов, 2001; Экология крупного города, 2001; Захаров, Суховольский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003).

Городская растительность способствует повышению ионизации воздуха. Свойством улучшать ионный состав воздуха обладает большинство хвойных деревьев, а также виды ивы, робиния, тополя черный и пирамидальный, рябина. Более 500 видов деревьев и кустарников выделяют фитонциды, убивающие или тормозящие развитие болезнетворных микроорганизмов (Горышина, 1991; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Экология крупного города, 2001).

Городские зеленые насаждения применяют также в целях предотвращения эрозии почв и для закрепления склонов (Ганина, 1990).

Хорошо известен противошумовой эффект зеленых насаждений, связанный с большой звукоотражательной способностью листвы деревьев, достигающий 75%. Растительность в целом снижает шум в жилых и

промышленных зонах в 2-2,5 раза. Шумозащитные свойства зеленых насаждений зависят от ширины, густоты, дендрологического состава, а также высоты деревьев и конструкции полосы: более эффективно свободное размещение деревьев в шахматном порядке. Полоса насаждений 200-250 м способствует снижению шума на 35-45 дБ. Располагаемые между источниками шума и жилыми домами насаждения снижают уровень шума на 5-10%. Кроны лиственных деревьев поглощают до 26% падающей на них звуковой энергии (Горышина, 1991; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Экология крупного города, 2001; Неверова, Колмогорова, 2003).

В условиях города важна пылеулавливающая и газопогложительная способность зеленых насаждений. Л. Дошингер (по Чернышенко, 2001) подчеркивает, что широколиственные виды деревьев в городе осаждают до 30% и хвойные до 42% выпавшей пыли. Количество улавливаемой растениями пыли зависит от многих факторов: высоты и плотности посадок, вида деревьев, морфологии листа и его физиологического состояния, характеристик самой пыли и метеорологических условий. Максимальная аккумуляция пыли наблюдается внутри насаждения и достигает 9-10 – кратного увеличения по сравнению с отложением пыли на открытой поверхности. Такие насаждения характеризуются средней плотностью и вертикальной структурой, а также продуваемостью на уровне 40-60%. Максимальный эффект пылеочистения растительностью достигается при помощи искусственных насаждений шириной 10-30 м. В центре кроны осаждается до 30% всех частиц. В зимнее время на их долю приходится 40% от общего количества пыли (Красинский, 1939; Илькун, 1971; Николаевский, 1989; Боговая, Теодоронский, 1990; Чернышенко, 1996; Зайцев, Михайлуц, 2001; Чернышенко, 2001; Неверова, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003). Эффективность пылеулавливающей способности зависит от свойств поверхности листа. Грубые, шероховатые и ворсистые поверхности обладают большей пылеулавливающей способностью по сравнению с гладкими и плотными. Гуттационные и смолистые выделения также способствуют удержанию пыли. Наиболее интенсивно процесс осаждения частиц происходит на той части листьев, вблизи которой образуется турбулентный пограничный слой (кончики и края листьев) (Илькун, 1971; Чернышенко, 1996; Чернышенко, 2001).

Значительную роль древесные насаждения играют в балансе диоксида углерода. Растения поглощают  $\text{CO}_2$ , выбрасываемый промышленными предприятиями, лишь после преобразования его в усвояемую фор-

му. В зависимости от освещения преобразование углекислоты может длиться от 2-2,5 часов до 5 суток. Кроме углекислого газа зеленые насаждения способны поглощать и вовлекать в метаболизм другие газы техногенного происхождения. Поглощательная способность насаждений зависит от состава пород, полноты, бонитета, возраста, ассимиляционной поверхности крон и длительности вегетации древесных растений. Способность растений поглощать газы снижается в ряду древесные растения – сорные травы – цветочные растения – газонные травы (Чуваев, Кулагин, Гетко, 1973; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Чернышенко, 2001; Экология крупного города, 2001; Николаевский, 2002; Кошурникова, Гаек, 2005).

Газопоглощательная способность растений также зависит от особенностей листовой поверхности. Кутикула мало проницаема как для  $\text{CO}_2$ , так и для промышленных газов, атмосферные загрязнители могут проникать через кутикулярный слой в начале роста листа и осенью, когда в нем имеются трещины. На влажной поверхности листьев и ветвей молекулы газов могут растворяться в пленке поверхностной влаги, покрывающей их поверхность. Если поверхность листьев сухая, молекулы газов поступают в ткани растений через устьица. Проникая внутрь листьев, газы диффундируют в межклеточное пространство и сорбируются в клетках паренхимы, что приводит к изменению рН внутренней среды. Промышленные газы вызывают увеличение проницаемости клеточных мембран листьев. Особенно опасны для растений кислые легко растворимые в воде газы ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ) (Илькун, 1971; Сергейчик, Иванов, 1977; Ким, 1981; Неверова, Морозова, 2000; Карасев, 2001; Чернышенко, 2001; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Михайлова, Бережная, Афанасьева и др., 2005).

Древесные растения являются аккумуляторами загрязняющих веществ, но содержание загрязнителей в растениях никогда не бывает четко пропорциональным произведению «концентрация × время поглощения». В промышленных центрах вблизи металлургических заводов листья древесных растений поглощают и удерживают от 20% до 60% содержащихся в воздухе соединений фтора. Фториды влияют на образование содержащих магний веществ и, следовательно, на биосинтез пигментов листа. Значима способность растений к поглощению двуокиси серы: за вегетационный сезон 1 кг листьев тополя бальзамического накапливает 18 г, ясеня зеленого – 17 г, липы – 10 г. Двуокись серы обычно вызывает превращение хлорофилла в феофитин, что ведет к снижению интенсивности фотосинтеза и раннему пожелтению листовой

пластинки. Некоторые растения способны накапливать фенолы: акация белая, бузина красная, шелковица белая. Растения способны аккумулировать соединения свинца, содержащиеся в выхлопных газах транспорта. Наиболее активными накопителями свинца являются придорожные травы: мятлик луговой, пижма обыкновенная, лапчатка гусиная. У древесных растений значительные количества свинца накапливаются в листьях, коре и побегах (Чуваев, Кулагин, Гетко, 1973; Гудериан, 1979; Парибок, Созыкина, Тэмп, 1982; Сергейчик, 1985; Горышина, 1991; Фролов, 1998; Арустамов, Левакова, Баркалова, 2001; Николаевский, 2002; Киреева, Кузяхметова, 2005; Кулагин, Шагиева, 2005).

Городские насаждения выполняют декоративно-планировочную и рекреационную функцию. Создание изолированных скверов, площадок с разнообразными растениями и композициями, дополненных малыми архитектурными формами, декоративными водными элементами (бассейны, фонтаны) способствует полноценному отдыху (Экология крупного города, 2001).

Повышенная устойчивость растений к городским условиям определяется способностью к изменению физиологических процессов, проявлением приспособлений, развившихся ранее для защиты от других экстремальных факторов природной среды. Следовательно, устойчивость растений к промышленному загрязнению зависит как от факторов внешней среды (освещенность, температура, влажность, обеспеченность питательными веществами), так и от состояния самого растения (видовая устойчивость, возраст листьев, возраст целого растения) (Чуваев, Кулагин, Гетко, 1973; Гудериан, 1979; Фролов, 1998; Афонин, 2005; Бухарина, 2006).

Подбор древесных растений для объектов городского озеленения является комплексным процессом, включающим эстетическую оценку того или иного вида, степень его устойчивости к техногенному загрязнению среды (Сергейчик, 1984; Коропачинский, Встовская, 1990; Любавская, 1996; Машинский, 1996; Теодоронский, 2002; Теодоронский, Кабаева, Дмитриева и др., 2002; Туганаев, Бухарина, Адаховский и др., 2005; Бухарина, 2006; Чиндяева, 2006). Не отклоняя выше указанных критериев, самым важным показателем при подборе ассортимента, на наш взгляд, должна стать оценка средообразующего потенциала растения, что тесно связано с его физиологическим состоянием.

## 1.5 Некоторые особенности изменения флористического состава урбанизированных территорий

Трансформация природной среды в городских условиях приводит к существенному изменению флористического состава: происходит вытеснение растений природных сообществ и селективное подавление отдельных видов; осуществляется интродукция новых видов растений. Доля адвентивных (пришлых) видов в городской флоре может достигать до 40%, особенно на свалках и железных дорогах. Порой они могут вести себя столь агрессивно, что вытесняют аборигенные виды. Большинство местных представителей исчезает из городской флоры уже при закладке городов. Сокращается число лесных видов, преобладают виды луговые и степные. За счет повышения температуры в городах и наличия хорошо прогреваемых местообитаний в урбанофлоре возрастает доля более южных видов по отношению к географическому положению города. Обогащение городской флоры частично идет и за счет одичания некоторых декоративных растений (Горчаковский, 1984; Емельянов, 1994; Экология крупного города, 2001; Морозова, Злобин, Мельник, 2003).

Экологический состав городской флоры также несколько отличается от зональной. Появляются виды, приспособленные к недостатку влаги (ксерофиты) и засоленности почв (галофиты).

Растительность в городе распределена неравномерно. Расширение видового состава происходит в направлении от центра города к его окраинам. В центральной части города преобладают «экстремально урбанотфильные» виды. Их немного, поэтому центры некоторых городов порой называют «бетонными (асфальтовыми) пустынями». Ближе к периферии увеличивается доля «умеренно урбанотфильных» видов. Особенно богата флора окрестностей, здесь также встречаются «урбанонейтральные» виды.

Формирование растительности в городе базируется в основном на трех блоках: а) природные фитоценозы, которые по мере развития города трансформируются в полунатуральные; б) рудеральные сообщества, складывающиеся на полностью оголенных грунтах и почвах; в) искусственно создаваемые древесно-кустарниковые насаждения, газоны и клумбы. В этом ряду для жизни города важны все компоненты. В частности, рудеральные сообщества выполняют противозерозионную функцию, формируют первичную фитоценоотическую среду и являются хорошими индикаторами качества экотопов.

Еще одной характерной чертой городской флоры и ее явным отличием от естественной является большая динамичность и непостоянство. Флористический состав и общее количество видов меняется за достаточно короткий промежуток времени.

В городе увеличивается число рудеральных видов и может достигать 130-250 и более. Эти растения в большом количестве растут на пустырях, около дорог, по железнодорожным насыпям, на запущенных свалках и т.д. Они отличаются достаточной степенью устойчивости по отношению к антропогенным факторам и высокой агрессивностью (Перевозникова, Зубарева, 2002; Морозова, Злобин, Мельник, 2003; Борисова, 2006).

Условия обитания растений в городах различных регионов очень схожи, поэтому города разных климатических зон близки друг к другу по флористическому составу, а городская растительность, по сути, превращается в азональную. Более 15% видов растений являются общими для всех городов Европы (для центров - до 50%). Для урбанизированных территорий характерны сообщества, в которых верхние ярусы сформированы местными видами древесных растений, а нижние – адвентивными видами трав (Экология крупного города, 2001; Морозова, Злобин, Мельник, 2003).

Ведущее место в озеленении городов умеренного пояса занимают лиственные породы, хвойные представлены недостаточно. Это объясняется слабой устойчивостью растений к загрязненной среде. В целом, видовой состав городских насаждений весьма ограничен. Например, в Москве, Санкт-Петербурге для озеленения города используются в основном 15-18 древесных видов, из которых преобладают широколиственные породы – липа мелколистная, клен остролистный, тополь бальзамический, ясень пенсильванский, вяз гладкий, а из мелколиственных – береза повислая. Процент участия других видов менее 1. Из других видов более или менее используются в озеленении города вяз шершавый, дуб черешчатый, сосна обыкновенная, клен ясенелистный, каштан конский, тополь разных видов (берлинский, канадский, черный, китайский), липа крупнолистная, ель обыкновенная, лиственница европейская и др. (Экология крупного города, 2001; Курбатова, Башкин, Касимов, 2004).

Установлено, что загрязнение влияет на видовое разнообразие грибов. В насаждениях, произрастающих вдоль магистралей с интенсивным движением автотранспорта, оно снижается наполовину. По мере усиления воздействия городской среды происходит постепенное снижение встречаемости грибов, вызывающих мучнистую росу и ржавчину листьев, т.е. облигатных узкоспециализированных паразитов, раз-



вивающихся на живых поверхностных тканях, вегетирующих органах растений, и сохраняющих инокулюм для ежегодных новых заражений, в основном на опавших листьях, которые в городах убираются и изымаются из круговорота веществ (Кузьмичев, 1996).

Подводя итог характеристике жизнедеятельности древесных растений в городской среде можно отметить, что на каждом из уровней организации растительного организма существуют определенные механизмы адаптации, поэтому очень важно исследовать начальные этапы трансформации, т.е. физиологические и биохимические основы реакции растений на загрязнение, чтобы предсказать её последующие этапы. Для планирования озеленения в городах необходимо учитывать эколого-биологические (физиологические) характеристики растений, их устойчивость к комплексу негативных факторов, а также климатические условия региона, специфику промышленного производства, транспортной сети и характер застройки города.

## ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Характеристика природно-климатических условий г. Ижевска

Город Ижевск находится в центральной части Удмуртии, которая расположена в северной половине умеренной зоны. Как и для любого крупного города, для Ижевска характерно рубежное (пограничное) положение в системе естественных выделов суши, что в значительной степени и предопределило его развитие (Ильминских, 1998).

В геологическом отношении Ижевск расположен на восточной окраине Русской платформы. Осадочный чехол, покрывающий кристаллический фундамент и состоящий из морских и континентальных отложений, в районе Ижевска достигает толщины примерно 4,5 км (Стурман, 1998а).

Рельеф Ижевска представляет собой всхолмленную равнину. Территорию города по характеру строения рельефа, спектру экзодинамических рельефообразующих процессов и геохимическому типу ландшафтов подразделяют на три крупных геоморфологических района: Левобережный, Ижевский (Низинный) и Правобережный (Илларионов, 1998). Наиболее освоенным из них является Левобережный район, включающий большую часть застроенной территории города. Ижевский, или Низинный, геоморфологический район представляет собой днище долины р. Иж и включает, помимо жилой застройки, основные промышленные предприятия города.

Климат Ижевска характеризуется как умеренно континентальный с продолжительной многоснежной зимой, теплым летом и хорошо выраженными переходными сезонами – весной и осенью.

Продолжительность солнечного сияния в Ижевске составляет в среднем 1839 часов в год. По сравнению с открытой местностью снижение продолжительности солнечного сияния в городских условиях происходит из-за затенения высотными зданиями, наличия большого количества пыли и дыма в атмосфере, а также из-за естественной облачности. Продолжительность дня с 13-14 часов в апреле возрастает до 16-17 часов в июне. Наиболее солнечной является первая половина дня – с 8 до 14 часов. Суммарная радиация составляет в среднем  $90 \text{ ккал/см}^2$  против  $136 \text{ ккал/см}^2$  при безоблачном небе. Прямая радиация в зимние месяцы не превышает 25-30% суммарного притока тепла, а в период с апреля по август она составляет 50-60%.

В течение всего года в Ижевске господствует континентальный воздух умеренных широт. Преобладают юго-западные ветры слабой и средней силы. Среднегодовая скорость ветра – 4 м/сек. Прямоугольная сетка улиц вызывает эффект усиления ветрового потока по скорости и рассеивание его по направлениям. В зимнее время скорость ветра вдоль улиц в отдельных случаях на 2 м/сек больше по сравнению с пригородом. В летнее время в городе широко распространяется влияние бризовой циркуляции, при которой ветры меняют направление два раза в сутки.

Средняя годовая температура воздуха в Ижевске +2,4 °С, отклонения от нормы по годам в большинстве случаев невелики. Так, за период с 1992-2002 гг. она увеличилась примерно на 0,07 °С, что, впрочем, характерно и для других городов (по данным Ю.П. Переведенцева, Н.В. Исмагилова, К.М. Шанталинского и др. (2005)). Такой характер динамики по направленности и темпам изменения среднегодовых температур соответствует концепции глобального потепления вследствие усиления парникового эффекта. Самым холодным месяцем в году является январь (средняя многолетняя температура – 13,8 °С, абсолютный минимум температуры воздуха опускался до -46 °С). Иногда наблюдаются резкие изменения погоды, среднесуточные колебания температуры могут достигать 10 °С (обычно зимой или в переходные сезоны). В летние месяцы температурный режим относительно устойчив. Среднемесячная температура июня составляет 16,6 °С, в отдельные годы в первой декаде июня возможны заморозки. Самый теплый и единственно безморозный месяц в Ижевске – июль. Его среднемесячная температура равна +18,5 °С с максимумом +20-30 °С (абсолютный максимум – +37 °С). В августе среднемесячная температура понижается до +16,2 °С. Безморозный период длится в среднем 128 дней.

В Ижевске по сравнению с загородной местностью превышение средней годовой температуры воздуха в центральной части города составляет 0,6-0,8 °С, ближе к окраинам – 0,3-0,5 °С. В летнее время в микрорайонах с многоэтажной застройкой температура воздуха днем на 3-5 °С выше по сравнению с пригородом, в парках и скверах – на 1-2 °С. На территории города влажность воздуха в летнее время в среднем на 4-6% ниже по сравнению с пригородом. В холодный период года разность относительной влажности между городом и пригородом уменьшается.

Температура поверхности почвы с ноября по март имеет отрицательные значения. Устойчивое промерзание почвы начинается в конце октября. Глубина промерзания в условиях равномерного снежного покрова составляет на конец ноября 37 см, достигая в марте 90 см. Отме-

чено максимальное промерзание почвы до 174 см. Оттаивание почвы начинается почти одновременно со сходом снежного покрова. В среднем дата полного оттаивания почвы в г. Ижевске приходится на 24 апреля. Весной и осенью температура почвы близка к температуре воздуха. Максимальная температура (+55 °С) отмечена в июле.

Ижевск, как и большая часть Удмуртии, находится в зоне достаточного увлажнения. Годовое количество осадков в городе составляет в среднем 508 мм, но наблюдается некоторая неустойчивость увлажнения из-за неравномерного распределения осадков по месяцам. За лето выпадает 175 мм осадков, чаще они связаны с прохождением циклонов. Осадки в основном ливневые, иногда с грозами. Максимальное количество осадков выпадает в июле, минимальное – в феврале. В среднем устойчивый снежный покров устанавливается во второй декаде ноября, максимальной высоты (в среднем 50 см) он достигает в марте. Сход снега заканчивается к 18 апреля. В городе этот процесс происходит быстрее, чем в пригороде из-за повышенного температурного режима и загрязнения снега.

В городском воздухе, благодаря повышенному содержанию ядер конденсации, создаются благоприятные условия для увеличения количества осадков. В центральной части города осадков выпадает на 5-17%, в пойме р. Иж – на 5-10% больше, чем за городом. По пониженным формам рельефа в летнее и зимнее время часто наблюдаются городские туманы, их повторяемость на 70% больше, чем за городом.

Вследствие загрязнения в городской атмосфере постоянно присутствует фактор мутности. Горизонтальная видимость в результате этого в городе в среднем на 3 км меньше по сравнению с пригородом.

Подробное описание климатических особенностей города содержится в ряде литературных источников (Природа Удмуртии, 1972; Климат Ижевска, 1979; Макальская, 1998; Природа..., 2000; Малькова, Загребина, 2002; Стурман, Малькова, Загребина, 2002).

Положение Ижевска на границе двух подзон лесной зоны – южной тайги и хвойно-широколиственных лесов, а также сильная расчлененность рельефа и разнообразие экотопов определяют флористическое богатство территории города. Весомый вклад в формирование городской флоры вносят растения, появившиеся на территории Ижевска благодаря человеку (Туганаев, Пузырев, 1988; Пузырев, 1998). Флора Ижевска насчитывает более 1300 видов высших растений, из которых половина (более 600 видов) являются заносными и дичающими (Ильминских, Баранова, Пузырев, 1998).

## 2.2 Метеорологические условия в годы исследований

Основные параметры метеорологических условий 2003-2006 гг. представлены в приложении В.

2003 г. был теплее по сравнению со среднемноголетними данными, осадков выпало несколько меньше годовой среднестатистической нормы. Период вегетации имел следующие особенности: весенние месяцы были несколько теплее (на 0,7-1,0 °С) среднемноголетних значений, а осадков выпало значительно ниже нормы (24-31%), но май и июнь характеризовались значительным выпадением осадков (175 и 171% соответственно). Июнь отличался температурами с отклонением ниже среднемноголетних. Период с июля по ноябрь характеризовался теплой погодой и количеством осадков в пределах нормы, хотя сентябрь был довольно сухим. В розе ветров в течение года преобладало движение воздуха южного и юго-западного направления.

Среднемесячные температуры воздуха в 2004 г. несколько превышали норму. Наибольшие отклонения отмечены в январе, феврале и марте. Холоднее обычного был апрель (среднемесячная температура ниже нормы на 3,7 °С), июнь и август – теплыми, в июле наблюдалась умеренно жаркая погода с обильными дождями (249% нормы). В период вегетации с апреля по сентябрь выпавшие осадки превысили норму примерно в 1,2-1,4 раза. Зимой преобладали ветры юго-восточного, летом – северного и юго-западного направления. Превышение нормы зимних температур могло повлиять на растения, находящиеся в стадии покоя. В целом метеоусловия вегетационного периода были достаточно благоприятными для жизнедеятельности растений.

В 2005 г. теплее, чем обычно были январь, май и октябрь, холоднее – март и июнь. В зимние месяцы количество выпавших осадков было меньше нормы. В весенние месяцы происходили значительные колебания в выпадении осадков: в марте осадков выпало 168%, в апреле – 40% нормы, в мае – 95%. Из летних месяцев июнь был не только более холодным, но и более влажным, осадков выпало 248% нормы. Осенние месяцы были довольно сухими. В течение года преобладал ветер юго-западного направления. В зимние месяцы господствовали юго-восточные ветры, а в летние – северные. В мае, июне и августе отмечено преобладание безветренной погоды, что могло способствовать образованию застойных явлений в атмосфере. Таким образом, погодные условия вегетационного периода 2005 года были менее благоприятны для растений, чем в 2004 году.

В 2006 г. значительно холоднее обычного был январь, отклонение от нормы составило  $-4,8$  °С. Весна отличалась более высокими температурами, по сравнению со среднемноголетними. Из летних месяцев намного суше и теплее обычного был июнь, в июле отклонения от нормы по температуре воздуха составило  $-1,6$  °С, а по осадкам – 114%, т.е. месяц был прохладным и влажным. Август и осенние месяцы оказались теплее обычного при обеспеченности осадками выше нормы (130%). Метеорологические условия вегетационного периода отличались нестабильностью и были довольно неблагоприятными для жизнедеятельности растений.

В разделе использованы данные Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске, 2003-2006 гг.; Государственных докладов «О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики» в 2003-2005 гг., материалы лаборатории мониторинга атмосферы Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС).

### **2.3 Характеристика транспортно-промышленного комплекса г. Ижевска**

Исторически сложившаяся планировка г. Ижевска в целом неблагоприятна для экологической обстановки. Расположение жилых массивов вблизи предприятий ведет к тому, что промышленные дымы загрязняют воздушное пространство при любом направлении ветра. Сегодня Ижевск представляет собой крупный промышленный город (149 предприятий) с высоким уровнем загрязнения. Приоритетными отраслями в промышленном комплексе г. Ижевска являются металлургия, теплоэнергетика, металлообработка и машиностроение.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы Ижевска от стационарных источников вносят предприятия: черной металлургии – 35,8%, теплоэнергетики – 34%, машиностроения – 26,2%, прочие – 4,0%. Информация по предприятиям, являющимся крупнейшими загрязнителями города представлена в приложении Г. Большую долю выбросов от указанных источников составляют диоксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, летучие органические соединения, пыль (Доклад об экологической обстановке..., 2004-2006; О состоянии окружающей среды..., 2005). Характер и количественный состав смесей загрязняющих веществ зависит в основном от состава сырья

и технологии процесса. Загрязнение от таких источников хотя и локализовано, но может распространяться на довольно большие расстояния в направлении преобладающего ветра (Загрязнение воздуха..., 1988).

Стурман В.И., Гагарин С.А. (2002б) выделяют на территории г. Ижевска две промышленные зоны. Центральная промышленная зона (ОАО «Ижсталь», ОАО «Ижмаш», ТЭЦ-1) в экологическом отношении расположена крайне неудачно. Её локализация в долине р. Иж создает повышенную повторяемость неблагоприятных для рассеяния метеоусловий. Кроме того, вокруг центральной промышленной зоны расположены жилые кварталы. Максимум приземных концентраций загрязняющих веществ наблюдается на расстоянии 10-40 (в среднем 20) высот источников; в зоне теоретически ожидаемого максимума приземных концентраций загрязняющих веществ с подветренной стороны по направлению господствующих ветров располагается крупнейшая в городе магистральная улица Удмуртская, а также ряд промышленных предприятий (Механический завод, Радиозавод).

Северо-восточная промышленная зона (ОАО «Буммаш», ОАО «Ижавто», ОАО «Ижевский завод пластмасс», ТЭЦ-2) расположена на возвышенности, с подветренной стороны от селитебной зоны города. В пределы этой зоны частично или полностью попадают жилые поселки (Старки, Смирново, Октябри, Тонково), в непосредственной близости размещен массив индивидуальной застройки, жилой микрорайон «Автозавод».

Общий валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу Ижевска в годы исследований составлял в среднем 95,592 тыс. тонн/год, в том числе от стационарных источников 21,209 тыс. тонн (или 22%) (приложение Г).

В последние годы в Ижевске количество выбросов от стационарных источников загрязнения значительно сократилось, что связано не только со спадом промышленного производства, но и с применением новых технологий и выполнением других природоохранных мероприятий (Стурман, 2005).

Огромный вклад в загрязнение атмосферы Ижевска вносит автотранспорт. За последние годы заметно увеличились темпы роста общего автопарка города, в основном за счет индивидуальных транспортных средств. На 01.01.2006 г. количество зарегистрированных автомобилей превысило 143 тыс. шт. С ростом числа машин увеличивается площадь земель, отчуждаемых под автостоянки, автозаправочные станции, гаражи, а это в свою очередь сопровождается снижением площади озеле-

ненных территорий. Доля автотранспорта в общем объеме выбросов составляет 72-80% (табл. 1) (Доклад об экологической обстановке ..., 2005-2006; О состоянии окружающей среды..., 2005). Выбросы основных загрязняющих веществ от автотранспорта зависят от состава топлива, типа и технического состояния автотранспорта, его режима работы (низкие скорости, частые остановки повышают загрязнение).

Таблица 1 – Основные показатели выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта (г. Ижевск)

Передвижные источники	Единицы измерения	2004 г.	2005 г.
Количество автотранспорта	ед.	145 225	143 757
Выброс загрязняющих веществ, всего	тыс. т	78,87	57,520
в том числе:			
оксид углерода		63,53	46,700
оксиды азота		6,87	4,800
углеводороды		9,53	6,020
Доля загрязняющих веществ в общем выбросе	%	79,90	72,44

Помимо загрязняющих веществ, образующихся при сжигании автомобильного топлива, в окружающую среду поступают продукты износа поверхностей (минеральная пыль – продукт разрушения дорожного полотна; резиновая крошка с частицами разрушения кордового покрытия (частицы металлов никеля, кадмия, свинца, цинка, меди); асбестосодержащие частицы – от дисков сцепления, тормозных накладок. Этот тип поллютантов не нормирован и в официальной статистике не учитывается. На состояние окружающей среды специфическое воздействие оказывают шум и вибрация, вызываемые транспортными средствами. Наиболее шумными являются улицы Горького (до 83 дБ), Удмуртская, Ново-Ажимова, Азина (81 дБ), Ворошилова, Орджоникидзе, К. Либкнехта (80 дБ). Установлено, что степень токсичности химических веществ в сочетании с вибрацией и шумом значительно возрастает (для бензола – на 24,3%, формальдегида – на 18%, сернистого ангидрида – на 14,2%, диоксида азота – на 10, 7%) (Вахитов, Гагарин, 2005; Гагарин, 2005).

Наиболее загазованной выбросами автотранспорта является центральная часть города, что связано с расположением здесь множества торговых, административных и промышленных объектов. Главные транспортные потоки движутся по крупным магистралям: улицы Удмуртская, К. Либкнехта, Ленина, Кирова, М. Горького, Пушкинская,



Ново-Ажимова. В связи с постепенным вводом транспортных развязок в городе и газификацией тяжелого транспорта несколько снизилась интенсивность транспортных потоков. Для Ижевска весьма актуальна проблема максимального использования электротранспорта (Стурман, 1998; Доклад об экологической обстановке..., 2004-2006; Вахитов, Гагарин, 2005; Стурман, 2005).

В целом за период 2001-2005 гг. в Ижевске выявлена тенденция к росту уровня загрязнения бенз(а)пиреном, фенолом и формальдегидом, к снижению – диоксидом серы и диоксидом азота. Что касается оксида углерода, оксидов азота и взвешенных веществ, то ситуация стабильна. Всего на предприятиях города в 2005 г. газопылеуловителями уловлено 16,929 тыс. тонн загрязняющих веществ, что составляет 44,3% от их общего валового выброса. Удельный выброс на одного жителя г. Ижевска в 2005 г. составил 122,17 кг, в том числе: от стационарных – 33,67 кг, от передвижных – 85,50 кг. Необходимо отметить, что в последние годы в Ижевске произошли изменения в характере территориального распределения загрязнителей: сократились выбросы от стационарных источников (за 2000-2005 гг. на одну треть), но зато усилилось негативное воздействие выбросов от автотранспорта (О состоянии окружающей среды..., 2005; Стурман, 2005; Доклад об экологической обстановке..., 2006).

### ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2002-2006 гг. Объект исследований – древесные растения, произрастающие в городе Ижевске в составе различных экологических категорий зеленых насаждений: магистральные посадки (улицы Удмуртская и К. Либкнехта); санитарно-защитные зоны ведущих промышленных предприятий – ОАО «Ижсталь», «Нефтемаш», «Буммаш», «Автозавод», ИЭМЗ (Набережная Ижевского водохранилища). Согласно методике С.Н. Краснощековой (1987), в качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территории Ботанического сада УдГУ (северная окраина города) и городского парка ландшафтного типа (ЦПКиО им. С.М. Кирова) площадью 113 га, имеющего компактную нерасчлененную конфигурацию (Экологическое, лесопатологическое..., 1997). При оценке экологической ситуации городов принято деление территории на селитебные, транспортные, промышленные, парково-рекреационные ландшафты (Ревич, Саев, Смирнова и др., 1982; Методические рекомендации по оценке..., 1999).

Характеристика степени загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска, метеорологических условий в годы исследований проведена нами на основе материалов Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики и Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска. Расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для районов исследования осуществлен нами с использованием материалов Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС). Характеристика степени загрязнения почв составлена по данным карт загрязнения почв г. Ижевска, предоставленных Геоэкологической лабораторией географического факультета Удмуртского государственного университета.

Сведения о структуре и площадях объектов зеленого фонда заимствованы нами из материалов Генерального плана г. Ижевска (2005). При изучении видового состава зеленых насаждений использовали маршрутный метод (Горышина, 1997; Туганаев, 1993).

Оценку влияния факторов дестабилизации в исследуемых категориях насаждений мы проводили по методикам, разработанным в Московском государственном университете леса (МГУЛ) (Мозолевская, Белова, Куликов и др., 1997).

Морфологический и физиолого-биохимический анализ состояния древесных растений выполнили на 10 видах древесных растений, наиболее широко используемых в озеленении города, формирующих различные ярусы зеленых насаждений и представленных во всех изучаемых типах насаждений.

На основании описания пробных площадей (по 5-10 в каждом исследуемом районе, заложенных регулярным способом, размером не менее 0,25 га в зависимости от площади исследуемой категории насаждений) провели отбор и нумерацию учетных растений (по 10 растений каждого вида, из числа которых для физиолого-биохимических исследований выбрали растения хорошего и удовлетворительного жизненного состояния) (Родин, 1968; Гришина, Самойлова, 1971; Методические рекомендации..., 1981). Учетные растения представлены одновозрастными для каждого вида растениями (средневозрастное генеративное состояние – g2 (Смирнова, Чистякова, Попатюк и др., 1990)). В целом, наблюдали более 900 учетных растений.

В пределах пробных площадей (ПП) нами проведены таксационные описания отдельно стоящих древесных растений (Соколов, 1998) с фиксированием пороков (ГОСТ 2140 – 81). Инвентаризацию насаждений провели согласно «Инструкция по проведению ...» (2002).

Жизненное состояние древесных растений устанавливали визуально по степени повреждения ассимиляционного аппарата и крон растений (Николаевский, 1999). Согласно методике, по десятибалльной шкале оценивали: количество живых ветвей в кронах деревьев ( $P_1$ ); степень облиствленности (охвоенности) крон ( $P_2$ ); количество живых (без некрозов) листьев в кронах ( $P_3$ ); среднее количество живой площади листа ( $P_4$ ). После чего определяли суммарную оценку (максимально 40 баллов) состояния деревьев каждого вида. Оценку жизненного состояния проводили по 10-15 одновозрастным для каждого вида древесным растениям в каждом из исследуемых районов.

Фенологические наблюдения проводили в десятикратной повторности, фиксируя следующие стадии сезонных изменений: распускание почек (появление конуса листьев) ( $Пб^2$ ), начало цветения ( $Ц^2$ ), конец цветения ( $Ц^3$ ), созревание плодов, семян ( $Пл^3$ ), расцветивание отмирающих листьев ( $Л^3$ ), опадание листьев ( $Л^4$ ) (Фенологические наблюдения, 1990; Булыгин, Ярмишко, 2001).

Интенсивность фотосинтеза (ИФ) определяли бескамерным методом (Быков, 1974), который позволяет рассчитывать интенсивность процесса по количеству углеводов, образующихся в листьях на каждый

грамм их исходного содержания ( $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ). Мерой содержания восстановленных веществ являлась оптическая плотность раствора в области спектра 590-610 нм. Опытный образец экспонировали в течение 4-х часов при температуре  $25 \pm 2$  °С и освещенности 25-30 тыс. лк. Фиксацию и сжигание растительных образцов проводили раствором бихромата калия в серной кислоте.

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях определяли по ГОСТ 24556-89 (титрометрический метод), водоудерживающую способность – весовым методом (Николаевский, 2002).

Анализы проводили трижды (июнь, июль, август) в течение вегетации. Растительные образцы, ассимилирующие листья верхушечных вегетативных удлинённых годичных побегов, отбирали в утренние часы. За все годы исследований нами проведен анализ фотосинтеза, водоудерживающей способности и содержания аскорбиновой кислоты около 7000 образцов.

Исследование содержания дубильных веществ (таннинов) в побегах растений осуществляли в начале (март) и конце (сентябрь) вегетации по методу Нейбауэра–Лёвенталья (по Пашкиной, 2002). Всего за годы исследований нами проанализировано более 1500 образцов.

Анализ содержания основных элементов минерального питания в структурных частях растений проводили в период активной вегетации (май-июнь) и во время листопада (сентябрь-октябрь). Растительные пробы подвергали мокрому озолению. Азот определяли фотоколориметрическим методом с использованием реактива Несслера; фосфор – по Труогу-Мейеру; калий – методом пламенной фотометрии (Руководство по..., 1982). Расчет содержания элементов проводили в % абс. сух. массы. В общей сложности провели около 5000 анализов.

Повторность всех физиолого-биохимических анализов трехкратная.

Пробы листьев и верхушечных вегетативных годичных побегов брали со средней и нижней части (исключая нижние ветви) кроны древесных растений южной экспозиции с помощью секатора на шесте.

Биометрический анализ годичного побега проводили после остановки ростовых процессов (конец августа - сентябрь). Для этого с каждого учетного растения срезали по 10 верхушечных вегетативных побегов, у которых учитывали длину (с помощью штангенциркуля с точностью до 0,01 мм), количество метамеров, массу листьев (сырую и абсолютно сухую) и их площадь (контурно-весовым методом), удельную поверхностную плотность  $1 \text{ см}^3$  листа.

Зимостойкость почек побега оценивали в марте на 20 побегах каждого вида (с учетом экспозиции кроны) по 5-балльной шкале (по Пашкиной, 2002) и подвергли статистическому анализу качественных признаков (Доспехов, 1973).

На основании полученных показателей физиолого-биохимического состояния рассчитали природный потенциал (Пп) древесных насаждений различных функциональных зон г. Ижевска по методике Е.И. Голубевой (2004).

В местах отбора растительных образцов провели отбор почвенных проб (смешанная проба, составленная из индивидуально взятых проб по способу конверта) (ГОСТ 17.4.3.01-83; Методические указания..., 1996; Методические рекомендации по оценке..., 1999). Определили следующие агрохимические и физические свойства почвы:  $pH_{KCl}$  (ГОСТ 26483-91),  $pH_{H_2O}$  (ГОСТ 17.54.01-84), гумус (%) – по методу Тюрина И.В., аммонийный азот – фотоколориметрически, нитраты – ионометрическим экспресс-методом, подвижные формы калия и фосфора (мг/кг почвы) – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, плотность сложения и влажность почв – по общепринятым методикам (Аринушкина, 1961; Практикум по агрохимии, 1987; Кузнецов, 1997). Анализ почв на содержание ионов натрия провели по ГОСТ 17.5.4.02-84; ГОСТ 26427-85 и хлора – по ГОСТ 17.5.4.02-84; ГОСТ 26425-85.

Во всех исследуемых районах проводили анализ снежного покрова. Пробы для этого отбирали в местах отбора растительных образцов в марте (Методические рекомендации по оценке..., 1999) и до оттаивания хранили в морозильной камере. Время оттаивания пробы составляло 12-18 часов. До фильтрации пробы определяли  $pH$  талой воды (ГОСТ 17.54.01-84), в фильтрате – содержание нитратов (ГОСТ 29270-95), ионов натрия и хлора (ГОСТ 17.5.4.02-84). После упаривания фильтрат анализировали на содержание растворимых форм тяжелых металлов на вольтамперометрическом анализаторе «Ива-5». Определяли содержание меди, кадмия, свинца (свидетельство о метрологической аттестации методики выполнения измерений, выданное Государственным Комитетом РФ по стандартизации и метрологии № 253.107/03), цинка (свидетельство № 5-95), молибдена (свидетельство № 227.01.09.131/2003), никеля (свидетельство № 6-95). Рассмотренные химические элементы являются одними из учитываемых при оценке загрязнения снежного покрова. Фоновые образцы снега нами взяты на территории лесного массива, удаленного на расстояние 60 км

от г. Ижевска по Якшур-Бодьинскому тракту (у поселка Чур) и более 1 км от магистралей (в отсутствии нефтяных месторождений).

Анализы проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений и лаборатории агрохимического анализа ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА.

Математическую обработку материалов провели с помощью статистического пакета «Statistica 5,5». Для интерпретации полученных материалов использовали дисперсионный многофакторный анализ (по перекрестно-иерархической схеме, при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test), а также кластерный, корреляционный анализы (коэффициент Спирмена) и метод главных компонент.

## ГЛАВА 4. СТРУКТУРА РАЗМЕЩЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА ИЖЕВСКА

### 4.1 Структура размещения зеленых насаждений г. Ижевска

При написании данного раздела использованы материалы Комитета по земельным ресурсам и землеустройству г. Ижевска, Докладов об экологической обстановке в г. Ижевске в 2002-2005 гг., Генерального плана Ижевска (2005), а также полученные нами данные инвентаризации насаждений в рамках выполнения научно-исследовательской темы по контракту с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды УР.

Городские зеленые насаждения включают насаждения общего пользования (парки, скверы, бульвары, сады) и специального назначения (санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, защитные полосы магистралей и т.д.)

На территории г. Ижевска насаждения общего пользования составляют 421 га, следовательно, обеспеченность насаждениями этого типа в расчете на 1 человека в среднем составляет 6,1 м<sup>2</sup>, что в соответствии со СНиП 2.0701-89 значительно ниже норматива (16 м<sup>2</sup>/человека). Следует отметить, что насаждения общего пользования распределены по административным районам города неравномерно (табл. 2). Территории последних лет застройки (микрорайоны Восточный, Южный, Аэропорт, Строитель) характеризуются низким уровнем озеленения.

Таблица 2 – Площади насаждений общего пользования в административных районах г. Ижевска, га

Административный район города	Устройства общего пользования			
	парки и парковые зоны	бульвары	скверы и сады	всего по району
Индустриальный	59,07	1,66	21,11	81,84
Устиновский	15,91	9,48	3,29	28,68
Ленинский	116,37	-----	2,65	119,02
Первомайский	6,08	-----	5,06	11,14
Октябрьский	141,47	5,52	33,34	180,33
Всего:	338,90	16,66	65,45	421,01

Насаждений специального назначения в Ижевске крайне недостаточно: озеленение территорий промышленных предприятий города

не превышает 10-15%. Эти насаждения представляют собой хаотичные посадки и практически не выполняют санитарно-гигиенические функции. Нормативно озелененная санитарно-защитная зона фактически есть только у предприятий №300 Механического завода, ОАО «Завод пластмасс», ОАО «ИЭМЗ - Купол» (1 площадка).

Проведенная инвентаризация насаждений санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь», являющегося одним из основных загрязнителей города, показала, что плотность насаждений составляет 74 шт./га деревьев и 6 шт./га кустарников, а это значительно ниже нормативов (должно быть 1000 и 2200 шт./га соответственно). Общая площадь озеленения изучаемого предприятия составляет 20% (при норме 50%). Кроме того, со стороны селитебной территории отсутствует защитная полоса насаждений, которая по стандарту должна быть не менее 50 м. В целом, количество и качество благоустройства санитарно-защитной зоны предприятия «Ижсталь», не соответствует рекомендуемым нормам и требует значительной реконструкции.

Насаждения вдоль магистралей находятся в неудовлетворительном состоянии. Засоление почв – результат использования песчано-солевых смесей, складирование снега (с проезжей части) на озелененные участки приводит к образованию трещин на стволах деревьев, залому скелетных ветвей, повреждению кроны и загрязнению почв нефтепродуктами. Наиболее загруженные магистрали (улицы Ленина, Удмуртская, К. Либкнехта, Клубная, Пастухова, Горького и др.) не имеют защитных полос, что приводит к увеличению уровня шума и загазованности.

Инвентаризации посадок древесных растений вдоль крупнейших автомагистралей города (улиц Удмуртская и К. Либкнехта) показала, что плотность посадок деревьев и кустарников здесь равна соответственно 113-134 и 1 шт./га, что далеко не соответствует принятым нормативам (150-200 шт./га для деревьев и 1500-2000 шт./га – кустарников), к тому же насаждения распределены вдоль магистралей довольно неравномерно. Для данных насаждений большое значение имеет ориентация улиц по сторонам света. Так ул. Удмуртская имеет меридианальное направление и при ее озеленении необходимы посадки деревьев по обеим сторонам улицы. Но между улицами Кирова и Майская, Советская и Красногеройская насаждениями занята лишь одна сторона магистрали или они вообще отсутствуют. В целом имеющиеся насаждения не соответствуют экологическим нормам озеленения. Кроме того, их расположение лишь однорядное и по структуре одноярусно. Все сказанное сви-



детельствует о назревшей реконструкции озеленения, прежде всего основных магистралей города.

Как выяснилось, к моменту работы над книгой некоторые из магистральных насаждений ликвидированы (у торгового центра «Аврора» по ул. Удмуртская; у кольца на перекрестке улиц Пушкинская и К. Либкнехта).

Если иметь в виду, что экологическая эффективность зеленых насаждений есть следствие их состояния (плотности, возраста, пораженности болезнями и вредителями и т.д.), то понятно насколько экологически бессилён наш город. Плотность посадок в Северо-Западном жилом районе, центральной части города составляет 200-300 шт. на 1 га, что превышает норму в 1,5-2 раза. Но и здесь нарушение режима инсоляции и воздухообмена ведет к их деградации, снижая у зеленых насаждений санитарно-гигиенические и ландшафтно-архитектурные функции.

Размер минимальной (критической) площади открытой незапечатанной поверхности почвы, при которой сохраняются ее экологические функции и биопродуктивность, равен 3-5 м<sup>2</sup>. Такая площадь необходима для посадки и роста единичных деревьев при озеленении улиц. По мере развития она может быть больше, это зависит от вида растения, величины его кроны, объема и площади проекции корневой системы. Дополнительным условием ухода за зелеными насаждениями является соблюдение агротехнических мероприятий (полив, удобрение, рыхление и т.д.). Данные требования ухода за зелеными насаждениями уличной застройки в г. Ижевске практически не выполняются.

Породный состав древесных растений представлен тополем бальзамическим, березой повислой, липой мелколистной и кленом ясенелистным (около 70% от общего объема городских насаждений). Среди деревьев преобладают особи в возрасте 30-50 лет (до 60-70% от общего числа), что является показателем «старения» зеленого фонда города. Древесные растения такого возраста в условиях экологического стресса теряют свой физиологический потенциал, декоративные качества и легко подвергаются поражению болезнями и вредителями.

Породный состав и структура зеленого фонда города имеют отпечаток стихийно проведенных массовых посадок (во время субботников). Они осуществлялись без проектов и учета охранных зон сетей подземных коммуникаций, деревья высаживались вблизи окон жилых домов.

В настоящее время не может не тревожить уменьшение площади, занимаемой древесными насаждениями. По данным Комитета по зе-

мельным ресурсам и землеустройству г. Ижевска, общая площадь (все типы насаждений – общего пользования и специального назначения), занимаемая деревьями и кустарниками, на 1.01.2000 г. составляла 893 га, а на 1.01.2004 г. – составила лишь 735 га, что связано с интенсивной застройкой, развитием инфраструктуры и увеличением автомобильного парка города.

Достаточно высокий уровень озеленения имеют лишь жилые районы «Буммаш», «Северо-Западный», «Северный». Здесь застройка велась с сохранением участков естественных лесов, которые вошли во внутриквартальное озеленение.

К сожалению, данные о количестве высаженных деревьев и состоянии древесных насаждений в городе до настоящего времени носят весьма приблизительный характер. Согласно правилам создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ (приказ Госстроя РФ от 15.12.99., № 153) оценка состояния озелененных территорий должна осуществляться по следующему графику: долгосрочная – один раз в 10 лет, плановая – два раза в год. В Ижевске последняя инвентаризация зеленого фонда проводилась в 1970-е гг. В 1990-е гг. предпринятая попытка проведения инвентаризации не увенчалась успехом из-за отсутствия финансирования. Следовательно, проблема инвентаризации и паспортизации насаждений для г. Ижевска сохраняет свою актуальность.

Особое значение для Ижевска имеет лесное окружение. Леса зеленой зоны г. Ижевска занимают площадь 47277 га, что меньше норматива ГОСТ 17.5.3.01.-78. В составе зеленой зоны лесохозяйственная часть составляет 38227 га (в т.ч. лесопарковая часть (городские леса) – 8324 га), зеленая зона Завьяловского сельского лесхоза (филиал ГУ «Управление сельскими лесами УР) – 8329 га, прочие леса (участки лесов, расположенные в овражно-балочных комплексах, на склонах террас и поймах рек, примыкающие к кварталам усадебной застройки и занятые лесом территории сельскохозяйственных организаций) – 721 га.

Практически все леса вокруг города имеют смешанный породный состав. Коренные хвойные леса сохранились небольшими фрагментами. На севере Октябрьского и Индустриального районов леса образуют крупные массивы и представлены, в основном, пихтово-еловыми и осиново-березовыми насаждениями. На востоке и юге от города лесные массивы небольшие по площади, состоящие из отдельных лесных кварталов среди сельскохозяйственных земель, в которых преобладают пихта, ель, мелколиственные породы деревьев. Доминирующей широколиственной породой является липа.

Наиболее благоприятны по эстетическим и гигиеническим свойствам сосновые леса борového типа на песчаных почвах вдоль Як-Бодьинского тракта, Славянского и Воткинского шоссе. Около четверти лесов расположены в условиях избыточного увлажнения (в пойме рек Иж и Позимь, в прибрежной зоне Ижевского водохранилища, фрагментами в понижениях рельефа) и имеют низкий бонитет. На большей части лесопарковых лесов отмечается невысокий уровень благоустройства, захламление территории.

Основной проблемой зеленой зоны является сокращение площади лесов в непосредственной близости к городу, что ведет к постепенному нарушению экологического равновесия территории (Туганаев, Бухарина, 2005; Туганаев, Бухарина, Адаховский и др., 2005).

#### **4.2 Видовой состав древесных насаждений г. Ижевска**

Рекомендуемый ассортимент древесных растений для озеленения городских территорий в основном разрабатывался в 1970-1980-х гг. XX в. по принципу устойчивости видов к определенным конкретным загрязнителям (на основе лабораторных экспериментов). Но в городских условиях происходит комплексное влияние негативных факторов на древесные растения (уплотнение почв, недостаток влаги, повышенные температуры воздуха, изменение светового режима, комплекс загрязняющих веществ и тяжелых металлов). Такое положение требует подбора ассортимента древесных растений с учетом устойчивости растений к комплексу экологических факторов.

Закладка пробных площадей в городе имеет свою специфику в силу особенностей городского ландшафта (тротуары, проезжие части, различные сооружения). Исходя из этого, при изучении видового состава зеленых насаждений нами использовалась методика, представляющая собой сочетание маршрутного метода с закладкой учетных площадок (Туганаев, 1993; Горышина, 1997). В изучаемых нами функциональных зонах города были проложены маршруты, в каждом из которых закладывались учетные площадки в количестве 10-15 штук размером 10×10 м. Сводные данные видового состава древесных растений, наиболее широко представленного в озеленении города, приведены в таблице 3. Виды древесных растений, доля которых составляет менее 0,3% или встречающиеся единично, представлены в приложении Е.

Таблица 3 – Основной видовой состав древесных насаждений г. Ижевска

№	Вид растения	Родина	Семейство	Доля семейств, %	Доля видов, %
1	Тополь лавролистный <i>Populus laurifolia</i> Ledeb.	Казахстан, Монголия, З. и В. Сибирь	Ивовые Salicaceae	22,0	0,7
2	Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	С. Америка			7,9
3	Тополь дрожащий <i>Populus tremula</i> L.	Аборигенный вид			5,0
4	Тополь белый <i>Populus alba</i> L.	Аборигенный вид			0,7
5	Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	Аборигенный вид			6,0
6	Ива Шверина <i>Salix schwerinii</i> E. Wolf	Д. Восток, Сибирь			0,7
7	Ива пятитычинковая <i>Salix pentandra</i> L.	Аборигенный вид			0,7
8	Ива белая <i>Salix alba</i> L.	Аборигенный вид			0,3
9	Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	Аборигенный вид	Березовые Betulaceae	15,5	13,2
10	Береза пушистая <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Аборигенный вид			1,0
11	Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench.	Аборигенный вид			1,3
12	Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> L.	Д. Восток, Сибирь	Розоцветные Rosaceae	16,4	3,0
13	Яблоня домашняя <i>Malus domestica</i> Borch.	Гибрид, встречается только в культуре			5,0
14	Ирга круглолистная <i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	Крым, Кавказ, Ср. и Ю. Европа			0,3
15	Боярышник полумягкий <i>Crataegus submollis</i> Sarg.	С. Америка			2,6
16	Черемуха обыкновенная <i>Padus avium</i> Mill.	Аборигенный вид			1,0
17	Черемуха Маака <i>Padus maackii</i> (Rupr.) Kom.	Д. Восток			0,3
18	Вишня обыкновенная <i>Cerasus vulgaris</i> Mill.	Гибрид, встречается только в культуре			0,3
19	Вишня пенсильванская <i>Cerasus pensylvanica</i> L.	С. Америка			0,3
20	Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Аборигенный вид			2,6
21	Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herrm.	Аборигенный вид			0,7
22	Роза собачья <i>Rosa canina</i> L.	Аборигенный вид	0,3		

Продолжение таблицы 3

№	Вид растения	Родина	Семейство	Доля семейств, %	Доля видов, %
23	Ель колючая <i>Picea pungens</i> Engelm	С. Америка	Сосновые Pinaceae	14,4	3,6
24	Ель финская <i>Picea fennica</i> (Regel) Kom.	Аборигенный вид			6,6
25	Пихта сибирская <i>Abies sibirica</i> Ledeb.	Аборигенный вид			1,3
26	Ель европейская <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Аборигенный вид			2,6
27	Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	Аборигенный вид			0,3
28	Снежнаягодник белый <i>Symphoricarpos rivularis</i> Suksdorf	С. Америка	Маслиновые Oleaceae	9,8	3,6
29	Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	Малая Азия			2,6
30	Ясень пенсильванский <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	С. Америка			3,6
31	Жимолость татарская <i>Lonicera tatarica</i> L.	От Нижнего Поволжья до Байкала	Жимолостные Caprifoliaceae	6,6	6,6
32	Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	С. Америка	Кленовые Aceraceae	6,7	6,0
33	Клен остролистный <i>Acer platnoides</i> L.	Аборигенный вид			0,7
34	Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	Аборигенный вид	Липовые Tiliaceae	6,3	6,3
35	Чубушник венечный <i>Philadelphus coronarius</i> L.	3. Европа	Гортензиевые Hydrangeaceae	2,0	0,7
36	Пузыреплодник калинолистный <i>Physocarpus opulifolius</i> L. Maxim.	С. Америка			0,7
37	Спирея иволистная <i>Spiraea salicifolia</i> L.	Д. Восток, Сибирь			0,3
38	Спирея дубравколистная <i>Spiraea chamaedrifolia</i> L.	Д. Восток, Восточная Сибирь			0,3
39	Вяз шершавый <i>Ulmus glabra</i> Huds.	Аборигенный вид	Ильмовые Ulmaceae	1,4	0,7
40	Вяз гладкий <i>Ulmus laevis</i> Pall.	Аборигенный вид			0,7
41	Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.	Казахстан, Сибирь	Бобовые Fabaceae	1,7	1,7
42	Калина красная <i>Viburnum opulus</i> L.	Аборигенный вид	Калиновые Viburnaceae	0,3	0,3

№	Вид растения	Родина	Семейство	Доля семейств, %	Доля видов, %
43	Барбарис обыкновенный <i>Berberis vulgaris</i> L.	Крым, Кавказ, Европа	Барбарисовые Berberidaceae	0,3	0,3
44	Свидина отпрысковая <i>Svida sericea</i> (L.) Holub.	С. Америка	Кизиловые Cornaceae	0,3	0,3
45	Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	Аборигенный вид	Буковые Fagaceae	0,3	0,3

Анализ видового состава показал, что в изучаемых районах произрастают 143 вида древесных растений (в т.ч. 104 вида – интродуценты), принадлежащих 26 семействам. Наиболее представлено семейство *Salicaceae* (в т.ч. род *Populus*, вид *Populus balsamifera* L.). Второе место по числу видов занимает семейство *Rosaceae* (вид *Malus domestica* Borch.), третье – *Betulaceae* (вид *Betula pendula* Roth.). Видовой состав представлен равными по числу видов (по 70) жизненными формами деревьев и кустарников, а также шестью видами лиан.

По данным ряда исследователей, Л.М. Кавеленовой, изучавшей видовой состав насаждений Самары (2003), О.А. Неверовой, Е.Ю. Колмогоровой, проводивших исследования в Кемерово (2003), О.Л. Воскресенской с коллегами (2004) – в Йошкар-Оле, более 50% видового состава городских насаждений составляют интродуценты. Сотрудники Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Цицина РАН (Балясный, Неофитов, Богатов, 2004) предлагают около 305 интродуцированных видов, считая их весьма перспективными в озеленении населенных пунктов. Основной ассортимент интродуцентов в Ижевске представлен видами из Северной Америки (16%), Дальнего Востока, Западной и Восточной Сибири (15,4%), Крыма, Украины, Молдавии, Кавказа (11,2%). Наибольшее количество интродуцентов произрастает вдоль автомагистралей (67%), в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий доля интродуцированных видов составляет 41%.

В озеленении города также используются гибриды, встречающиеся только в культуре (яблоня домашняя, вишня обыкновенная, тополь берлинский, слива домашняя, яблоня сливолистная, спирея Билларда).

Несмотря на довольно широкий ассортимент видового состава насаждений, основная доля озелененной территории занята всего 10-15 видами древесных растений. Чаще всего это агрессивные виды,

характеризующиеся аллелопатической активностью, продуцирующие большое количество семян, успешно возобновляющиеся вегетативно, хорошо адаптированные к городским условиям. Таким видом в Ижевске является клен ясенелистный.

Среди видов, используемых в зеленом строительстве наиболее популярен тополь бальзамический. Он имеет ряд достоинств: газоустойчив, эффективно осаждает пыль, отличается быстрым ростом, имеет развитую крону, является накопителем свинца и сернистого газа. В период плодоношения (во время массового облета семян) отрицательным моментом является то, что на «тополином пухе» скапливаются мелкие частицы пыли и различных тяжелых металлов, что вызывает сильное раздражение слизистой оболочки дыхательных путей человека. Чтобы избежать указанной неприятности ранее рекомендовалась высадка мужских особей, однако впоследствии выявилась способность этого вида в экстремальных условиях менять пол, поэтому обязательным приемом ухода за ним является формовка растений, хотя это приводит к увеличению затрат. Следует указать также на хрупкость древесины у тополя. В озеленении наряду с тополем бальзамическим следует шире использовать и другие виды тополей (лавролиственный, белый, дрожащий и др.) (Антипов, 1979; Артамонов, 1986; Уткин, 1995; Булыгин, Ярмишко, 2001; Воскресенская, Алябышева, Копылова и др., 2004).

На территории Ижевска встречаются адвентивные виды древесных растений, численность которых тоже невысокая: ясень ланцетный или зеленый (*Fraxinus lanceolata* L.), тополь душистый (*Populus suaveolens* Fisch.), черемуха виргинская (*Padus virginiana* (L.) Mill.), персик обыкновенный (*Persica vulgaris* Mill.), слива растопыренная (алыча) (*Prunus cerasifera* Ehrh.), виноград винный (*Vitis vinifera* L.), тополь дельтовидный (*Populus deltoides* Marsh.), абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris* Lam.).

В озеленении Ижевска недостаточно используются хвойные деревья и кустарники, обладающие высокой декоративностью, фитонцидностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям города.

По результатам исследования можно сделать однозначный вывод – в Ижевске проблема расширения ассортимента древесных растений для целей озеленения достаточно актуальна и весьма далека от своего решения.

### 4.3 Эколого-биологическая характеристика древесных растений, широко используемых в озеленении г. Ижевска

При составлении эколого-биологической характеристики древесных растений нами использованы данные из работ Н.О. Соколова (1954); А.П. Шиманюка (1957); В.Г. Антипова (1979); В.Д. Пряхина, В.Т. Николаенко (1981); С.А. Мамаева (1983); В.И. Артамонова (1986); В.С. Николаевского (1979, 2002); А.И. Уткина, Г.В. Линдемана, В.И. Некрасовой и др. (1995); О.Л. Воскресенской, Е.А. Алябышевой, Т.И. Копыловой и др. (2004); Л.М. Кавеленовой, А.С. Владимирской (2005), А.А. Кулагина, Ю.А. Шагиевой (2005); В.И. Полякова, В.В. Иванова, А.П. Абаимова и др., (2005). Большую ценность имеют также справочники-определители, учебные пособия и монографии, содержащие сведения о древесных породах (Указания по использованию..., 1983; Горышина, 1991; Шадрин, Ефимова, 1996; Аксенов, Аксенова, 1997; Алексеев, Жмылев, Карпухина, 1997; Булыгин, Ярмишко, 2001; Экология крупного города, 2001; Баранова, 2002).

**Береза повислая, поникающая или бородавчатая (*Betula pendula* Roth.).** Крупное дерево I величины, до 25-35 м высотой и 0,6-0,9 м в диаметре, средний возраст 150 лет. Крона широкая, яйцевидно-коническая. Цветение березы является фенологическим сигналом наступления разгара весны. Мезофанерофит, мезофит, светолюбива, морозостойка, средне требовательна к плодородию почв, не устойчива к засолению почв, устойчива к уплотнению почв (вытаптыванию растительного покрова). Корневая система мощная, не имеющая главного стержня и широко уходящая вглубь, обеспечивает хорошую ветроустойчивость. Множество боковых корней расходится почти горизонтально, близко к поверхности почвы. Фитонцидное растение, обогащает воздух легкими отрицательными ионами. Береза повислая имеет на листьях толстую кутикулу, благодаря этому она отличается повышенной устойчивостью к сернистому газу и другим веществам, выбрасываемым в атмосферу промышленными предприятиями. Газоустойчивость березы увеличивается с возрастом в связи с появлением воскового налета на листьях. Березово-осиновые насаждения шириной 3 км в пригородной зоне способны снизить концентрацию сернистого газа в 2 раза. За вегетационный период накапливает 90 кг углекислого газа в пересчете на 10 кг сухой массы листьев. Береза является неустойчивой к SO<sub>2</sub> и Cl, среднеустойчивой к



окислам азота и к аммиаку. В Ижевске применяется в озеленении улиц, скверов и парков. Имеет хорошее жизненное состояние.

**Тополь бальзамический** (*Populus balsamifera* L.). Дерево североамериканских лесов. Может превышать 25 м в высоту и 1 м в диаметре, живет 150-200 лет. Морозостоек, предпочитает увлажнение почвы, солеустойчивость невысокая. Корневая система поверхностная, но хорошо разветвленная, поэтому этот вид устойчив к ветролому и ветровалу, но из-за поражения ствола гнилями в старом возрасте подвержен ветролому. Быстрорастущая порода. В городах больше, чем другие породы поражается насекомыми, особенно тополевой молью. Этот вид из-за устойчивости к газам широко используется в озеленении. Женские особи в период плодоношения доставляют большой дискомфорт населению (тополиный пух). Требует кронирования. Культуры тополя отличаются интенсивным накоплением углерода (до 12-15 т на 1 га в год). Выражена способность к поглощению и накоплению свинца. Хорошо улавливает сернистый газ до 180 г на 10 кг сухой массы листьев и поэтому является неустойчивым к нему. Хорошо поглощает двуокись серы 18 г на 10 кг сухой массы листьев. Наиболее активный «поставщик» кислорода (выделяет около 15 т с 1 га ежегодно) и поглощает за вегетационный период 40 кг углекислоты в пересчете на 10 кг сухой массы листьев. В.С. Николаевский (1979; 2002) установил среднюю устойчивость тополя бальзамического к большинству газов (SO<sub>2</sub>, Cl, окислы азота, аммиак).

В Ижевске широко используется в озеленении автомагистралей, санитарно-защитных зон промышленных предприятий. В магистральных посадках поражается минерами.

**Липа мелколистная, сердцелистная или сердцевидная** (*Tilia cordata* Mill.). Дерево I величины, до 28 м высоты и 1,5 м в диаметре ствола, с шатровидной кроной. Средний возраст 200 лет, в городских условиях живет до 80-100 лет. Растет медленно. Время зацветания липы служит общепризнанным индикатором наступления середины фенологического лета. Мезофанерофит, весьма зимостойка и редко повреждается морозами, исключительно теневынослива, к почвам средне требовательна, мезофит, на сильно заболоченных или засоленных почвах не растет. Из-за мощной корневой системы ветроустойчива. На корнях часто образуется микориза. Густые кроны дают хорошую тень и прохладу, очищают воздух от пыли и газа, а в период цветения ароматизируют его. У данного вида большое количество вредителей, около 100 видов, в городских условиях поражается тлей и грибами. Липа относится к сравнительно дымо- и газоустойчивым породам, морозостой-

ка, декоративна и широко используется в озеленении городов. Установлено положительное взаимовлияние корневых выделений дуба и липы, поэтому их смешанные насаждения наиболее устойчивы к неблагоприятным факторам. Хорошо поглощает двуокись серы до 10 г на 10 кг сухой массы листьев. За вегетационный период накапливает 100 кг углекислого газа в пересчете на 10 кг сухой массы листьев. Липу мелколистную относят к видам неустойчивым к SO<sub>2</sub>, Cl, окислам азота и устойчивым – к аммиаку.

В Ижевске применяется во всех типах насаждений. Не отличается высоким жизненным состоянием. Причиной является, отмечаемое в последние годы, массовое повреждение листьев минерами.

**Клен ясенелистный или американский** (*Acer negundo* L.). Двудомное дерево второй величины до 20 м. Побеги голые с сизым налетом. Дерево растет быстро, возобновляется порослью корневыми отпрысками. Отличается широкой экологической амплитудой. Клен ясенелистный недолговечен, ломок, редко доживает до 100 лет. Интродуцент. Неприхотлив, сравнительно солеустойчив, довольно морозостоек, обладает высокой скоростью роста и устойчивостью к загрязнению воздуха. Является аллелопатом, корневые выделения подавляют корневую активность других видов, поэтому рекомендуется высаживать, как сопутствующие породы, к данному виду растения из рода *Acer*. Выражена способность к поглощению и накоплению свинца. Невосприимчив к сернистому газу и поэтому является устойчивым к нему. За вегетационный период накапливает 30 кг углекислого газа в пересчете на 10 кг сухой массы листьев. Клен ясенелистный является устойчивым к SO<sub>2</sub>, окислам азота и аммиаку, неустойчивым к Cl.

Широко применяется в зеленом хозяйстве Ижевска. Жизненное состояние хорошее и удовлетворительное. Декоративность невысокая, в основном из-за отсутствия ухода. Недолговечен.

**Ель колючая** (*Picea pungens* Engelm). Дерево II величины (до 45 м высотой), средний срок жизни 100 лет, интродуцированное из Северной Америки. Две формы: темно-зеленая и серебристо-голубая. Растет медленно. Крона плотная, конусовидная, низкоопушенная. Продолжительность жизни хвои 4-7 лет. Ель колючая малотребовательна к теплу, теневынослива, зимо- и морозоустойчива, сравнительно засухоустойчива, не отличается солеустойчивостью. По сравнению с другими хвойными в отношении почв неприхотлива, наиболее дымо- и газостойка. Особой устойчивостью в условиях промышленной среды отличается ель колючая серебристой формы (*P. pungens* f. *Argentea*). Ветроустойчива.

В Ижевске не получила широкого применения в озеленении, хотя является весьма перспективным видом для посадок в парках, скверах, санитарно-защитных зонах ряда промышленных предприятий.

**Яблоня ягодная, сибирская или Палласа** (*Mallus baccata* L.). Дерево III величины, от 3 до 10 (иногда до 20) м высотой с разветвленной корневой системой. Средний возраст 90 лет. Яблоня ягодная малотребовательна к почвам, сравнительно устойчива к засолению. Влаголюбива, но переносит засуху. Светолюбива, но терпит и затенение. Газоустойчива, очень морозостойка. Хорошо переносит стрижку. В лабораторных экспериментах установлена средняя устойчивость яблони ягодной к большинству газов SO<sub>2</sub>, Cl, окислам азота и аммиаку.

Используется в озеленении Ижевска. Отмечено хорошее жизненное состояние, низкая поражаемость вредителями и болезнями. Является перспективным видом для более широкого применения в зеленом строительстве города.

**Ива козья, ракита или бредина** (*Salix caprea* L.). Дерево до 12-15 (иногда до 20) м высотой, в неблагоприятных условиях растет кустовидно. Цветет до распускания листьев, одновременно с осинкой. Ива козья – один из наиболее ранних таежных медоносов и важнейших дубителей. В ее коре содержится от 8 до 16 (21)% таннинов. Является мезофитом. Ива козья устойчива к окислам азота, среднеустойчива к SO<sub>2</sub> и аммиаку, но неустойчива к воздействию Cl.

В насаждениях Ижевска ива козья имеет низкие баллы жизненного состояния, сильно поражается сажистым грибом, мучнистой росой, недолговечна.

**Рябина обыкновенная** (*Sorbus aucuparia* L.). Дерево III величины, высотой 15-20 м. Средний возраст 60 лет. Быстрорастущее дерево, облиствляется почти одновременно с березой. Рябина светолюбива, к почве не требовательна, избегает сырых и засоленных почв, поражается фитовредителями. Обладает невысокой устойчивостью к дыму и к газам. Является микрофанерофитом. Устойчива к морозам, засухам, промышленному загрязнению. Лекарственное, фитонцидное, пищевое растение. Рябина обыкновенная является видом неустойчивым к SO<sub>2</sub> и Cl, проявляет себя как среднеустойчивый вид к воздействию аммиака и окислам азота.

Произрастает в парковой зоне г. Ижевска, в составе насаждений специального назначения. Имеет хорошее жизненное состояние.

**Боярышник кроваво-красный, сибирский или боярка** (*Crataegus sanguinea* Pall.). Высокий кустарник, реже небольшое дерево до 4-6 м, до 10 см в диаметре. Ветви обычно усажены многочисленными

толстыми, прямыми колючками 2-4 см длиной. Боярышник микрофанерофит, светолюбив, морозо- и засухоустойчив, к почве неприхотлив, сравнительно солеустойчив. Доживает в естественных условиях до 200-300 лет и более. Цветет обильно в начале июня в течение 10-12 дней. Декоративна осенняя окраска листьев. Хорошо стрижется. Газоустойчив. Боярышник является видом устойчивым к воздействию аммиака и Cl, среднеустойчивым к SO<sub>2</sub> и окислам азота.

Наиболее широко в Ижевске используется в насаждениях общего пользования. В период созревания плодов подвергается сильным механическим повреждениям (обламывание ветвей).

**Карагана древовидная или акация желтая** (*Caragana arborescens* Lam.). Крупный листопадный кустарник, в культуре повсеместно. Цветет после облиствления, в конце весны. Декоративный и неприхотливый вид. Используется в лесозащитных полосах, для закрепления подвижных субстратов. Солеустойчив, среднетеневынослив, газоустойчив, не страдает от пыли. Хорошо переносит интенсивную стрижку. Лекарственное растение. Карагана древовидная среднеустойчива к воздействию окислов азота и аммиака, неустойчива к воздействию SO<sub>2</sub> и Cl.

Широко используется во всех типах насаждений г. Ижевска. В последние годы отмечается сильное поражение мучнистой росой, поэтому жизненное состояние невысокое.

**Роза майская или коричная** (*Rosa majalis* Herrm.). Кустарник до 2,5 м высоты. Роза майская очень неприхотливый, не требовательный к почве и зимостойкий кустарник. Нанофанерофит. Предпочитает среднеувлажненные почвы, несолеустойчив, светолюбив, газоустойчив. Лекарственное и пищевое растение. Роза майская устойчива к воздействию Cl, среднеустойчива к воздействию окислов азота и аммиака, неустойчива к SO<sub>2</sub>.

Широко используется в озеленении Ижевска. Жизненное состояние хорошее, в магистральных посадках – удовлетворительное. Поражается мучнистой росой.

**Сирень обыкновенная** (*Syringa vulgaris* L.). Кустарник 5-7 м высотой. Цветет в мае. Корневая система поверхностная, мочковатая. Продолжительность жизни до 100 и более лет. Густая листва хорошо очищает воздух от пыли. Интродуцент из Малой Азии. Сирень обыкновенная малотребовательна к влаге и почве, не устойчива к засолению. Морозостойка и засухоустойчива, светолюбива, но выносит слабое затенение. Газоустойчива, но чувствительна к газу и пыли. За вегетационный период накапливает 20 кг углекислого газа в пересчете на 3 кг

сухой массы листьев. Сирень обыкновенная является среднеустойчивым видом к воздействию  $SO_2$ , окислам азота и аммиаку, тогда как к воздействию  $Cl$  она неустойчива.

В Ижевске используется во всех типах насаждений. Жизненное состояние хорошее. Во время цветения подвергается сильным механическим повреждениям.

**Снежноягодник белый, кистевой, снежник или снежная ягода** (*Symphoricarpus albus* (L.) Blake). Кустарник около 1,5 м высотой с овально-шаровидной кроной, цветет на протяжении всего лета и плодоносит в сентябре-ноябре. Североамериканский вид. Нетребователен к влаге, несолеустойчив. Среднетеневынослив. Сравнительно устойчив к промышленным газам и дыму. Хорошо переносит условия города. Пригоден для низких бордюров, одиночных и групповых посадок, альпийских горок. Выносит стрижку, но нуждается в уходе. Среднеустойчив к воздействию  $Cl$ ,  $SO_2$ , неустойчив к окислам азота и аммиака.

В озеленении Ижевска используется умеренно. Не зимостоек.

В данной главе таксационные характеристики (высота и диаметр) деревьев и кустарников приведены для естественных природных условий произрастания растений. В неблагоприятных условиях, в том числе и в антропогенной среде, эти показатели снижаются в среднем на 50%. В городских условиях значительно снижен средний возраст растений.

В.С. Николаевский (1979, 2002) и другие исследователи устанавливали устойчивость древесных растений к некоторым газам в основном в лабораторных экспериментах по фумигации растений газами определенной концентрации. В условиях городской среды наблюдается не только совместное действие газообразных загрязняющих веществ, между которыми может наблюдаться синергическое взаимодействие, но и влияние погодных и микроклиматических условий, усиливающее негативное действие загрязнителей. Это указывает на необходимость изучения эколого-физиологического состояния древесных растений в полевых условиях с целью уточнения ассортимента для озеленения города.

## **ГЛАВА 5. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СОСТАВЕ НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ГОРОДА ИЖЕВСКА**

Исследования по изучению содержания и распределению тяжелых металлов в почвах и растениях, влиянию загрязнения почв и вод на анатомические структуры растений применительно к Ижевску проводились многими исследователями (Кузнецов, 1994; Стурман, 1995-2005; Бухарина, 1998; Капитонова, 1999; Братчук, 2001; Рылова, 2003). Но характеристики состояния древесных растений в составе разных категорий насаждений (на основе комплексного подхода с использованием различных физиолого-биохимических методов) ни в одной из работ не представлено, что легло в основу наших исследований, материалы которых отражены в данной монографии.

### **5.1 Экологическая характеристика условий произрастания древесных насаждений разного функционального назначения**

Урбанизированный ландшафт, как наиболее затронутый антропогенным преобразованием, является весьма мозаичным (Ильминских, 1988), поэтому на функциональное состояние древесных растений значимое влияние оказывают микроклиматические условия конкретного места произрастания. Кроме того, растительные организмы находятся под воздействием определенного уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв и снежного покрова, формирующегося на территориях специального назначения – в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий, вдоль магистралей. Таким образом, на состояние древесных растений в условиях городской среды оказывает влияние не только уровень техногенного загрязнения, а целый комплекс факторов. В связи с этим нами дана экологическая характеристика условий произрастания изучаемых видов древесных растений. При ее составлении использованы материалы зонирования города по уровню загрязнения почв и атмосферного воздуха (данные Геоэкологической лабораторий Удмуртского государственного университета; Стурман, Гагарин, 2002; Стурман, Загребина, 2002), результаты исследований почв и снежного покрова города, проведенных Н.Г. Рыловой (2003), а также оригинальные материалы анализов образцов почв и снежного покрова, отобранных нами в местах

произрастания учетных древесных растений (то есть в местах отбора растительных образцов) (приложения Ж, И). Для характеристики уровня загрязнения атмосферного воздуха нами проведен расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для каждого района, при этом использовались материалы Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС) (табл. 4). Показатель ИЗА для ЦПКиО им. С.М. Кирова рассчитан по результатам анализов санитарно-экологической лаборатории Управления охраны труда и экологии (ФГУП ИЭМЗ «Купол»).

В экологической практике для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха используется комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Он учитывает приоритетные загрязняющие вещества, присутствующие в воздухе (Методика расчета..., 1987). В годы проведения исследований (2003-2005 гг.) в целом по городу этот показатель составил 13,68-9,57, что указывает на повышенный и высокий уровень загрязнения атмосферы. Низкое качество атмосферного воздуха объясняется высоким содержанием бенз(а)пирена (ИЗА = 4,94-3,95) и формальдегида (ИЗА = 6,79-3,70). Кроме того, в число учитываемых примесей входят диоксид азота (ИЗА = 0,92-0,57) и оксид углерода (ИЗА = 0,62-0,38). В 2003 г. в эту группу попали взвешенные вещества (ИЗА = 0,41), в 2004 г. – фенол (ИЗА = 0,35), в 2005 г. – оба этих загрязнителя (ИЗА = 0,48 и 0,61 соответственно), но исключен  $\text{NO}_2$ .

Эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха, является снег. При снеготаянии эти вещества попадают в природные среды, главным образом в почву и воду. Состав твердой фазы снега определяется не только атмосферным компонентом, но и химическими средствами, применяемые в борьбе с гололедом (Павленко, Батоян, Кучумова, 1981).

Ниже приведена экологическая характеристика районов, в которых проводилось изучение состояния древесных растений.

**Центральный парк культуры и отдыха им. С.М. Кирова** представляет собой городской парк ландшафтного типа площадью 113 га, имеющий компактную нерасчлененную конфигурацию и расположенный в стороне от преобладающих в Ижевске ветров (Ю-З).

Парк расположен в зоне с пониженным значением ИЗА, основной вклад в который вносит содержание в воздухе  $\text{NO}_2$ . В годы исследований индекс загрязнения атмосферы в данном районе равнялся 5,21-3,10 (табл. 4).

Таблица 4 – Значения комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) г. Ижевска (2003-2005 гг.)

Район наблюдения	Приоритетные загрязняющие вещества (класс опасности) <sup>*2</sup>															ИЗА <sup>*3</sup>		
	оксид углерода (4)			диоксид азота (2)			фенол (2)		формальдегид (2)			бенз(а)пирен (1)			взвешенные вещества (3)		$\sum_{i=1} (q_{ср.год\ i} / ПДК_i)$	
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2005	2003	2004
ЦПКиО им. С.М. Кирова <sup>*1</sup>	0,293	0,118	0,122	0,320	0,143	0,110	0,120		2,060	1,520		2,320	1,200		0,220	0,200	5,213	3,101
СЗЗ предприятия Ижсталь	1,056	0,426	0,555	0,688	0,406	0,123	0,240*	0,590	6,063*	4,171*		4,939*	3,953*		0,373	0,340	13,119	9,196
СЗЗ предприятия ИЭМЗ	0,393	0,218	0,325	1,000	0,543	0,487	0,240	1,000	5,414*	3,579*		4,939*	3,263*		0,420	0,687	12,166	7,843
СЗЗ предприятия Буммаш	0,491	0,359	0,491	1,302	0,380	0,487	0,240*		8,103	3,579		5,458	4,685		0,500		15,854	9,243
СЗЗ предприятия Нефтемаш	0,426	0,325	0,426	0,872	1,000	0,841	0,240		6,063*	3,579*		4,192	3,263	2,828	0,360	0,440	11,913	8,757
СЗЗ предприятия Автозавод	0,459	0,586	0,491	0,571	0,279	0,487	0,240*		4,783	4,171	5,414	5,458*	4,685*	3,488	0,346*		11,898	9,834
ул. Удмуртская	0,426	0,325	0,426	0,872	1,000	0,841	0,590		6,063*	4,171*		4,192	3,263	2,828	0,360	0,440	11,913	9,349
ул. К. Либкнехта	0,678	0,617	0,426	0,658	0,406	0,841	0,240*		5,414	4,171		4,192*	3,953		0,360*		11,302	9,669

Примечания:

\* Для расчетов использованы значения содержания данного загрязняющего вещества другого поста наблюдений, находящегося в радиусе действия;

<sup>\*1</sup> показатель ИЗА для ЦПКиО им.С.М. Кирова рассчитан по материалам санитарно-экологической лаборатории Управления охраны труда и экологии (ФГУП ИЭМЗ «Купол»);

<sup>\*2</sup> Используется расчет приоритетного загрязняющего вещества по формуле  $(q_{ср.год\ i} / ПДК_i)^{C_i}$ , где  $q_{ср.год\ i}$  – средняя за год концентрация i-ого вещества, ПДК<sub>i</sub> – его среднесуточная ПДК,  $C_i$  – безразмерная константа, приводящая степень вредности i-того вещества к вредности диоксида серы;

<sup>\*3</sup> В 2005 г. в связи с недостаточным рядом наблюдений оценка уровня загрязнения воздуха отдельных районов города по ИЗА не проводилась.



Ранее в 1996 году Центром экологических исследований Удмуртского государственного университета на территории парка было проведено детальное изучение почв, снежного покрова, а также выполнено таксационное описание древесных растений. В результате было установлено, что территория парка характеризуется преобладанием супесчаных дерново-подзолистых почв, имеющих кислотность, равную 6,1, с высоким содержанием гумуса (5-8% и более), подвижного фосфора (148) и обменного калия (166 мг/кг почвы). В почвах было зафиксировано очень высокое содержание железа, в 50-100 раз превышающее фоновые показатели. В целом почвы характеризуются средней уплотненностью.

Н.Г. Рылова (2003) относит почвы этого района к наименее трансформированным в городе. Уровень их загрязнения характеризуется как допустимый ( $Z_c = 8-16$ ).

Проведенный нами анализ почвы и снега показал, что снежный покров имеет кислотность, равную 7,1 (что выше ранее приводимых значений – 6,8), содержит 1,15 мг/дм<sup>3</sup> пыли и незначительное количество ионов хлора и тяжелых металлов (приложение Ж). Для почв характерна кислотность, равная 6,0 и нормальная плотность сложения. В почвах выявлено среднее и высокое содержание гумуса, подвижного фосфора, обменного калия, аммонийного азота и очень низкое содержание нитратного азота (приложение И).

**Ботанический сад Удмуртского государственного университета** расположен на северной окраине г. Ижевска на дерново-подзолистых супесчаных почвах со слабокислой реакцией среды. Растительность типична для зоны смешанных темнохвойных лесов.

В местах взятия растительных образцов почвы характеризуются кислой реакцией ( $pH = 4,53$ ), нормальной плотностью сложения (1,14-1,18 г/см<sup>3</sup>), влажностью 33,34-38,84%. Почвы содержат гумуса 4%;  $P_2O_5 - 48,35$ ;  $K_2O - 108,59$ ;  $NH_4^+ - 271,25$ ;  $NO_3^- - 5,50$  мг/кг почвы. Элементов питания в почве в июне содержится значительно больше, чем в июле, что, вероятно, связано с поглощением их растениями в течение вегетации. В почве также обнаружены ионы  $Cl^-$  и  $Na^+$  в количестве 0,13 и 0,06 ммоль/100 г соответственно.

Кислотность снеговой воды составляет 5,92. Также в ней выявлено незначительное количество тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb, Ni), содержание пыли – 1,02 мг/дм<sup>3</sup>, ионов  $Cl^- - 0,02$  ммоль/дм<sup>3</sup>.

**Санитарно-защитная зона предприятия Автозавод** Предприятие расположено на северо-востоке города в зоне повышенных значений ИЗА, с высокой концентрацией CO ( $> 0,5$  ПДК). На состояние атмо-

сферного воздуха в этом районе оказывает влияние перемещение загрязненных воздушных масс от центральной промышленной зоны города преобладающими ветрами.

Высокие значения ИЗА (табл. 4) связаны в основном с бенз(а)пиреном, формальдегидом, СО и NO<sub>2</sub>. В течение 2004-2005 гг. здесь отмечено неоднократное превышение ПДК по указанным веществам.

Уровень загрязнения почв оценивается как опасный и чрезвычайно опасный ( $Z_c = 32-128$  и  $> 128$ ). Содержание тяжелых металлов в почве составляет: Fe = 4878,4; Mn = 420,1; Zn = 38,5; Cu = 14,8 мг/100 г (Рылова, 2003).

Исследованные нами образцы почвы имеют кислотность, равную 6,79; содержание гумуса 3,68%; достаточно обеспечены фосфором (150,83) и калием (140,61), менее – аммонийным азотом (86,23), при этом отличаются низким содержанием нитратного азота (5,03 мг/кг почвы). Верхние слои почв слабо-, а нижележащие сильно уплотнены ( $> 1,5$  г/см<sup>3</sup>), их влажность в среднем составляет 14,22%, что существенно ниже показателей пригородной зоны.

Снежный покров в районе Автозавода характеризуется нейтральной реакцией (рН = 7,01), содержанием пыли – 1,44 мг/дм<sup>3</sup> и высоким содержанием ионов натрия, хлора, тяжелых металлов, особенно Ni (134,82), Cu (38,67) и Cd (14,00 мг/л) (приложение Ж).

**Санитарно-защитная зона предприятия Буммаш ОАО «Буммаш»** является одним из ведущих предприятий, загрязняющих атмосферный воздух Ижевска. Предприятие, как и Автозавод, расположено в северо-восточной части г. Ижевска в зоне повышенных значений ИЗА.

В годы исследований ИЗА составил 15,85 и 9,24 (2003 и 2004 гг. соответственно). Приоритетными загрязнителями воздуха в этом районе являются бенз(а)пирен, формальдегид, СО, NO<sub>2</sub> и взвешенные вещества. Максимальная разовая концентрация формальдегида в отдельные месяцы достигала 1,3 ПДК, а диоксида азота – 2,2 ПДК.

Почвы в этом районе характеризуются допустимым и умеренно опасным уровнем загрязнения –  $Z_c = 8-16$  и  $16-32$ . В местах взятия растительных образцов почвы имеют щелочную реакцию (рН = 7,11), содержат среднее количество гумуса (3,78%), высокое – подвижного фосфора, калия и аммонийного азота (197,67; 152,55 и 145,67 мг/кг почвы соответственно), низкое – нитратного азота (6,52 мг/кг почвы). Почвы слабо уплотнены (1,24 г/см<sup>3</sup>) и имеют низкую влажность (12,92%).

Н.Г. Рыловой (2003) для данного района отмечен допустимый уровень загрязнения снежного покрова. По нашим данным, снежный

покров имеет содержание ионов хлора и натрия на порядок выше, чем в фоновых образцах, а также максимальное в городе содержание цинка (1885 мг/л).

**Санитарно-защитная зона предприятия Ижсталь** ОАО «Ижсталь» является одним из ведущих предприятий-загрязнителей атмосферного воздуха, несмотря на введение современных технологий. Предприятие расположено в центральной части города, где вследствие образования «острова тепла» и наличия городских бризов происходит скопление загрязненных воздушных масс, и отмечаются повышенные показатели ИЗА, при этом создаются весьма неблагоприятные условия для жизнедеятельности растений.

Рассчитанный нами индекс загрязнения атмосферы для данной территории составил 9,20-13,12, основной вклад в который внесли бенз(а)пирен, формальдегид и СО. В течение 2004-2005 гг. здесь отмечено неоднократное превышение ПДК по оксиду углерода.

Почвы характеризуются высоким суммарным показателем загрязнения ( $Z_c = 32-128$  и более) за счет больших концентраций тяжелых металлов (Fe – 16632,14; Mn – 737,2; Zn – 200,1; Cu – 21,8 мг/100 г).

В местах взятия растительных образцов почвы имели кислотность 6,95, содержание гумуса – 2,17%,  $\text{NH}_4^+$  – 107,27;  $\text{NO}_3^-$  – 18,18;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 270,56;  $\text{K}_2\text{O}$  – 170,27 мг/кг почвы. Для почв характерна слабая уплотненность и низкая влажность.

Н.Г. Рыловой (2003) установлен высокий суммарный показатель загрязнения снежного покрова в данном районе. Ежедневно на 1 м<sup>2</sup> снежного покрова в среднем поступает 13,3-47,7 мг железа, 0,93-3,45 – цинка и 53-248 – меди.

Наши данные также подтвердили, что в снежном покрове СЗЗ предприятия Ижсталь самое высокое в городе содержание пыли, ионов хлора и натрия, а также тяжелых металлов (приложение Ж).

**Санитарно-защитная зона Ижевского электромеханического завода (ИЭМЗ)** Предприятие расположено на набережной Ижевского водохранилища в зоне с пониженными значениями ИЗА. Значительный вклад в этот показатель вносят бенз(а)пирен, формальдегид, СО,  $\text{NO}_2$  и взвешенные вещества. На данной территории зафиксировано неоднократное превышение ПДК по диоксиду азота, оксиду углерода и взвешенным веществам.

Почвы характеризуются опасным уровнем загрязнения ( $Z_c = 32-128$ ), высокими концентрациями Fe, Mn, Zn (3741,2; 344,7; 188,8 мг/100 г соответственно).

В местах взятия растительных образцов почва имела кислотность, равную 6,68; содержание гумуса – 3,86%;  $\text{NH}_4^+$  – 177,79;  $\text{NO}_3^-$  – 10,28;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 278,10;  $\text{K}_2\text{O}$  – 297,42 мг/кг почвы. Почвы нормально и слабо уплотнены, и имеют более низкую влажность по сравнению с зонами условного контроля (приложение И).

Снежный покров, по данным Н.Г. Рыловой (2003), в районе ИЭМЗ характеризуется чрезвычайно-опасным уровнем загрязнения. Нами установлено, что снежный покров имеет нейтральную реакцию ( $\text{pH} = 7,12$ ), содержание пыли и хлорид-ионов сопоставимое с ЗУК (приложение Ж). Содержание тяжелых металлов составляет:  $\text{Cu}$  – 44,83;  $\text{Cd}$  – 43,33;  $\text{Zn}$  – 40,67;  $\text{Ni}$  – 2,97 мг/л.

**Санитарно-защитная зона предприятия Нефтемаш** расположена восточнее центральной промышленной зоны и характеризуется пониженными значениями ИЗА.

Индекс загрязнения атмосферы в годы исследований был на уровне 11,91-8,76. Приоритетный вклад в загрязнение атмосферы в этом районе внесли бенз(а)пирен, формальдегид, фенол,  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$  (табл. 4). Неоднократно отмечалось превышение ПДК по диоксиду азота и фенолу.

Уровень загрязнения почв в данном районе носит умеренно опасный характер ( $Z_c = 16-32$ ). В местах взятия растительных образцов для почвы характерна кислотность 6,71; содержание гумуса – 2,86%;  $\text{NH}_4^+$  – 84,60;  $\text{NO}_3^-$  – 4,80;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 136,06;  $\text{K}_2\text{O}$  – 207,02 мг/кг почвы. Почва слабо- и средне уплотнена и имеет влажность в 2-3 раза ниже по сравнению с парковой и пригородной зонами.

Н.Г. Рыловой (2003) снежный покров в данном районе характеризуется допустимым уровнем загрязнения. Нами выявлено, что снежный покров имеет близкую к нейтральной реакцию ( $\text{pH} = 6,66$ ), содержание пыли 2,14 мг/дм<sup>3</sup>, хлорид-ионов 0,07 ммоль/дм<sup>3</sup> и тяжелых металлов:  $\text{Zn}$  – 6,67;  $\text{Cu}$  – 55,  $\text{Cd}$  – 42,67 мг/л.

**Улица Удмуртская** является одной из самых оживленных магистралей города. Учетные растения располагались на участке протяженностью более 3 км между улицами 10 лет Октября и Советская. Участок характеризуется интенсивным движением автотранспорта, здесь расположено 8 перекрестков, на 5 из которых установлены светофоры. Как известно, замедление движения на перекрестках и в районе остановок общественного транспорта приводит к максимальным выхлопам двигателей (Алексеев, 2000).

На отдельных участках этой магистрали между улицами Майская и Кирова, Красногройская и Советская насаждения полностью отсут-

ствуют. На других участках существующие насаждения не соответствуют нормам озеленения, что является неблагоприятным в экологическом отношении фактором.

Магистраль расположена в зоне повышенных значений ИЗА, высоких концентраций в воздухе СО ( $> 0,5$  ПДК) и взвешенных веществ ( $> 0,3-0,4$  ПДК). Уровень шума составляет 81 дБ (Вахитов, Гагарин, 2005).

Состояние атмосферного воздуха отличалось высокими показателями ИЗА: 11,91-9,35, существенный вклад в его формирование внесли бенз(а)пирен, формальдегид и  $\text{NO}_2$ , по которым отмечено неоднократное превышение ПДК.

Уровень загрязнения почв характеризуется как умеренно опасный, а в отдельных точках – опасный ( $Z_c = 16-128$ ). Содержание тяжелых металлов составляет: Fe – 367,23; Mn – 4210,87; Zn – 20,50; Cu – 41,43 мг/100 г.

Почва в местах взятия растительных образцов имеет значение pH, равное 7,11. Содержание гумуса в почвах составляет 2,29%. Основные элементы минерального питания характеризуются высоким содержанием, за исключением очень низких концентраций нитратного азота – 5,37 мг/кг почвы. Почвы имеют нормальную плотность сложения, но низкую влажность.

Снежный покров в рассматриваемом районе характеризуется щелочной реакцией (pH = 7,6), содержанием пыли – 1,28 мг/дм<sup>3</sup>, ионов хлора и натрия 0,35 и 0,53 ммоль/дм<sup>3</sup> соответственно. Высокое содержание ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$  можно объяснить применением антигололедных смесей. Также в снежном покрове выявлена значительная концентрация тяжелых металлов, в 2-45 раз превышающая фоновые показатели (приложение Ж).

**Улица К. Либкнехта** относится к одной из центральных магистралей г. Ижевска. Нами проведены исследования на участке протяженностью около 1,4 км между улицами Воровского и Красноармейская. На исследуемом участке имеет место интенсивное движение автотранспорта, расположены 5 перекрестков и 3 остановки общественного транспорта.

Магистраль находится в зоне повышенных значений ИЗА, высоких концентраций в воздухе СО (0,4-0,5 ПДК) и взвешенных веществ (от 0,2-0,3 до  $> 0,3-0,4$  ПДК). Уровень шума составляет 80 дБ (Вахитов, Гагарин, 2005).

В годы исследований в этом районе установлены высокие значения ИЗА (табл. 4), приоритетный вклад в который внесли бенз(а)пирен, фор-

мальдегид и СО. Для последних в этот период отмечено неоднократное превышение ПДК.

Почвы в районе ул. К. Либкнехта имеют умеренно-опасный уровень загрязнения ( $Z_c = 16-32$ ). В местах взятия растительных образцов для почв характерна кислотность, равная 6,66, очень высокое содержание гумуса, а также фосфора, калия, аммонийного азота (182,31; 212,90 и 176,87 соответственно) и низкое – нитратного азота (8,80 мг/кг почвы). Установленное высокое содержание гумуса (10,08%) может быть связано с накоплением в почвах углеродсодержащих соединений транспортных выбросов. Для почв характерна нормальная плотность сложения и, также как и в других районах, низкая влажность (приложение И).

Снежный покров в данном районе характеризуется нейтральной реакцией ( $pH = 6,98$ ), высоким содержанием пыли –  $1,53 \text{ мг/дм}^3$  и хлорид-ионов –  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ . Выявлено загрязнение снежного покрова тяжелыми металлами (Cu, Cd, Pb, Ni), особенно Zn (приложение Ж).

Кроме наличия загрязняющих веществ в воздухе, почвах и снежном покрове неблагоприятным для древесных насаждений фактором в магистральных посадках являются повышенные температуры, освещение в ночное время, значительная высота и плотность снежного покрова в зимний период.

Таким образом, можно заключить, что в санитарно-защитных зонах и особенно вдоль магистралей наблюдается высокий уровень загрязнения почв, снежного покрова и более высокие значения суммарного индекса загрязнения атмосферы по сравнению с пригородной и парковой зонами. Агрохимические и физические свойства почв в этих районах также существенно отличаются от зон условного контроля: возрастают значения pH почв, изменяется содержание элементов минерального питания, снижается влажность. В магистральных посадках для почв характерно довольно высокое содержание ионов натрия и хлора, а также органических веществ. Следовательно, относительно низкая степень техногенной нагрузки характерна для пригородной и парковой зон, которые выбраны нами в качестве зон условного контроля. Сложная экологическая обстановка характерна для санитарно-защитных зон предприятий «Ижсталь», «Буммаш» и «Автозавод», а наиболее неблагоприятная – складывается вдоль магистралей. Таким образом, нами изучено физиологическое состояние древесных растений, произрастающих в условиях с разной степенью воздействия комплекса негативных факторов.

### 5.1.1 *Оценка роли факторов экологической дестабилизации городской среды*

Причины критического состояния насаждений в большинстве обследованных функциональных зонах города могут быть связаны как с общеэкологической, так и агротехнической природой. Экологические факторы это загрязнение атмосферного воздуха и почвы (прежде всего это касается крупных магистралей города и металлургического предприятия), агротехнические – недостаток или полное отсутствие ухода за растениями.

Опираясь на методические подходы Е.Г. Мозолева, Н.К. Беловой, Е.Г. Куликова и др. (1997), мы провели оценку роли факторов дестабилизации состояния изучаемых нами экологических категорий зеленых насаждений. Роль природных и антропогенных факторов дестабилизации нами оценивалась в баллах (минимальная – 0 баллов, максимальная – 3 балла) (табл. 5).

## 5.2 **Особенности наступления фенологических фаз у древесных растений в условиях города**

При изучении состояния древесных насаждений, мы проводили наблюдения за сезонными изменениями изучаемых растений. Многие исследователи отмечают нарушение феноритмов роста и развития растений и ускорение процессов старения в условиях техногенного загрязнения окружающей среды (Сергейчик, 1984; Тарабрин, Кондратюк, Башкатов и др., 1986; Штанько, Крупышев, 2000; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Wielgolaski, 2001).

Многолетние фенологические наблюдения в некоторых населенных пунктах Удмуртской Республики, в том числе Ижевске, в 1960-1970-е гг. проводились В.В. Сентемовым (1977). Эти данные в настоящее время требуют уточнения и дополнения, учитывая нарастание и интенсификацию техногенного воздействия на урбаноэкосистему. В фенологических наблюдениях нами отмечались следующие стадии (фенофазы) сезонных изменений:  $Pb^2$  – распускание почек (появление конуса листьев),  $C^2$  – начало цветения,  $C^3$  – конец цветения,  $Pl^3$  – созревание плодов, семян,  $L^3$  – расцветивание отмирающих листьев,  $L^4$  – опадание листьев. Эти фенофазы являются одними из важнейших в сезонном развитии древесных растений и к тому же легко наблюдаемы (Фенологические наблюдения..., 1990; Булыгин, Ярмишко, 2001).

Таблица 5 – Оценка роли факторов дестабилизации состояния зеленых насаждений различных экологических категорий, баллы (г. Ижевск)

Факторы дестабилизации	Оценка роли факторов в различных экологических категориях насаждений*			
	1	2	3	4
<b>ПРИРОДНЫЕ</b>				
1. Неблагоприятные погодные условия и стихийные бедствия:				
а) экстремально высокие и низкие температуры	1**	1	2	3
б) ураганные ветры	2	2	2	3
в) обильные снегопады	1	1	2	3
г) поздневесенние заморозки	1	1	2	2
2. Комплекс болезней и вредителей	2	2	3	3
3. Высокий возраст деревьев и снижение их устойчивости и жизнеспособности	2	3	2	3
<b>АНТРОПОГЕННЫЕ</b>				
1. Химическое, физическое, биогенное загрязнение промышленно-транспортными и бытовыми отходами:				
промышленных предприятий	1	2	2	2
транспортных магистралей	0	1	1	3
2. Нарушение нормального температурного, воздухо- и влагообмена в результате асфальтового покрытия в местах роста деревьев	0	1	2	3
3. Наличие подземных коммуникаций и сооружений в зоне корневых систем	0	1	2	3
4. Дополнительное освещение в ночное время, нарушающее естественные формы поведения насекомых, способствующие их скоплению в зеленых насаждениях	0	1	2	3
5. Нанесение механических повреждений корням, стволам и кронам деревьев: при очистке улиц	0	0	2	3
при прочих работах	0	1	2	3
6. Несовершенство и нарушение правил и режима ведения зеленого хозяйства:				
а) неудачный подбор посадочного материала	1	1	2	2
б) недостаточный полив зеленых насаждений	0	1	3	3
в) отсутствие подкормки и ухода за почвой	2	2	3	3
г) отсутствие своевременного ухода за кроной	0	1	2	2
д) недостаточный объем мероприятий по реконструкции и восстановлению насаждений	3	3	2	3
7. Недостаточное обеспечение городского зеленого хозяйства (законодательное, научное, информационное и материальное)	очень существенное			

Примечания:

\* Экологические категории насаждений: 1. Лесопарки, лесные дачи, территории ботанических садов с элементами лесных насаждений (в наших исследованиях это окрестности и территория Ботанического сада УдГУ); 2. Парки, озелененные территории спортивных, оздоровительных комплексов (ЦПКиО им. Кирова); 3. Внутридворовые и озелененные территории специального назначения (санитарно-защитные зоны промышленных предприятий Автозавод, Ижсталь, Нефтемаш, Буммаш, ИЭМЗ); 4. Уличные посадки при высокой интенсивности транспортных потоков (ул. Удмуртская, ул. К. Либкнехта);

\*\* Оценочные баллы: 0 баллов – воздействие на состояние зеленых насаждений данного фактора отсутствует; 1 – мало существенно; 2 – существенно; 3 – очень существенно.



За период наблюдений отмечены некоторые различия в наступлении отдельных фенофаз у древесных растений, произрастающих в санитарно-защитных зонах и магистральных посадках по сравнению с зоной условного контроля. У большинства исследуемых видов наблюдалось более раннее появление зеленого конуса листьев (Пб<sup>2</sup>), например, у яблони ягодной – на 3-5 и рябины обыкновенной – на 4-9 дней. Тогда как у березы повислой и розы майской, наоборот, эта фаза наступала несколько позже (табл. 6, 7).

Таблица 6 – Средние даты наступления фенологических фаз у древесных растений в различных функциональных зонах города (г. Ижевск, 2005 г.)

Район	Фенологическая фаза						
	Пб <sup>2</sup>	Ц <sup>2</sup>	Ц <sup>3</sup>	Пл <sup>3</sup>	Л <sup>3</sup>	Л <sup>4</sup>	Пб <sup>2</sup> -Л <sup>4</sup>
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.							
ЗУК*	21.04	06.05	14.05	05.06	16.09	10.10	172
СЗЗ* промышленных предприятий	24.04	29.04	08.05	05.06	17.09	25.10	185
магистральные посадки	28.04	11.05	16.05	03.06	14.09	24.10	180
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.							
ЗУК	03.05	12.04	14.05	22.06	16.09	06.10	178
СЗЗ промышленных предприятий	01.05	27.04	06.05	20.06	21.09	10.10	167
магистральные посадки	01.05	24.04	03.05	20.06	24.09	10.10	170
Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.							
ЗУК	26.04	18.04	16.05	28.09	19.09	03.10	168
СЗЗ промышленных предприятий	28.04	17.04	05.05	24.09	15.09	13.10	179
магистральные посадки	27.04	14.04	12.05	23.09	14.09	14.10	183
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.							
ЗУК	23.04	05.07	15.07	15.10	01.10	25.10	185
СЗЗ промышленных предприятий	20.04	02.07	19.07	10.10	06.10	31.10	194
магистральные посадки	20.04	03.07	13.07	11.10	06.10	02.11	196
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.							
ЗУК	10.05	20.05	27.05	10.09	16.09	29.09	143
СЗЗ промышленных предприятий	06.05	25.05	27.05	08.09	15.09	05.10	153
магистральные посадки	06.05	22.05	25.05	08.09	25.09	04.10	152
Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.							
ЗУК	26.04	23.05	06.06	01.07	16.09	02.10	159
СЗЗ промышленных предприятий	27.04	14.05	04.06	25.06	25.09	10.10	166
магистральные посадки	28.04	15.05	03.06	24.06	25.09	11.10	166

Район	Фенологическая фаза						
	Пб <sup>2</sup>	Ц <sup>2</sup>	Ц <sup>3</sup>	Пл <sup>3</sup>	Л <sup>3</sup>	Л <sup>4</sup>	Пб <sup>2</sup> -Л <sup>4</sup>
Яблоня ягодная <i>Mallus baccata</i> L.							
ЗУК	30.04	16.05	24.05	26.08	22.09	14.10	168
СЗЗ промышленных предприятий	25.04	14.05	28.05	19.08	24.09	17.10	176
магистральные посадки	27.04	15.05	31.05	20.08	26.09	18.10	175
Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herrm.							
ЗУК	25.04	15.06	25.06	17.08	18.09	20.10	179
СЗЗ промышленных предприятий	30.04	08.06	18.06	15.08	20.09	22.10	176
магистральные посадки	28.04	07.06	18.06	16.08	21.09	21.10	177

Примечания: \* ЗУК – зоны условного контроля; \*\*СЗЗ промышленных предприятий – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий.

Таблица 7 – Средние даты наступления фенологических фаз у древесных растений в различных функциональных зонах города (г. Ижевск, 2006 г.)

Район	Фенологическая фаза						
	Пб <sup>2</sup>	Ц <sup>2</sup>	Ц <sup>3</sup>	Пл <sup>3</sup>	Л <sup>3</sup>	Л <sup>4</sup>	Пб <sup>2</sup> -Л <sup>4</sup>
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.							
ЗУК*	19.04	05.05	13.05	05.06	18.09	05.10	170
СЗЗ* промышленных предприятий	21.04	29.04	06.05	04.06	17.09	20.10	183
магистральные посадки	20.04	05.05	10.05	01.06	09.09	19.10	183
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.							
ЗУК	01.05	08.04	14.05	20.06	20.09	03.10	179
СЗЗ промышленных предприятий	01.05	19.04	06.05	18.06	22.09	05.10	170
магистральные посадки	01.05	20.04	03.05	17.06	24.09	06.10	170
Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.							
ЗУК	25.04	10.04	01.05	25.09	10.09	29.09	173
СЗЗ промышленных предприятий	20.04	11.04	28.04	20.09	12.09	01.10	174
магистральные посадки	21.04	09.04	25.04	20.09	15.09	30.09	175
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.							
ЗУК	20.04	01.07	10.07	10.10	01.10	22.10	186
СЗЗ промышленных предприятий	16.04	01.07	16.07	08.10	04.10	27.10	195
магистральные посадки	16.04	01.07	15.07	08.10	03.10	29.10	197
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.							
ЗУК	10.05	19.05	24.05	08.09	16.09	22.09	136
СЗЗ промышленных предприятий	01.05	23.05	20.05	07.09	14.09	30.09	153
магистральные посадки	01.05	22.05	19.05	07.09	10.09	01.10	154

Район	Фенологическая фаза						
	Пб <sup>2</sup>	Ц <sup>2</sup>	Ц <sup>3</sup>	Пл <sup>3</sup>	Л <sup>3</sup>	Л <sup>4</sup>	Пб <sup>2</sup> -Л <sup>4</sup>
Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.							
ЗУК	20.04	21.05	05.06	01.07	10.09	30.09	164
СЗЗ промышленных предприятий	19.04	10.05	04.06	25.06	15.09	05.10	170
магистральные посадки	20.04	10.05	01.06	20.06	16.09	05.10	169
Яблоня ягодная <i>Mallus baccata</i> L.							
ЗУК	25.04	14.05	20.05	21.08	24.09	12.10	171
СЗЗ промышленных предприятий	20.04	10.05	17.05	19.08	25.09	15.10	179
магистральные посадки	21.04	11.05	18.05	20.08	26.09	16.10	179
Роза майская <i>Rosa majalis</i> Herrm.							
ЗУК	23.04	13.06	21.06	14.08	19.09	17.10	178
СЗЗ промышленных предприятий	22.04	05.06	17.06	13.08	20.09	19.10	181
магистральные посадки	29.04	04.06	15.06	10.08	20.09	19.10	174

Примечания: \* ЗУК – зоны условного контроля; \*\*СЗЗ промышленных предприятий – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий.

Выявлено, что у деревьев верхнего яруса (первой величины) в условиях города продолжительность цветения сокращается, особенно в магистральных посадках, у низкорослых деревьев и кустарников, наоборот, цветение более продолжительно по сравнению с зоной условного контроля. У липы мелколистной, цветущей в июле, продолжительность цветения также увеличивается, что можно объяснить более высокими температурами воздуха в черте города. У большинства видов наблюдается более позднее появление осенней окраски и, особенно, начало листопада (на 4-14 дней). В 2006 г. фенологические фазы у наблюдаемых растений наступали на 2-3 дня раньше, чем в предыдущем, что связано с более благоприятными погодными условиями. Листопад в 2005 г. начался на 3-5 дней позже, так как осень в этот год наблюдений была затяжной, сухой и теплой.

Продолжительность вегетации у большинства видов, кроме ивы козьей и розы майской, в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках превышает таковую в ЗУК (на 7-15 дней). В этом отношении выделяется липа мелколистная, которая вегетирует в течение 196-197 дней, а вот рябина обыкновенная – всего 136-138 дней.

Причинами сдвига феноритмов растений являются, на наш взгляд, более теплый микроклимат в черте города, дополнительное освещение, продлевающие время вегетации растений, нарушение физиолого-биохимических превращений в период покоя, вызывающее сокращение

его глубины и сроков. Это в свою очередь может быть одной из причин снижения зимо- и морозостойкости растений. Подтверждением тому является выявленное нами существенное снижение зимостойкости почек на годичном побеге у древесных растений в магистральных посадках.

В основе фенологического развития растений лежит наследственно закрепленная ритмичность и периодичность физиологических процессов. Нарушение феноритмов в условиях города, безусловно, влияет на физиологическое состояние древесных растений, их устойчивость и средообразующие функции. Раннее наступление некоторых фенологических фаз и более поздний переход древесных растений в состояние покоя приводит к удлинению продолжительности вегетации в условиях городской среды и, следовательно, снижению морозостойкости и зимостойкости растений, ускорению процессов старения.

### 5.3 Оценка состояния древесных растений

#### 5.3.1 *Результаты таксационного описания древесных растений*

С целью количественной и качественной оценки насаждений нами проведены таксационные описания (с фиксированием пороков) отдельно стоящих деревьев в разных функциональных зонах города (Соколов, 1998; ГОСТ 2140–81). Одновременно проводилась фиксация пороков на цифровой фотоаппарат (цветная вкладка).

Проведенные исследования показали, что наибольшее распространение из пороков деревьев имеют кривизна ствола и прорость, особенно в местах с повышенной рекреационной нагрузкой. Кривизна ствола возникает из-за одиночного стояния деревьев, в результате чего они подвергаются большему влиянию ветра. Прорость – это раны, которые бывают открытыми и закрытыми. Открытые раны наиболее опасны, так как являются местом проникновения различных вредителей и патогенных микроорганизмов, а также могут стать причиной рака деревьев.

Для зоны условного контроля характерно повреждение листовой пластинки деревьев филофагами и закрытые прорости на стволах. Для деревьев, произрастающих в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий и магистральных посадках, характерна кривизна ствола, механическое повреждение ветвей, сухобокость, нередко встречаются инородные включения в стволе деревьев и обдир коры, открытая прорость. В СЗЗ промышленных предприятий чаще можно встретить ядровую

гниль, а в магистральных посадках – хлороз и некроз листьев. Магистральные насаждения также характеризуются достаточно сильным повреждением ассимиляционного аппарата древесных растений филофагами.

Часто встречаются деревья, имеющие стволы с искривлениями, наплывами, морозными трещинами и другими повреждениями. Трещины, раны, наросты могут возникать в результате нарушения деятельности камбия. В городских условиях его активность на различных сторонах одного и того же дерева заканчивается с отклонением в одну и более недель. По-видимому, различия в режимах тепла и освещения заставляют клетки разделяться на отдельные группы – «популяции», например, по зонам холода и тепла. При резкой смене температур, что характерно для техногенных агломераций, происходит увеличение механических напряжений на границах таких групп клеток и, как следствие, наблюдается разрыв тканей дерева (Мазуркин, 2003).

Раны, как правило, дерево «лечит», перераспределяя питательные вещества по стволу в те места, где они необходимы в данный момент. Наличие в городе у древесных растений не зарастающих ран (прорость открытая, сухобокость, трещины) может косвенно свидетельствовать о дефиците питательных веществ в данных условиях.

Фиксированные нами первичные таксационные параметры (высота дерева, диаметр ствола на высоте 1,3 м, возраст дерева) были использованы для расчета у древесных растений прироста ствола по объёму в районах города, где проводились исследования (табл. 8). Данный показатель характеризует среднюю продуктивность, т.е. среднюю скорость роста ствола дерева и может косвенно отражать качество среды произрастания. Для получения более точных результатов последнюю формулу рекомендовано применять для видов древесных растений, формирующих полнодревесный ствол, поэтому указанные выше показатели и их зависимость от степени техногенной нагрузки вычислены нами для березы повислой и липы мелколистной.

Прирост ствола по объёму ( $Z_v$ ) определяется по формуле:

$$Z_v(\text{м}^3/\text{год}) = \sqrt{\frac{V_{\text{ств.}}}{A}},$$

где  $V_{\text{ств.}}$  – объём ствола,  $\text{м}^3$ ;  $A$  – возраст дерева.

Объём ствола рассчитан по формуле Денцина (Ушаков, 1997):

$$V_{\text{ств.}}(\text{м}^3) = 0,001 \cdot D^2_{1,3},$$

где  $D$  – диаметр ствола (на высоте 1,3 м), м.

Таблица 8 – Прирост ствола по объёму у березы повислой и липы мелколистной, произрастающих в различных функциональных зонах города, м<sup>3</sup>/год (г. Ижевск)

Функциональная зона	Место произрастания	Прирост ствола по объёму, м <sup>3</sup> /год	
		Береза повислая	Липа мелколистая
Зоны условного контроля	Ботанический сад УдГУ	0,05	0,02
	Парк им. Кирова	0,03	0,04
Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий	Ижсталь	0,03	0,03
	Автозавод	0,02	0,007
	Нефтемаш	0,007	0,008
	ИЭМЗ	0,03	0,01
	Буммаш	0,02	0,01
Магистральные посадки	Ул. Удмуртская	0,02	0,02
	Ул. К. Либкнехта	0,02	0,03

Проведенные расчеты показали, что в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках прирост ствола по объёму у изучаемых видов древесных растений существенно снижается по сравнению с контрольными деревьями в ЗУК.

### 5.3.2 Напряженность роста древесных растений

Для характеристики устойчивости древостоев и отдельно стоящих деревьев ряд исследователей предлагает использовать показатель напряженности роста. Он представляет собой отношение высоты дерева к диаметру ствола на высоте 1,3 м. Для некоторых видов древесных растений установлено увеличение этого показателя под влиянием неблагоприятных факторов среды. Например, такие исследования, объектом которых была липа мелколистая в возрасте 20-30 лет, произрастающая в различных функциональных зонах, проведены в Москве (Дробышев и др., 2002).

Нами изучена напряженность роста (НР) древесных растений, произрастающих в насаждениях города разного функционального назначения. Результаты обработаны методом дисперсионного анализа (табл. 10).

Установлено, что в целом условия произрастания не оказали существенного влияния на показатель напряженности роста ( $F_{\phi} < F_{05}$ ). У березы повислой и рябины обыкновенной в городских условиях данный показатель превышает наименьшую среднестатистическую разницу. При анализе видовых особенностей (частные различия) выявлено, что у этих же видов, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятий, напряженность роста существенно возрастает, а у клена ясенели-

стного, тополя бальзамического и яблони ягодной (интродуцентов), наоборот, – снижается. В магистральных посадках у березы повислой и клена ясенелистного НР существенно ниже, чем в зонах условного контроля, а у яблони ягодной, наоборот, – выше.

Таблица 10 – Напряженность роста видов древесных растений, произрастающих в различных по функциональному назначению районах (г. Ижевск)

Вид растения (фактор А)	Район произрастания (фактор В)			Среднее по фактору А
	ЗУК*	СЗЗ** промышленных предприятий	магистр- рали	
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth.	0,900	1,307	0,693	0,967
Клен ясенелистный <i>Acer negundo</i> L.	1,043	0,753	0,857	0,884
Тополь бальзамический <i>Populus balsamifera</i> L.	0,570	0,480	0,603	0,551
Липа мелколистная <i>Tilia cordata</i> Mill.	0,803	0,853	0,870	0,742
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	0,843	0,763	0,787	0,798
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,650	1,297	0,780	0,909
Яблоня ягодная <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	0,897	0,693	1,057	0,882
Среднее по фактору В	0,820	0,835	0,761	0,805
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> < F <sub>05</sub>			0,108
НСР <sub>05</sub> частных различий = 0,305; НСР <sub>05</sub> взаимодействия АВ = 0,108				

Примечания: \* ЗУК – зоны условного контроля; \*\* СЗЗ – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий.

Нам не удалось выявить существенного влияния условий произрастания на показатель напряженности роста древесных растений, тем не менее, зафиксирована индивидуальная реакция отдельных видов, проявляющаяся в характере перераспределения ростовых процессов.

### 5.3.3 Жизненное состояние древесных растений

В настоящее время существует ряд оценочных шкал, отражающих состояние деревьев в насаждениях города. Довольно популярна 5-балльная шкала оценки жизненного состояния деревьев В.А. Алексеева (1989, 1990). К более поздним разработкам относятся работа В.Н. Гришко и др. (2002) и шкала, предлагаемая сотрудниками Ботани-

ческого института им. Комарова (Методы изучения..., 2002). Шкала состояния зеленых насаждений, предлагаемая В.С. Теодоронским и др. (2002), на наш взгляд, имеет утилитарный упрощенный подход, и при ее применении в одну категорию градации попадают растения различного физиологического состояния.

При выборе оценочной шкалы мы руководствовались тем, что растения, произрастая в городской среде, испытывают стресс, который выражается в изменении, прежде всего, наиболее чувствительного ассимиляционного аппарата. Именно эта особенность положена в основу методов определения жизненного состояния растений, разработанных физиологами, которые мы применяли в своих исследованиях. Мы использовали шкалу В.С. Николаевского (1999), согласно которой жизненное состояние (ЖС) оценивали визуально (по десятибалльной шкале) по степени повреждения и состоянию ассимиляционного аппарата и крон растений, при этом отмечали: количество живых ветвей в кронах деревьев –  $P_1$ ; степень облиствленности (охвоенности) крон –  $P_2$ ; количество живых (без некрозов) листьев в кронах –  $P_3$ ; среднее количество живой площади листа –  $P_4$ .

В итоге определяли суммарную оценку (максимально 40 баллов) состояния деревьев каждого вида и проводили распределение деревьев по шкале категорий (хорошее состояние – 38-40, удовлетворительное – 36-37, неудовлетворительное – 31-35, усыхающие деревья – менее 30 баллов). Оценка жизненного состояния проведена по 10-25 одновозрастным для каждого вида древесным растениям в каждом из исследуемых районов. Полученные данные представлены в таблице 9 и на рис. 1.

Выявлено, что с ростом степени техногенной нагрузки соотношение категорий жизненного состояния деревьев существенно изменяется, снижается доля деревьев с хорошим состоянием и увеличивается количество усыхающих.

Наименьшие баллы ЖС в целом по городу наблюдаются у липы мелколистной, розы майской и караганы древовидной. Во всех районах (особенно в ЗУК) липа мелколистная и рябина обыкновенная имеют значительные повреждения листовой пластинки вредителями филофагами (степень повреждения составляет около 100%). При этом деревья групповых посадок повреждаются сильнее, чем отдельно стоящие. В тоже время для последних отмечено высокое повреждение листьев точечным некрозом. Невысокий суммарный балл жизненного состояния тополя бальзамического в магистральных посадках также связан с поврежденностью листьев насекомыми-минерами (повреждение достигает



90-100%). Во всех исследуемых районах города отмечено сильное поражение караганы древовидной мучнистой росой.

Таблица 9 – Жизненное состояние древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города, баллы (г. Ижевск)

Район произрастания	Вид растения	Количество живых ветвей в кроне	Степень облиственности, баллы	Количество живых (без некрозов) листьев в кроне	Средняя живая площадь листа	Жизненное состояние, сумма баллов
<b>Зоны условного контроля</b>						
Парк им. Кирова	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	9,6±0,2	39,6±0,2
	Клен	9,0±0,3	10,0±0,7	10,0±0,7	10,0±0,7	39,0±2,3
	Тополь	9,3±0,3	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	37,3±0,3
	Липа	8,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	6,0±0,0	24,0±0,0
	Ива	8,7±1,3	8,7±0,9	9,3±0,3	9,3±0,3	36,0±2,7
	Рябина	9,0±0,0	8,5±0,0	0,0±0,0	9,0±0,0	26,5±0,0
	Яблоня	10,0±0,0	10,0±0,0	8,3±1,2	8,7±0,3	37,0±1,3
	Роза	9,7±0,3	9,7±0,3	8,7±0,3	8,7±0,3	36,7±0,7
	Карагана	10,0±0,0	9,7±0,3	8,0±0,0	8,7±0,3	36,3±0,7
Ботанический сад УдГУ	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	9,3±0,3	39,3±0,2
	Липа	9,3±0,3	10,0±0,0	0,0±0,0	6,7±0,2	26,0±0,3
	Ива	9,7±0,3	9,7±0,3	8,3±0,3	7,3±0,3	35,0±1,0
	Рябина	9,0±0,0	8,7±0,2	6,3±3,2	9,5±0,3	33,6±3,4
	Яблоня	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±0,6	8,7±0,3	37,7±0,9
	Роза	9,7±0,3	9,7±0,3	9,3±0,3	8,7±0,3	37,3±0,7
<b>Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий</b>						
Буммаш	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	38,0±0,0
	Клен	10,0±0,0	9,6±0,31	9,3±0,3	8,7±0,3	37,5±0,3
	Тополь	9,2±0,6	9,5±0,3	9,3±0,3	9,0±0,0	37,0±1,5
	Липа	9,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	9,5±0,0	28,5±0,0
	Ива	9,2±0,4	9,8±0,1	6,2±1,9	8,7±0,2	33,8±2,5
	Рябина	8,7±0,3	8,7±1,3	9,3±0,7	9,0±0,5	35,7±2,8
	Яблоня	10,0±0,0	10,0±0,0	9,3±0,2	9,0±0,0	38,3±0,2
	Роза	10,0±0,0	9,3±0,7	8,7±0,3	8,3±0,7	36,3±1,7
		Карагана	10,0±0,0	10,0±0,0	3,7±1,2	4,2±0,1

## Окончание таблицы 9

Район произ-растания	Вид расте-ния	Количество живых вет-вей в кроне	Степень облиств-ленности, баллы	Количест-во живых (без некро-зов) листь-ев в кроне	Средняя живая площадь листа	Жизненное состояние, сумма бал-лов
Автозавод	Береза	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	37,0±0,0
	Клен	9,7±0,3	9,3±0,3	10,0±0,0	10,0±0,0	39,0±0,6
	Тополь	10,0±0,0	10,0±0,0	9,3±0,33	9,0±0,0	38,3±0,3
	Липа	9,3±0,2	9,7±0,3	7,3±1,7	9,0±0,0	35,8±1,7
	Ива	9,0±0,0	9,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	38,0±0,0
	Рябина	9,0±0,5	9,3±0,7	9,0±0,6	9,2±0,6	36,5±2,3
	Яблоня	9,7±0,3	9,6±0,4	8,9±0,9	8,1±0,6	36,3±1,3
	Роза	10,0±0,0	7,3±0,7	8,0±0,0	8,3±0,7	33,6±1,3
	Карагана	9,7±0,2	10,0±0,0	0,0±0,0	4,2±0,2	23,8±0,3
Ижсталь	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±1,0	9,3±0,7	38,3±1,7
	Клен	10,0±0,0	10,0±0,0	9,0±0,0	9,0±0,0	38,0±0,0
	Тополь	9,7±0,3	9,3±0,3	9,3±0,3	9,0±0,0	37,3±1,2
	Липа	9,3±0,7	9,6±0,3	5,3±2,7	9,2±0,2	33,5±2,5
	Ива	9,3±0,7	8,7±1,3	9,3±0,3	8,3±0,7	35,7±1,5
	Рябина	9,3±0,7	9,3±0,7	9,0±0,6	9,0±0,6	36,7±2,4
	Яблоня	7,2±0,7	6,0±0,6	8,7±0,3	9,0±0,0	30,8±1,4
	Роза	9,3±0,3	7,7±0,3	8,7±0,3	8,3±0,7	34,0±1,0
	Карагана	10,0±0,0	10,0±0,0	5,3±2,7	7,0±1,0	32,3±1,6
Магистральные посадки						
Ул. К. Либкнехта	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	9,5±0,0	8,7±0,3	38,2±0,3
	Клен	9,3±0,7	10,0±0,0	9,3±0,7	10,0±0,0	38,7±0,7
	Тополь	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	5,0±0,0	25,0±0,0
	Липа	9,3±0,2	9,3±0,4	5,7±1,8	7,3±0,8	31,7±2,1
	Ива	8,3±0,3	8,7±0,3	8,0±1,5	7,3±0,7	32,3±2,7
	Рябина	8,0±1,0	9,0±1,0	10,0±0,0	10,0±0,0	37,0±2,0
	Яблоня	9,3±0,3	9,3±0,3	9,0±0,0	9,0±0,0	36,6±0,3
	Роза	8,7±0,8	8,3±1,1	5,0±1,5	5,3±0,2	27,0±3,8
	Карага-	8,3±1,7	8,3±1,2	0,0±0,0	5,3±0,3	22,0±3,0
Ул. Удмурт-ская	Береза	10,0±0,0	10,0±0,0	7,0±0,0	8,0±0,0	35,0±0,0
	Клен	10,0±0,0	10,0±0,0	8,3±0,3	8,3±0,3	36,7±0,7
	Тополь	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	8,0±0,0	28,0±0,0
	Липа	10,0±0,0	10,0±0,0	0,0±0,0	9,0±0,0	29,0±0,0
	Ива	9,3±0,7	9,3±0,7	8,33±1,7	8,7±1,3	35,7±4,3
	Рябина	8,7±0,3	9,7±0,3	10,0±0,0	10,0±0,0	38,3±0,7
	Яблоня	9,3±0,3	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0	39,3±0,3
	Роза	7,7±1,3	7,7±1,3	0,0±0,0	5,0±0,0	20,3±2,7
	Карага-	8,3±1,7	8,0±1,5	0,0±0,0	4,5±0,3	20,8±3,2

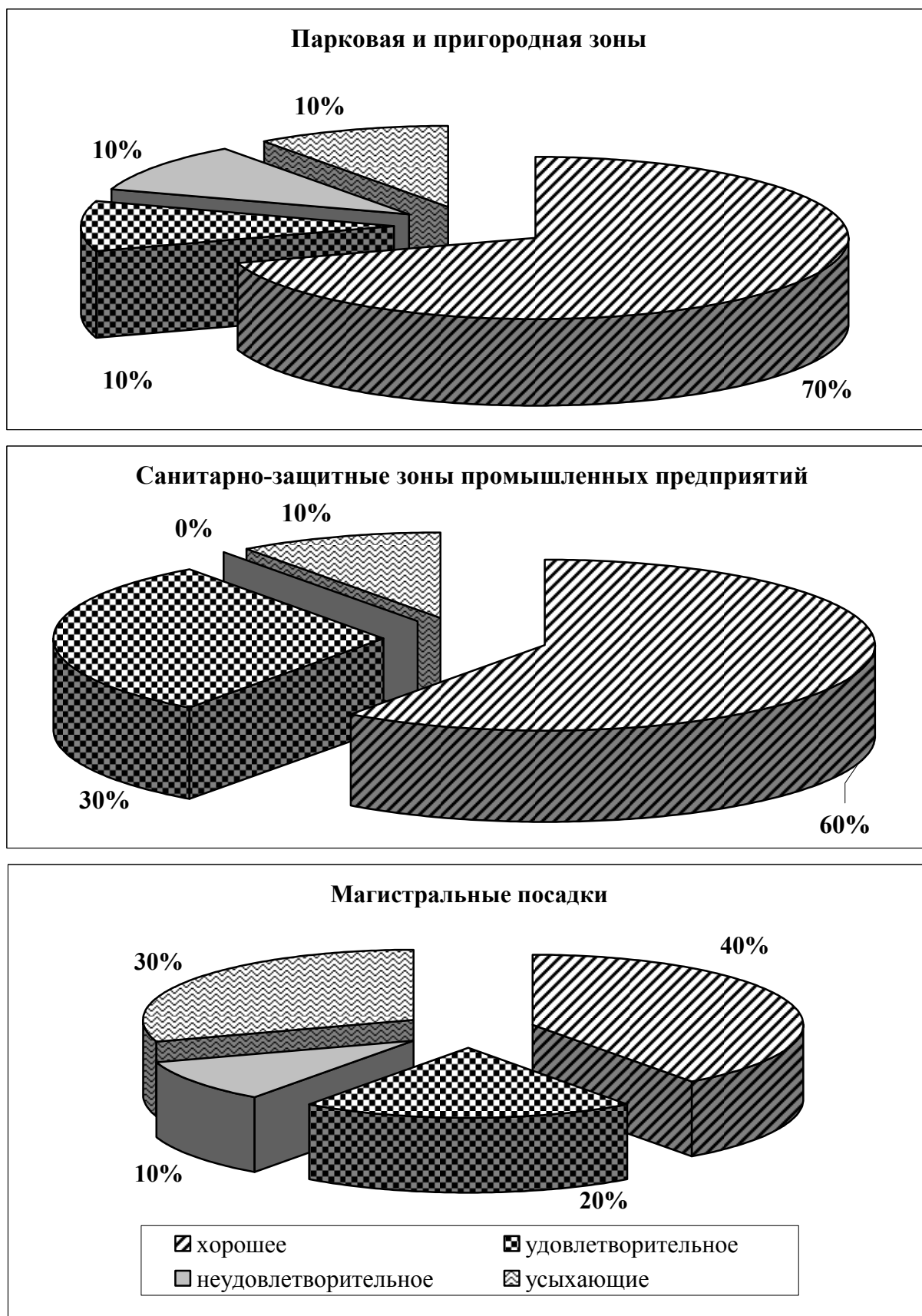


Рис. 1 – Соотношение категорий жизненного состояния древесных растений в функциональных зонах г. Ижевска

Наибольшее количество видов, имеющих низкий жизненный балл, произрастают вдоль крупных автомагистралей. Наиболее сильно страдают древесные растения нижних ярусов (кустарники). Скорее всего, это связано с тем, что выхлопные газы автотранспорта скапливаются у поверхности почвы на высоте до 1,5 м.

Удовлетворительное жизненное состояние растений в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий свидетельствует об относительно удовлетворительном состоянии ассимиляционного аппарата у деревьев в этих районах. Причиной тому, на наш взгляд, является спад промышленного производства в городе в последние годы и связанное с этим некоторое улучшение состояния атмосферного воздуха.

В городской среде высокие баллы ЖС отмечены у березы повислой и клена ясенелистного. Особо следует отметить высокое жизненное состояние яблони ягодной, которая практически не поражена заболеваниями и минимально повреждена насекомыми-вредителями. Этот весьма декоративный вид, устойчивый к газам, следует рассматривать как перспективное растение для озеленения города.

#### ***5.3.4 Морфометрический анализ годичного побега древесных растений***

Растения, произрастая в городской среде, испытывают стресс, который выражается в изменении биохимического состава, физиологических особенностей и, как следствие, морфологических признаков. Условия техногенной среды, безусловно, влияют на систему побегообразования древесных растений.

У деревьев и кустарников в формировании побега выделяют эмбриональную (закладка побега за счет верхушечной меристемы, где формируются все структурные элементы побега) и постэмбриональную (развертывание и рост уже заложенных элементов) фазы. Побеги, вырастающие из почек за один вегетационный период, называют годичными приростами. У деревьев они хорошо различаются благодаря образованию почечных колец. Летом у листопадных деревьев умеренной зоны покрыты листьями годичные побеги только текущего года. Почки, впадающие на некоторое время в покой, а затем дающие новые годичные побеги, называют зимующими. По функции они являются почками

регулярного возобновления, так как за их счет после перерыва возобновляется периодическое нарастание системы побегов.

Большинство древесных растений в умеренной зоне в почках возобновления к концу лета и осени имеют полностью сформированный побег будущего года, включая соцветия и отдельные цветки (исключение липа). По мере продвижения на север процент таких видов растений возрастает. У растений этой группы весной протекает лишь развертывание уже заложенных в прошлом году органов без образования новых цветков и элементов вегетативного побега. Они зацветают раньше тех, у которых в почках возобновления к осени сформирована лишь вегетативная часть побега (липа) или лишь часть вегетативной сферы (растения южных районов).

Терминальная точка продуцирует новые элементы и весной, которые либо отмирают, либо идут на формирование терминальной почки, не принимая участия в удлинении весеннего побега. Подобный тип весеннего роста называют линейным. Он обеспечивается равномерным растяжением и новообразованием клеток в междоузлиях и узлах, заложенных летом и осенью прошлого года в почках возобновления. Невыясненным остается вопрос о делении клеток побега, в значительной степени уже дифференцированных (Серебряков, 1952; Серебряков, 1962; Куперман, Ржанова, 1963; Куперман, 1977; Васильев, Воронин, Еленевский и др., 1978).

Длина междоузлий на протяжении годичного побега не остается постоянной. Характер метамерности у разных видов растений различен, но можно выделить вполне определенные закономерности: например, изменение длины междоузлий по типу одновершинной кривой. Междоузлия максимальной длины у разных видов растений приурочены к разным частям побега – ближе к основанию, в середине или у верхушки побега. Длина междоузлий на побеге отражает интенсивность его роста.

Но не всегда междоузлия на побеге распределяются по принципу одновершинной кривой, например, у липы мелколистной длина междоузлий на побеге вначале возрастает, но нисходящей ветви кривой длины междоузлий здесь не наблюдается. Такой тип можно рассматривать как производный от одновершинного в результате недоразвития и отмирания апикальной части побега.

Различия в длине междоузлий исследователи толкуют по-разному: функцией возрастного состояния (Кренке Н.П.), обменом и ритмичностью синтеза нуклеопротеидов (Сабинин Д.А.), состоянием испаряющей поверхности листьев и поглощающей поверхности корневой системы (Полевой В.В.). Безусловно, проблема периодичности роста и структу-

ры побега должна решаться в общем плане развития и роста растительного организма, т.к. в природе всего растения заложены факторы периодичности роста.

В кроне многих древесных растений умеренной зоны (липа, клен, ясень, дуб, береза, жимолость, бересклет, яблоня, груша, вишня, вяз, черемуха, многие виды ив и др.) имеются недоразвитые или укороченные побеги, которые приурочены к внутренней, затененной части кроны и развиваются из почек, расположенных в базальной части годичных побегов. На них развиваются генеративные органы растения. В пределах одного растения соотношение ростовых и укороченных побегов меняется в разных условиях среды и в онтогенезе. Как правило, в молодом возрасте преобладают ростовые побеги, а в процессе старения возрастает количество укороченных.

Развитие побегов во многом определяется условиями корневого питания. Усиление азотного питания влечет повышенное развитие ростовых побегов. Частичная подрезка корней и осветление кроны вызывают усиленное образование укороченных побегов. Но глубокая подрезка усиливает развитие ростовых побегов из спящих почек. Методы удобрения и подрезки являются, таким образом, средствами управления ростом и развитием различных типов побега.

Листья на годичном побеге также дифференцированы и включают три формации: низовые, срединные и верховые. Низовые листья развиваются у основания годичного побега и выполняют защитную функцию; срединные – ассимилирующую; верховые, развивающиеся в верхней части побега, в области соцветия, – функцию защитных кроющих листьев цветков и соцветий. Не всегда на одном и том же побеге образуются все три формации листьев. Полная смена листьев трех формаций наблюдается в тех случаях, когда годичные побеги заканчиваются образованием соцветий. Из древесных растений подобная смена наблюдается у цветущих побегов сирени обыкновенной, чубушника венечного, рябинника рябинолистного, клена ясенелистного и др. (Серебряков, 1952; Серебряков, 1962).

В пределах годичного побега наблюдается гетерофиллия и анизофиллия листьев. Гетерофиллия – это различие в структуре, величине и форме листьев, находящихся в разных узлах годичного побега, от его основания до его верхушки. Анизофиллия – различие в величине, структуре и форме листьев, сидящих на одном и том же или соседних узлах, различно ориентированных по отношению к горизонту.

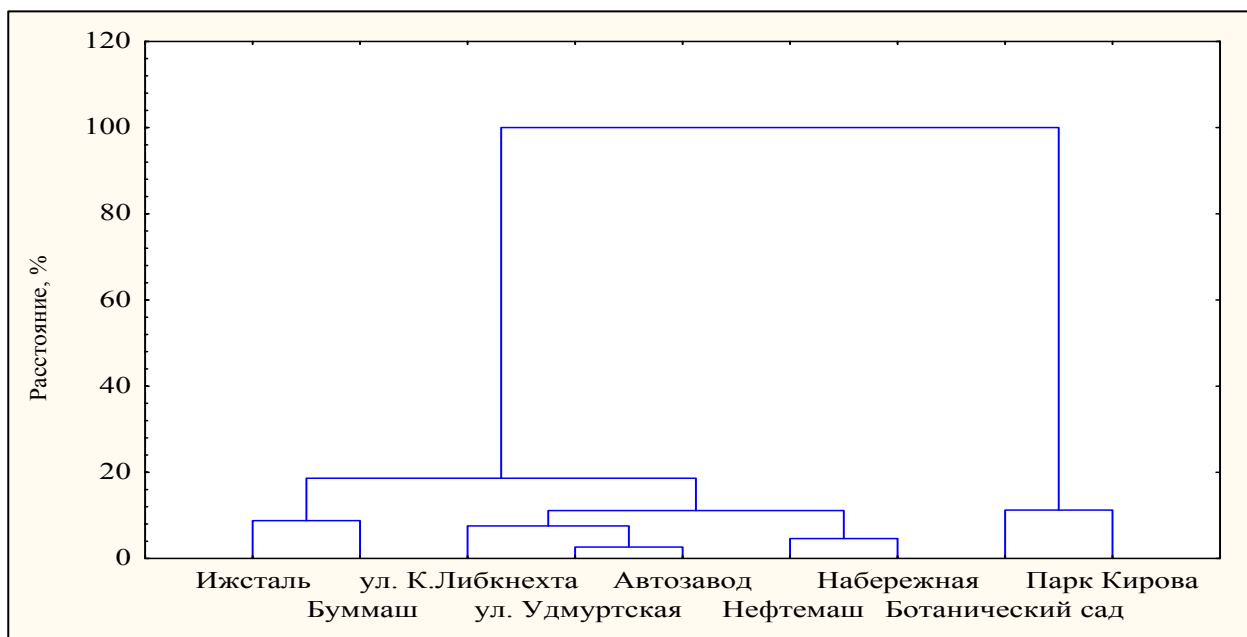
Гетерофиллия проявляется в физиологических, анатомических и морфологических признаках и свойствах листа. Основным фактором анизотрофии является топографическое положение листьев у новых побегов по отношению к материнскому. Лучше растут листья на внешней стороне по отношению к материнскому (экзотрофные); слабее – листья на внутренней стороне побегов, т.е. обращенные к материнскому (эндотрофные). Влияние силы тяжести и одностороннего освещения ослабляет или усиливает действие топографического фактора. Опыты Нордхаузена (1902) показали, что анизотрофия побега и асимметрия листьев детерминирована и частично выражена морфологически еще в почках.

Из спящих почек при наличии определенных условий формируются водяные побеги, которые физиологически являются более молодыми. Некоторые свойства водяных побегов – гигантизм листьев, интенсивность и длительность роста – определяются усиленным корневым питанием, так как корневая система, ранее обслуживавшая всю крону, при ее удалении или гибели «работает» на меньшее число растущих водяных побегов (Серебряков, 1952; Серебряков, 1962; Васильев, Воронин, Еленевский и др., 1978; Крамер, Козловский, 1983).

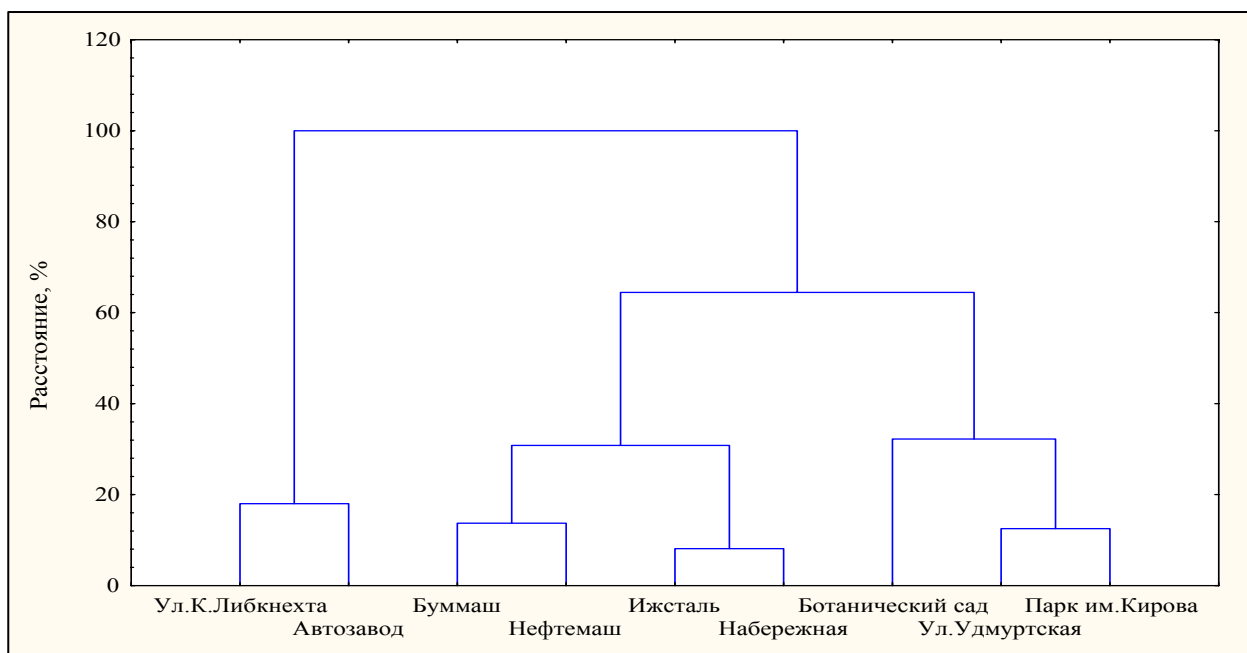
Для изучения роста годичных побегов в условиях техногенной среды мы использовали верхушечные, вегетативные, удлинённые побеги и анализировали их по следующим показателям: длина и количество метамеров, сырая, сухая масса и площадь листьев, удельная плотность  $1 \text{ см}^3$  листа. Сбор годичных побегов проводился в конце августа – начале сентября, после остановки ростовых процессов и заложения зимующих почек. Для интерпретации полученных результатов были использованы кластерный анализ, метод главных компонент и дисперсионный анализ.

Кластерный анализ позволяет объединить изучаемые виды в группы по сходным признакам (параметрам). Анализ показал, что все виды по совокупности морфометрических признаков подразделяются на два больших кластера. В первый кластер объединились клен ясенелистный и рябина обыкновенная, во второй кластер – остальные изучаемые нами виды. По функциональным зонам кластеров выделить не удалось.

Кластерный анализ морфометрических показателей для каждого из изучаемых видов выявил следующие закономерности: у клена ясенелистного по зонам произрастания выделились два крупных кластера (рис. 2). В первый кластер объединились растения, в составе насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий и магистральных посадок, во второй – зон условного контроля. Следовательно, у данного вида достоверно меняется характер роста побегов в условиях интенсивного загрязнения.



**Рис. 2 – Результаты кластерного анализа морфометрических параметров клена ясенелистного, произрастающего в различных функциональных зонах (г. Ижевск)**



**Рис. 3 – Результаты кластерного анализа морфометрических параметров березы повислой, тополя бальзамического, липы мелколистной, рябины обыкновенной, яблони ягодной, розы собачьей и караганы древовидной, произрастающих в различных функциональных зонах города (г. Ижевск)**



Используемый нами метод главных компонент позволил выявить, по каким признакам происходит объединение видов в группы. Главная компонента 1 высоко значимо отрицательно коррелирует с сырой (-0,91) и сухой массой (-0,88), а также с площадью листьев (-0,86), на эту компоненту приходится 39,3% изменчивости, что говорит о сильном изменении этих морфометрических показателей побега в санитарных зонах промышленных предприятий и магистральных посадках (рис. 4). Главная компонента 2 высоко значимо отрицательно коррелирует с длиной годового побега (-0,75), при этом на нее приходится 14,6% изменчивости. Главная компонента 3 высоко значимо отрицательно коррелирует с количеством метамеров побега (-0,78).

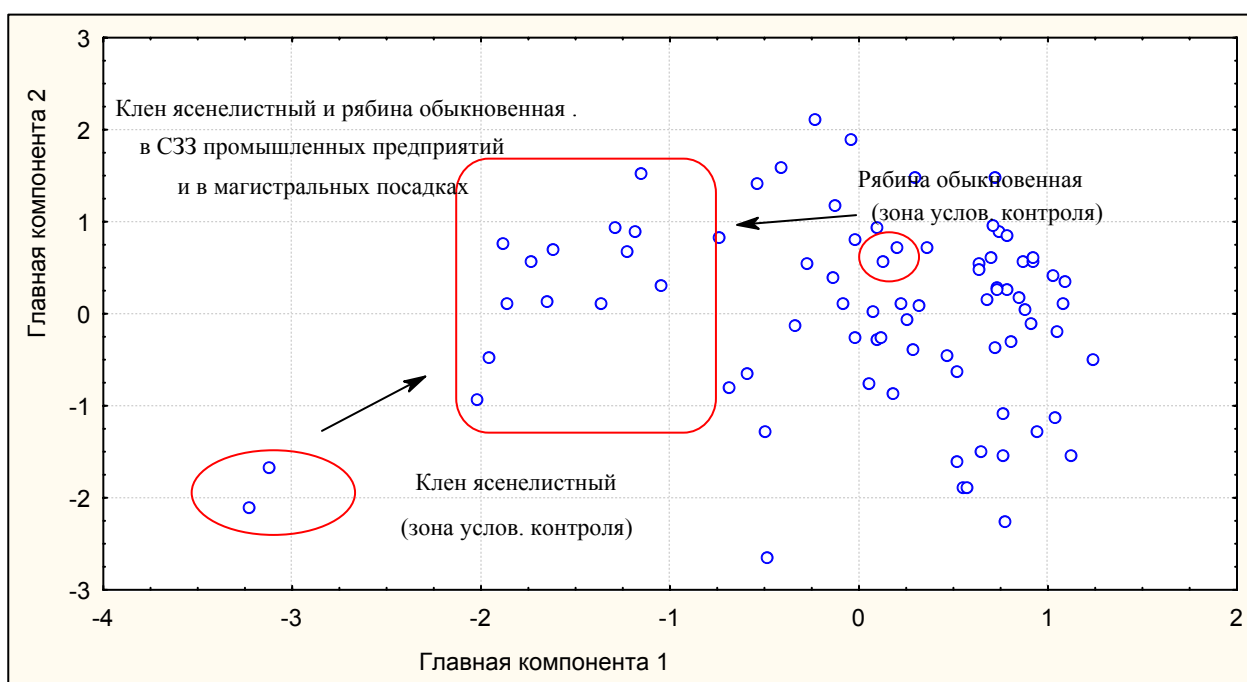


Рис. 4 – Положение объектов в осях главных компонент 1 и 2

Клен ясенелистный и рябина обыкновенная, произрастающие в магистральных посадках и СЗЗ промышленных предприятий, объединились в группу. У клена ясенелистного при переходе из ЗУК в зоны интенсивного загрязнения изменяется не только масса и площадь листьев, но и длина годового побега, у рябины обыкновенной – только масса и площадь листьев.

Для выявления влияния видовых особенностей, функционального назначения насаждения (условий места произрастания) на отдельные морфологические параметры годового побега древесных растений проведен многофакторный перекрестно-иерархический дисперсионный

анализ (вложенные факторы – конкретный пункт сбора и учетное растение). Выявлено, что изучаемые факторы, а также их взаимодействие являются значимыми (табл. 11). Для сравнения различий использовался метод множественного сравнения LSD-test (Биометрия, 2005).

Таблица 11 – Результаты достоверности влияния изучаемых факторов на морфометрические параметры годичного побега древесных растений

Морфометрические параметры	Факторы		
	вид древесного растения	функциональная зона	взаимодействие факторов
Длина побега	$P < 10^{-29}$	$P = 6,72 \cdot 10^{-8}$	$P < 10^{-29}$
Количество метамеров	$P < 10^{-29}$	$P = 7,38 \cdot 10^{-27}$	$P = 4,12 \cdot 10^{-20}$
Сухая масса листьев	$P < 10^{-29}$	$P = 1,97 \cdot 10^{-7}$	$P = 2,73 \cdot 10^{-29}$
Сырая масса листьев	$P < 10^{-29}$	$P = 0,0004$	$P < 10^{-29}$
Площадь листьев	$P < 10^{-29}$	$P = 0,0002$	$P < 10^{-29}$

Анализ видовых особенностей показал, что у клена ясенелистного с повышением уровня загрязненности происходит уменьшение длины годичного побега (рис. 5) и его структурных элементов (рис. 6, 7), что соответствует отмечаемому исследователями явлению ксерофитизации побега в условиях техногенной нагрузки (Николаевский, 1979; Кулагин, 1985; Неверова, Колмогорова, 2003).

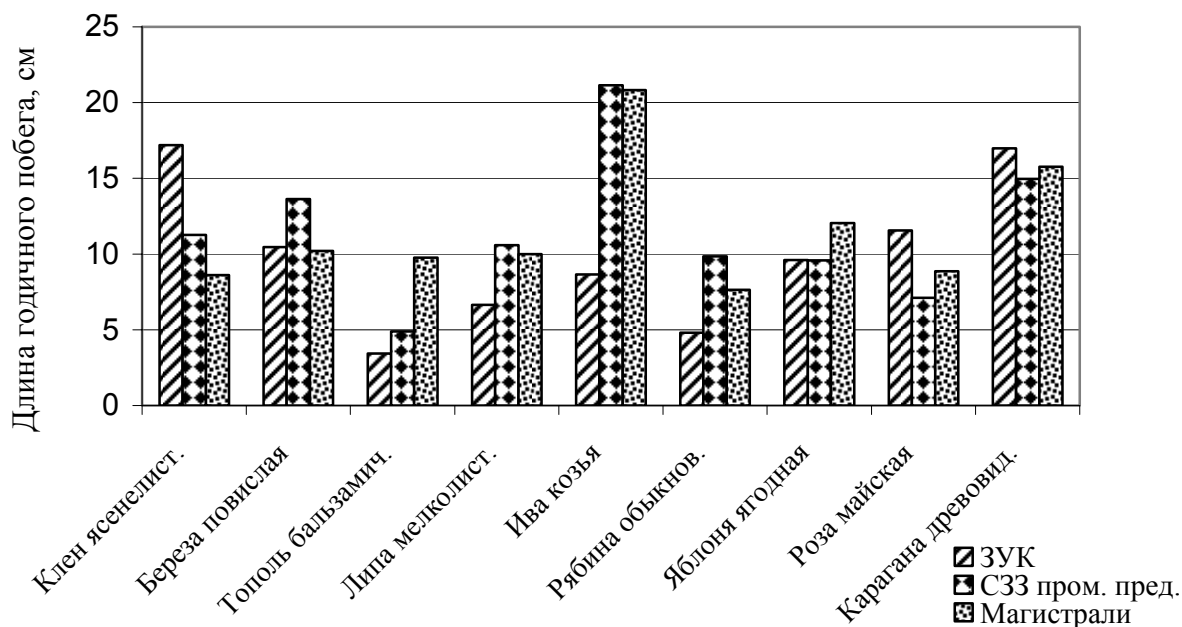


Рис. 5 – Длина годичного побега древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города, см

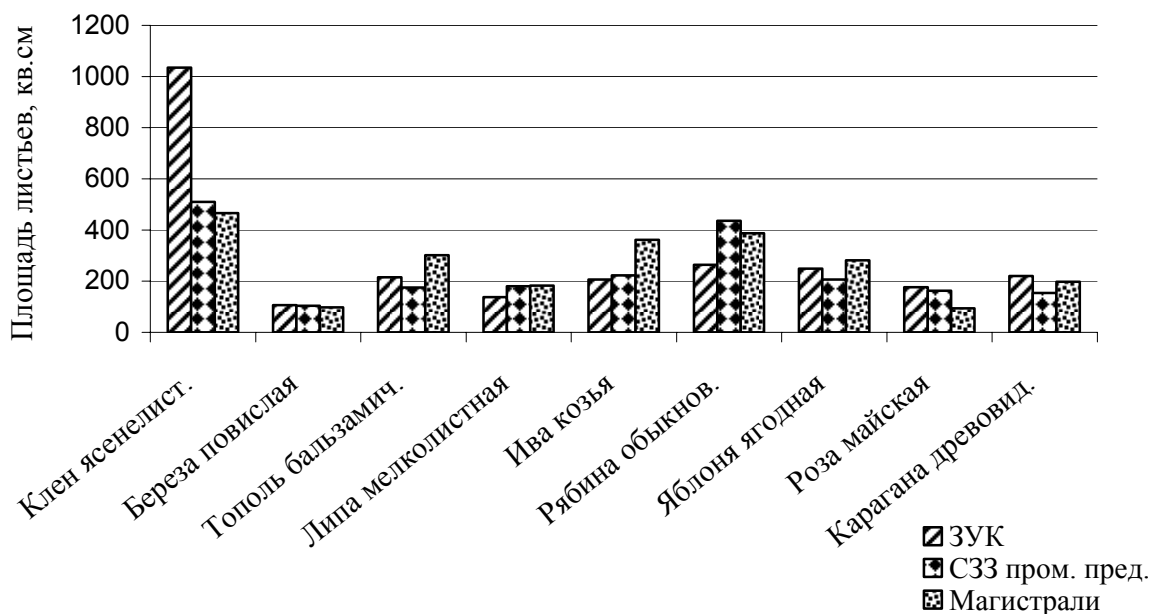


Рис. 6 – Площадь листьев на годичном побеге древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города, см<sup>2</sup>

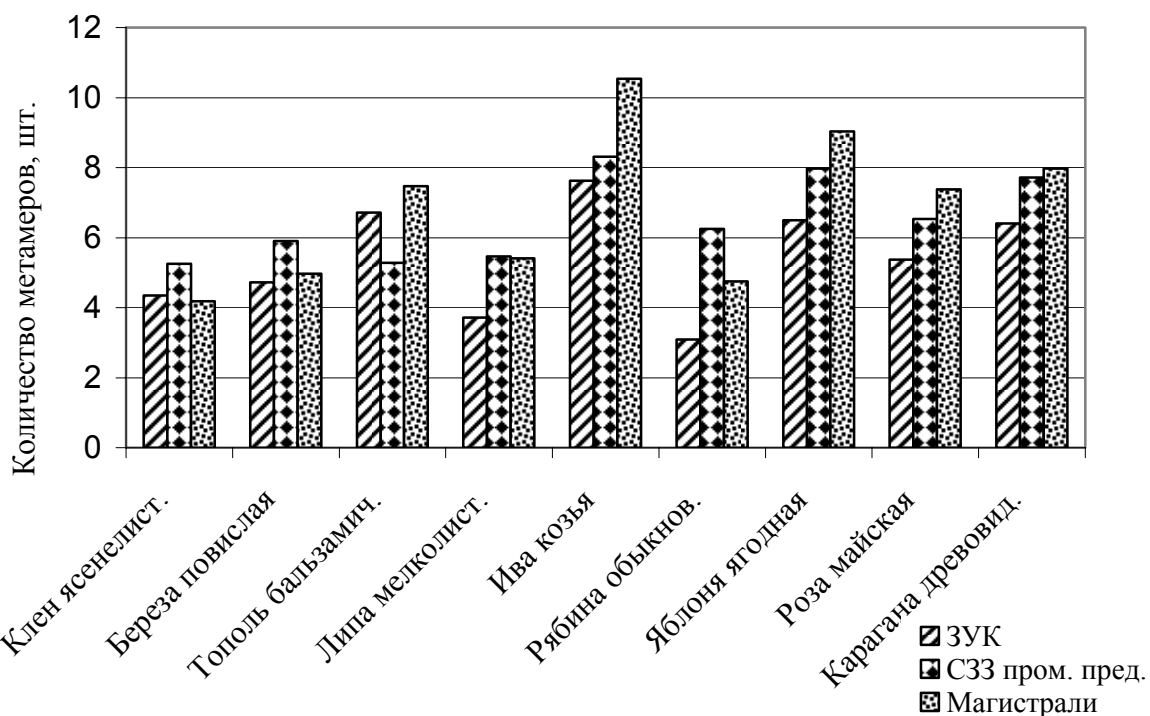


Рис. 7 – Количество метамеров на годичном побеге древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах города, шт.

В.С. Николаевский (1979) утверждает, что явление ксероморфности способствует повышению газоустойчивости видов. По Кулагину (1985), минимализация размеров побега у древесных растений носит

преадаптивный характер и наблюдается у видов устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды. Но в научной литературе появляются данные о том, что в условиях загрязнения среды у некоторых видов, являющихся довольно устойчивыми, может происходить и удлинение годичного побега (на примере березы повислой) (Турмухаметова, 2005).

Нами отмечено, что у ивы козьей и рябины обыкновенной в магистральных посадках происходит удлинение годичного побега, что связано с увеличением числа метамеров, при этом масса и площадь листьев на побеге также возрастают. У липы мелколистной (в СЗЗ промышленных предприятий и в магистральных посадках), у яблони ягодной и березы повислой (только в магистральных посадках) происходит удлинение годичного побега за счет увеличения числа метамеров, но при этом остаются неизменными показатели массы и площади листовой поверхности. У караганы древовидной при разной степени техногенной нагрузки морфометрические параметры побега остаются неизменными (рис. 5-7).

Таким образом, проведенные исследования выявили достоверные изменения морфологии годичного побега у клена ясенелистного и рябины обыкновенной в условиях техногенной нагрузки разной степени. Следовательно, эти виды и их параметры (масса и площадь листьев, длина годичного побега – у клена ясенелистного; масса и площадь листьев – у рябины обыкновенной) можно рекомендовать как индикаторные при мониторинге состояния урбаноэкосистем.

Проведенный нами морфометрический анализ побега позволяет выделить три стратегии изменения побегообразования в условиях техногенной нагрузки: у одних видов происходит ксерофитизация морфологических структур (клен ясенелистный); у других – удлинение годичного побега (береза повислая, ива козья, рябина обыкновенная, липа мелколистная и яблоня ягодная); третья группа не реагирует на данные условия изменением морфогенеза побега. При этом удлинение годичного побега сопровождается существенным увеличением числа его метамеров. Это свидетельствует о том, что техногенная среда оказывает влияние не только на постэмбриональную стадию побегообразования у древесных растений (что отмечалось ранее, как результат влияния окислов углерода, подкисляющих среду клеток эпидермиса до pH 3-4 и имитирующих действие ауксинов (Полевой и др., 1991; Васфилов, 2003)), но и на эмбриональную фазу развития побега, когда происходит его закладка. Влияние техногенной среды на эмбриональную стадию

развития годичного побега получило подтверждение и в исследованиях митотического цикла меристематических клеток у хвойных растений в городских условиях (Вострикова, 2005).

### 5.3.5 Зимостойкость почек древесных растений

Мы исходили из предположения о том, что изменение длины годичного побега может быть связано со снижением зимостойкости почек в условиях техногенной среды, что объясняется нарушением сроков и глубины покоя древесных растений в городских условиях. С целью проверки данного предположения нами проведен анализ зимостойкости почек годичного побега у древесных растений, произрастающих в составе насаждений различного функционального назначения. Для анализа в марте отбирали по 10 годичных побегов (северной и южной экспозиции) у каждого изучаемого вида. Зимостойкость почек оценивали по пятибалльной шкале: 0 – признаков повреждения нет; 1 – очень слабое повреждение: легкое, едва заметное, побурение почек (фиксируемое на продольном разрезе); 2 – слабое повреждение: слабо заметное побурение почек; 3 – среднее повреждение: хорошо заметное побурение почек; 4 – сильное повреждение: почки окрашены в коричневый цвет; 5 баллов – очень сильное повреждение: почки на продольном срезе окрашены в темно-коричневый, почти черный цвет.

Зимостойкость почек является качественным, или атрибутивным, признаком, для которого использованы соответствующие статистические методы обработки качественных признаков (Доспехов, 1973). Разница повреждений сравнивалась с зоной условного контроля. Устанавливали значимость различия двух долей (зона условного контроля и сравниваемый район) и определяли доверительный интервал разности долей. Сводные статистические характеристики вычисляли по следующим критериям:

1. Доля признака:

$$p_1 = \frac{n_1}{N_1}; \quad p_2 = \frac{n_2}{N_2},$$

где  $n$  – численность группы;  $N$  – объем выборки;

$$q_1 = 1 - p_1; \quad q_2 = 1 - p_2,$$

где  $p$  и  $q$  – выборочные доли.

2. Ошибка доли:

$$Sp_1 = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{N_1}}, \quad Sp_2 = \sqrt{\frac{p_2 \cdot q_2}{N_2}}$$

3. Ошибка разности долей:

$$Sd = \sqrt{Sp_1^2 + Sp_2^2}$$

4. Доверительный 95%-ный интервал разности долей:

$$(p_1 - p_2) \pm t_{05} \cdot Sd,$$

где  $t_{05}$  – теоретическое значение критерия Стьюдента (1,96).

5. Критерий существенности разности долей:

$$t_{\phi} = \frac{p_1 - p_2}{Sd}$$

6. Число степеней свободы:

$$n_1 + n_2 - 2$$

Разность между сильной (4-5 баллов) поврежденностью почек древесных растений в СЗЗ промышленных предприятий Автозавод, Нефтемаш, ИЭМЗ и зоной условного контроля является несущественной ( $t_{\phi} < t_{05}$ ) (табл. 12). При этом на побегах северной экспозиции у всех изучаемых видов деревьев и кустарников существенно снижается количество почек, не имеющих повреждения (0 баллов). В СЗЗ предприятия «Ижсталь» увеличивается число почек с максимальным повреждением (северная экспозиция).

На ул. К. Либкнехта снижено количество почек, не имеющих повреждения и, наоборот, увеличивается число почек с максимальной степенью повреждения, последнее – характерно и для магистральных посадок на ул. Удмуртская. Видовых отличий по повреждаемости почек низкими температурами выявить не удалось.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что в городе на побегах древесных растений снижается количество почек, не имеющих повреждений в зимний период, а в условиях интенсивной техногенной нагрузки существенно возрастает число максимально поврежденных почек.

Таблица 12 – Сравнительные статистические характеристики зимостойкости почек древесных растений в различных местах произрастания (г. Ижевск, 2003-2004гг.)

Экспозиция* <sup>1</sup>	Показатели	Место произрастания					
		Автозавод	Нефтемаш	Набережная	Ижсталь	Ул. К. Либкнехта	Ул. Удмуртская
		Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий			Магистральные посадки		
С	$t_{\phi 0}^{*2}$	2,65	6,02	2,80	0,00	-2,52	3,03
	$t_{\phi 1}$	0,38	-3,00	-0,41	0,40	0,41	-1,49
	$t_{\phi 2}$	-2,78	-5,92	-4,20	-1,36	-0,80	-4,35
	$t_{\phi 3}$	-2,84	-2,82	-2,00	-0,61	0,52	-1,32
	$t_{\phi 4}$	-1,69	-3,12	-0,78	1,17	-1,75	-0,83
	$t_{\phi 5}$	-0,74	-0,72	-0,00	6,16	3,37	2,47
Юг	$t_{\phi 0}$	-0,00	3,22	-0,00	0,00	-5,48	0,00
	$t_{\phi 1}$	-0,58	-1,16	2,22	2,05	2,35	1,12
	$t_{\phi 2}$	-1,02	-0,95	-0,99	-3,61	-0,49	-3,03
	$t_{\phi 3}$	-2,97	-0,72	-2,97	0,59	1,25	-1,79
	$t_{\phi 4}$	-1,04	-1,69	0,96	0,00	0,00	4,86
	$t_{\phi 5}$	0,00	-0,54	-2,80	0,48	2,35	1,12
С		$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} < t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$
		$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} > t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$
		$t_{\phi 2} > t_{05}$	$t_{\phi 2} > t_{05}$	$t_{\phi 2} > t_{05}$	$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} > t_{05}$
		$t_{\phi 3} > t_{05}$	$t_{\phi 3} > t_{05}$	$t_{\phi 3} > t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$
		$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} > t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$
		$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} > t_{05}$	$t_{\phi 5} > t_{05}$	$t_{\phi 5} > t_{05}$
Юг		$t_{\phi 0} < t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} < t_{05}$	$t_{\phi 0} < t_{05}$	$t_{\phi 0} > t_{05}$	$t_{\phi 0} < t_{05}$
		$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$	$t_{\phi 1} > t_{05}$	$t_{\phi 1} > t_{05}$	$t_{\phi 1} > t_{05}$	$t_{\phi 1} < t_{05}$
		$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} > t_{05}$	$t_{\phi 2} < t_{05}$	$t_{\phi 2} > t_{05}$
		$t_{\phi 3} > t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$	$t_{\phi 3} > t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$	$t_{\phi 3} < t_{05}$
		$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} < t_{05}$	$t_{\phi 4} > t_{05}$
		$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} > t_{05}$	$t_{\phi 5} < t_{05}$	$t_{\phi 5} > t_{05}$	$t_{\phi 5} < t_{05}$

Примечания: \*<sup>1</sup> С – побег северной экспозиции; Юг – побег южной экспозиции; \*<sup>2</sup>  $t_{\phi 0}$  – индекс соответствует баллу поврежденности почек.

### 5.3.6 *Ассимиляционная активность древесных растений*

Фотосинтез весьма чувствителен к факторам внешней среды и тесно связан с физиологическим состоянием листьев и растения в целом. Считается, что древесные растения, особенно хвойные, по интенсивности фотосинтеза в расчете на единицу площади листовой поверхности уступают сельскохозяйственным травянистым растениям. Объясняется этот факт немногочисленностью фотосинтетических единиц в хлоропластах деревьев. Низкая интенсивность фотосинтеза древесных растений компенсируется за счет более продолжительного вегетационного периода (у вечнозеленых хвойных) и большого количества световых и теневых листьев. Листья распределяются в кроне дерева таким образом, что достигается максимальное использование энергии света и поэтому можно сказать, что экологическая стратегия древесных растений состоит в обеспечении оптимального фотосинтеза в условиях разного светового режима (Горышина, 1979; Веретенников, 1980; Голубева, 1999; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003).

В условиях города из-за более высоких температур воздуха, асфальтового покрытия, повышенной плотности и загрязненности почв солями, вызывающими осмотическое связывание воды, уменьшается листовая поверхность и существенно снижается фотосинтетическая деятельность деревьев (Тарабрин, 1990; Лихолат, Мыщик, 1996; Неверова, 1999; Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Раппопорт, 2004).

Факторами, снижающими фотосинтетическую деятельность древесных растений в условиях загрязнения атмосферы, являются также пыль и сажа в воздухе, действие которых проявляется в закупоривании устьиц, задержке поглощения  $\text{CO}_2$  и изменении оптических свойств и теплового баланса листа. Городская атмосфера из-за повышенной мутности значительно уменьшает продолжительность солнечного сияния и ослабляет приход солнечной радиации (Илькун, 1978; Веретенников, 1980; Экологические проблемы..., 1998; Чернышенко, 2001).

В городах атмосферный воздух отличается повышенным содержанием углекислоты, выделяемой промышленными предприятиями. Углекислота, образующаяся при горении, не может сразу усваиваться растениями в процессе фотосинтеза. Доступной растениям она становится на прямом солнечном свете через 2,0-2,5 часа, на слабом рассеянном свете и в темноте – только через сутки и то лишь на 8-10%, поэтому в озеленении промышленных центров следует использовать виды с максимальной суточной и годичной продуктивностью фотосинтеза, например,



вечнозеленые формы, хвойные интродуценты (Смирнова, Чистякова, Попатюк и др., 1990).

Существенное отрицательное влияние на физиологические и биохимические процессы в растениях оказывают легко растворяющиеся в воде кислые газы техногенного происхождения ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ). Они понижают водный потенциал клеточных стенок, что вызывает плазмолиз клеток. Проникшие в клетку газы в наибольшем количестве сосредотачиваются в хлоропластах, что связано с активным обменом метаболитов между хлоропластами и цитоплазмой. Происходит набухание хлоропластов, вызванное проникновением воды внутрь тилакоидов, и дезорганизация их внутренней мембранной системы. Кислые газы снижают синтез хлорофилла и его активность, что влечет более раннее старение листьев (Илькун, 1978; Барахтенова, 1983; Кулагин, 1985; Барахтенова, Николаевский, 1988; Сойккели, Карнлампи, 1988; Костенко, Боронин, 1993; Васфилов, 2003; Прожерина, Тарханов, 2004; Михайлова, Бережная, Афанасьева и др., 2005; Kocou, 1990; Wagner, Kolbowski, Oja and other, 1990). Подкисление симпласта листа, предположительно, активизирует в нем окислительно-восстановительные реакции, в регуляции которых принимает активное участие аскорбиновая кислота, поэтому динамика ее содержания в листьях может быть использована при оценке устойчивости отдельных видов растений, а также в целях индикации качества окружающей среды (Масленников, 2001; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003).

Причиной снижения фотосинтеза также является продолжительное действие токсикантов, приводящее к изменению анатомической структуры дерева (Силаева, 1978; Сазонова, Болондинский, 1996).

В настоящее время является установленным факт синергического взаимодействия загрязняющих веществ, при этом даже переносимый растениями уровень отдельного вещества может повреждать их в присутствии небольших количеств другого вещества. В опытах М. Дончевой-Боневой (1996) установлено, что одновременное действие трех загрязняющих газов оказывает более сильное влияние на количество пигментов фотосинтеза. Т.А. Михайловой, Н.С. Бережной, Л.В. Афанасьевой и др. (2005) отмечена способность фторидов, в частности фтористого водорода, в сочетании с другими поллютантами (диоксид серы, хлор) резко усиливать токсическое влияние на древесные растения.

В изменение интенсивности фотосинтеза свой вклад вносят болезни и вредители. Слабый рост листьев, некротические повреждения, пятнистость листьев, потеря листовой поверхности – все эти симптомы болезней уменьшают синтез углеводов в результате сокращения листовой поверхности, при

этом эффективность процессов остающихся фотосинтезирующих тканей существенно понижается (Крамер, Козловский, 1983; Чукпарова, 2005).

Косвенное влияние на фотосинтез оказывает режим минерального питания растений. Недостаток азота влияет на структуру листьев, сокращая их площадь в среднем наполовину и снижая интенсивность фотосинтеза. Установлено, что содержание общего азота в листьях растений в условиях техногенной среды часто бывает выше нормы (причинами могут быть накопление свободных аминокислот в условиях стресса, поглощение листьями и вовлечение в метаболизм азотсодержащих загрязнителей – окислов азота, аммиака), что вызывает угнетение синтеза хлорофилла в листьях и, как следствие, депрессию фотосинтеза (Попов, Негруцкая, Петрова, 1982; Крамер, Козловский, 1983; Рожков, Михайлова, 1989; Васфилов, 2003; Wareham, McBean, Vume, 1988). При недостатке фосфора фотосинтез снижается вследствие нарушения переноса энергии в системе АДФ-АТФ, нарушения анатомической структуры листьев, нарушения регуляции устьичных движений. Недостаток калия так же, как и фосфора, может затруднять перенос энергии при фотосинтезе и усиливать дыхание, понижая интенсивность нетто-фотосинтеза. Поток ионов калия связан с устьичными реакциями (Крамер, Козловский, 1983).

Установлено, что низкие концентрации тяжелых металлов в листьях приводят к увеличению площади листьев, что связано с растяжением клеток и увеличением межклеточных пространств, а не с образованием новых фотосинтезирующих структур. Высокие концентрации указанных элементов, наоборот, вызывают ксерофитизацию и задержку роста листьев (Тарабрин, Кондратюк, Башкатов, 1986; Голубева, 1999; Башкот, Дорогобидова, 2005).

При изучении фотосинтетической деятельности растений в урбанизированной среде необходимо учитывать закономерности суточной и сезонной динамики фотосинтеза древесных растений. В утренние часы фотосинтез коррелирует с интенсивностью света, а в более поздние часы его ограничивает водный стресс листьев, влияющий на ширину устьичных щелей и интенсивность поглощения  $\text{CO}_2$ . Особенно ярко это проявляется в урбанизированной среде, отличающейся комплексным недостатком влаги в почве и атмосферном воздухе. Здесь явно выражена сильная депрессия фотосинтеза, который в лучшем случае в полной мере возобновляется только в предвечерние часы, потому что транспирационная деятельность после водного стресса у древесных растений восстанавливается быстрее, чем фотосинтетическая (Веретенников, 1980; Голубева, 1999).

Особенности сезонной динамики фотосинтеза зависят от характера формирования и развития листьев и годичных побегов. У видов, побеги которых полностью формируются в зимующих почках, листовая поверхность достигает максимума в начале вегетационного периода. Гетерофильные и периодически отрастающие виды продолжают увеличивать количество листьев в течение всего сезона. Следовательно, сезонные изменения фотосинтетической способности происходят при изменении площади листьев. У голосеменных фотосинтетическая способность также изменяется при появлении новой хвои, а осенью они дольше, чем покрытосеменные сохраняют свою способность к фотосинтезу. На годичном побеге у лиственных пород наиболее интенсивно ассимилируют листья, расположенные в средней его части. У хвойных растений такой закономерности нет, наибольшей ассимиляционной способностью обладает хвоя текущего года после ее полного формирования (Веретенников, 1980).

Возраст листа также является фактором, влияющим на сезонную динамику интенсивности фотосинтеза. В течение вегетации фотосинтетическая активность листьев повышается до момента полного формирования листовой пластинки (хвои), затем с увеличением возраста - понижается. Увеличение размера листа связано с развитием внутренней структуры листьев и устьиц, синтезом хлорофилла, понижением диффузионного сопротивления, повышением интенсивности фотофосфорилирования и синтеза белков, увеличением активности РДФ-карбоксилазы и резким уменьшением митохондриального дыхания. Постепенное понижение фотосинтеза после окончания разворачивания листьев связано с увеличением диффузионного сопротивления, уменьшением синтетической активности фосфорилирующей системы хлоропластов, содержания белков, РНК и ДНК и активности РДФ-карбоксилазы. Кроме того, наблюдается увеличение фотодыхания до сравнительно высокого уровня и заметное понижение митохондриального дыхания (Веретенников, 1980; Крамер, Козловский, 1983). В условиях техногенного загрязнения усиливается синтез абсцизовой кислоты (АБК), что ускоряет старение листьев. АБК подавляет синтез фермента амилазы, гидролизующего крахмал, и происходит его накопление в листьях, что в свою очередь ингибирует процесс фотосинтеза (Гамалей, Куликов, 1978; Мокроносова, 1983; Васфилов, 2003).

Древесные растения разных типов жизненных стратегий (фитоценотическая конкурентность, толерантность, реактивность), которые обеспечиваются интенсивностью процессов жизнедеятельности, в раз-

ные этапы онтогенеза имеют определенную интенсивность работы листьев и долю активно фотосинтезирующих годовичных побегов. Наиболее полно возможности растений проявляются в виргинильном и генеративном онтогенетических состояниях (Смирнова, Чистякова, Попатюк и др., 1990).

Существуют различные методы и способы изучения фотосинтеза древесных растений. Изучение фотосинтетической деятельности по содержанию хлорофилла в листьях представляется достаточно сложным, так как в синтезе хлорофилла и его сборке в фотосинтетические единицы участвуют многие гены. Развитие самих хлоропластов зависит как от ядерной, так и от пластидной ДНК, цитоплазматических и хлоропластных рибосом, поэтому в подобных исследованиях важно учитывать фракции хлорофилла, других пигментов и их соотношения. Установлено, что древесные растения под действием негативных факторов могут менять соотношение содержания пигментов (Сергейчик С.А., Сергейчик А.А., Карвета и др., 1993; Голубева, 1999; Коновалов, Зарубина, 1999; Здетовский, 2000).

Ассимиляционную активность можно регистрировать по углекислотному газообмену фотосинтетического аппарата. Данный метод позволяет рассчитывать динамику суточного хода газообмена, оценить влияние внешних факторов на интенсивность фотосинтеза, определить массу фиксированного углерода и его расход на дыхание и другие метаболические процессы. Но данный метод довольно сложен в исполнении и требует наличия дорогостоящего оборудования (Тужилкина, 2006).

Одним из современных и перспективных методов изучения фотосинтеза является изучение флуоресценции хлорофилла. Этот метод позволил выявить значительные отклонения фотосинтеза у внешне не поврежденных деревьев, произрастающих в районах с повышенным уровнем загрязнения атмосферы. Благодаря исследованиям флуоресценции хлорофиллоносных тканей установлено, что атмосферное загрязнение вызывает сокращение сроков и глубины покоя растений, что ускоряет старение растений и сокращает продолжительность их жизни (Григорьев, Пахарькова, Бучельников, 1996; Кузнецова, 2002; Заворуев, 2005).

Нами проводились исследования ассимиляционной активности видов основного ассортимента, произрастающих в различных функциональных зонах города. Статистическая обработка результатов исследований физиолого-биохимического состояния, в том числе фотосинтеза, проведена в пакете «Statistica 5.5». Использован дисперсионный многофакторный анализ по перекрестно-иерархической схеме. Для оценки

достоверности различий применялся метод множественных сравнений (LSD-test).

Ассимиляционная активность древесных растений изучена с использованием бескамерного метода определения интенсивности фотосинтеза (Быков, 1974, доп. Неверовой, Колмогоровой, 2003), который позволяет рассчитывать интенсивность процесса по количеству углеводов, образующихся в листьях на каждый грамм их исходного содержания. Интенсивность фотосинтеза определялась трижды в течение вегетации.

Дисперсионный анализ выявил достоверность влияния видовых особенностей ( $P = 8,06 \cdot 10^{-5}$ ), условий места произрастания ( $P = 1,42 \cdot 10^{-14}$ ), сроков вегетации ( $P = 4,78 \cdot 10^{-5}$ ), а также взаимодействия изучаемых факторов ( $P = 0,03-7,81 \cdot 10^{-12}$ ) на интенсивность фотосинтеза (приложение К).

Нами установлено достоверное снижение ИФ в течение вегетации по сравнению с ее началом (июнь): в июле – на 10,92, в августе – на 15,84  $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ . Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях техногенной нагрузки только в начале ассимиляционного периода (июнь) зеленые насаждения способны выполнять относительно полноценно средообразующую роль (ассимиляционные функции), затем в течение вегетационного периода фотосинтез растений подвержен сильнейшей депрессии.

Анализ ассимиляционной активности растений, произрастающих в различных функциональных зонах, в целом за вегетационный период показал, что в СЗЗ промышленных предприятий ИФ существенно возрастает по сравнению с ЗУК (на 11,81  $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), а в магистральных посадках, наоборот, снижается на 17,93  $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$  (рис. 8). Некоторое положительное воздействие промышленных газов на процессы фотосинтеза отмечено в работах Г.М. Илькуна (1971, 1978). Предположительно, в СЗЗ предприятий на растения воздействует допустимый уровень загрязнения, что ведет к некоторому росту ИФ, а в районе крупнейших магистралей техногенная нагрузка настолько велика, что растения претерпевают значительные траты энергии и вещества на поддержание жизнедеятельности, что сказывается на накоплении углеводов в процессе фотосинтеза.

Прослеживая динамику ИФ в течение вегетации у древесных растений, произрастающих в разных зонах, нами выявлено, что в СЗЗ промышленных предприятий в июне фотосинтетическая деятельность достоверно повышается по сравнению с ЗУК (на 42,80  $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), но уже в июле и августе не имеет с ней достоверных различий (рис. 9).

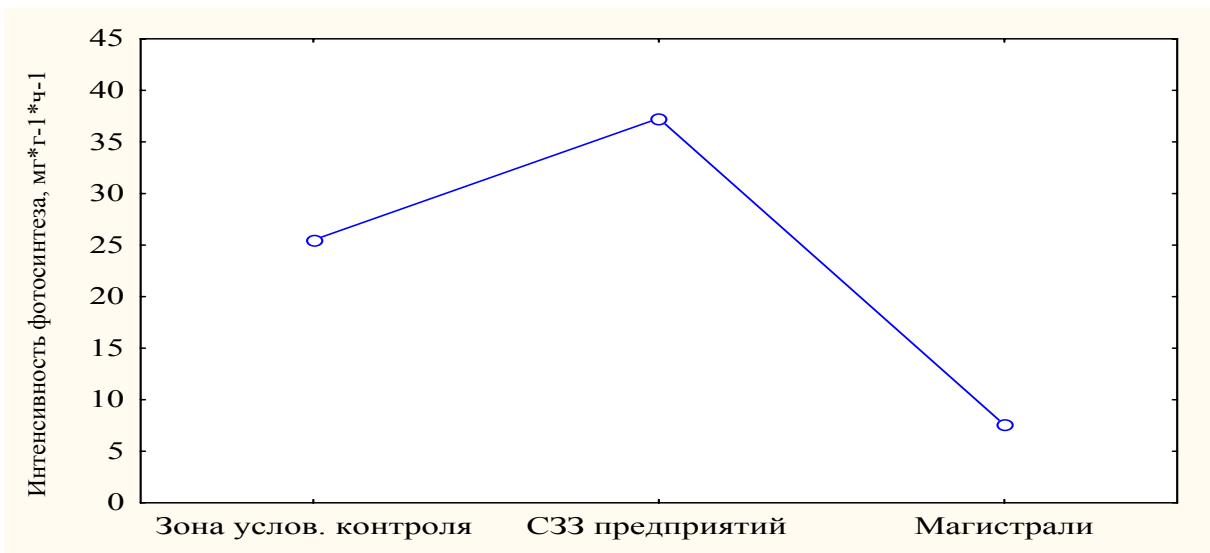


Рис. 8 – Интенсивность фотосинтеза древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

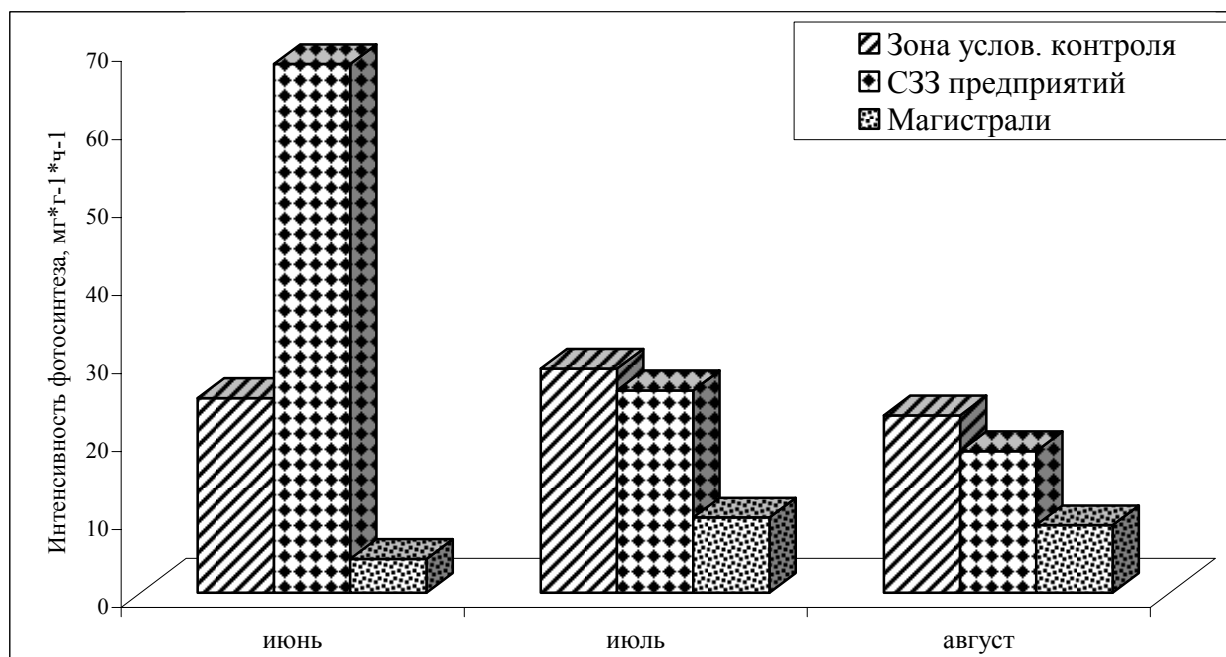


Рис. 9 – Интенсивность ассимиляции в течение вегетации у древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

В магистральных посадках (зоне наибольшей техногенной нагрузки) ассимиляционная активность угнетена уже в июне (ИФ ниже в 5,8 раз, чем в ЗУК). В июле и августе ИФ поддерживается на таком же низком уровне (нет достоверных различий с показателями ИФ июня). Изменение интенсивности фотосинтеза изучаемых видов растений в условиях различной техногенной нагрузки представлено на рис. 10.

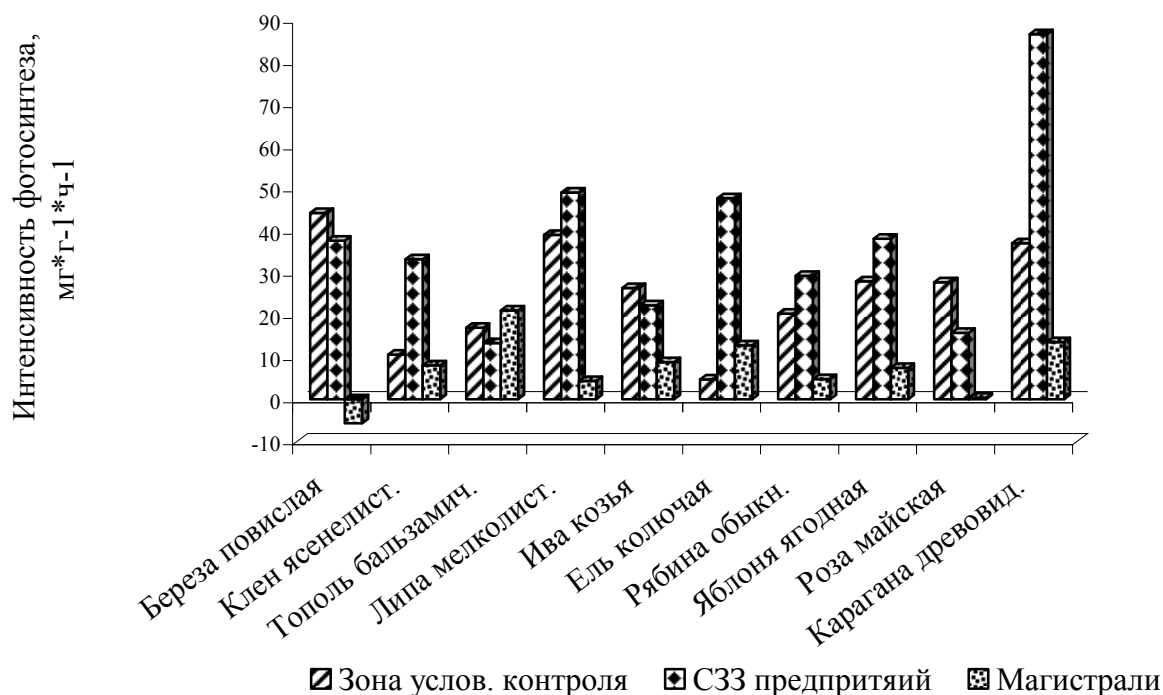


Рис. 10 – Интенсивность фотосинтеза разных видов древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

Относительным постоянством ассимиляционной активности отличаются тополь бальзамический, ива козья, рябина обыкновенная (нет достоверной разницы между зонами). В СЗЗ промышленных предприятий клен ясенелистный и ель колючая способны увеличивать ИФ (на 22,67 и 43,00  $\text{мг}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$  соответственно); снижают ассимиляционную активность, но только в зоне наибольшего загрязнения (в магистральных посадках) береза повислая, липа мелколистная, яблоня ягодная, роза майская. Для караганы древовидной характерно возрастание ассимиляции в СЗЗ промышленных предприятий и угнетение фотосинтеза в магистральных посадках.

Таким образом, отмечается тенденция снижения ИФ древесных растений, начиная с июля, а в магистральных посадках уже в июне.

Анализируя результаты ассимиляционной активности древесных растений, можно заключить, что основную средообразующую роль в парковой зоне города выполняют яблоня ягодная, рябина обыкновенная, клен ясенелистный, в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий – ива козья, яблоня ягодная и карагана древовидная, в магистральных посадках – тополь бальзамический и яблоня ягодная. Можно заключить, что ведущая роль в основном принадлежит видам интродуцентам.

Процессы, производящие и потребляющие ассимиляты у растений образуют взаимосогласованную систему донорно-акцепторных отношений (ДАО), где донором ассимилятов является процесс фотосинтеза, а акцепто-

ром – процессы роста. При разных видах стресса продуктивность процесса может ограничиваться как активностью листьев, так и активностью аттрагирующих центров.

При сопоставлении показателей фотосинтеза и роста годовых побегов у изучаемых видов древесно-кустарниковых растений выявлено, что под влиянием техногенной нагрузки происходит нарушение ДАО по следующим типам: у клена ясенелистного рост подавлен в большей степени, чем фотосинтез; у других видов, реагирующих удлинением побега, наоборот, в большей степени, нежели рост, подавлена фотосинтетическая деятельность. Карагана древовидная характеризуется постоянством интенсивности фотосинтеза без изменения ростовых процессов, что свидетельствует об ее устойчивости к меняющимся условиям среды.

### ***5.3.7 Вододерживающая способность листьев древесных растений***

Растения, произрастающие в урбанизированной среде, недостаток влаги испытывают на фоне влияния загрязнения. В свою очередь водный стресс существенно влияет на все физиологические процессы, в том числе и на фотосинтез, дыхание, и, как следствие, на рост растений.

Водообмен растительных организмов зависит от способности клеток удерживать влагу. Наиболее чувствительным к атмосферному загрязнению является лист, через который осуществляется газообмен растений. Основными загрязняющими веществами, существенно влияющими на метаболизм листьев и, соответственно, всего растения, являются хорошо растворимые в воде кислые газы ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{F}_2$  и др.). Они снижают химический потенциал воды апопласта листьев, вызывая плазмолиз клеток. Это приводит к повышению химического потенциала воды симпласта и повышению концентрации загрязняющих веществ в цитоплазме (Илькун, 1978; Крамер, Козловский, 1983; Васфилов, 2003; Косон, 1990).

Биомембраны клеток листьев контролируют водный режим за счет антиоксидантов, встроенных в мембраны, благодаря чему предохраняют ее от разрушения окислителями и поддерживают оптимальные регуляторные функции.

Многие промышленные газы обладают свойствами сильных окислителей, поэтому, адсорбируясь на поверхности мембраны и проникая через нее, вызывают свободное радикальное окисление. Окислительное разрушение мембран наблюдается также под действием других экстре-



мальных факторов городской среды (засоление почв, низкие и высокие температуры, тяжелые металлы, активные соединения, инфекции, засуха и т.д.). Окислительное разрушение мембран сопровождается нарушением избирательности и быстрой потерей воды клетками. Нарушение водного обмена клеток и тканей может, в свою очередь, выступать первопричиной сдвигов многих физиолого-биохимических процессов. Растения способны снижать потери воды за счет перевода ее в осмотически неактивную форму при помощи связывания различными веществами (сахара, гидрофильные белки, растворимые углеводы, минеральные соли и др.). Это свойство растений называется водоудерживающей способностью (ВС) (Илькун, 1971; Николаевский, 1979, 1992, 2002; Васфилов, 2003; Костюченко, 2005; Неверова, 2005; Чиндяева, 2006).

Изменение проницаемости мембран можно регистрировать по изменению электропроводности дистиллированной воды после пребывания в ней определенной навески растений или по изменению электропроводности тканей растений. Данный метод довольно трудоемок в исполнении и требует специального оборудования. Нами использован весовой метод определения водоудерживающей способности листьев (Николаевский, 2002), который, имея некоторые недостатки (может характеризовать как изменение проницаемости клеточных мембран, так и изменение апертуры устьиц), довольно прост и удобен для полевых исследований. Если листья растений через 60 минут после срезания и нахождения в соответствующих условиях теряют не более 4-5% воды, считается, что они обладают высокой водоудерживающей способностью. Устойчивые виды отличаются повышенным содержанием трудно извлекаемой воды, повышают водоудерживающую способность листьев на 6-22% по сравнению с контролем и имеют низкую величину водного дефицита (Лихолат, Мыщик, 1996; Николаевский, 2000; Неверова, Колмогорова, 2003).

Действие фитотоксикантов усугубляется засухой. Растения с более упорядоченной структурой внутриклеточной воды, высокой ВС оказываются более устойчивыми к засухе и токсикантам (Кондратюк и др., 1980 по Кулагину, 1985; Гетко, 1989; Хохлова, Олиневич, Макарова и др., 2005).

Г.М. Илькун (1978) при фумигации растений окислами азота и аммиаком наблюдал повышение подвижности внутриклеточной воды и снижение ВС тканей у тополя канадского и вяза мелколистного, и, наоборот, снижение подвижности внутриклеточной воды и интенсивности транспирации, и повышение ВС у клена серебристого и акации белой.

На основании этого был сделан вывод, что повышение гидрофильности клеточных коллоидов и упорядоченности воды может явиться адаптивным свойством растений к условиям загрязнения среды.

Водоудерживающая способность как механизм адаптации к условиям техногенной среды изучалась Е.В. Сарбаевой и О.Л. Воскресенской (2006) на туге западной. Отмечено, что побеги растений из промышленных районов характеризуются более резкими сезонными колебаниями водоудерживающей способности. Минимальной ВС они обладают в апреле – мае, когда проходят активные метаболические процессы, максимальной – в октябре – ноябре при переходе к периоду глубокого покоя. В результате был сделан вывод о широком диапазоне экологической пластичности и высоких адаптивных способностях туги западной. У ряда древесных растений установлено снижение водоудерживающей способности листьев в урбаносреде, при этом у интродуцентов подобные изменения водообмена не выявляются столь однозначно (Здеветовский, 2000; Кавеленова, 2003; Кавеленова, 2006).

Способность листьев удерживать влагу может изменяться в течение вегетации, а также зависит от онтогенетического состояния растения (Грошева, 2006; Османова, Федорова, 2006).

Водоудерживающая способность клеток лиственных деревьев может служить информативным показателем их водообмена в условиях техногенной среды, а, следовательно, показателем качества среды. Широкий диапазон ВС листьев в различных экологических условиях, может свидетельствовать о высокой экологической пластичности вида, о его адаптационных возможностях.

В течение вегетации трижды нами исследовалась ВС листьев разных видов древесных растений в изучаемых зонах.

Дисперсионный анализ установил существенность влияния видовых особенностей ( $P < 10^{-29}$ ), условий места произрастания ( $P < 10^{-15}$ ), срока вегетации ( $P < 10^{-29}$ ), а также их взаимодействия ( $P < 10^{-25}$ ) на водоудерживающую способность листьев (приложение Л).

В течение вегетации ВС древесных растений достоверно снижается, что может быть обусловлено нарушением защитных свойств мембран клеток листьев, связанным с более продолжительным воздействием поллютантов на ассимиляционный аппарат растений и накоплением в листьях загрязняющих веществ.

Эта тенденция характерна для всех изучаемых видов (рис. 11), за исключением клена ясенелистного, у которого ВС, наоборот, увеличивается в течение вегетации.

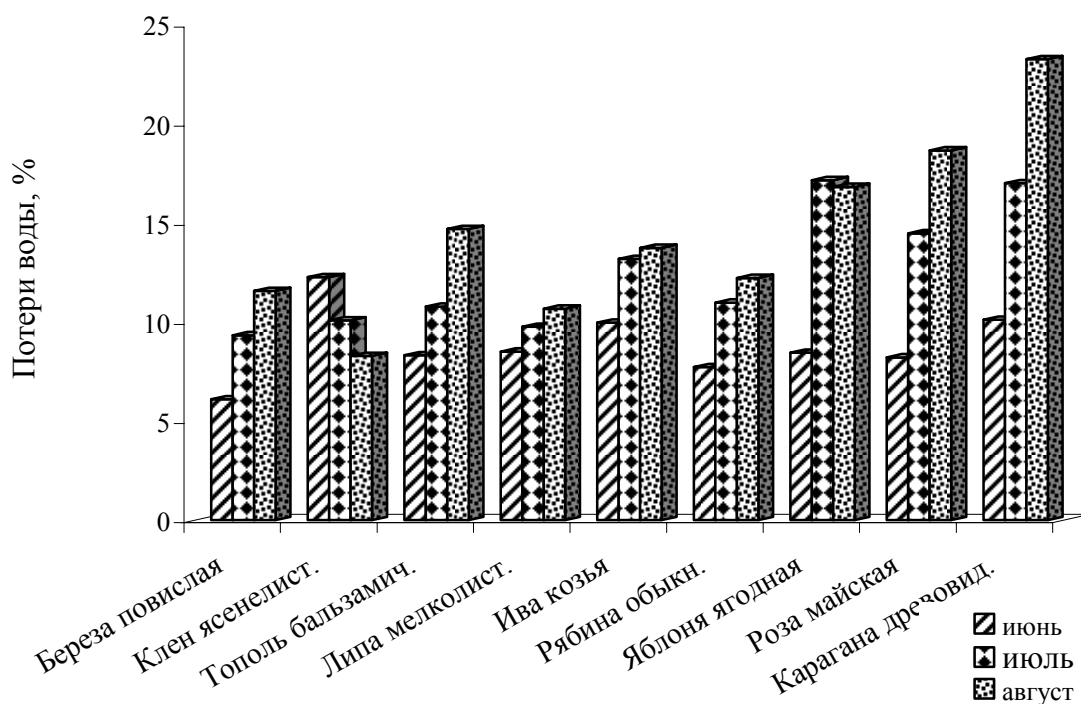


Рис. 11 – **Водоудерживающая способность листьев древесных растений в течение вегетации** (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Водоудерживающая способность листьев в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках увеличивается (на 2,07 и 2,47% соответственно), что в целом характеризует адаптационную роль данного показателя.

Динамика ВС листьев растений, произрастающих в насаждениях разного назначения отражена на рисунке 12. В июне способность удерживать воду у изучаемых видов растений в парковой и пригородной зонах, а также в условиях техногенной нагрузки не имела достоверных отличий, в июле по сравнению с ЗУК данный показатель существенно увеличился только в магистральных посадках, а в августе – и в СЗЗ промышленных предприятий.

В целом по городу наибольшей ВС отличаются береза повислая и липа мелколистная (потери воды составляют 8,99 и 9,64% соответственно), а наименьшей – карагана древовидная (потери воды – 16,79%).

Анализ видовых особенностей древесных растений (рис. 13) показал, что береза повислая, клен ясенелистный, липа мелколистная и карагана древовидная способны снижать потери воды в условиях техногенной нагрузки (как в СЗЗ предприятий, так и в магистральных посадках), а ива козья и яблоня ягодная – только в зоне с наибольшим уровнем загрязнения (в магистральных посадках). Наоборот, снижение ВС установлено у тополя бальзамического, произрастающего в магистральных

посадках, и у розы майской в СЗЗ промышленных предприятий. Снижение ВС тополя бальзамического, возможно, связано с поражением листьев минерами и высокой газопоглотительной способностью. У рябины обыкновенной достоверных отличий не выявлено.

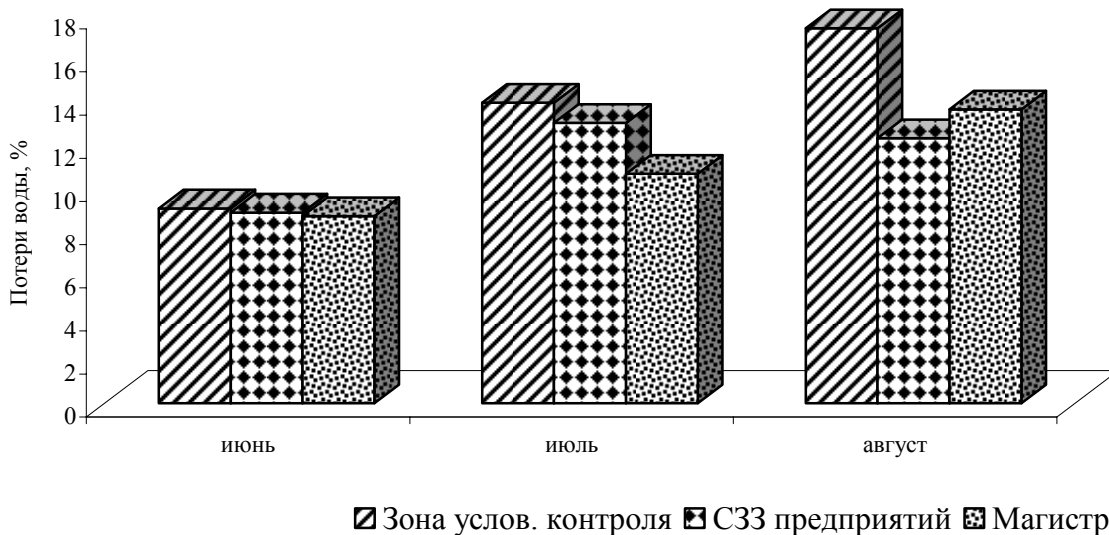


Рис. 12 – Динамика водоудерживающей способности листьев древесных растений, произрастающих в насаждениях разного функционального назначения (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

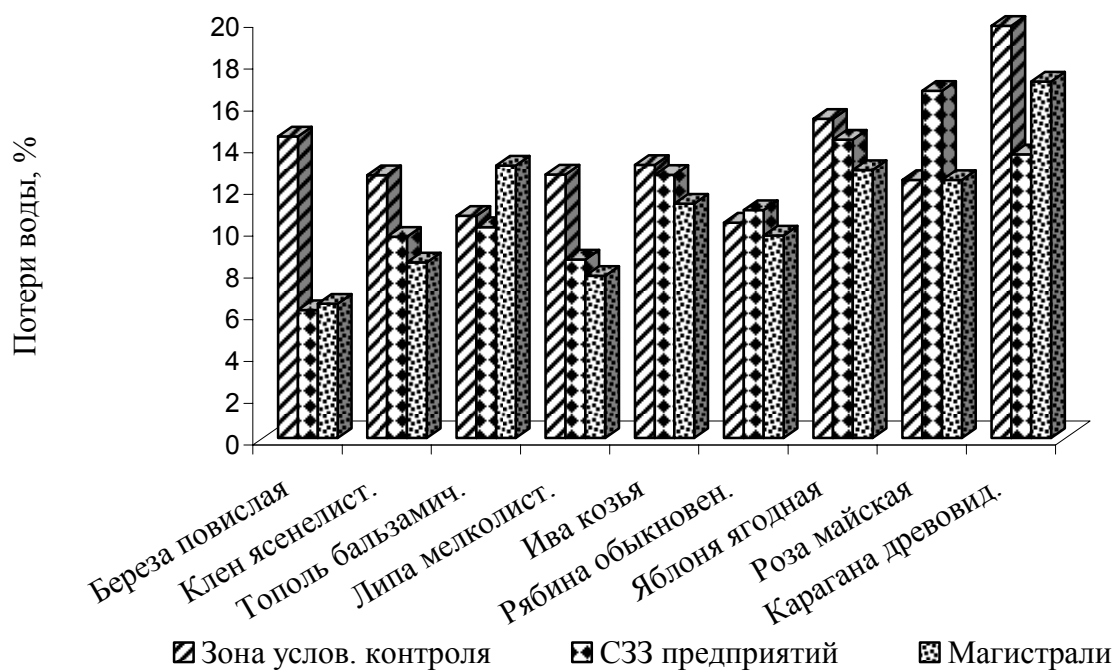


Рис. 13 – Водоудерживающая способность листьев изучаемых видов древесных растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Таким образом, можно отметить общую тенденцию снижения водоудерживающей способности листьев у всех изученных видов в июле и августе, что, по нашему мнению, связано с максимальным суммированным влиянием комплекса негативных факторов в этот период (высокая температура воздуха, максимальные уровни загрязнения). Выявлены виды, имеющие высокую ВС на протяжении всего периода вегетации (береза повислая, клен ясенелистный, липа мелколистная), что дает основания говорить о достаточно высокой адаптационной способности водообмена этих видов в условиях урбанизированной среды.

### *5.3.8 Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений*

В растительной клетке аскорбиновая кислота является продуктом окисления сахаров. Она существует в двух формах – собственно аскорбиновой кислоты и легко образующейся из нее при окислении дегидроаскорбиновой кислоты. Взаимопревращения аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот в растительном организме тесно связаны с ферментативными взаимодействиями окисленного и восстановленного глутатиона. Являясь хорошим восстановителем, аскорбиновая кислота в растительной клетке наряду с другими соединениями (глутатион, полифенолы, цитохромы и др.) участвует в регуляции окислительно-восстановительного потенциала, с которым связана активность многих ферментов и физиолого-биохимических реакций, в том числе таких жизненно важных, как фотосинтез и дыхание (Овчаров, 1964; Кретович, 1971; Чупахина, 1997).

Содержание аскорбиновой кислоты значительно изменяется в течение вегетации, тем более в городе, где процесс старения листьев ускоряется. Г.М. Илькун (1971) отмечает, что с возрастом листа содержание аскорбиновой кислоты в нем увеличивается, что повышает резистентность растения. В период цветения и плодоношения концентрация аскорбиновой кислоты в листьях резко падает. Максимальные концентрации аскорбиновой кислоты наблюдаются в органах растений, произрастающих в условиях достаточного минерального питания и освещения.

Хотя аскорбиновая кислота не является первичным продуктом фотосинтеза, а лишь вторичным, ее содержание косвенно зависит от фотосинтеза. В условиях урбанизированной среды снижается интенсивность фотосинтеза растений, что отражается на содержании аскорбиновой ки-

слоты. Кроме того, аскорбиновая кислота является ингибитором свободного радикального окисления, поэтому в условиях действия вредных газов, большинство которых активные радикалы-окислители, повышается расход аскорбиновой кислоты на их инактивацию. На основе динамики содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений (береза повислая, липа мелколистная, хвоя ели) под влиянием фумигации аммиаком и сернистым газом, а также в полевых условиях выявлено, что в условиях загрязненной окружающей среды у видов, устойчивых к антропогенному влиянию, содержание аскорбиновой кислоты снижается незначительно, у видов неустойчивых – с ослабленными процессами – значительно (Николаевский, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Неверова, 2005).

На клеточном уровне действие аскорбиновой кислоты рассмотрено С.П. Васфиловым (2003). При влиянии кислых газов снижается рН симпласта листа, активизируя окислительно-восстановительные реакции, в которых принимает участие и аскорбиновая кислота. Ее молекула, присоединяя два протона, превращается в клетках в гидроаскорбиновую кислоту. Эта реакция обратима и тесно связана с реакцией окисления и восстановления глутатиона. В случае низких доз кислых газов эта система может повышать устойчивость растений к токсикантам. Протон является нормальным метаболитом любой живой клетки. Из-за его высокой химической активности концентрация протонов в каждом внутриклеточном компартменте должна поддерживаться в определенных пределах. Кислые газы, включаясь в реакции метаболизма, могут закислять отдельные компартменты клетки, что приводит к множеству неуправляемых окислительно-восстановительных реакций и нарушению работы данных компартментов, а затем и клеток в целом (хлорозы и некрозы на листьях), и, как следствие, к деградации листа. Одной из причин запуска неуправляемых окислительно-восстановительных реакций служит плазмолиз, так как выход воды из симпласта в апопласт приводит к повышению концентрации кислых газов в симпласте листа.

Динамика аскорбиновой кислоты в связи с засухоустойчивостью была изучена К.А. Ахматовым (1976), им установлено, что содержание аскорбиновой кислоты у растений в течение вегетации сильно изменяется. Максимум ее отмечается в июне – в период активной вегетации растений, в июле содержание аскорбиновой кислоты сильно снижается, в августе происходит некоторая стабилизация, в сентябре ее содержание постепенно снижается. Отмечено, что стабильная концентрация аскорбиновой кислоты в период засухи является отражением устойчивой

нормы физиологических процессов в течение вегетации у таких растений, как *Pistacia vera* и *Quercus robur*. У слабо приспособленных *Fraxinus lanceolata* и *Malus sieversii* этот же показатель отражает усиленный защитный характер обмена, интенсивность гидролитических процессов. Высокая изменчивость содержания аскорбиновой кислоты в течение вегетации у растений типа *Ulmus pinnato-ramosa* и *Eleagnus angustifolia* характеризует широкий диапазон физиологических функций в связи с их универсальным типом приспособления как к избыточному, так и к недостаточному увлажнению.

Н.Г. Чупахиной и П.В. Масленниковым (2004) выявлено накопление аскорбиновой кислоты, а также антоцианов и рибофлавина (т.е. вторичных метаболитов) в травянистых растениях, произрастающих в условиях загрязнения железнодорожными поллютантами и нефтью, что усиливает эффективность антиоксидантной системы клетки и способствует повышению устойчивости растений к действию загрязнителей.

Содержание аскорбиновой кислоты тесно связано с условиями произрастания и физиологическим состоянием растительного организма. В связи с этим полагают, что определение содержания аскорбиновой кислоты, а также изменчивость этого показателя можно использовать в биоиндикационных целях (Чупахина, 1997; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Неверова, Колмогорова, 2003).

Дисперсионный анализ полученных нами результатов выявил существенность влияния видовых особенностей ( $P < 10^{-29}$ ), условий места произрастания ( $P = 1,9 \cdot 10^{-26}$ ) и сроков вегетации ( $P < 10^{-29}$ ), а также их взаимодействия ( $P < 10^{-29}$ ) на содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений (приложение М).

В течение вегетации (июнь-август) наблюдается постепенное снижение содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений (приложение М): на 242,35 – в июле и 320,50 мг% – в августе, что свидетельствует о снижении активности окислительно-восстановительных процессов и согласуется с данными по ассимиляционной активности растений.

При возрастании техногенной нагрузки отмечен достоверный рост содержания аскорбиновой кислоты (рис. 14); по сравнению с ЗУК ее концентрация в СЗЗ промышленных предприятий увеличилась на 41,18, а в магистральных посадках – на 105,68 мг%. Это может свидетельствовать об участии данного метаболита в механизмах адаптации растений к условиям урбаноcреды.

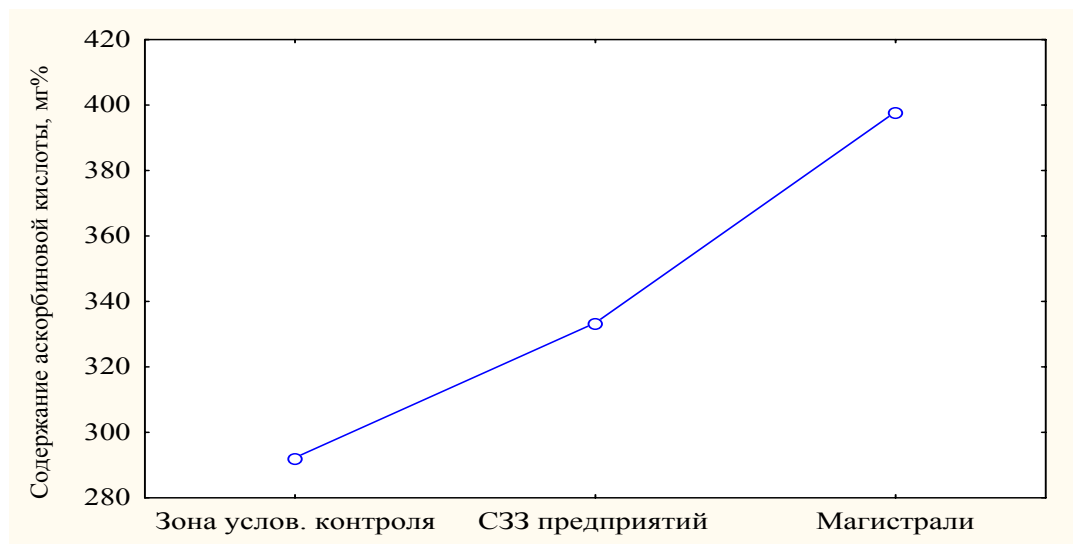


Рис. 14 – Содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений, произрастающих в насаждениях разного функционального назначения (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

В целом в городских условиях наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено в листьях тополя бальзамического и яблони ягодной (420,18 и 514,03 мг% соответственно). Увеличение концентрации данного метаболита свидетельствует об активности окислительно-восстановительных процессов в листьях указанных видов в условиях техногенной нагрузки. Наименьшим содержанием аскорбиновой кислоты в листьях отличаются рябина обыкновенная и роза майская (221,06 и 232,31 мг%) (рис. 15).

С увеличением техногенной нагрузки, т.е. в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистрали, яблоня ягодная и тополь бальзамический (как правило, это виды с высокой ассимиляционной активностью) существенно увеличивают содержание аскорбиновой кислоты в листьях (рис. 16), что, на наш взгляд, может обуславливать их устойчивость к загрязнению. У березы повислой содержание данного метаболита существенно возрастает только в зоне влияния промышленных предприятий. В свою очередь, клен ясенелистный и липа мелколистная (имеющие невысокие показатели фотосинтеза) не имеют достоверных отличий при переходе из ЗУК в зоны с интенсивной антропогенной нагрузкой. У ивы козьей и розы майской, наоборот, содержание аскорбиновой кислоты снижается в магистральных посадках, а у ели колючей – в СЗЗ промышленных предприятий. Ель колючая в магистральных посадках содержит максимальное количество данного метаболита (829,62 мг%).



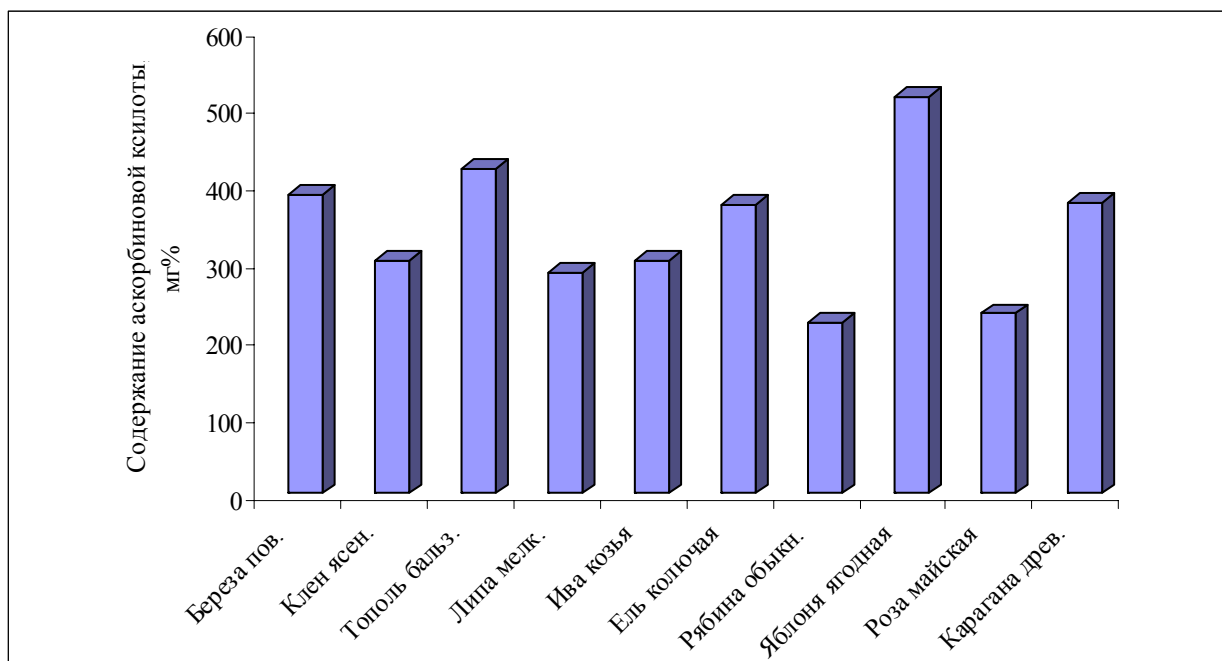


Рис. 15 – Содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

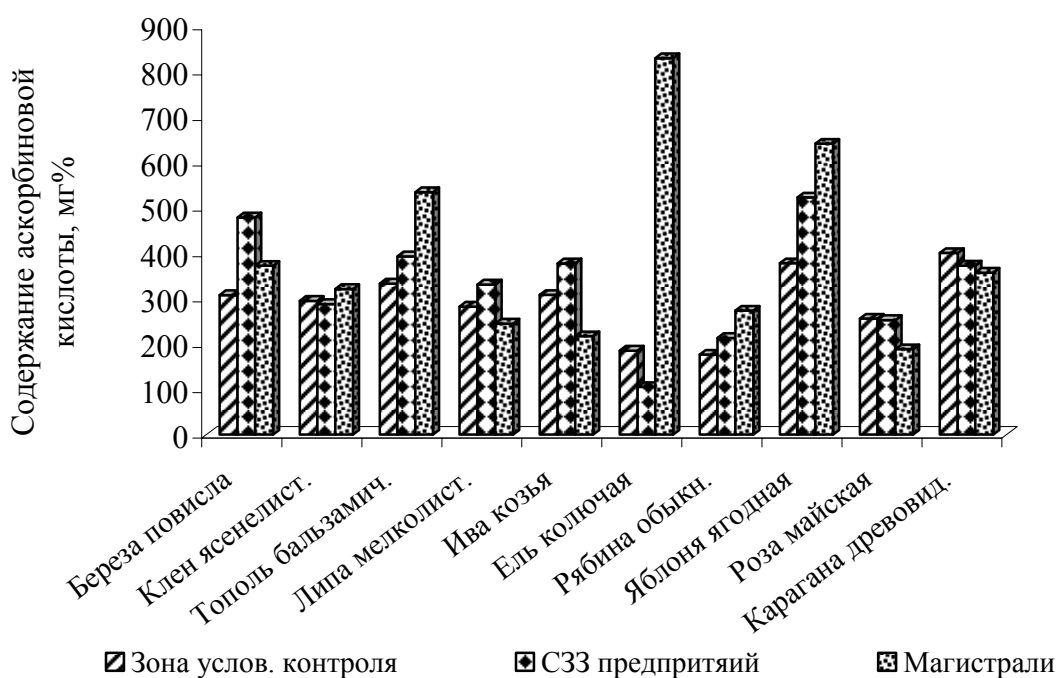


Рис. 16 – Содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Интересная динамика содержания аскорбиновой кислоты выявлена у ели колочей (рис. 17): если в июне данный вид в хвое содержит максимальное количество этого метаболита (948,93 мг%), то в июле и августе содержание аскорбиновой кислоты в хвое является самым низким (54,86 и

116,82 мг%). Но, тем не менее, в августе содержание аскорбиновой кислоты в хвое достоверно выше, чем в июле, что говорит о некотором возрастании активности физиологических процессов в данный период, что согласуется с данными по ассимиляционной активности.

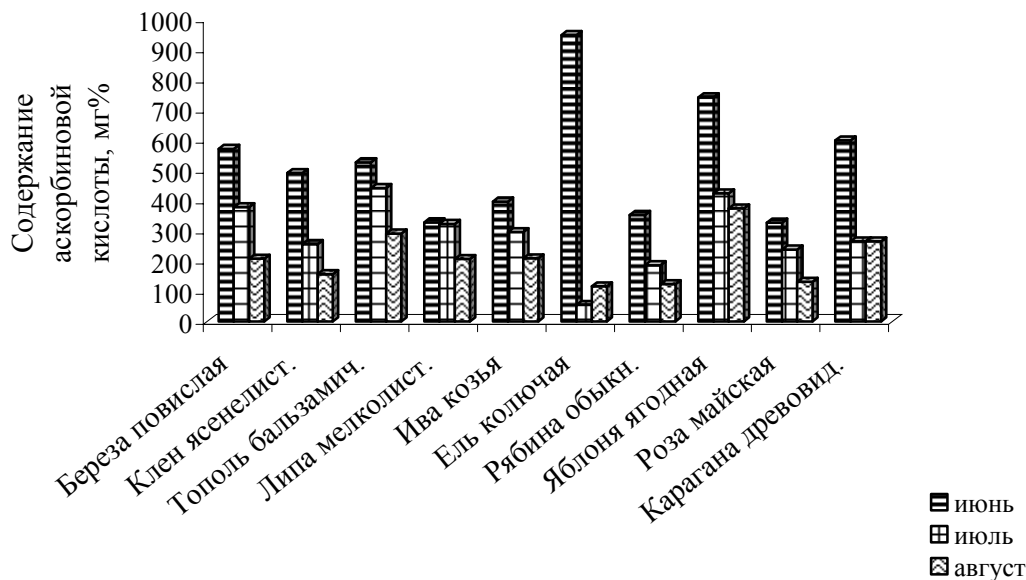


Рис. 17 – Содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений в течение вегетации (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Таким образом, для всех видов характерно снижение содержания аскорбиновой кислоты в ассимиляционных органах в течение вегетационного периода, что коррелирует с фотосинтетической активностью и, видимо, связано с накоплением поллютантов в листьях и расходом аскорбиновой кислоты на их нейтрализацию. В целом, в условиях урбано-среды высокой активностью окислительно-восстановительных процессов отличаются тополь бальзамический, яблоня ягодная и береза повислая, для которых характерно увеличение содержания аскорбиновой кислоты в листьях при нарастании антропогенного пресса. Следовательно, изученные виды вполне адаптированы к условиям произрастания в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках. Следует отметить, что яблоня ягодная и тополь бальзамический не только поддерживают жизнедеятельность в экологически неблагоприятных условиях, но и, вероятно не без участия аскорбиновой кислоты, более полно реализуют потенциальные возможности фотосинтетической деятельности. Интродуцированные виды растений в «новых» для них климатических условиях проявляют больший комплекс первичных адаптивных реакций, что повышает их адаптивный потенциал.

### 5.3.9 *Динамика содержания дубильных веществ (таннинов) в побегах древесных растений*

В последнее время идет активный поиск веществ, участвующих в обеспечении устойчивости растений, среди которых большое внимание уделяется вторичным метаболитам, в том числе фенольным соединениям. К последним относятся таннины (дубильные вещества) – сложные эфиры ароматических кислот и фенолов или углеводов. Дубильные вещества подразделяют на гидролизуемые и конденсированные. Гидролизуемые при обработке разбавленными кислотами распадаются с образованием более простых соединений фенольной и нефенольной природы (к ним относятся галловые и эллаговые дубильные вещества). Гидролизуемые таннины относятся к группе  $C_6-C_1$ -фенольных соединений. Конденсированные дубильные вещества в отличие от гидролизуемых при нагревании с разбавленными кислотами подвергаются дальнейшему уплотнению. В основном они являются полимерами катехинов и лейкоантоцианов, которые относятся к группе  $C_6-C_3-C_6$ -фенольных соединений. Строение этих веществ изучено недостаточно. Источниками таких таннинов являются кора ивы, сосны, ели, лиственницы, а также древесина некоторых видов акации, каштана и дуба (Кретович, 1986; Fowler, Werner, 1996; Powers, 1999; Silva, Edwards, Pacheco, 1999).

Фенольные соединения (ФС) влияют на процессы роста и развития. Механизм их действия на рост растений не ясен, часто его связывают с воздействием на ауксиновый обмен, посредством регуляции количества ауксинов. Монофенолы, применяемые в опытах, увеличивают активность ИУК-оксидазы и деструкцию ауксина, но ди- и полифенолы ингибируют деструкцию индолилуксусной кислоты. Фенолы имеют общий с ИУК предшественник при биосинтезе, поэтому синтез фенолов может быть связан с замедлением биосинтеза ауксина и наоборот. Предполагается, что таннины являются основными антагонистами и регуляторами работы гиббереллинов (Крамер, Козловский, 1983; Кретович, 1986; Физиология и биохимия..., 2000).

Фенолы участвуют в транспорте электронов при дыхании и фотосинтезе, в биосинтезе лигнина, обеспечивают неферментативное окисление ряда соединений (аминокислот, аскорбиновой кислоты, цитохромов и т.д.). Некоторые из фенолов нарушают окислительное фосфорилирование. При механических повреждениях тканей в них начинается интенсивное новообразование фенольных соединений, которое сопровождается окислительной конденсацией в поверхностных слоях, про-

дукты которой несут защитную функцию. Фенольные соединения также играют важную роль в покое почек. При вхождении в состояние покоя концентрация фенолов в них возрастает и снижается при его завершении. Повышенное содержание в опаде легко гидролизуемых форм фенолов затормаживает темпы потери общей массы и способствует иммобилизации элементов питания (Гудвин, Мерсер, 1986; Кретович, 1986; Физиология и биохимия..., 2000; Карасев, 2001; Горбачева, Артемкина, Лукина, 2006; Scalbert, 1991; Hattenschwiler, Vitousek, 2000; Lorenz, Preston, Raspe and other, 2000).

Считается, что танины могут образовывать соединения с тяжелыми металлами и, следовательно, по их содержанию можно косвенно судить и о содержании тяжелых металлов (Кретович, 1986; Братчук, 2001).

В последнее время высказывается мнение о возможности использования вторичных метаболитов для характеристики физиологического состояния растений. У растений, устойчивых к загрязнению среды, благодаря синтезу углеродсодержащих соединений (пигменты, лигнин, воска, фенолы, дубильные вещества и др.) формируется высокая конструкционная цена листьев (энергетические затраты на образование единицы массы листьев). Эти вещества, по-видимому, могут снижать действие экологического стресса и предохранять листья от потери влаги при высыхании и замерзании, действию ультрафиолетового излучения (Иванов, 2001). Это свидетельствует о том, что ФС в растительной клетке могут играть значимую роль в адаптации растений к различным стрессовым факторам (Чупахина, Масленников, 2004; Трошкова, Винокурова, 2005; Hoch et al., 2001).

Цитологические исследования хвои ели и сосны, произрастающих в промышленной зоне, выявили накопление фенольных соединений в тканях хвои. В хвое деревьев, пораженных грибными болезнями, также содержание фенолов увеличивается и изменяется их качественный состав. Обсуждается возможная роль фенольных соединений (в т.ч. танинов) в качестве защиты для жизнеспособных тканей, а также их участие в процессе старения (Фуксман, Новицкая, Исидоров и др., 2005; Whitehead, Dibb, Hartley, 1981; Schofield, Hagerman, Harold, 1998).

В настоящее время нет четкого понимания метаболизма этих соединений при воздействии на растения негативных факторов, и этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Содержание конденсированных танинов в побегах древесных растений в наших исследованиях анализировалось дважды: в начале (март) и конце (сентябрь) вегетации. Используются годовичные вегета-

тивные побеги. Дисперсионный анализ выявил существенность влияния видовых особенностей ( $P = 5,53 \cdot 10^{-30}$ ), условий места произрастания ( $P = 2,71 \cdot 10^{-28}$ ), сроков произрастания ( $P < 10^{-29}$ ), а также взаимодействие этих факторов ( $P < 10^{-22}$ ) на содержание таннинов в побегах древесных растений (приложение Н).

В начале вегетации (март) в побегах растений, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятий и в магистральных посадках, содержание таннинов существенно ниже такового в побегах деревьев парковой зоны, что косвенно может свидетельствовать о нарушении покоя побегов и почек, вызванного специфическими условиями произрастания. В конце вегетации в каждой из исследуемых функциональных зон, а также в целом по городу наблюдается достоверный рост содержания таннинов в побегах растений (в среднем в 4 раза,  $P < 10^{-29}$ ), что может быть объяснено реакцией растений на стрессовые факторы (рис. 18).

По сравнению с парковой зоной в СЗЗ промышленных предприятий содержание таннинов в побегах деревьев снижается, а в магистральных посадках концентрация данного метаболита достоверно повышается, что свидетельствует о возможности использования данного показателя при оценке степени воздействия техногенной среды на растения.

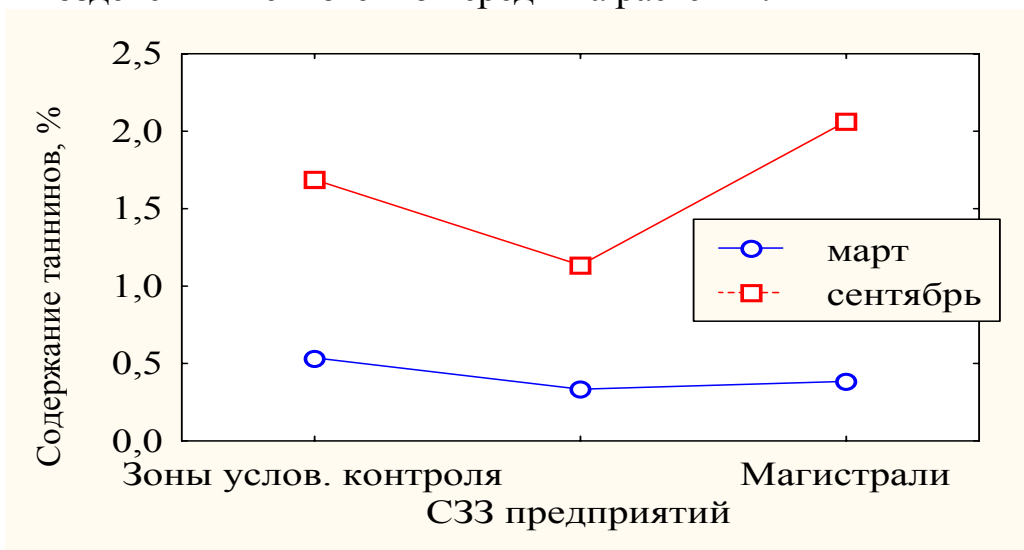


Рис. 18 – Содержание таннинов в разные периоды вегетации в побегах древесных растений, произрастающих в насаждения разного назначения (г. Ижевск)

Среди изучаемых видов в условиях городской среды наибольшее содержание таннинов характерно для побегов ивы козьей и рябины обыкновенной (1,45 и 1,35%), наименьшее – для клена ясенелистного и липы мелколистной (0,76 и 0,79% соответственно).

К концу вегетации в побегах клена ясенелистного, ивы козьей и рябины обыкновенной концентрация данного метаболита возрастает в 2-3 раза, в побегах березы повислой, тополя бальзамического, липы мелколистной и караганы древовидной – в 4-6 раз, а в побегах яблони ягодной отмечен максимальный рост данного метаболита – примерно в 10 раз (рис. 19). Достоверность различий статистически подтверждена.

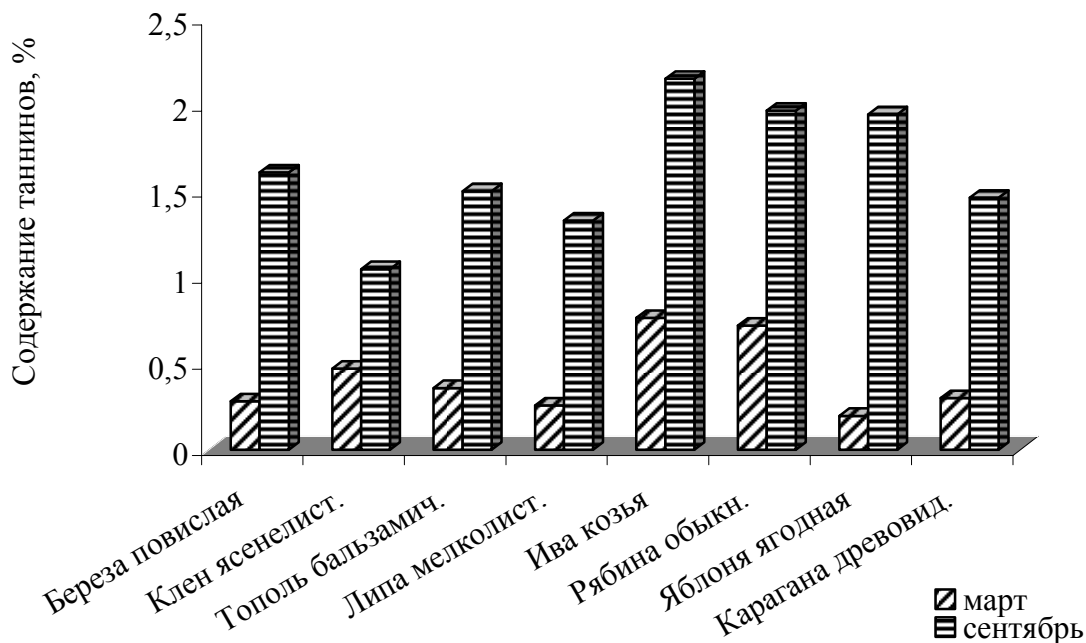


Рис. 19 – Содержание таннинов в побегах древесных растений в течение вегетации (г. Ижевск)

В парковой зоне наибольшим количеством таннинов отличаются побеги ивы козьей и рябины обыкновенной, в то время как в СЗЗ промышленных предприятий – тополя бальзамического, липы мелколистной, ивы козьей, а в магистральных посадках – березы повислой, ивы козьей, рябины обыкновенной, яблони ягодной и караганы древовидной (рис. 20).

Для ивы козьей и рябины обыкновенной отмечена интересная тенденция снижения содержания таннинов и в СЗЗ промышленных предприятий и в магистральных посадках, в то время как остальные виды увеличивают содержание данного метаболита в побегах: тополь бальзамический и липа мелколистная – только в СЗЗ предприятий, а клен ясенелистный и яблоня ягодная – только в магистральных посадках, а у березы повислой и караганы древовидной отмечено снижение содержания таннинов в СЗЗ предприятий и их возрастание в магистральных посадках.

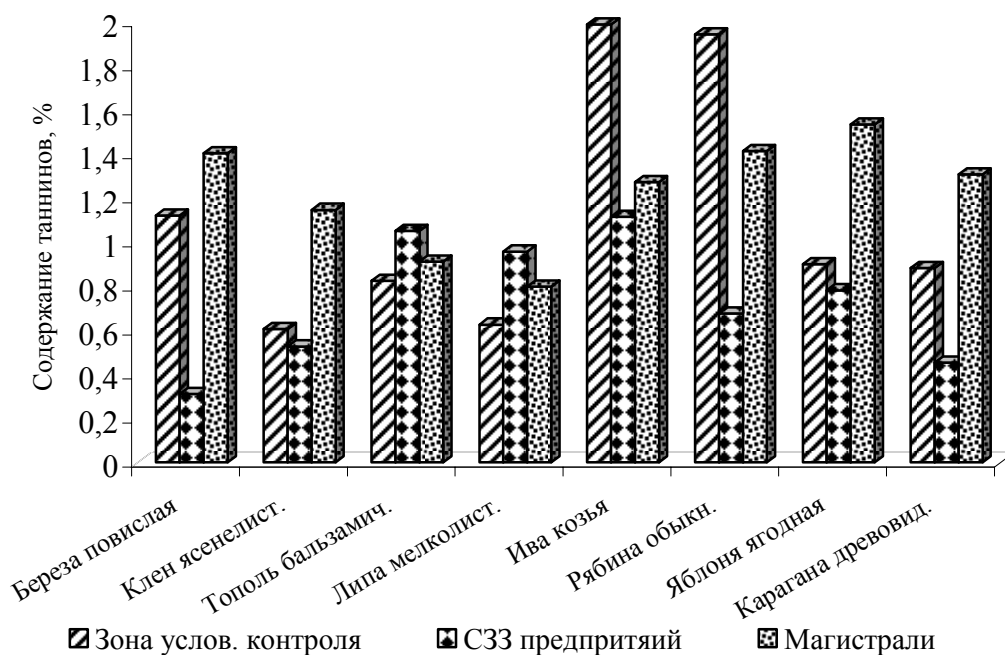


Рис. 20 – Содержание танинов в побегах древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

Наиболее четко особенности видовой реакции на увеличение степени техногенной нагрузки проявляются у яблони ягодной (концентрация танинов существенно увеличивается только в магистральных посадках, т.е. в условиях наиболее сильного загрязнения), у ивы козьей и рябины обыкновенной (показатель достоверно снижается в ряду ЗУК – магистральные посадки – СЗЗ промышленных предприятий). Следует отметить, что только у последних из всех изучаемых видов выявлена такая реакция. Для яблони ягодной, отличающейся высокими показателями ассимиляционной активности и уровнем обменных процессов, характерно самое значительное накопление танинов в побегах к концу вегетации.

В результате изучения динамики содержания танинов можно сделать следующие выводы: концентрация вторичного метаболита в побегах древесных растений существенно увеличивается в конце вегетации в условиях интенсивной техногенной нагрузки. У видов растений с высокой ассимиляционной активностью содержание танинов при этом увеличивается в 4-10 раз. Установленные особенности изменения содержания танинов в побегах ивы козьей, рябины обыкновенной и яблони ягодной позволяют рекомендовать их к использованию в мониторинге состояния урбаноэкосистем.

Для растений в условиях стресса характерна множественность адаптивных реакций, охватывающих разные уровни их организации,

принимая оптимальные значения на градиенте экологических факторов, в результате чего формируются разные формы устойчивости растений. Мы попытались отследить и сопоставить целый ряд физиолого-биохимических показателей с целью дать более полноценную и объективную оценку функционального состояния изучаемых видов древесных растений, произрастающих в разных типах насаждений.

#### **5.4 Взаимосвязь физиологических и биохимических показателей состояния древесных растений**

Для оценки взаимосвязи изучаемых физиолого-биохимических показателей, отражающих состояние древесных растений, проведен корреляционный анализ.

В целом для изученных видов древесных растений установлена прямая корреляционная связь между интенсивностью фотосинтеза и содержанием аскорбиновой кислоты в листьях ( $r = 0,12$ ,  $P = 0,001$ ,  $n = 648$ ) (приложение П), что согласуется с данными, полученными в исследованиях В.С. Николаевского (1979, 2002), О.А. Неверовой, Е.Ю. Колмогоровой (2003), о взаимосвязи содержания аскорбиновой кислоты и интенсивности фотосинтеза на примере ряда видов древесных растений. Из этого следует, что для характеристики ассимиляционной активности растений можно использовать показатель содержания аскорбиновой кислоты в листьях, как более доступный для определения.

Наличие обратной корреляционной связи между показателем ИФ и потерей воды листьями (величина обратная, водоудерживающей способности) установлена у тополя бальзамического и розы майской ( $r = -0,22$ ,  $P = 0,04$ ,  $n = 90$  и  $r = -0,33$ ,  $P = 0,04$ ,  $n = 42$  соответственно) свидетельствует о том, что возрастание водоудерживающей способности листьев способствует повышению их ассимиляционной активности.

Отрицательная корреляционная связь между показателями потерь воды листьями и содержанием в них аскорбиновой кислоты выявлена у видов кустарникового яруса: рябины обыкновенной ( $r = -0,46$ ,  $P = 0,01$ ,  $n = 36$ ), розы майской ( $r = -0,52$ ,  $P = 0,004$ ,  $n = 42$ ) и караганы древовидной ( $r = -0,53$ ,  $P = 0,0001$ ,  $n = 48$ ), т.е. при возрастании содержания аскорбиновой кислоты в листьях их способность удерживать влагу также повышается.



## 5.5 Динамика распределения основных элементов минерального питания в структурных частях древесных растений

Техногенное загрязнение вызывает изменение элементного состава структурных частей растений, при этом возникает недостаток или избыток тех или иных элементов, а точнее – меняется соотношение между различными элементами. Химический состав листьев растений формируется как под прямым влиянием атмосферного загрязнения, так и под его косвенным воздействием через почву. Концентрация элементов питания в ассимиляционных органах часто используется как параметр оценки техногенного загрязнения, для мониторинга состояния насаждений (Чертов, Чуков, Ковш и др., 1996; Винокурова, 2003; Сухарева, Лукина, 2004; Дроздова, Алексеева-Попова, 2006; Aberet, Nadelhoffer, Steudler and other, 1989; Darral, 1989; Innes, 1995).

На увеличение концентрации NPK в листьях (хвое) древесных растений в условиях загрязнения указывалось в ряде работ: Н.В. Лукиной и В.В. Никонова (1991) на примере хвойных растений; О.А. Неверовой и Е.Ю. Колмогоровой (2003) при изучении состояния древесных растений г. Кемерово; Т.А. Сухаревой и Н.В. Лукиной (2004) при изучении ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиционной сукцессии. Предполагалось, что увеличение концентрации этих элементов у хвойных обусловлено постоянным опадением хвои (не только в фенологические сроки) и оттоком подвижных элементов из опадающей хвои в остающуюся (Лукина, Никонов, 1991). Рядом исследований установлено, что повышенное содержание азота в листьях связано со способностью растений в условиях стресса повышать содержание свободных аминокислот, а также усваивать и вовлекать в метаболизм газообразные азотсодержащие загрязнители из воздуха, такие, как оксиды азота и аммиак (Барбер, 1988; Николаевский, Марценюк, 1998; Николаевский, 2002; Васфилов, 2003; Innes, 1995). Избыток азота токсичен для растений, так как он вызывает угнетение фотосинтеза через подавление процессов синтеза хлорофилла.

Существует представление, согласно которому соотношение N:P:K является гомеостатическим показателем функционального состояния растительного организма. В техногенных условиях значительно нарушается гомеостаз элементного состава растительного организма (Придача, 2002; Сухарева, Лукина, 2004; Неверова, 2006).

Деревья, у которых большая часть годового прироста происходит в начале вегетационного периода, используют в это время много азота, скорее всего запасенного в коре и древесине, который легче утилизируют

ется, чем вносимый извне (Крамер, Козловский, 1983). Нарушение гомеостаза элементов в техногенных условиях, предположительно, влияет на процессы оттока элементов минерального питания в осенний период из листьев в побеги, т.е. на накопление «материала» для весеннего формирования побегов (Крамер, Козловский, 1983; Барбер, 1988; Хрусталева, 2002).

Дважды в течение вегетации (июнь и сентябрь) мы определяли содержание основных элементов минерального питания в стеблевой части и листьях годовичного побега древесных растений. Дисперсионный анализ выявил, что на их содержание существенно влияют особенности вида, условия места произрастания и сроки вегетации растений, а также взаимодействия этих факторов (приложения Р, С, Т).

Интересно отметить, что в целом весенние и осенние побеги у большинства изучаемых видов в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках имеют достоверно большее процентное содержание азота по сравнению с зоной условного контроля. Эта особенность четко прослеживается у березы повислой, ивы козьей, яблони ягодной, караганы древовидной, клена ясенелистного (только в стеблях) и тополя бальзамического (только в листьях) (рис. 21, 22).

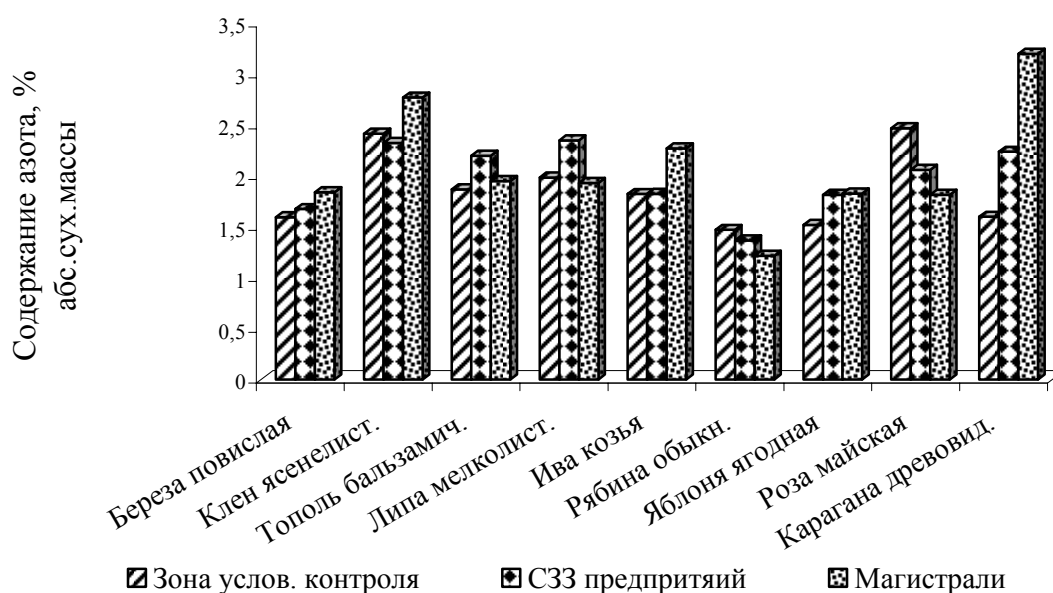


Рис. 21 – Содержание азота в листьях древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

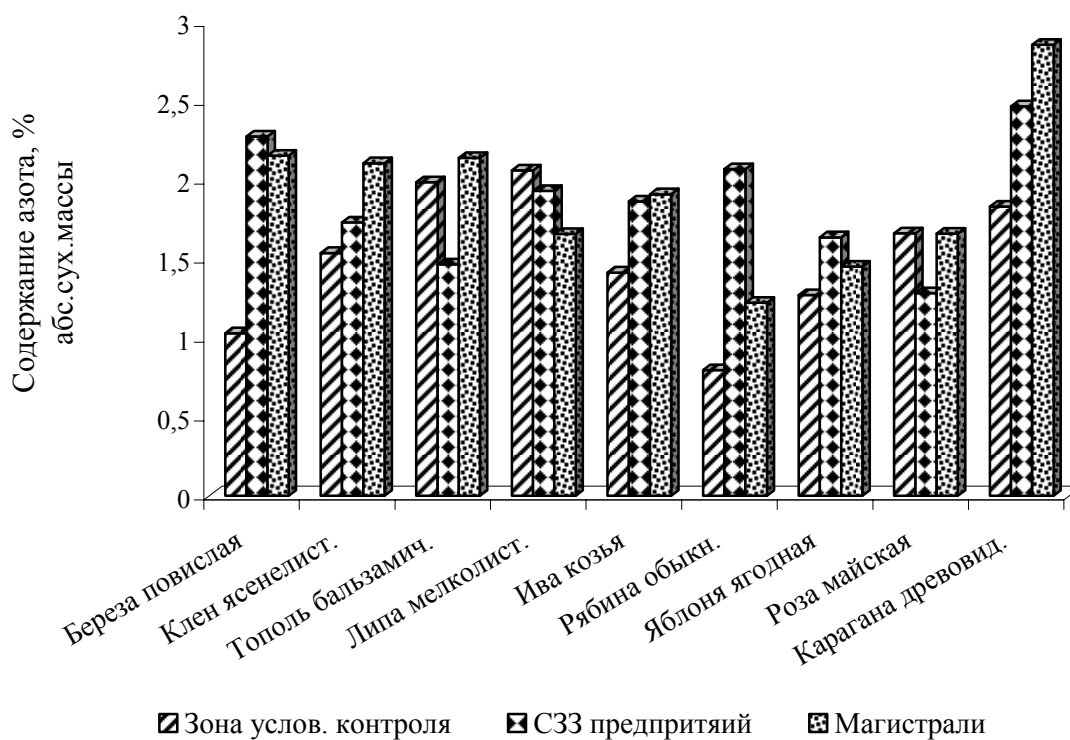


Рис. 22 – Содержание азота в стеблевой части побега древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск).

Одной из причин повышенного содержания азота, на наш взгляд, может быть поглощение азотсодержащих загрязнителей листьями из воздуха. Анализ атмосферного воздуха на содержание окислов азота отмечает их максимальные концентрации (4,7 ПДК), наибольшую повторяемость превышения ПДК (10%) и самые высокие значения среднегодовой концентрации в исследуемых районах, особенно вдоль магистралей (ул. Удмуртская и К. Либкнехта) и в СЗЗ предприятия Нефтемаш. Анализ доступных растениям форм минерального азота в почвах выявил их низкое содержание. В тех районах, где отмечается более высокое содержание нитратного и аммонийного азота, актуальная кислотность почв очень высока ( $pH=7,7-8,3$ ), что значительно снижает возможность их поглощения растениями. Установлена корреляционная связь содержания азота в листьях с концентрацией оксида азота в атмосферном воздухе ( $r = 0,15$ ,  $P = 0,049$ ,  $n = 168$ ).

Содержание калия существенно возрастает с увеличением степени техногенной нагрузки в листьях большинства изученных видов (кроме клена ясенелистного и розы майской, у которых оно снижается) (рис. 23). Это, на наш взгляд, связано с нарушением водообмена растений, вызванного условиями среды, усиливающими транспирацию растений, и, следовательно, меняющими скорость транспорта воды по растению.

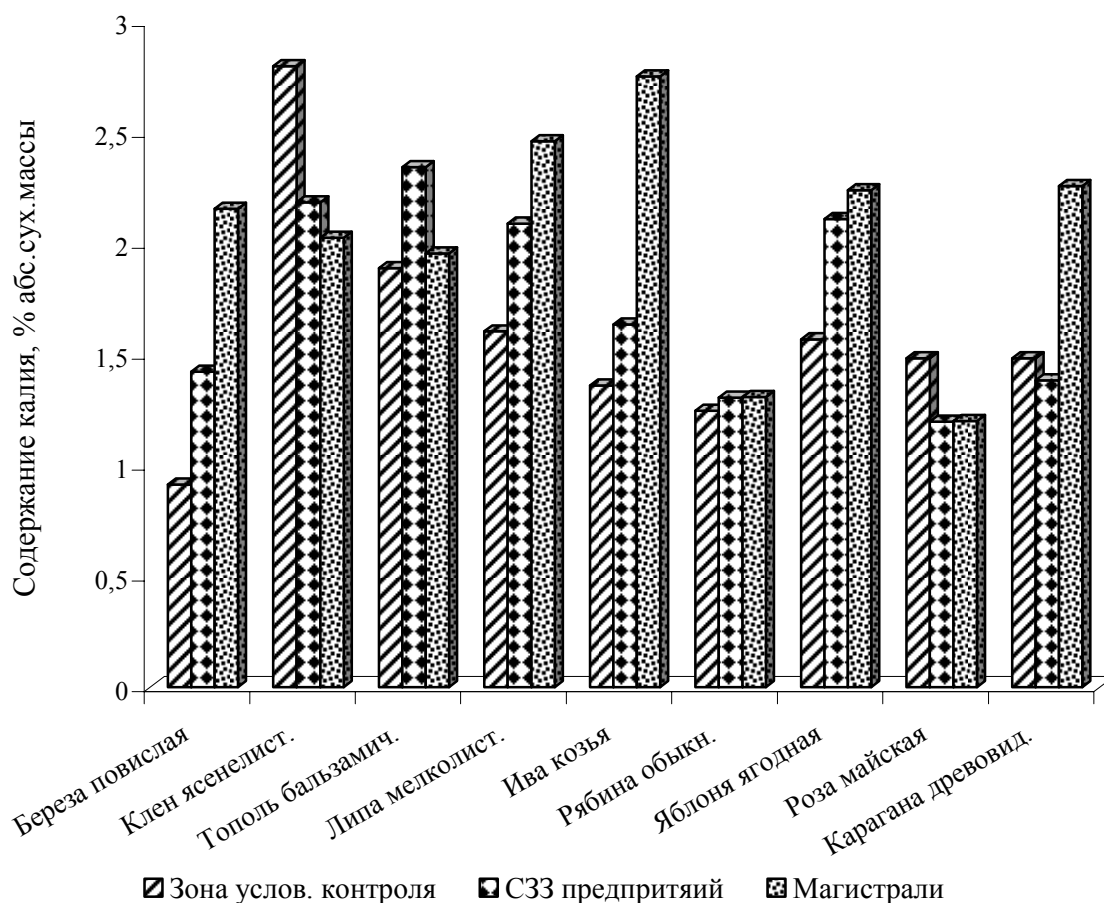


Рис. 23 – Содержание калия в листьях древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

В начале вегетации содержание фосфора в листьях растений, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках, существенно ниже по сравнению с ЗУК, а осенью концентрация данного элемента достоверно ниже только в магистральных посадках. Более высоким содержанием фосфора по сравнению с зоной условного контроля отличаются весенние стебли растений, произрастающих в СЗЗ промпредприятий, а осенние стебли, наоборот, – более низким его содержанием, причем и в СЗЗ промышленных предприятий, и в магистральных посадках.

Таким образом, увеличение содержания азота и калия в структурных частях растений сопровождается снижением содержания фосфора, т.е. происходит нарушение гомеостаза основных элементов минерального питания растений в условиях техногенной среды.

Дисперсионный анализ выявил существенность влияния вида растения, условий места произрастания, срока вегетации, а также их взаимодействия на показатель отношения содержания элементов в стеблевой и листовой частях побега.

В июне листья имеют более высокое содержание азота, фосфора и калия по сравнению со стеблями, и поэтому показатель отношения элемента в системе стебель/лист менее единицы. При увеличении степени техногенной нагрузки этот показатель для фосфора существенно возрастает в санитарных зонах, а для калия – снижается в магистральных посадках, для азота – различий не выявлено (рис. 24-26).

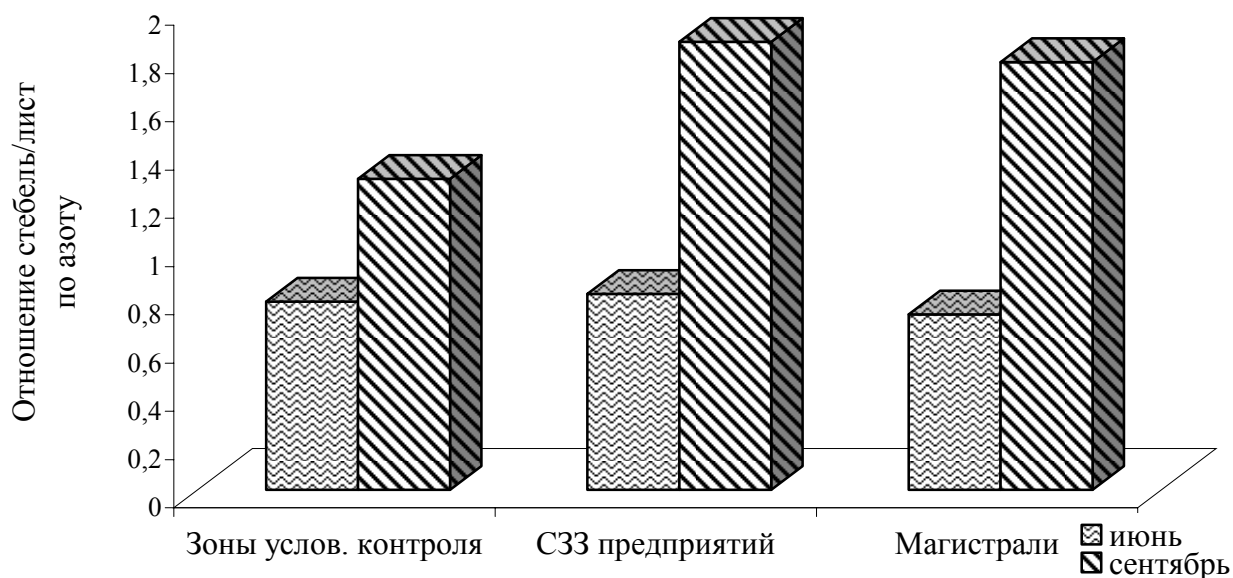


Рис. 24 – Влияние места произрастания на отношение содержания азота в системе стебель/лист в разные периоды вегетации (г. Ижевск)

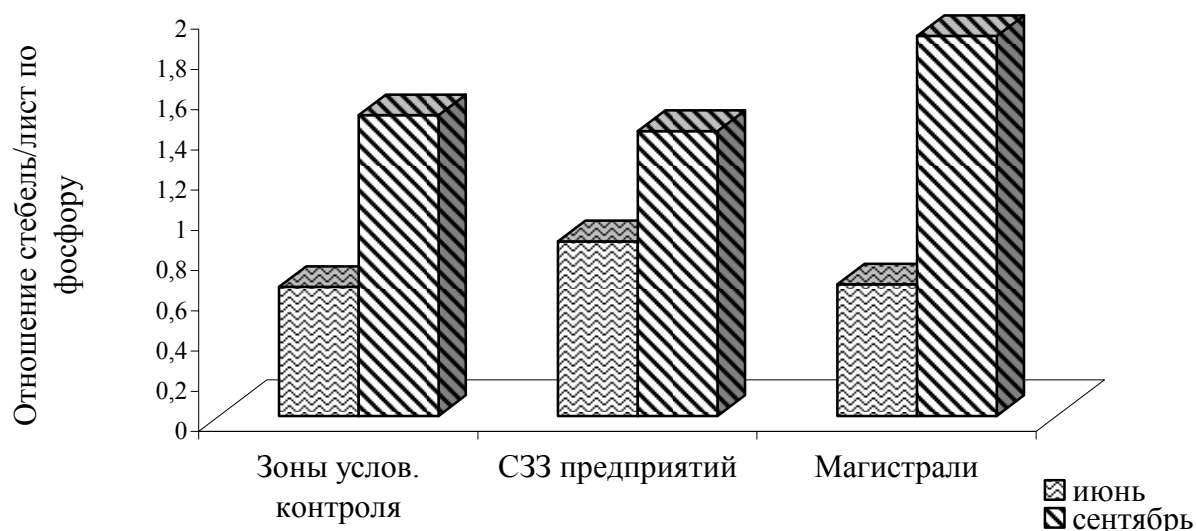


Рис. 25 – Влияние места произрастания на отношение содержания фосфора в системе стебель/лист в разные периоды вегетации (г. Ижевск)

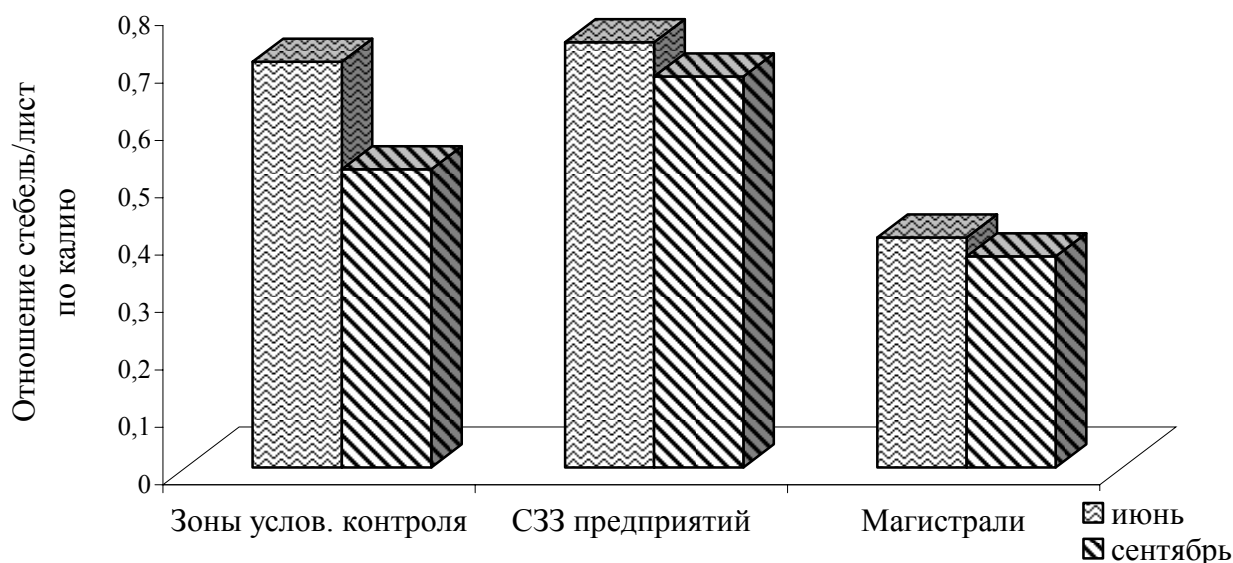


Рис. 26 – Влияние места произрастания на отношение содержания калия в системе стембель/лист в разные периоды вегетации (г. Ижевск)

При анализе видовой реакции растений отмечено, что у липы мелколистной и розы майской показатель отношения данных элементов в системе стембель/лист увеличивается в промышленных зонах и магистральных посадках; у клена ясенелистного – только в СЗЗ промышленных предприятий, а у яблони ягодной – только в магистральных посадках. У других видов – особенностей не выявлено (приложения Р, С, Т).

Таким образом, можно отметить, что в начале ассимиляционного периода наблюдается существенное изменение в характере распределения основных элементов минерального питания в структурных частях древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах.

В конце вегетации происходит отток основных элементов минерального питания из листьев в стеблевую часть побега, поэтому показатель отношения элемента в системе стембель/лист более единицы. В целом наблюдается существенное увеличение этого показателя для азота при увеличении степени техногенной нагрузки: в СЗЗ промышленных предприятий – 1,86, магистральных посадках – 1,77, в зоне условного контроля – 1,29 (рис. 24). В парковой зоне менее трети азота в конце вегетации транспортируется из листьев в стеблевую часть у рябины обыкновенной (0,23), клена ясенелистного (0,53), яблони ягодной (0,76). В промышленных зонах осенний отток азота нарушен у липы мелколистной (0,67), розы майской (0,78) и караганы древовидной (0,88); в магистральных посадках – у караганы древовидной (0,77). У березы повислой, клена ясенелистного и рябины обыкновенной этот показатель существен-

но увеличивается в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистрали, у липы мелколистной, наоборот, – уменьшается. Таким образом, можно заключить, что показатель отношения содержания азота в стеблевой и листовой части побега тесно связан с условиями произрастания и видовыми особенностями, следовательно, может быть рекомендован (у видов с четко выраженной реакцией) для целей индикации.

В отличие от азота, отношение содержания фосфора в системе стебель/лист достоверно увеличивается только у растений в магистральных посадках (на 0,39). При анализе видовых особенностей у большинства видов отмечается повышение данного показателя в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистральные посадки (рис. 25).

У древесных растений, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятий, отмечено достоверное возрастание отношения содержания калия в системе стебель/лист по сравнению с ЗУК, а в магистральных посадках – снижение данного показателя. Для всех изучаемых видов растений характерен слабый отток калия из листьев в стеблевую часть побега (рис. 26). У большинства изучаемых видов наиболее сильное нарушение оттока элемента наблюдается в магистральных посадках.

Таким образом, можно заключить, что в условиях городской среды отмечается нарушение гомеостаза основных элементов минерального питания (наибольшим изменениям подвержен азотный обмен растений). Изменяется характер распределения основных элементов в структурных частях растений, а также осенний физиологический отток элементов из листьев в покоящиеся побеги.

## ГЛАВА 6. РОЛЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ОПТИМИЗАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

### 6.1 Оценка средообразующего потенциала древесных насаждений города

В связи с повышением концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе и прогнозируемым глобальным изменением климата, особую значимость приобретает изучение всех составляющих баланса углекислоты в биосфере, как в глобальном, так и в региональном аспекте (Заварзин, 2001). Определенную роль в регуляции этого процесса играют древесные насаждения городов и промышленных зон. Так как насаждения города являются «рукотворными» весьма важно при подборе ассортимента, расчете норм озеленения учитывать участие видов и насаждений в углеродном балансе, т.е. учитывать их возможность осуществлять средообразующие функции.

Для выявления химизма, динамики продукционного процесса и углеродного баланса древостоев, насаждений весьма актуальны прямые измерения составляющих  $\text{CO}_2$ -газообмена и методы изучения ассимиляционной активности (интенсивности фотосинтеза), предусматривающие пересчет на поглощение  $\text{CO}_2$  и углерод.

Расчет балансовых потоков  $\text{CO}_2$ , проведенный А.М. Тарко (1994) показал, что в мире в 1988 г. его поступление составило 8,23 Гт углерода (в т.ч. промышленные выбросы – 5,83, вырубка лесов – 1,4, эрозия почв – 1,0), а поглощение – 5,44 Гт (экосистемами суши – 4,52, океаном – 0,92). Таким образом, в атмосфере аккумулировалось 2,79 Гт углерода (примерно 50% промышленных выбросов). Данные по углеродному балансу в мире за 2000 г. свидетельствуют о том, что аккумуляция углерода в атмосфере составила  $2,5 \cdot 10^9$  тонн (Акимова, Хаскин, 2000; Кондратьев, Лосев, Ананичева, 2002; Кошурникова, Гаек, 2005). Считается, что в настоящее время на фотосинтез расходуется 100 млрд. тонн  $\text{CO}_2$  в год и столько же его выделяется в атмосферу в процессе дыхания живых организмов.

Исходя из этого одной из поставленных задач проводимых нами исследований являлась оценка средообразующей возможности зеленых насаждений через расчет поглощаемого ими  $\text{CO}_2$  с учетом функционального состояния и ассимиляционной активности древесных растений в условиях городской среды.



Использованная нами методика определения интенсивности фотосинтеза (Быков, 1974) предусматривает пересчет показателя на поглощение  $\text{CO}_2$  ( $\text{мг}_{\text{CO}_2} \text{г}^{-1} \text{ч}^{-1}$ ) единицей массы листа с использованием следующей формулы:  $F_{(\text{CO}_2)} = 10\% \cdot 44/30 = 14,66F \sim 15F$  ( $\text{мг}_{\text{CO}_2} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{г}^{-1}$ ), где  $F$  – интенсивность фотосинтеза.

Расчет объема  $\text{CO}_2$ , поглощаемого древесными насаждениями города, произведен с учетом климатических особенностей региона (средней длины светового дня, количества ясных и облачных дней в период вегетации и его продолжительность у древесных растений) и особенностей ассимиляционной деятельности деревьев и кустарников в урбаносреде (депрессии фотосинтеза вообще и в частности в разные месяцы вегетационного периода, его снижение в пасмурные дни в среднем на 23% у лиственных пород и на 77% – у хвойных) (Стурман, Малькова, Загребина, 2002; Бобкова, Тужилкина, Кузин, 2006; Тужилкина, 2006).

По данным Докладов об экологической обстановке в Ижевске (2004-2006), в атмосферу города поступает в год примерно 52716 тонн  $\text{CO}_2$  (в т.ч. 52490 т приходится на выбросы стационарных и передвижных источников загрязнения) (приложение Г). Проведенные нами расчеты показали (табл. 13), что за вегетационный период древесными растениями города поглощается примерно 33565 тонн  $\text{CO}_2$  (64% его годового поступления в атмосферу).

Таблица 13 – Объем  $\text{CO}_2$ , поглощаемого зелеными насаждениями г. Ижевска

Тип насаждения	Площадь, га	Объемы поглощаемого $\text{CO}_2$ , т *						Источники $\text{CO}_2$	Поступление $\text{CO}_2$ , т/год
		апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь		
Насаждения общего пользования, в т.ч.	421	13	26	262	488	536	353	промышленность и транспорт	52490
хвойные	143	13	26	- 134	21	169	169		
прочие	278	----	----	396	467	367	184		
Городские леса, в т.ч.	8324	251	501	4969	9270	10195	6701	дыхание людей	226
хвойные	2586	251	501	- 2557	401	3207	3207		
прочие	5738	----	----	7526	8869	6988	3494		
Всего:	8745	264	527	5231	9758	10731	7054		
Всего за год		33565						52716	
Баланс $\text{CO}_2$		- 19151							

Примечание: \*При вычислении объема  $\text{CO}_2$ , поглощаемого насаждениями города, использованы таксационные материалы сотрудника Ижевской ГСХА Ведерникова К.Е. и материалы инвентаризации насаждений города.



**Ива Шверина на набережной Ижевского водохранилища. Пороки: кривизна, сухобокость**



**Тополь бальзамический на набережной Ижевского водохранилища. Табачный сучок на стволе – свидетельство наличия сердцевидной гнили**



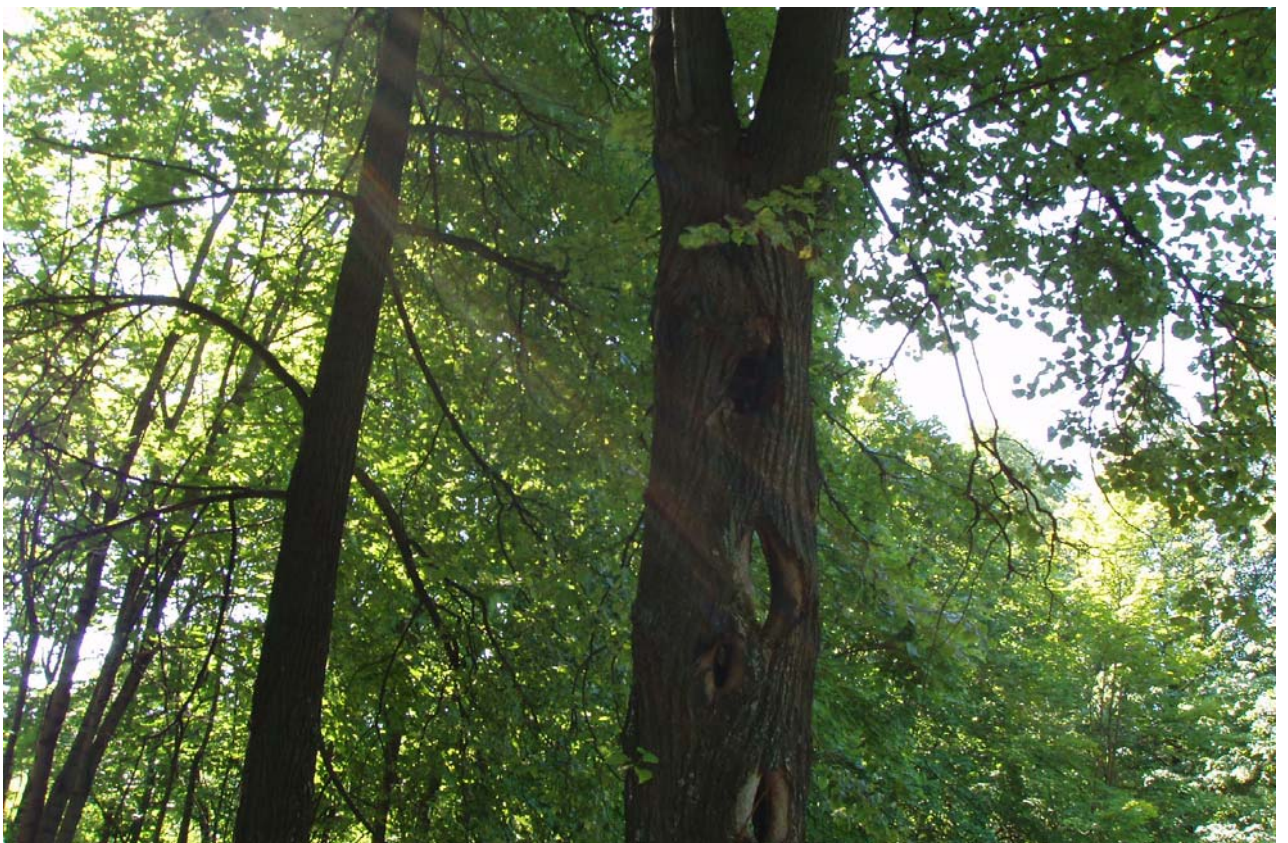
**Тополь бальзамический с инородными включениями на стволе на набережной Ижевского водохранилища**



**Ель финская на ул. Песочная. Пороки: сухобокость, засмолки, обжиг**



**Посадки березы повислой на ул. Песочная. Нарушение правил посадки древесных растений без учета расположения коммуникаций стало причиной своеобразного «формирования кроны»**



**Липа мелколистная в городском парке им. Кирова. Старение дерева привело к наличию пустот в стволе дерева**



**Ель финская в городском парке им. Кирова. Высокая рекреационная нагрузка и неконтролируемая дорожно-тропиночная сеть приводит к уплотнению почвы и, как следствие, обнажению корневой системы дерева**



**Липа мелколистная в городском парке им. Кирова. Листовые пластинки растения поражены минерами**



**Липа мелколистная в городском парке им. Кирова. Старость насаждений приводит к ослаблению иммунитета и, как следствие, поражению растений различными патогенами**



**Ель финская в городском парке им. Кирова. Механические повреждения ствола приводят к наличию засмолков и сухобокости**



**Ель финская в городском парке им. Кирова. Влияние техногенной среды приводит к ослаблению насаждений и, как следствие, ветролому и ветровалу деревьев**



**Тополь бальзамический в магистральных посадках на ул. К.Либкнехта. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, загазованность приводит к усыханию и гибели деревьев**



**Тополь бальзамический в магистральных посадках на ул. К. Либкнехта. Поражение листовой пластинки минерами**



**Липа мелколистная в насаждениях санитарно-защитной зоны промышленного предприятия «Нефтемаш». Тля, поселяющаяся на липе, выделяет медвяную росу, что приводит к налипанию пыли на листья**





**Липа мелколистная в насаждениях санитарно-защитной зоны промышленного предприятия «Ижсталь». Обдир коры по окружности ствола**



**Карагана древовидная в насаждениях санитарно-защитной зоны промышленного предприятия «Ижсталь» поражена мучнистой росой**

В июле и августе растения обладают максимальной ассимиляционной активностью и поглощают примерно 20489 т углекислоты, что составляет 61% от суммарного поглощения за вегетационный период. В начале ассимиляционного периода и в период его завершения поглотительная способность растений невысока и составляет 0,8-21% от общего объема поглощенного CO<sub>2</sub>.

Таким образом, древесные насаждения Ижевска поглощают в течение вегетации 3,84 т/га CO<sub>2</sub>. По данным В.Н. Карасева (2001) высокопроизводительные сомкнутые древостои умеренного климата за вегетационный период аккумулируют 20-25 т/га углекислоты, следовательно, в условиях урбаноcреды эта способность растений снижается примерно в 5-7 раз.

Для повышения средообразующей роли насаждений необходимо увеличивать их площадь, используя виды древесных растений с максимальной ассимиляционной деятельностью в урбаноcреды, т.е. высоким эколого-физиологическим потенциалом. Но увеличение площади насаждений города примерно в два раза вряд ли выполнимая задача. Исходя из этого, мы считаем, что в обеспечении городов экологическими ресурсами большое значение должно отводиться прилегающим к ним территориям с природными и антропогенными экосистемами, в дальнейшем для которых следует провести оценку их средообразующего потенциала и использовать в качестве экологических «доноров».

На основании полученных показателей физиолого-биохимического состояния древесных растений нами был рассчитан природный потенциал (Пп) древесных насаждений различных функциональных зон г. Ижевска по методике Е.И. Голубевой (2004). Показатель Пп рассчитывается как  $1/N$  от суммы отношений изучаемых показателей к аналогичным в фоновых условиях:

$$Пп = \frac{1}{N} \sum \frac{A_i}{A_{i0}},$$

где  $A_i$  – величина из  $N$  выбранных;  $A_{i0}$  – аналогичная величина  $i$ -го показателя в эталонной системе;  $N$  – количество анализируемых показателей.

Для СЗЗ промышленных предприятий нами получен показатель природного потенциала, равный 1,062, для магистральных посадок – 0,789. В СЗЗ промышленных предприятий отмечается некоторое увеличение интенсивности фотосинтеза, содержания аскорбиновой кислоты в

листьях и водоудерживающей способности листьев. Такой результат говорит о способности древесных насаждений стабилизировать экологическую обстановку данной функциональной зоны.

Наибольшее снижение природного потенциала наблюдается в магистральных посадках – в зонах с максимальным уровнем загрязнения – за счет снижения интенсивности фотосинтеза, но это в некоторой мере уравновешивается увеличением содержания аскорбиновой кислоты в листьях, что, видимо, может свидетельствовать об участии данного метаболита в формировании адаптаций древесных растений к условиям урбанизированной среды.

## **6.2 Возможность использования физиолого-биохимических показателей древесных растений в индикации загрязнения окружающей среды**

В ходе корреляционного анализа (приложение П) изучаемых физиолого-биохимических показателей и параметров загрязнения атмосферного воздуха установлено, что ассимиляционная активность изученных видов древесных растений имеет высокую корреляционную связь с комплексным показателем загрязнения атмосферы ИЗА ( $r = -0,17$ ,  $P < 10^{-29}$ ,  $n = 426$ ), а также с содержанием в атмосферном воздухе СО ( $r = -0,18$ ,  $P = 6,53 \cdot 10^{-6}$ ,  $n = 648$ ), NO<sub>2</sub> ( $r = 0,16$ ,  $P = 3,99 \cdot 10^{-5}$ ,  $n = 648$ ) и фенола ( $r = -0,25$ ,  $P = 2,54 \cdot 10^{-6}$ ,  $n = 357$ ). У липы мелколистной, рябины обыкновенной и розы майской интенсивность фотосинтеза достоверно снижается при повышении в воздухе концентрации СО. У клена ясенелистного аналогичная корреляционная зависимость установлена также с содержанием NO<sub>2</sub>. У яблони ягодной и тополя бальзамического по отношению к СО и фенолу установлена отрицательная корреляционная связь и противоположная – по отношению к окислам азота.

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях значимо коррелирует с содержанием в воздухе СО ( $r = -0,13$ ,  $P = 0,001$ ,  $n = 648$ ), NO<sub>2</sub> ( $r = 0,20$ ,  $P = 3,25 \cdot 10^{-7}$ ,  $n = 648$ ) и фенола ( $r = -0,11$ ,  $P = 0,041$ ,  $n = 357$ ). У тополя бальзамического концентрация данного метаболита не коррелирует с содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, у яблони ягодной – коррелирует с содержанием NO<sub>2</sub>. Для клена ясенелистного, ивы козьей и рябины обыкновенной установлена отрицательная корреляционная связь с концентрацией СО в воздухе, а у липы мелколи-

стной выявлена обратная реакция. У розы майской количество аскорбиновой кислоты снижается при возрастании в воздухе содержания фенола.

Выявлена существенная корреляционная связь водоудерживающей способности листьев с содержанием в воздухе CO ( $r = 0,10$ ,  $P = 0,015$ ,  $n = 648$ ) и NO<sub>2</sub> ( $r = -0,26$ ,  $P = 2,24 \cdot 10^{-11}$ ,  $n = 648$ ). Видовой анализ показал отсутствие корреляционной зависимости между водоудерживающей способностью и содержанием загрязняющих веществ у яблони ягодной, клена ясенелистного и ивы козьей (приложение П). Повышение концентрации окислов углерода снижает водоудерживающую способность листьев березы повислой ( $r = 0,33$ ,  $P = 0,001$ ,  $n = 90$ ), фенолов – рябины обыкновенной и розы майской (соответственно  $r = 0,48$ ,  $P = 0,003$ ,  $n = 36$  и  $r = 0,41$ ,  $P = 0,044$ ,  $n = 24$ ), а формальдегида – тополя бальзамического ( $r = 0,40$ ,  $P = 0,030$ ,  $n = 30$ ).

В целом можно констатировать, что повышение в воздухе концентрации CO и фенола угнетает фотосинтетическую активность, способствует снижению содержания аскорбиновой кислоты в листьях и их водоудерживающей способности, а NO<sub>2</sub> (при существующем уровне загрязнения), наоборот, повышает эти показатели.

Установлена высокая положительная корреляционная связь содержания таннинов с NO<sub>2</sub> ( $r = 0,15$ ,  $P = 0,047$ ,  $n = 177$ ) и отрицательная корреляционная связь с содержанием бенз(а)пирена ( $r = -0,20$ ,  $P = 0,008$ ,  $n = 177$ ).

Содержание таннинов в побегах рябины обыкновенной и караганы древовидной высоко значимо коррелирует с ИЗА и его составляющими ( $r = -0,67-0,79$ ,  $P = 10^{-29}-0,006$ ,  $n = 15$  – для рябины обыкновенной и  $r = 0,61-0,68$ ,  $P = 0,036$ ,  $n = 12$  – для караганы древовидной), что свидетельствует о возможности использования этих видов в индикации состояния атмосферного воздуха.

Кроме того, высокие корреляционные связи концентрации таннинов с содержанием в воздухе NO<sub>2</sub> выявлены у клена ясенелистного ( $r = 0,42$ ,  $P = 0,044$ ,  $n = 24$ ), липы мелколистной ( $r = 0,47$ ,  $P = 0,049$ ,  $n = 18$ ), розы майской ( $r = 0,80$ ,  $P = 0,002$ ,  $n = 12$ ) и у березы повислой с содержанием бенз(а)пирена ( $r = 0,52$ ,  $P = 0,006$ ,  $n = 27$ ).

Таким образом, можно заключить, что изучаемые нами показатели отражают реакцию древесных растений на степень загрязнения окружающей среды и их можно рекомендовать, как для оценки состояния насаждений, так и для системы мониторинга урбаноэкосистем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первоочередными задачами для Ижевска являются оценка состояния зеленого фонда города, расширение ассортимента древесных растений для целей озеленения, обладающего устойчивостью к болезням, вредителям и загрязняющим веществам; реконструкция насаждений специального назначения. В зеленом строительстве недостаточно используются хвойные растения, среди которых имеются виды с высокой декоративностью, фитонцидностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям урбаноcреды.

В условиях городской среды отмечено нарушение процессов развития (феноритмов) древесных растений, снижение их жизненного состояния. В насаждениях санитарно-защитных зон промышленных предприятий доля растений, имеющих хорошее состояние, составляет 30%, в магистральных посадках – 20% (в пригородной и парковой зоне – 70%). Существенно снижается прирост ствола деревьев по объёму. Характерны такие пороки, как кривизна ствола, механическое повреждение ветвей, сухобокость, обдир коры, открытая прорость, нередки инородные включения в стволе деревьев. В СЗЗ промышленных предприятий чаще можно встретить ядровую гниль, а в магистральных посадках – хлороз, некроз, а также существенное повреждение листьев филофагами. В условиях наибольшего загрязнения среды (магистральные посадки) отмечено снижение зимостойкости почек на побегах.

Морфометрический анализ годичных побегов позволяет выделить три стратегии изменения побегообразования в условиях техногенной нагрузки: у одних видов происходит ксерофитизация морфологических структур (клен ясенелистный), у других – удлинение годичного побега (береза повислая, ива козья, рябина обыкновенная, липа мелколистная и яблоня ягодная) за счет увеличения числа его метамеров; третья группа растений не реагирует на данные условия изменением морфогенеза побега. Таким образом, условия урбанизированной среды оказывают влияние не только на постэмбриональную стадию формирования побега древесных растений (что отмечалось ранее), но и на его эмбриональную фазу.

Установлено, что биологические особенности вида, условия места произрастания, а также взаимодействие этих факторов оказывают достоверное влияние на фотосинтетическую активность, водоудерживающую способность и содержание аскорбиновой кислоты и таннинов в структурных частях древесных растений в условиях города.

Выявлено снижение интенсивности фотосинтеза на 20,60 мг·г<sup>-1</sup>·ч<sup>-1</sup> в магистральных посадках, при этом наибольшей депрессии подвержена фотосинтетическая деятельность кустарникового яруса. Высокой интенсивностью фотосинтеза в урбанизированной среде отличаются интродуценты – яблоня ягодная, тополь бальзамический, карагана древовидная и клен ясенелистный.

В течение вегетации наблюдается снижение водоудерживающей способности листьев. Установлено возрастание данного показателя у деревьев в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках (на 2,07 и 2,47% соответственно), что свидетельствует о его адаптационной роли. Наибольшей способностью удерживать воду в условиях техногенной нагрузки обладают береза повислая, клен ясенелистный, липа мелколистная и яблоня ягодная. У видов с высокой ассимиляционной активностью водоудерживающая способность значимо коррелирует с интенсивностью фотосинтеза.

В условиях антропогенного стресса отмечается рост содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений: в июне только в магистральных посадках (на 253,61 мг%), а в июле – и в СЗЗ промышленных предприятий (на 137,98 мг%), что коррелирует с показателями фотосинтеза растений ( $r = 0,12$ ,  $P = 0,001$ ,  $n = 648$ ).

В начале вегетации побеги древесных растений исследуемых функциональных зон отличаются более низким по сравнению с зоной условного контроля содержанием таннинов (на 0,152-0,203%). В конце вегетации концентрация метаболита в побегах в этих районах увеличивается в четыре раза, у видов с высокой ассимиляционной активностью – в 6-10 раз, что может свидетельствовать о его участии в механизмах адаптации. Установленные особенности изменения содержания таннинов в побегах ивы козьей, яблони ягодной, рябины обыкновенной позволяют рекомендовать их к использованию в мониторинге состояния окружающей среды.

Весенние и осенние побеги растений в условиях техногенного загрязнения имеют высокое процентное содержание общего азота при недостатке его доступных форм в почве. В структурных частях растений возрастает содержание калия, но снижается концентрация фосфора. Наблюдается нарушение осеннего физиологического оттока элементов из листьев в покоящиеся побеги, наибольшее – для калия. Таким образом, нарушается гомеостаз основных элементов минерального питания и характер их распределения в структурных частях растений.

Анализ изучаемых физиолого-биохимических показателей и их адаптационной роли позволяет выделить две группы растений. Первая группа характеризуется высокими показателями водоудерживающей способности листьев и содержания вторичных метаболитов, но низкой интенсивностью фотосинтеза и представлена липой мелколистной и березой повислой. Для второй группы растений, которая включает яблоню ягодную и тополь бальзамический, характерна наряду с высокими показателями водоудерживающей способности и вторичных метаболитов – высокая интенсивность фотосинтеза, следовательно, их можно рекомендовать к широкому использованию для целей экологической оптимизации городской среды.

Наличие достоверной корреляционной связи между указанными физиолого-биохимическими показателями и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, концентрацией отдельных загрязнителей позволяет использовать физиологические и биохимические параметры деревьев и кустарников для косвенной оценки суммарного загрязнения городской среды.

Примерный расчет объемов годового поглощения  $\text{CO}_2$  показал, что древесными насаждениями города поглощается 64% индустриальных выбросов и составляет 3,84 т  $\text{CO}_2/\text{га}$ , что примерно в 5-7 раз меньше, чем поглощение высокопродуктивными сомкнутыми древостоями умеренного климата. Это свидетельствует о неспособности имеющихся древесных насаждений Ижевска поддерживать стабильность концентрации  $\text{CO}_2$  на экологически безопасном уровне, и диктует необходимость увеличения их площади и соответствующей организации пригородных территорий.

Проведенные исследования позволяют сделать ряд рекомендаций по организации мониторинга зеленых насаждений, созданию и реконструкции зеленого фонда города.

Первоочередной задачей города является инвентаризация и оценка экологического состояния имеющегося зеленого фонда. Для характеристики состояния насаждений и отдельных видов древесных растений и их экологического потенциала необходимо наряду с методами таксации и инвентаризации использовать комплекс физиолого-биохимических характеристик, объективно отражающих функциональное состояние растений.

Ряд видов и их физиолого-биохимические показатели могут быть рекомендованы к использованию как информативные при мониторинге состояния урбаноэкосистем (например, содержание таннинов в побегах

ивы козьей (*Salix caprea* L.), яблони ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.) и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.); показатели ассимиляционной активности, водоудерживающей способности и содержания аскорбиновой кислоты в листьях.

Высокое содержание в почвах фосфора и калия дает возможность исключить внесение удобрений, содержащих эти элементы. Щелочные значения рН почвы в условиях интенсивной антропогенной нагрузки делают малодоступными для растений почвенные запасы азота. Для разработки рекомендаций по азотному питанию растений необходимы дополнительные исследования, при этом следует учесть, что растения способны поглощать и вовлекать в метаболизм азотсодержащие загрязнители из воздуха. Карагану древовидную (*Caragana arborescens* Lam.) можно рекомендовать к использованию в озеленении районов с высокой концентрацией окислов азота в атмосферном воздухе.

Необходимо организовать систему ухода за растениями, что позволит значительно усилить экологический потенциал насаждений (внесение удобрений, промывание крон, полив, защита от болезней и вредителей и т.д.).

Необходим дифференцированный подход к подбору ассортимента древесных растений для создания различных экологических категорий насаждений. Для магистральных посадок мы рекомендуем использовать – яблоню ягодную, тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) и карагану древовидную; в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий – к ним можно добавить березу повислую (*Betula pendula* Roth.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) и ель колючую (*Picea pungens* Engelm. f. *glauca* Regel.); в лесопарковой зоне можно использовать все изученные нами виды древесных растений.

Для решения проблем оптимизации городской среды необходимо увеличить долю видов с высоким средообразующим потенциалом и в городских насаждениях, и в пригородной зеленой зоне.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллина, О.А.* Общность и поливариантность морфо-физиологических и биохимических параметров при адаптации растений к изменяющимся условиям минерального питания : автореф. дис. ... к.б.н.: 03.00.16 / О.А. Абдуллина. – Тольятти, 2006. – 20 с.
2. *Акимова, Т.А.* Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М., 2000. – 556 с.
3. *Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР* / Под ред. С.Ф. Гречканевой, К.И. Марченко. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 115 с.
4. *Аксенов, Е.С.* Декоративные растения. Т. 1. (Деревья и кустарники) / Е.С. Аксенов, Н.А. Аксенова. – М. : АБФ, 1997. – 560 с.
5. *Александрова, Л.Н.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. – Л. : Агропромиздат, 1986. – 295 с.
6. *Алексеев, В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-54.
7. *Алексеев, В.А.* Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем / В.А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л. : Наука, 1990. – С. 38-53.
8. *Алексеев, Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
9. *Алексеев, Ю.Е.* Деревья и кустарники. Энциклопедия природы России / Ю.Е. Алексеев, П.Ю. Жмылев, Е.А. Карпухина– М., 1997. – 592 с.
10. *Алексеев, В.А.* Экологическая геохимия / В.А. Алексеев. – М. : Логос, 2000. – 627 с.
11. *Антипов, В.Г.* Декоративная дендрология / В.Г. Антипов. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 279 с.
12. *Антипов, В.Г.* Устойчивость древесных растений к промышленным газам / В.Г. Антипов. – Минск : Наука и техника, 1979. – 214 с.
13. *Аракелов, Г.Г.* Экопсихология большого города / Г.Г. Аракелов // Безопасность крупных городов. – М., 1996. – 212 с.
14. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1961. – 491 с.
15. *Артамонов, В.И.* Растения и чистота природы / В.И. Артамонов. – М. : Наука, 1986. – 172 с.
16. *Арустамов, Э.А.* Экологические основы природопользования / Э.А. Арустамов, И.В. Левакова, Н.В. Баркалова. – М. : Дашков и К, 2001. – 236 с.
17. *Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей* / Под ред. Ф.Т.М. Ньистадта. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 350 с.
18. *Афонин, А.А.* Селекция ив на продуктивность и устойчивость насаждений / А.А. Афонин // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 263-266.
19. *Ахматов, К.А.* Адаптация древесных растений к засухе (на примере предгорий Киргизского Ала-Тоо) / К.А. Ахматов. – Фрунзе : Илим, 1976. – 199 с.

20. *Баканина, Ф.М.* Техногенные изменения почвенного покрова городских территорий / Ф.М. Баканина // Антропогенные изменения и охрана природной среды. – Новгород : ЭГПИ им. М. Горького, 1990. – С. 61- 65.

21. *Балясный, В.И.* Основные результаты интродукции древесных растений в Чувашской Республике / В.И. Балясный, Ю.А. Неофитов, В.А. Богатов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Биология. Выпуск 2(8). – Н.Новгород : ННГУ, 2004. – С.56-69.

22. *Баранова, О.Г.* Местная флора Удмуртии: анализ, конспект, охрана / О.Г. Баранова. – Ижевск : УдГУ, 2002. – 199 с.

23. *Барахтенова, Л.А.* Влияние сернистого газа на фотосинтез растений / Л.А. Барахтенова. – Новосибирск, 1983. – 143 с.

24. *Барахтенова, Л.А.* Влияние сернистого газа на фотосинтез растений / Л.А. Барахтенова, В.С. Николаевский. – Новосибирск, 1988. – 85 с.

25. *Барбер, С.А.* Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / Под ред. Э.Е. Хавкина. – М. : Агропромиздат, 1988. – 376 с.

26. *Башаркевич, И.Л.* Влияние химического состава городских почв на состояние древесных насаждений / И.Л. Башаркевич, И.А. Морозова, С.В. Сомаев // Экология большого города. Альманах. Вып. 3. – М. : Прима-Пресс, 1998. – С. 62-73.

27. *Башкот, Е.Н.* Хлорофилльный фотосинтетический потенциал посева как биоиндикатор экологического мониторинга / Е.Н. Башкот, А.С. Дорогобидова // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань, 2005. – С. 402- 404.

28. *Безуглая, Э.Ю.* Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 251 с.

29. *Берлянд, М.Е.* Города и климат планеты / М.Е. Берлянд, К.Я. Кондратьев. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 40 с.

30. *Биометрия* / Н.В. Глотов, Л.А. Животовский, Н.В. Хованов, Н.Н. Хромов-Борисов // <http://shop.rcd.ru>. – 380 с.

31. *Биометрия* : учебное пособие / Н.В. Глотов, Л.А. Животовский, Н.В. Хованов, Н.Н. Хромов-Борисов; под ред. М.М. Тихомировой. – Москва-Ижевск : <http://shop.red.ru>, 2005. – 381 с.

32. *Бобкова, К.С.* Углеродный цикл в еловых экосистемах северной тайги / К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина, С.Н. Кузин // Экология. – 2006. – № 1. – С. 23-31.

33. *Богдановский, Г.А.* Химическая экология : учеб. пособие / Г.А. Богдановский. – М. : МГУ, 1994. – 237 с.

34. *Боговая, И.О.* Озеленение населенных мест / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – М. : Агропромиздат, 1990. – 239 с.

35. *Борисова, Е.А.* Флористическое загрязнение пригородных лесов г. Иваново / Е.А. Борисова // Экология. – 2006. – № 3. – С. 168-172.

36. *Ботаника. Анатомия и морфология растений* / А.Е. Васильев, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский, Т.И. Серебрякова. – М. : Просвещение, 1978. – С. 263-307.

37. *Братчук, Н.И.* Изменения некоторых биологических параметров лекарственных растений Удмуртии в условиях загрязнения среды : автореф. дис. ... к. б. н. : 03.00.16 / Н.И. Братчук. – Ижевск, 2001. – 18 с.
38. *Бримблкумб, П.* Состав и химия атмосферы / П. Бримблкумб. – М. : Мир, 1988. – 352 с.
39. *Булыгин, Н.Е.* Дендрология / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко. – М. : МГУЛ, 2001. – 528 с.
40. *Бухарина, И.Л.* К вопросу о средорегулирующей роли древесных растений в условиях урбанизированной среды / И.Л. Бухарина // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. II Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 308-310.
41. *Бухарина, И.Л.* Комплексный анализ состояния зеленых насаждений как элемент системы мониторинга окружающей среды урбанизированных территорий / И.Л. Бухарина // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – Т.2. – С. 123-128.
42. *Бухарина, И.Л.* К стратегии создания экологически оптимизированной среды в условиях крупного города на примере Ижевска / И.Л. Бухарина, В.В. Туганаев // Состояние окружающей среды и здоровье детей : мат. конф., посвящ. 25-летию каф. детских инфекций и 70-летию проф. И.Г. Гришкина. – Ижевск : ИГМА, 2005. – С. 31-34.
43. *Быков, О.Д.* Бескамерный способ изучения фотосинтеза : метод. указания / О.Д. Быков. – Л. : ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1974. – 17 с.
44. *Валягина-Малютина, Е.Т.* Деревья и кустарники Средней полосы Европейской части России : определитель / Е.Т. Валягина-Малютина. – СПб. : Специальная литература, 1998. – 112 с.
45. *Васфилов, С.П.* Возможные пути негативного влияния кислых газов на растения / С.П. Васфилов // Журнал общей биологии. – 2003. – Т. 64. – № 2. – С. 146-159.
46. *Вахитов, Н.М.* Транспорт и экологическая обстановка в городе Ижевске / Н.М. Вахитов, С.А. Гагарин // Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска : опыт и проблемы : мат. межрегион. науч.-практ. конф. – Ижевск : Ижевская республиканская типография, 2005. – С. 157-158.
47. *Веретенников, А.В.* Фотосинтез древесных растений / А.В. Веретенников. – Воронеж : ВГУ, 1980. – 76 с.
48. *Винокурова, Р.И.* Закономерности накопления и распределения химических элементов в фитомассе елово-пихтовых насаждений зоны смешанных лесов Среднего Поволжья : дисс. ... докт. наук / Р.И. Винокурова. – Йошкар-Ола, 2003. – 273 с.
49. *Вишаренко, В.С.* Экологические проблемы городов и здоровье человека / В.С. Вишаренко, Н.А. Толоконцев. – Л. : Знание, 1982. – 32 с.
50. *Вишнякова, С.В.* Подбор ассортимента древесных пород в связи с уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почвы для озеленения городских окраин г. Екатеринбурга / С.В. Вишнякова // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 156-158.

51. *Владимиров, В.В.* Растения и окружающая среда. / В.В. Владимирова. – М. : Стройиздат, 1982. – 228 с.

52. *Владимиров, В.В.* Урбэкология / В.В. Владимирова. – М. : МНЭПУ, 1999. – 204 с.

53. *Владимиров, В.В.* Город и ландшафт: проблемы, конструктивные задачи и решения / В.В. Владимирова, Е.М. Микулина, З.Н. Яргина. – М. : Мысль, 1986. – 238 с.

54. Воздействие фторсодержащих соединений на состояние хвойных лесов Прибайкалья / Михайлова Т.А. [и др.]. // Лесоведение. – 2005. – № 2. – С. 38-45.

55. *Вострикова, Т.В.* Влияние почвенно-климатических факторов и антропогенного загрязнения на цитогенетические показатели деревьев-интродуцентов / Т.В. Вострикова // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – Т II. – С. 326-331.

56. *Войцеконская, С.А.* Физиолого-экологические аспекты приспособления растений к кислородной недостаточности / С.А. Войцеконская // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 158-160.

57. *Волкова, М.В.* Состояние древесных растений в промышленном регионе / М.В. Волкова, Л.В. Беляева // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития. – Киев : Наукова думка, 1990. – С. 171-172.

58. *Воскресенская, О.Л.* Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в городских условиях / О.Л. Воскресенская, Е.В. Сарбаева. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – 130 с.

59. *Гагарин, С.А.* Организация мониторинга шумового загрязнения в г. Ижевске / С.А. Гагарин // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. науч. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 410-411.

60. *Гамалей, Ю.В.* Развитие хлоренхимы листа / Ю.В. Гамалей, Г.В. Куликов. – Л. : Наука, 1978. – 192 с.

61. *Ганина, О.Н.* Зеленая зона как средство управления состоянием городской среды / О.Н. Ганина // Урбанизация и экология : межвуз. сб. науч. тр. – Л., 1990. – 140 с.

62. *Гелашвили, Д.Б.* Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга / Под ред. Д.Б. Гелашвили. – Н.Новгород : ННГУ, 2000. – С. 4-13.

63. *Генеральный план г. Ижевска.* – СПб. : Научно-проектный институт пространственного планирования «ЭНКО», 2005. – С. 108-125.

64. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев [и др.]. – М. : Недра, 1990. – 335 с.

65. *Гетко, Н.В.* Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. – Минск : Наука и техника, 1989. – 208 с.

66. *Глазунов, В.Г.* Ветровал и ветролом деревьев в городе / В.Г. Глазунов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование : науч. тр. вып. 307 (1). – М. : МГУЛ, 2001. – 216 с.

67. *Голубева, Е.И.* Биотические критерии диагностики состояния антропогенно трансформированных экосистем / Е.И. Голубева // География, общество, ок-

ружающая среда. Т 3. Природные ресурсы, их использование и охрана / Под. ред. проф. А.Н. Геннадиева и гл. чл.-корр. РАН Д.А. Криволицкого. – М. : Городец, 2004. – С. 89-95.

68. *Голубева, Е.И.* Диагностика состояния экосистем в сфере антропогенного воздействия : автореф. дисс. ... докт. биол. наук : 11.00.11 / Е.И. Голубева. – М. : Инст. проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, 1999. – 48 с.

69. *Гончарук, Е.И.* Окружающая среда и ее гигиеническое значение / Е.И. Гончарук, М.П. Воронцов // *Общая гигиена*. – Киев : Выща школа, 1991. – С. 98-118.

70. *Горбачева, Т.Т.* Содержание полифенолов при разложении опада и подстилки в ельниках зеленомошниках Кольского полуострова / Т.Т. Горбачева, Н.А. Артемкина, Н.В. Лукина // *Лесоведение*. – 2006. – № 3. – С. 15-23.

71. *Горшков, С.П.* Концептуальные основы геоэкологии. – Смоленск : СГУ, 1998. – 448 с.

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

73. *Горышина, Т.К.* О некоторых структурно-функциональных характеристиках ассимиляционного аппарата листа у растений лесостепной дубравы. Особенности пластидного аппарата разных ярусов / Т.К. Горышина // *Ботан. журн.* – 1979. – Т. 63. № 3. – С. 331- 340.

74. *Горышина, Т.К.* Растение в городе. – Л. : ЛГУ, 1991. – 152 с.

75. ГОСТ 17.4.3.01.-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб, 1983.

76. ГОСТ 17.5.4.01-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород.

77. ГОСТ 24556-89. Методы определения витамина С. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.

78. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – М. : Изд-во стандартов, 1985.

79. ГОСТ. 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы Определения витамина С. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 16 с.

80. ГОСТ.26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – М. : Изд-во стандартов.

81. ГОСТ.29270-95. Методы определения нитратов. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – С. 236-254.

82. ГОСТ 2140–81. Пороки древесины. Классификация, термины и определения. Способы измерения. – М. : Изд-во стандартов, 1982.

83. *Григорьев, Ю.С.* Оперативные методы оценки влияния загрязнения воздушной среды на растения / Ю.С. Григорьев, Н.В. Пахарькова, М.А. Бучельников // *Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы* : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 77-79.

84. *Григорьев, Ю.С.* Мониторинг состояния древесных растений в условиях загрязнения воздушной среды методом регистрации флуоресценции хлорофилла /

Ю.С. Григорьев, Н.В. Пахарькова, Г.А. Сорокина // Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем : тез. докл. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 2002. – С. 55-56.

85. *Гришина, Л.А.* Учет биомассы и химический анализ растений / Л.А. Гришина, Е.М. Самойлова. – М. : МГУ, 1971. – 99 с.

86. *Гришко, В.Н.* К методике оценки состояния древесных растений в условиях городской среды / В.Н. Гришко, К.Б. Плюто, З.Н. Столяренко // Роль ботанических садов в зеленому будівництві міст, курортних та рекреаційних зон. – Частина 1., 2002. – С. 126-131.

87. *Грошева, Н.П.* Эколого-физиологические особенности водного режима желтушника левкойного в онтогенезе / Н.П. Грошева // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 311-312.

88. *Гудвин, Т.* Введение в биохимию растений / Т. Гудвин, Э. Мерсер. – М. : Мир, 1986. – 312 с.

89. *Гудериан, Р.* Загрязнение воздушной среды. – М. : Мир, 1979. – 200 с.

90. *Державин, Л.М.* Руководство по анализам кормов. – М. : Колос, 1982. – 74 с.

91. *Диагностика состояния насаждений, подверженных воздействию техногенных выбросов тепловых электростанций* / В.В. Протопопов [и др.]. – Красноярск, 1990. – 27 с.

92. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2003 г.* – Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска. – Ижевск, 2004. – 32 с.

93. *Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2004 г.* – Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска. – Ижевск, 2005. – 71 с.

94. *Дончева-Бонева, М.* Воздействие токсических газов на содержание пигментов в хвое сосны обыкновенной / М. Дончева-Бонева // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 56-57.

95. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1973. – 378 с.

96. *Дробышев, Ю.И.* О возможности применения морфометрических методов исследования устойчивости сообществ липы мелколистной в условиях города / Ю.И. Дробышев, С.А. Коротков, Т.Н. Ювенская // Мониторинг состояния лесных и урбо-экосистем : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 2002. – С. 69-70.

97. *Дроздова, И.В.* Экология минерального питания растений в экстремальных эдафических условиях / И.В. Дроздова, Н.В. Алексеева-Попова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 314-315.

98. *Емельянов, И.Г.* Разнообразие и устойчивость биосистем / И.Г. Емельянов // Успехи соврем. биол. – 1994. – Т.114. – Вып.3. – С. 304-318.

99. *Жемчужина Университета: Ботанический сад Удмуртского государственного университета.* – Ижевск : Гарант-принт, 2005. – 64 с.

100. *Заварина, М.В.* О влиянии города на ветровой режим нижних слоев атмосферы / М.В. Заварина, М.М. Борисенко // Климат и город : мат. конф. «Климат – город – человек». – М. : Полиграфист, 1974. – С. 149-150.

101. *Заворуев, Е.Н.* Флуоресцентный мониторинг фотосинтетического аппарата широколиственных деревьев в процессе вегетации / Е.Н. Заворуев // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 166-168.

102. *Загрязнение воздуха и жизнь растений* / Под ред. М. Трешоу. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 534 с.

103. *Загрязнение почв города тяжелыми металлами (экогеохимические аномалии, влияние на растения, мутагенный эффект)* / А.И. Федорова [и др.] // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 490-492.

104. *Зайцев, В.М.* Гигиеническая оценка загрязнения окружающей среды при многолетней эксплуатации сосредоточенных химических предприятий / В.М. Зайцев, А.П. Михайлуц. – Кемерово, 2001. – 192 с.

105. *Захаров, Ю.В.* Модели устойчивости деревьев и насаждений к воздействию ветра / Ю.В. Захаров, В.Г. Суховольский. – Красноярск : СибГТУ, 2002. – С. 1-5.

106. *Защита окружающей среды от техногенных воздействий* / Под общ. ред. Г.Ф. Невской. – М. : МГОУ, 1993. – 216 с.

107. *Здетоветский, А.Г.* Биоэкологические особенности древесных растений пригородных и парковых лесонасаждений в лесостепи (на примере г. Самары) : автореф. дисс. ... к.б.н. : 03.00.16 / А.Г. Здетоветский. – Самара : СГУ, 2000. – 23 с.

108. *Зеликов, В.Д.* Антропогенез лесных почв / В.Д. Зеликов // Городское хозяйство и экология. – №1. – Ч.1. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 32-33.

109. *Зоны загрязнения снежного покрова вокруг городов на территории СССР* / Под ред. В.Ф. Усачева. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 123 с.

110. *Иванов, Л.А.* Морфологические и биохимические особенности растений бореальной зоны с разными типами адаптивных стратегий : автореф. дисс. ... к.б.н. : 03.00.05 / Л.А. Иванов. – Томск : ТГУ, 2001. – 25 с.

111. *Израэль, Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды. – М. : Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

112. *Илларионов, А.Г.* Рельеф / А.Г. Илларионов // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 49-65.

113. *Илькун, Г.М.* Газоустойчивость растений: вопросы экологии и физиологии. – Киев : Наукова думка, 1971.

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

115. *Ильминских, Н.Г.* Положение Ижевска на географической карте / Н.Г. Ильминских // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 7-9.

116. *Ильминских, Н.Г.* Конспект флоры г. Ижевска / Н.Г. Ильминских, О.Г. Баранова, А.Н. Пузырев // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 81-169.

117. *Инструкция по проведению инвентаризации и паспортизации городских озелененных территорий* / Сост. : Г.П. Жеребцова [и др.]. – М. : Прима-М, 2002. – 21 с.

118. *Ишерская, Е.В.* Особенности температурного режима городов в различных ландшафтно-климатических зонах / Е.В. Ишерская, Л.М. Фетисов // *Климат и город : мат. конф. «Климат – город – человек»*. – М. : Полиграфист, 1974. – С. 41-43.

119. *Кавеленова, Л.М.* Экологические основы теории и практики системы фито-мониторинга урбосреды в условиях лесостепи : автореф. дисс. ... д.б.н. : 03.00.16 / Л.М. Кавеленова. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 36 с.

120. *Кавеленова, Л.М.* Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. – Самара : Универс групп, 2006. – 222 с.

121. *Кавеленова, Л.М.* К оценке жизненного состояния некоторых хвойных растений в насаждениях г. Самары / Л.М. Кавеленова, А.С. Владимирская // *Самарская Лука : бюллетень*. – Самара : Изд-во Самарского НЦ РАН, 2005. – № 16. – С. 186-191.

122. *Капелькина, Л.П.* Особенности озеленения городов при дефиците растительной земли (на примере г. Санкт-Петербурга) / Л.П. Капелькина // *Городское хозяйство и экология*. – №1. Ч.1. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 50-51.

123. *Капитонова, О.А.* Особенности анатомо-морфологического строения вегетативных органов макрофитов (на примере листьев и фрондов) в условиях промышленного загрязнения среды : автореф. дисс. ... к.б.н. : 03.00.16 / О.А. Капитонова. – Ижевск, 1999. – 18 с.

124. *Каплинг, В.Г.* Биоиндикация состояния экосистем. – Самара, 2001. – 144 с.

125. *Карасев, В.Н.* Физиология растений : учебное пособие. - Йошкар-Ола : МарГТУ, 2001. – 263 с.

126. *Касимов, Н.С.* Геохимия городов и городских ландшафтов / Н.С. Касимов, Е.М. Никифорова // *География, общество, окружающая среда. Т.4. Природно-антропогенные процессы и экологический риск* / Под. ред. С.М. Малхазовой и проф. Р.С. Чалова. – М. : Городец, 2004. – С. 474-508.

127. *Ким, Л.О.* Физиологическая оценка газоустойчивости растений в условиях промышленного региона на примере Кузбасса : автореф. дисс. ...к.б.н. / Л.О. Ким. – Казань, 1981. – 26 с.

128. *Киреева, Н.А.* Оценка степени загрязнения лесных почв нефтепродуктами по структуре их микробоценозов / Н.А. Киреева, Г.Г. Кузяхметова // *Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты* : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 177-178.

129. *Климат Ижевска* / Под. ред. И.А. Швер. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 135 с.

130. *Климат Москвы за последние 30 лет* / Под. ред. М.А. Петросянца. – М. : МГУ, 1989. – 94 с.

131. *Ковальский, В.В.* Геохимическая экология. – М. : Наука, 1974. – 298 с.

132. *Колмогорова, Е.Ю.* Видовое разнообразие и жизненное состояние древесных и кустарниковых растений в зеленых насаждениях города Кемерово: автореф. дисс. ...канд. биол. наук: 03.00.05 / Е.Ю. Колмогорова. – Томск : ТГУ, 2005. – 19 с.

133. *Колмогорова, Е.Ю.* Жизненное состояние древесных и кустарниковых растений на территории дендрария «Зона Западной Сибири» / Е.Ю. Колмогорова //



Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : мат. междунар. конф. – Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 54-55.

134. *Кондратьев, К.Я.* Баланс углерода в мире и России / К.Я. Кондратьев, К.С. Лосев, М.Д. Ананичева // Известия РАН. Серия географическая. – 2002. – №4. – С. 7-17.

135. *Коновалов, В.Н.* К биоиндикационной оценке состояния растений в зоне влияния Архангельского промузла / В.Н. Коновалов, Л.В. Зарубина // Экологический мониторинг лесных экосистем : докл. всерос. совещания. – Петрозаводск, 1999. – С. 45.

136. *Константинов, В.М.* Охрана природы. – М. : Академия, 2000. – 240 с.

137. *Коропачинский, И.Ю.* Ассортимент видов древесных растений для зеленого строительства в Новосибирске и близких ему по климату районах Западной Сибири / И.Ю. Коропачинский, Т.Н. Встовская. – Новосибирск, 1990. – 87 с.

138. *Коршиков, И.И.* Индивидуальные различия в устойчивости кленов к действию выхлопных газов автотранспорта / И.И. Коршиков, И.П. Лихеенко, В.П. Тарабрин // Растения и промышленная среда. – Днепропетровск, 1990. – С. 99-100.

139. *Костенко, А.В.* Ранняя диагностика нарушений жизнедеятельности древесных растений в условиях загрязнения атмосферы SO<sub>2</sub> / А.В. Костенко, Ю.Б. Боронин // Экология леса и охрана природы. – М., 1993. – С. 52-55.

140. *Костюченко, Р.Н.* Особенности суточной и сезонной транспирации некоторых представителей рода *Salix* / Р.Н. Костюченко // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 19.

141. *Кочановский, С.Б.* Влияние водно-воздушного режима почв на состояние древесных декоративных растений в условиях городского озеленения : автореф. дисс. ... к.б.н. / С.Б. Кочановский. – Минск, 1964. – 24 с.

142. *Кошурникова, Н.Н.* Анализ баланса углерода и факторов, влияющих на изменение климата / Н.Н. Кошурникова, А.О. Гаек // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 236-238.

143. *Крамер, П.Д.* Физиология древесных растений / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М. : Лесная промышленность, 1983. – 464 с.

144. *Красинский, Н.П.* О физиологической сущности газоустойчивости растений / Н.П. Красинский // Ученые записки Горьк. ун-та. – Москва-Горький, 1939.

145. *Краснощекова, Н.С.* Оздоровление внешней среды Москвы средствами озеленения / Н.С. Краснощекова // Оздоровление окружающей среды. – М., 1973. – С. 60 -70.

146. *Краснощекова, Н.С.* Эколого-экономическая эффективность зеленых насаждений: Обзорная информация. – М. : ЦЕНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987. – 44 с.

147. *Кретович, В.Л.* Основы биохимии растений. – М. : Высшая школа, 1986. – 464 с.

148. *Кузнецов, И.Н.* Диссертационные работы: методика подготовки и оформления : учебно-метод. пособие – М. : Дашков и К, 2006. – 452 с.

149. *Кузнецов, М.Ф.* Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях : учеб. пособие. – Ижевск : УдГУ, 1994. – 102 с.
150. *Кузнецова, Е.А.* Использование флуоресцентных методов для диагностики состояния растений / Е.А. Кузнецова // Мониторинг состояния лесных и урбо-экосистем : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 2002. – С. 168-169.
151. *Кузьмичев, Е.П.* Особенности состава и структуры дендротрофных грибов в урбоэкосистемах Москвы / Е.П. Кузьмичев // Городское хозяйство и экология. – №1. Ч.2. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 5-6.
152. *Кулагин, А.А.* Об анатомических изменениях, происходящих в листьях *Populus balsamifera* L. на фоне избыточного содержания металлов в окружающей среде / А.А. Кулагин, Н.Г. Кужлева // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара : Изд-во Самарского НЦ РАН, 2005. – Т.7 № 1(13). – С.193-198.
153. *Кулагин, А.А.* Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева. – М. : Наука, 2005. – 190 с.
154. *Кулагин, Ю.З.* Древесные растения и промышленная среда. – М. : Наука, 1974. – 124 с.
155. *Кулагин, Ю.З.* Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. – М. : Наука, 1985. – 117 с.
156. *Куперман, Ф.М.* Морфофизиология растений. – М. : Высшая школа, 1977. – С. 115-132.
157. *Куперман, Ф.М.* Биология развития растений / Ф.М. Куперман, Е.И. Ржанова. – М. : Высшая школа, 1963. – С. 331-362.
158. *Курбатова, А.С.* Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов – М. : Научный мир, 2004. – 624 с.
159. *Ландсберг, Г.* Климат города. – М. : Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.
160. *Лифанов, И.К.* Моделирование аэрации в городе / И.К. Лифанов, В.А. Гутников, А.С. Скотченко. – М. : Диалог-МГУ, 1998. – 134 с.
161. *Лихолат, Ю.В.* Оценка жизнедеятельности растений древесных группировок в условиях Индустриального Приднепровья с помощью показателей водного режима / Ю.В. Лихолат, Л.П. Мыщик // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 1996. – Т.1. – С. 70-71.
162. *Лес России. Энциклопедия* / А.И. Уткин [и др.]. – М. : Большая Российская Энциклопедия, 1995. – 447 с.
163. *Лобанова, Н.В.* Проблема вредных выбросов транспорта в атмосферу / Н.В. Лобанова // Безопасность. Технологии, Управление : науч. доклады и статьи междунар. науч. конф. – Тольятти : ТГУ, 2005. – С. 144-145.
164. *Лозановская, И.Н.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М. : Высшая школа, 1998. – 287 с.
165. *Лукина, И.В.* Определение первичной продуктивности и состояния техногенно-поврежденных древостоев / И.В. Лукина, В.В. Никонов // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов. – М., 1991. – С. 42-44.

166. *Селекционно-генетическая оценка ассортимента древесных пород для зеленых насаждений Москвы как фактор повышения их устойчивости и полезных функций* / А.Я. Любавская // Городское хозяйство и экология. – №1. Ч.1. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 17-19.

167. *Мазинг, В.В.* Экосистема города, ее особенности и возможности оптимизации / В.В. Мазинг // Экологические аспекты городских экосистем. – Минск, 1984. – 598 с.

168. *Мазуркин, П.М.* Дендрометрия. Статистическое древоведение : учебное пособие. Часть 1. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2003. – 72 с.

169. *Макальская, В.Н.* Климат / В.Н. Макальская // Природа Ижевска и его окрестностей : сб. ст. / Сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 17-38.

170. *Малькова, И.Л.* Микроклиматические особенности г. Ижевска / И.Л. Малькова, Т.А. Загребина // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002. – С. 26-38.

171. *Мальхотра, С.С.* Биохимическое и физиологическое действие приоритетных загрязняющих веществ / С.С. Мальхотра, А.А. Хан // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – С. 144-189.

172. *Мамаев, С.А.* Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1983. – 110 с.

173. *Мамаева, Е.Т.* Устойчивость зеленых насаждений к газообразным выбросам предприятий алюминиевой промышленности / Е.Т. Мамаева, Н.М. Ситчихина // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов : сб. статей. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1979. – 144 с.

174. *Масленников, П.В.* Биоиндикация нефтяного загрязнения на основе пигментного аппарата / П.В. Масленников // Современные проблемы органической химии, экологии и биотехнологии. Т.2. Ч.1. Экология и рациональное природопользование : мат. I междунар. науч. конф. – М., 2001. – С. 89-90.

175. *Маслов, Н.В.* Градостроительная экология / Под ред. М.С. Шумилова. – М. : Высшая школа. 2002. – 284 с.

176. *Машинский, В.Л.* Значение и необходимость сохранения и развития зеленого фонда Москвы / В.Л. Машинский // Городское хозяйство и экология. – №1. Ч.1. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 7-9.

177. *Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (общесоюзный нормативный документ).* – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – С. 3-17.

178. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / Ю.Е. Саэт [и др.]. – М. : ИМ-ГРЭ, 1982. – 112 с.

179. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Сост. В.А. Большаков [и др.]. – М. : Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. – 31 с.

180. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М. : Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.

181. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации / Коллектив авторов. – М. : Науч.-исслед. и проектно-изыскательский инст. экологии города, 1996. – 36 с.
182. Методические указания по физиологии и биохимии растений. Ч.2. Фотосинтез и дыхание / Сост. Л.В. Кузина, Т.Ю. Власова. – Пермь : ПСХИ им. Прянишникова, 1989. – С. 29-31.
183. Методическое руководство и технические условия по реконструкции городских зеленых насаждений / В.С. Теодоронский [и др.]. – М. : МГУЛ, 2002. – 62 с.
184. Методы изучения лесных сообществ. – СПб. : НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.
185. *Моисеев, Н.Н.* Проблема мегаполисов с точки зрения универсального эволюционизма / Н.Н. Моисеев // Безопасность крупных городов. – М., 1997. – 160 с.
186. *Мокроносков, А.Т.* Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. – М. : Наука, 1983. – 64 с.
187. *Мониторинг состояния зеленых насаждений и пригородных лесов Москвы* / Мозолевская Е.Г. [и др.] // Экология большого города. Альманах. Вып. 2. – М. : Прима-пресс, 1997. – С. 16-17.
188. *Морозова, Г.Ю.* Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, ценогенез и структура популяций / Г.Ю. Морозова, Ю.А. Злобин, Т.И. Мельник // Журнал общей биологии. – 2003. – Т.64. №2. – С. 66-180.
189. *Москаленко, Н.Н.* Геохимическая оценка загрязнения окружающей среды Ленинского района Москвы / Н.Н. Москаленко, М.В. Смирнова // Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. – М. : МГУ, 1990.
190. *Неверова, О.А.* Методические аспекты фитомониторинга состояния древесных растений и загрязнения окружающей среды / О.А. Неверова // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : мат. докл. I междунар. конф. – Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 156-160.
191. *Неверова, О.А.* Морфобиометрическая диагностика состояния древесных растений и загрязнения атмосферного воздуха города Кемерово / О.А. Неверова // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга. – Сыктывкар, 2001а. – С. 137.
192. *Неверова, О.А.* Некоторые особенности физиолого-биохимического и анатомического состояния ассимиляционного аппарата березы бородавчатой в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово / О.А. Неверова // Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. – СПб. : РГГМУ, 1999. – С. 98-100.
193. *Неверова, О.А.* Основные пути изменения жизнедеятельности древесных растений в условиях промышленного города Кемерово / О.А. Неверова // Экология промыш. производства. – 2001б. – Вып. 4. – С. 10-14.
194. *Неверова, О.А.* Особенности изменений некоторых физиолого-биохимических и биофизических показателей у древесных растений в условиях промышленного города / О.А. Неверова // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 220-222.

195. *Неверова, О.А.* Поглощительная способность древесных растений как средство оптимизации среды промышленного города / О.А. Неверова // Экология промыш. производства. – 2002. – № 1. – С. 2-8.
196. *Неверова, О.А.* Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты / О.А. Неверова, Е.Ю. Колмогорова. – Новосибирск : Наука, 2003. – 222 с.
197. *Неверова О.А.* Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово) / О.А. Неверова, Е.Ю. Колмогорова // Лесной журн. (Изв. высш. уч. заведений). – 2002. – № 3. – С. 29-33.
198. *Неверова, О.А.* Изучение газопоглощительной функции древесных растений в отношении серо- и азотосодержащих примесей промышленных выбросов в условиях г. Кемерово / О.А. Неверова, С.А. Морозова // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах : мат. IV междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : КузГТУ, 2000. – С. 169-170.
199. *Никаноров, А.М.* Глобальная экология / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая. – М. : ПРИОР, 2001. – 285 с.
200. *Никитина, Н.Н.* Влияние экологических условий Приишимья на физиологические особенности *Pinus silvestris* / Н.Н. Никитина, Н.И. Сабаева // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : мат. докл. I междунар. конф. – Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 161-164.
201. *Никифорова, Е.М.* Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и растительности городских экосистем Перовского района города Москвы / Е.М. Никифорова, Г.Г. Пазукова // Вестник московского университета. Серия 5: География. – 1991. – № 3. – С. 44-52.
202. *Николаевская, Т.В.* Эколого-физиологическая характеристика устойчивости растений к трем газам ( $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ) : автореф. дисс. ... к.б.н. / Т.В. Николаевская. – М., 1992. – 24 с.
203. *Николаевский, В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск : Наука, 1979. – 213 с.
204. *Николаевский, В.С.* Влияние промышленных газов на растительность / В.С. Николаевский // Региональный экологический мониторинг. – М. : Наука. 1983. – 264 с.
205. *Николаевский, В.С.* Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации. – М. : МГУЛ, 1999. – 193 с.
206. *Николаевский В.С.* Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.
207. *Николаевский В.С.* Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений. – М., 1989. – 65 с.
208. *Николаевский, В.С.* Изменение биохимического состава листьев древесных растений под влиянием аммиака / В.С. Николаевский, В.Б. Марценюк // Лесной вестник. – 1998. – № 2. – С. 28-32.
209. *Николаевский, В.С.* Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Кемерово методами фитоиндикации / В.С. Николаевский, О.А. Неверо-

ва // Экология, мониторинг и рациональное природопользование : науч. труды МГУЛ. Вып. 302(1) – М. : МГУЛ, 2000. – С. 13-20.

210. Николаевский, В.С. Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов / В.С. Николаевский, Н.Г. Николаевский, Е.А. Козлова // Лесн. Вестник. – 1999. – № 2(7). – С. 76-77.

211. Новые диагностические маркеры стресс-устойчивости растений / Л.П. Хохлова [и др.] // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. науч. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 493-497.

212. Об оценке экологического состояния почв в районах крупных промышленных агломераций (на примере Санкт-Петербурга) / О.Г. Чертов [и др.] // Труды биол. НИИ СПбГУ, 1996. – №45. – С. 19-33.

213. Общие требования к отбору почв. Охрана природы. Почвы. – М. : ИПК Изд-во Стандартов, 2000.

214. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М. : Высшая школа, 2004. – 334 с.

215. Основные направления исследований экологической оптимизации сельских и урбанизированных территорий / В.В. Туганаев [и др.] // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – Т.2. – С. 288-293.

216. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2003 году : гос. доклад. – Ижевск : ИжГТУ, 2004. – 192 с.

217. О состоянии окружающей природной среды Удмуртской Республики в 2004 году : гос. доклад. – Ижевск : ИжГТУ, 2005. – 198 с.

218. Образцова, А.С. Антропогенное давление на территории крупных городов России / А.С. Образцова, Г.Т. Фрумин // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : мат. междунар. конф. – СПб. : РГГМУ, 2005. – С. 47.

219. Общие требования к отбору почв. Охрана природы. Почвы. – М. : ИПК Изд-во Стандартов, 2000.

220. Овчаров, К.Е. Витамины растений. – М. : Колос, 1964. – 247 с.

221. Одум, Ю. Экология. – М. : Мир, 1986. – 328 с.

222. Озерова, Г.Н. География мирового процесса урбанизации / Г.Н. Озерова, В.В. Покшишевский. – М., 1981. – 123 с.

223. Османова, Г.О. Водоудерживающая способность листьев некоторых видов рода *Plantago* L. / Г.О. Османова, Н.В. Федорова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. II Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 270-272.

224. Оценка влияния техногенного загрязнения на состояние древостоев в их динамике / В.И. Поляков [и др.] // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 117-119.

225. Оценка шумовой нагрузки на окружающую среду / Е.В. Чураков, Д.А. Будранов, Э.Л. Кустова, А.Д. Викторов // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. – СПб., 2005. – С. 33-34.

226. Павленко, И.А. Выявление зон промышленного загрязнения по исследованию снежного покрова / И.А. Павленко, В.В. Батоян, Н.А. Кучумова // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. – М. : Наука, 1981. – С. 193–210.

227. Парибок, Т.А. Содержание металлов в листьях деревьев в городе / Т.А. Парибок, Н.А. Созыкина, Г.А. Тэмп // Ботан. журн. – 1982. – Т. 67. № 11. – С. 1533-1539.

228. Папкина, И.А. Методы интродукционного изучения растений : метод. реком. по выполнению курсовых и дипломных работ. – Ижевск : УдГУ, 2002. – 73 с.

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

230. Перемитина, Т.О. Оценка влияния автомобильных дорог на состояние окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа с применением космических снимков / Т.О. Перемитина // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 247-249.

231. Перцик, Е.Н. Города мира. География мировой урбанизации / Е.Н. Перцик. – М. : Международные отношения, 1999. – 384 с.

232. Полевой, В.В. Физиология роста и развития растений / В.В. Полевой, Т.С. Саламатова. – Л. : ЛГУ, 1991. – С. 55-60.

233. Половникова, М.Г. Эколого-физиологические особенности прорастания семян / М.Г. Половникова, О.Л. Воскресенская // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 471-473.

234. Попов, В.А. Газопоглотительная способность растений / В.А. Попов, Г.М. Негруцкая, В.К. Петрова. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 52.

235. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов Европейской части России) / О.В. Смирнова [и др.]. – Пушкино, 1990. – 92 с.

236. Почва, город, экология. – М. : Фонд за экономическую грамотность, 1997. – 320 с.

237. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах РФ (утверждены приказом Госстроя РФ от 15 декабря 1999 №153).

238. Практикум по агрохимии / Сост. Б.А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.Я. Ягодина. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с.

239. Придача, В.Б. Соотношение N:P:K как гомеостатический показатель функционального состояния растений в различных экологических условиях : автореф. дис. ... к.б.н. : 03.0016 / В.Б. Придача. – Петрозаводск, 2002. – 24 с.

240. Природа Ижевска и его окрестностей : сб. статей / Сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – 248 с.

241. Природа Удмуртии / Под. ред. А.И. Соловьева. – Ижевск : Удмуртия, 2000. – 398 с.

242. Природа. Удмуртская Республика : энциклопедия. – Ижевск : Удмуртия, 2000. – С. 13-39.

243. *Прожерина, Н.А.* Изменчивость некоторых физиолого-биохимических показателей хвойных, произрастающих в пригородных лесах г. Архангельска / Н.А. Прожерина, С.Н. Тарханов // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2004. – С. 50-51.

244. *Пряхин, В.Д.* Пригородные леса / В.Д. Пряхин, В.Т. Николаенко. – М. : Лесная промышленность, 1981. – 248 с.

245. *Пузырев, А.В.* Растения-иммигранты / А.В. Пузырев // Природа Ижевска и его окрестностей. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 193-195.

246. *Раппопорт, А.В.* Разнообразие антропогенных почв ботанических садов Москвы и Санкт-Петербурга / А.В. Раппопорт // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2004. – С. 171-173.

247. *Ревич, Б.А.* Эколого-геохимическая оценка окружающей среды промышленных городов / Б.А. Ревич, Ю.Е. Сагет // Урбоэкология. – М. : Наука, 1990. – 124 с.

248. *Родин, Л.Е.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л.Е. Родин, Н.П. Релизов, Н.И. Базилевич. – Л. : Наука, 1968. – 143 с.

249. *Рожков, А.С.* Действие фторосодержащих эмиссий на хвойные деревья / А.С. Рожков, Т.А. Михайлова. – Новосибирск : Наука, 1989. – 157 с.

250. *Розенберг, Г.С.* Теоретическая и прикладная экология / Г.С. Розенберг, Ф.Н. Рянский. – Нижневартовск : Нижневартовский пед. ин-т, 2005. – 292 с.

251. *Роль городских почв в устойчивости зеленых насаждений к патогенным организмам* / В.С. Артамонова [и др.] // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов : мат. междунар. конф. – Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 13-17.

252. *Руководство по анализам кормов* / Отв. ред. Л.М. Державин. – М. : Колос, 1982. – 74 с.

253. *Рунова, Е.М.* Влияние биотических факторов на состояние зеленых насаждений в городской среде / Е.М. Рунова, Л.Ч. Ворошилова // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 27-29.

254. *Рылова, Н.Г.* Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска) : автореф. дис. ... к.б.н. : 03.00.16 / Н.Г. Рылова. – Ижевск : УдГУ, 2003. – 22 с.

255. *Сазонова, Т.А.* Исследования CO<sub>2</sub> и водного обмена в сосняках, подвергавшихся длительному воздействию атмосферных загрязнителей / Т.А. Сазонова, В.К. Болондинский // Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы : мат. междунар. науч. конф. – Т.1. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 71-73.

256. *Сальникова, И.С.* Оценка фитомассы крон с использованием их линейных размеров / И.С. Сальникова // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 129-131.



257. Санитарно-гигиеническая роль растительности в обезвреживании токсических газов / В.С. Николаевский [и др.] // Ученые записки Пермского ун-та. – Пермь, 1973. – 175 с.

258. *Сарбаева, Е.В.* Эколого-физиологические адаптации различных декоративных форм туи западной в городских условиях / Е.В. Сарбаева // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф.– Казань, 2005. – С. 162-164.

259. *Сарбаева, Е.В.* Особенности физиологических процессов туи западной в связи с ее устойчивостью в условиях г. Йошкар-Олы / Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2004. – С. 174-175.

260. *Сарбаева, Е.В.* Физиологические механизмы адаптации *Thuja Occidentalis* L. в условиях урбанизированной среды / Е.В. Сарбаева, О.Л. Воскресенская // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 331-332.

261. *Сентемов, В.В.* Календарь природы г. Ижевска / Под ред. В.Т. Кибардина, Т.Т. Руднева. – Ижевск : Удмуртия, 1977. – С. 64-69.

262. *Сергейчик, С.А.* Древесные растения и окружающая среда. – Минск : Ураджай, 1985. – 111 с.

263. *Сергейчик, С.А.* Древесные растения и оптимизация промышленной среды. – Минск, 1984. – 167 с.

264. *Сергейчик, С.А.* Устойчивость древесных растений в техногенной среде. – Минск, 1994. – 385с.

265. *Сергейчик, С.А.* Анатомические исследования адаптаций растений к атмосферным токсикантам / С.А. Сергейчик, С.А. Иванов // Интродукция растений и оптимизация окружающей среды средствами озеленения. – Минск, 1977. – С. 153-160.

266. *Серебряков, И.Г.* Экологическая морфология растений: жизненные формы покрытосеменных и хвойных. – М. : Высшая школа, 1962. – 378 с.

267. *Серебряков, И.Г.* Морфология вегетативных органов высших растений. – М. : Советская наука, 1952. – 391 с.

268. *Силаева, А.М.* Структура хлоропластов и факторы среды. – Киев, 1978.

269. *Синицин, В.А.* Влияние тяжелых металлов на примере меди на различные виды растений / В.А. Синицин // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты : мат. междунар. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 132-133.

270. *Сойккели, С.* Клеточные и ультраструктурные эффекты / С. Сойккели, Л. Карнлампи // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – С. 190-205.

271. *Соколов, Н.О.* Декоративная дендрология. – Л. : ЗЛТИ, 1954. – 106 с.

272. *Соколов, П.А.* Лесоустройство. Пользование недревесными ресурсами леса : метод. указ. по курсовому проектированию для студентов спец. 260400 «Лесное хозяйство» / П.А. Соколов. – Ижевск : Ижевская ГСХА, 2002. – 28 с.

273. *Соколов, П.А.* Таксация леса. Ч.1. Таксация отдельных деревьев : учебное пособие / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 1998. – 32 с.

274. *Состояние зеленых насаждений в Москве* (аналитический доклад). – М. : Прима-М, 2002. – 335 с.

275. *Стурман, В.И.* Геология города / В.И. Стурман // *Природа Ижевска и его окрестностей*. – Ижевск : Удмуртия, 1998а. – С. 39-47.

276. *Стурман, В.И.* Состояние окружающей среды / В.И. Стурман // *Природа Ижевска и его окрестностей* : сб. ст. / Сост. В.М. Подсизерцев. – Ижевск : Удмуртия, 1998. – С. 223-241.

277. *Стурман, В.И.* Тенденции развития экологической ситуации в городе Ижевске и перспективы перехода к устойчивому развитию / В.И. Стурман // *Реализация стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы* : мат. межрегион. науч.-практ. конф. – Ижевск : Ижевская республиканская типография, 2005. – С. 131-133.

278. *Стурман, В.И.* Автотранспорт как источник загрязнения атмосферы / В.И. Стурман, С.А. Гагарин // *Воздушный бассейн Ижевска* / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва-Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002а. – С. 44-48.

279. *Стурман, В.И.* Промышленные источники: вклад в загрязнение и пути его снижения / В.И. Стурман, С.А. Гагарин // *Воздушный бассейн Ижевска* / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва-Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002б. – С. 40-43.

280. *Стурман, В.И.* Климат города. Основные параметры / В.И. Стурман, И.Л. Малькова, Т.А. Загребина // *Воздушный бассейн Ижевска* / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002. – С. 16-23.

281. *Сухарева, Т.А.* Экологическое состояние ели сибирской в окрестностях комбината «Североникель» / Т.А. Сухарева // *Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон* : мат. Межд. конф. – СПб. : РГГМУ, 2005. – С. 50-51.

282. *Сухарева, Т.А.* Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиционной сукцессии лесов / Т.А. Сухарева, Н.В. Лукина // *Лесоведение*. – 2004. – №2. – С. 36-43.

283. *Тарабрин, В.П.* Устойчивость древесных растений в условиях промышленного загрязнения окружающей среды : автореф. дис. ... д.б.н. / В.П. Тарабрин. – Киев, 1974. – 54 с.

284. *Тарабрин, В.П.* Физиолого-биохимические механизмы взаимодействия загрязнений и растений / В.П. Тарабрин // *Растения и промышленная среда*. – Днепропетровск : Наука, 1990. – С. 64-71.

285. *Тарко, А.М.* Модель глобального цикла углерода / А.М. Тарко // *Природа*. – 1994. – №7. – С. 27-32.

286. *Теодоронский, В.С.* Об оценке декоративности древесных растений на объектах озеленения / В.С. Теодоронский // *Мониторинг состояния лесных и урбо-экосистем* : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 2002. – С. 59-62.

287. *Третьякова, И.Н.* Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // *Экология*. – 2004. – №1. – С. 26-33.

288. *Трошкова, И.Ю.* Особенности накопления бетулина и суберина в коре деревьев *Betula pendula*, произрастающих на территориях различного функционального использования / И.Ю. Трошкова, Р.И. Винокурова // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения : мат. Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 278-282.

289. *Туганаев, В.В.* Руководство к познанию природы и населения Удмуртии : учебно-методические материалы. – Ижевск : УдГУ, 1993. – 134 с.

290. *Туганаев, В.В.* Растительность и загрязнение атмосферы / В.В. Туганаев, О.Г. Баранова, А.Н. Пузырев // Воздушный бассейн Ижевска / Под ред. проф. В.И. Стурмана. – Москва – Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002. – С. 81-90.

291. *Туганаев, В.В.* К разработке стратегии экологической оптимизации города Ижевска и пригородного района / В.В. Туганаев, И.Л. Бухарина // Реализация Стратегии устойчивого развития города Ижевска: опыт и проблемы : мат. межрег. науч.-практ. конф. – Ижевск : Ижевская республиканская типография, 2005. – С. 151-152.

292. *Туганаев, В.В.* Гемерофиты Вятско-Камского междуречья / В.В. Туганаев, А.В. Пузырев. – Свердловск : Урал, 1998. – 128 с.

293. *Тужилкина, В.В.* Углекислотный газообмен фотосинтетического аппарата древесных растений в спелом еловом фитоценозе северной тайги / Экология. – 2006. – № 2. – С. 95-101.

294. *Турмухаметова, Н.В.* Адаптация березы повислой к условиям урбанизации / Н.В. Турмухаметова // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : мат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – С. 336-337.

295. *Турмухаметова, Н.В.* Адаптация *Tilia cordata* Mill. в городских условиях / Н.В. Турмухаметова // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань, 2005. – С. 168-169.

296. *Турмухаметова, Н.В.* Особенности морфогенеза побегов и феноритмов *Betula pendula* Roth. и *Tilia cordata* Mill. в условиях городской среды : автореф. дисс. ... к.б.н. : 03.00.16 / Н.В. Турмухаметова. – Новосибирск, 2005. – 19 с.

297. *Указания по использованию ассортимента деревьев и кустарников в озеленении Москвы.* – М., 1983. – 35 с.

298. *Усманов, Б.М.* Общие принципы оценки экологического состояния окружающей среды / Б.М. Усманов // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 381-383.

299. *Усманов, И.Ю.* Экологическая физиология растений / И.Ю. Усманов, З.Ф. Рахманкулова, А.Ю. Кулагин. – М. : Логос, 2001. – 224 с.

300. *Устинова, В.Н.* Ландшафтно-экологическое состояние урбанизированных территорий / В.Н. Устинова, В.Г. Устинов // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 385-387.

301. *Ушаков, А.И.* Лесная таксация и лесоустройство : учебное пособие. – М. : МГУЛ, 1997. – С. 54-55.

302. *Федоров, А.С.* Техногенные изменения свойств почв под воздействием отходов предприятий цветной металлургии / А.С. Федоров // Проблемы антропогенного почвообразования : мат. междунар. конф. – Т. 3. – М., 1997. – 114 с.

303. *Фенологические наблюдения над древесными и кустарниковыми растениями* : методические указания по дендрологии. – М. : МЛТИ, 1990. – 17 с.
304. *Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса* / И.Л. Фуксман [и др.] // *Лесоведение*. – 2005. – № 3. – С. 4-10.
305. *Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений* / Под ред. Н.Н. Третьякова. – М. : Колос, 2000. – 640 с.
306. *Физиология растений* : метод. пособие по лабораторному практикуму / Сост. И.Л. Бухарина. – Ижевск : Ижевская ГСХА, 2003. – 76 с.
307. *Фитотоксичность органических и неорганических загрязнений* / В.П. Тарабрин [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1986. – 215 с.
308. *Фролов, А.К.* Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. – СПб. : Наука, 1998. – 327 с.
309. *Хахимов, Ф.И.* Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города / Ф.И. Хахимов, Н.Ф., Деева, А.А. Ильина // *Экология и почвы*. – Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. – 252 с.
310. *Хрусталева, М.А.* Экогеохимия моренных ландшафтов центра русской равнины. – М. : Техполиграфцентр, 2002. – 314 с.
311. *Чернышенко, О.В.* Древесные растения в экстремальных условиях город / О.В. Чернышенко // *Экология, мониторинг и рациональное природопользование* : науч. труды. Вып. 307(1). – М. : МГУЛ, 2001а.
312. *Чернышенко, О.В.* Критерии оценки поглотительной способности древесных растений в урбозкосистемах / О.В. Чернышенко // *Экология, мониторинг и рациональное природопользование* : научн. труды. Вып. 307(1). – М. : МГУЛ, 2001б. – С. 140-146.
313. *Чернышенко, О.В.* Поглотительная способность и устойчивость древесных растений в озеленении Москвы / О.В. Чернышенко // *Городское хозяйство и экология*. №1. – Ч.2. – М. : МГУЛ, 1996. – С. 37-39.
314. *Чернышенко, О.В.* Пылефильтрующая способность древесных растений в городе и ее экологическое значение / О.В. Чернышенко // *Экология, мониторинг и рациональное природопользование* : научн. труды. Выпуск 307(1). – М. : МГУЛ, 2001в.
315. *Чиндяева, Л.Н.* Древесные растения-интродуценты в урбанизированной среде г. Новосибирска / Л.Н. Чиндяева // *Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов* : мат. междунар. конф. – Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2006. – С. 116-120.
316. *Чуваев, П.П.* Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений / П.П. Чуваев, Ю.З. Кулагин, Н.В. Гетко. – Минск : Наука и техника, 1973. – 53 с.
317. *Чукпарова, А.У.* Изучение состояния сосновых насаждений в условиях аэротехнического загрязнения / А.У. Чукпарова // *Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты* : мат. между. науч.-практ. конф. – Томск, 2005. – С. 208-210.
318. *Чупахина, Г.Н.* Адаптация растений к нефтяному стрессу / Г.Н. Чупахина, П.В. Масленников // *Экология*. – 2004. – № 5. – С. 330-335.
319. *Чупахина, Г.Н.* Система аскорбиновой кислоты растений. – Калининград : КГУ, 1997. – С. 90-120.

320. *Шадрин, В.А.* Деревья и кустарники Удмуртии : определитель / В.А. Шадрин, Т.П. Ефимова. – Ижевск : УдГУ, 1996. – 152 с.
321. *Шиманюк, А.П.* Биология древесных и кустарниковых пород СССР. – М., 1957. – 84 с.
322. *Шынов, А.В.* Сравнительный анализ некоторых биологических параметров и методов их обработки применительно к системе биомониторинга. – Калуга : КГПУ им. Циолковского, 1998. – 30 с.
323. *Штанько, А.В.* Сезонная ритмика древесно-кустарниковых растений для садоводства и озеленения населенных пунктов / А.В. Штанько, П.В. Крупышев. – М., 1989. – 54 с.
324. *Шумовская, Д.А.* Нормы озеленения современного города: мечты и реальность / Д.А. Шумовская // Проблемы региональной экологии. – 2000. – №2. – С. 12-17.
325. *Щербаков, В.П.* Эволюция как сопротивление энтропии. Механизмы видового гомеостаза / В.П. Щербаков // Экология. – 2005. – Т. 66. № 3. – С. 195-211.
326. *Экологические проблемы урбанизированных территорий.* – Иркутск : ИГ СО РАН, 1998. – 200 с.
327. *Экологическое, лесопатологическое и ботанико-дендрологическое обоснование проекта реконструкции ЦПКиО им. С.М. Кирова в г. Ижевске* : научный проект. – Ижевск : УдГУ, Центр экол. исследований, 1997. – 478 с.
328. *Экология города Йошкар-Олы* : учеб. пособие / О.Л. Воскресенская [и др.]. – Йошкар-Ола, 2004. – 200 с.
329. *Экология крупного города (на примере Москвы)*: учеб. пособие / Под общ. ред. А.А. Минина. – М.: Пасьева, 2001. – 192 с.
330. *Экология Москвы. Т.1.* / Ю.Н. Горшев [и др.]. – М. : Независимость, 1995. – 205 с.
331. *Эколого-геохимическое обследование территории в зоне влияния промышленных объектов* / Маврин, Г.В. [и др.] // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань, 2005. – С. 357-359.
332. *Эколого-климатические характеристики г. Казани* / Ю.П. Переведенцев [и др.]. // Современные аспекты экологии и экологического образования : мат. Всерос. конф. – Казань : КГУ, 2005. – С. 366-368.
333. *Эколого-физиологическая диагностика состояния ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в техногенной среде* / С.А. Сергейчик [и др.] // *Archwum ochrony srodowiska.* – 1993. – № 3-4. – С. 155-172.
334. *Яновский, В.М.* Энтомоиндикация состояния лесных экосистем / В.М. Яновский // Мониторинг состояния лесных и урбо-экосистем : мат. междунар. науч. конф. – М. : МГУЛ, 2002. – С. 78-79.
335. *Янышева, Н.Я.* Источники и пути поступления полициклических ароматических углеводородов в среду обитания растений / Н.Я. Янышева // Растения и химические канцерогены. – Л. : Наука, 1979. – 208 с.
336. *Aberet J.D., Nadelhoffer K.J., Steudler P and other* Nitrogen saturation in northern forest ecosystems // *Bioscience.* – 1989. – V. 39. – P. 378-386.

337. *Darral N.M.* The effect of air pollutants on physiological processes in plants // *Plant. Cell and Environment*. – 1989. – V. 12. – P. 1-30.

338. *Fowler D., Werner A.* Phenolic compounds in needles of *Pinus sylvestris* L. damaged by industrial pollution // *Arbb. korniek.* – 1996. – V. 41. – P. 165-172.

339. *Graul P.* The nature of urban soils their problems and future // *Arboricult. I.* – 1994. – 18. № 3. – P. 275-287.

340. *Hattenschwiler S., Vitousek P.M.* The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling // *Trends in Ecology and Evolution*, 2000. V 15. – P. 238-243.

341. *Hegemeyer J.* Ecophysiology of plant growth under heavy metal stress // *Heavy metal stress in plants. From molecules to Ecosystems* – Germany: Springer, 1999. – P. 170-172.

342. *Hoch W.A., Zeldin E.L., McCown B.H.* Physiological significance of anthocyanin during autumnal leaf senescence // *Tree Physiology*. – 2001. – V. 21. №1. – P. 1-8.

343. *Innes J.L.* Influence of air pollution on the foliar nutrition of conifers in Great Britain // *Environ. Pollut.* – 1995. – V. 88. – P. 183-192.

344. *Kocon J.* Influence of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> as well as of acid rains of the structure of needles and wood quality of *Abies alba* Mill. stand // *Ann. Warsaw Agr. Univ. SGGWAR Forest. and Wood Technol.*, 1990. – № 40. – P. 75-81.

345. *Kohno Y., Matsumura H., Kobayashi T.* Effect of simulated acid rain on the growth of Japanese conifers grown with or without fertilizer // *Water, Air and Soil Pollut.* – 1995. – V. 85. № 3. – P. 1305-1310.

346. *Lavola A., Julkunen-Titto R., Paakkonen E.* Does ozone stress change the primary or secondary metabolites of birch (*Betula pendula* Roth)? // *New Phytol.* – 1994. – V. 126. № 4. – P. 637-642.

347. *Lidon F.C., Henrigues F.S.* Changes in the thylakoid membrane polypeptide patterns triggered by excess copper in rice // *J. Plant Nutr.* – 1993. – V. 16. № 8. – P. 14449.

348. *Lovelock J.E.* *Gaia: A new look at life on Earth.* – Oxford University Press, 1979. – 252 pp.

349. *Lovelock J.E.* *Gaia: The practical science of planetary medicine.* – Gaia book limited, 1991. – 192 pp.

350. *Lovelock J.E.* A way of life for agnostics. – *Gaia Circular*, 1999, vol. 2, issue 2. – P. 6-7.

351. *Lorenz K., Preston C.M., Raspe S. and other.* Litter decomposition and humus characteristics in Canadian and German spruce ecosystems: information from tannin analysis and <sup>13</sup>C CPMAS NMR // *Soil Biol. Biochem.* – 2000. – V 32. – P. 779-792.

352. *Powers H.J.* Current knowledge concerning optimal nutrition status riboflavin, niacin and pyridoxine // *Proceedings of the Nutrition Society*, 1999. V. 58. – P. 434-440.

353. *Scalbert A.* Antimicrobial properties of tannins // *Phytochemistry*. – 1991. – V 30. – P. 3875-3883.

354. *Schofield J.A., Hagerman A.E., Harold A.* Loss of tannins and other phenolics from willow leaf litter // *J. Chem. Ecol.* – 1998. – V. 24. – P. 1409-1421.

355. *Silva T., Edwards A., Pacheco D.* Visible light-induced photooxidation of glucose sensitized by riboflavin // *J. Nutr. Biochem.* – 1999. – V. 10. – P.181-185.

356. Varela F.J., Maturana H.R., Urbe R. Autopoiesis: the organization of living systems its characterization and model Biosystems, 1974. – P. 187-196.

357. Wagner U., Kolbowski J., Oja V. and other The pH homeostasis of the chloroplast stroma can protect photosynthesis of leaves during the influx of potentially acidic gases // *Biochim. et Biophys. Acta. Bioenerg.* – 1990. – V. 1016. № 1. – P. 115-120.

358. Wareham D.G., McBean E.A., Byrne J.M. Linear programming for abatement of nitrogen oxides acid rain deposition // *Water, Air, Soil Pollution.* – 1988. – Vol. 40. – P. 157-176.

359. Whittehead D.C., Dibb H., Hartley R.D. Extractant pH and release of phenolic compounds from soils, plant roots and leaf litter // *Soil Biol. Biochem.* – 1981. – V 13. – P. 343-348.

360. Wielgolaski F.E. Phenological modification in plants by various edaphic factors // *International Journal of Biometeorology.* – 2001. – V. 455. – No. 4. – P. 196-202.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**



### **Список используемых сокращений**

ВС – водоудерживающая способность

ЗУК – зона условного контроля

ДАО – донорно-акцепторные отношения

ЖС – жизненное состояние

ИЗА – индекс загрязнения атмосферы

ИФ – интенсивность фотосинтеза

Пп – природный потенциал

СЗЗ – санитарно-защитные зоны промышленных предприятий

ФС – фенольные соединения

ф – фон

Таблица Б.1 – Основные вещества-загрязнители атмосферы городов и их влияние на процессы жизнедеятельности растений

Загрязнитель	Антропогенные источники	Влияние на растения
Диоксид серы	Теплоэнергетика, металлургия, нефтехимия, производство стройматериалов	Разрушение хлорофилла, подавление фотосинтеза, подавление транспорта веществ, интенсификация дыхания, изменение проницаемости мембран, изменение активности ферментов (каталаза, пероксидаза), уменьшение апертуры устьиц, подкисление клеточного сока
Оксид углерода	Образуется в результате неполного сгорания различных видов топлива. Основной источник – автотранспорт, промышленность	Изменение проницаемости мембран, снижение активности дыхательных ферментов, нарушение фосфорного обмена, подкисление клеточного сока
Оксиды азота	Теплоэнергетика, металлургия, автотранспорт	Краевой некроз, ксерофитизация, нарушение фосфорного обмена, инактивация каталазы, подкисление клеточного сока
Сероводород	Нефтехимическое производство, производство минеральных удобрений	Увеличение проницаемости мембран, уменьшение апертуры устьиц, снижение интенсивности фотосинтеза
Хлор	Гальваническое производство, производство стройматериалов, химическая промышленность	Краевой некроз, хлороз, набухание хлоропластов, потеря тургора, инактивация каталазы, нарушение углеводного, азотного обмена, подкисление среды
Пыль	Теплоэнергетика, металлургия, автотранспорт, производство стройматериалов	Изменение оптических свойств листьев (изменение соотношения поглощения и отражения солнечных лучей), повышение температуры листа, интенсификация транспирации. Фитотоксичность определяется химическим составом пыли.

Приложение В

Таблица В.1 – Метеорологические условия г. Ижевска (2003-2006 гг.)

Месяц	Температура воздуха, °С	Отклонение от среднемноголетней, °С	Осадки, мм	Отклонение от среднемноголетних, %	Направление и скорость ветра, м/с
2003 год					
Январь	-12,2	-1,9	18,6	54	Ю 5,0
Февраль	-13,5	-0,1	8,4	32	Ю-З 3,3
Март	-5,7	+1,0	6,3	25	Ю-З 3,7
Апрель	4,2	+0,7	8,8	33	Ю-В 3,2
Май	12,2	+0,4	73,5	175	С-В 3,0
Июнь	13,2	-3,2	100,6	171	Ю 3,2
Июль	19,5	+0,7	63,1	94	С-В 2,3
Август	18,6	+2,3	56,7	99	Ю 2,9
Сентябрь	10,8	+0,8	18,6	35	Ю-З 3,2
Октябрь	5,7	+3,6	43,1	90	Ю-З 3,9
Ноябрь	-4,0	+1,3	28,9	72	Ю-В 3,1
Декабрь	-4,6	+6,2	34,1	90	Ю-З 5,0
2004 год					
Январь	-9,8	+4,3	26,6	78	Ю 3,2
Февраль	-12,0	+2,5	23,7	91	Ю 3,3
Март	-3,2	+3,5	40,1	160	Ю 4,0
Апрель	-0,2	-3,7	34,7	128	С-В 3,2
Май	13,3	+1,5	65,19	155	Ю 3,7
Июнь	16,3	+0,1	61,5	104	Ю-З 4,1
Июль	20,5	+1,7	167	249	С-В 2,3
Август	17,0	+0,2	71,2	124	Ю-З 3,3
Сентябрь	11,2	+1,2	32,9	62	Ю-З 3,2
Октябрь	2,8	+0,7	63	131	С 4,3
Ноябрь	-3,3	+2,0	46,7	117	З 4,7
Декабрь	-9,9	+0,9	31,8	84	Ю 2,8
2005 год					
Январь	-9,6	+4,5	26,2	77	Ю-В 4-9
Февраль	-14,7	-1,3	19,9	77	В 6-10
Март	-8,2	-1,5	42,1	168	Ю, Ю-З 5-10
Апрель	4,4	+0,9	10,7	40	Ю-З 5-10
Май	14,9	+3,1	39,8	95	Безв. 4-9
Июнь	14,8	-1,6	146,7	248	Безв. 6-11
Июль	18	-0,8	74,3	111	С 5-10
Август	16,4	+0,1	21	37	Безв. 5-10
Сентябрь	11,4	+1,4	38,1	72	З 4-9
Октябрь	5,5	+3,4	20,9	44	Безв. 4-9
Ноябрь	-0,1	+5,2	8,6	20	Ю-З 5-10
Декабрь	-7,1	+3,7	54,0	123	Ю-В 6-11

Окончание таблицы В.1

Месяц	Температура воздуха, °С	Отклонение от среднемноголетней, °С	Осадки, мм	Отклонение от среднемноголетних, %	Направление и скорость ветра, м/с
2006 год					
Январь	-18,9	-4,8	25,6	61	С, Ю-В 5-10
Февраль	-12,7	+0,7	33,9	117	Ю-В 5-10
Март	-4,1	+2,6	15,9	61	Ю-З 6-11
Апрель	4,7	+1,2	30,7	106	С-В 5-10
Май	12,7	+1,0	43,1	116	С 6-11
Июнь	20,0	+3,6	18,6	35	С-З 5-10
Июль	17,2	-1,6	80,8	114	С-З 5-10
Август	16,6	+0,3	68,5	131	В, Ю-В, З 5-10
Сентябрь	12,5	+2,5	66,1	130	З 5-10
Октябрь	3,0	+0,9	68,2	131	Ю-З 5-10
Ноябрь	- 7,0	-1,7			Ю 5-10
Декабрь	-4,3	+6,5			З, Ю-З 6-11

Приложение Г

Таблица Г.1 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории г. Ижевска за 2002-2004 гг.  
(по данным Доклада об экологической обстановке в г. Ижевске в 2004 г.)

Год	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. тонн										Сумма передвижных и стационарных источников
	от стационарных					от передвижных					
	всего	в том числе			всего	в том числе					
		твердых	газообразных	из них		оксид углерода	диоксид азота	углеводороды			
диоксид серы	оксид углерода			диоксид азота							
2002	21,519	5,355	16,064	1,235	5,277	7,729	62,198	50,167	4,619	6,412	83,717
2003	21,598	4,054	17,218	1,509	4,686	9,008	85,300	67,800	7,000	10,500	106,898
2004	20,139	3,700	16,438	1,549	5,409	7,693	79,870	63,530	6,870	9,530	100,009
2005	21,890	4,010	17,880	1,390	5,791	8,416	57,520	46,700	4,800	6,020	79,870

Приложение Д

Таблица Д.1 – Крупнейшие предприятия-загрязнители атмосферного воздуха  
(по данным Доклада об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005 г.)

Наименование предприятия	Объем выброса загрязняющих веществ, тонн					Объем выброса загрязняющих веществ, %
	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005г.	
ОАО «Ижсталь»	10695,66	7654,885	6690,775	5659,721	7014,258	39,70
ТЭЦ-2	5275,870	6270,460	6829,500	6617,936	6888,230	39,21
ОАО «Ижмаш»	1469,186	577,086	1117,520	782,073	696,707	4,90
ОАО «Буммаш»	1695,812	1381,995	1087,914	1536,839	1053,200	6,54
ОАО «Автозавод»	нет данных	нет данных	685,000	нет данных	нет данных	3,89
ГУМ «ИМЗ»	506,323	589,864	545,910	831,580	487,953	3,94
ОАО «Редуктор»	541,576	нет данных	364,611	330,060	323,159	2,07
ТЭЦ-1	310,930	275,000	276,000	235,000	243,000	1,56

Таблица Е.1 – Видовой состав древесных насаждений г. Ижевска

№ п/п	Вид растения	Родина	Семейство
1*	Ясень ланцентный или зеленый <i>Fraxinus lanceolata</i> Borch.	С. Америка	Маслиновые Oleaceae
2	Ясень обыкновенный <i>Fraxinus excelsior</i> L.	С. Америка	
3	Сирень венгерская <i>Syringa josikaea</i> Jacq.	Карпаты	
4	Сирень амурская <i>Syringa amurensis</i> Rupr.	Д. Восток, В. Сибирь	
5*	Тополь душистый <i>Populus suaveolens</i> Fisch.	Д. Восток	Ивовые Salicaceae
6*	Тополь берлинский <i>Populus berlinensis</i> (C. Koch) Dipp.	Гибрид между лавролист- ным и итальянским топо- лями	
7*	Тополь дельтовидный <i>Populus deltoides</i> Marsh.	С. Америка	
8	Тополь черный <i>Populus nigra</i> L.	Ср. Азия, Алтай, З. Сибирь	
9	Ива остролистная <i>Salix acutifolia</i> Willd.	Европейская часть России	
10	Ива трехтычинковая <i>Salix triandra</i> L.	Европейская часть России	
11	Ива шерстистопобеговая <i>Salix dasyclados</i> Wimm.	Европейская и Азиатская части России	
12	Ива ломкая <i>Salix fragilis</i> L.	Европейская часть России	
13	Ива пурпурная <i>Salix purpurea</i> L.	Молдавия, Крым, Прибал- тика	
14	Ива розмаринолистная <i>Salix rosmarinifolia</i> L.	Европейская и Азиатская части России	
15	Ива пепельная <i>Salix cinerea</i> L.	Европейская часть России	
16	Ива корзиночная <i>Salix viminalis</i> L.	З. и В. Сибирь, Европей- ская часть России	
17*	Черемуха виргинская <i>Padus virginiana</i> (L.) Mill.	С. Америка	Розоцветные Rosaceae
18	Черемуха поздняя <i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Agardh	С. Америка	
19*	Персик обыкновенный <i>Persica vulgaris</i> Mill.	Китай	
20	Ирга колосистая <i>Amelanchier</i> <i>canadensis</i> (L.) Medik.	С. Америка	
21*	Слива растопыренная (алыча) <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Средняя Азия, Кавказ	

№ п/п	Вид растения	Родина	Семейство
22	Слива домашняя <i>Prunus domestica</i> L.	Гибрид между терном и алычой, только в культуре	Розоцветные Rosaceae
23**	Слива колючая <i>Prunus spinosa</i> L.	Аборигенный вид	
24*	Абрикос обыкновенный <i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Средняя Азия	
25	Рябинник рябинолистный <i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Br.	Д. Восток	
26	Груша уссурийская <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	Д. Восток	
27	Груша обыкновенная <i>Pyrus commanis</i> L.	Крым, широколиственные леса Европейской части России	
28	Яблоня лесная <i>Malus sylvestris</i> Mill.	Крым, широколиственные леса Европейской части России	
29	Яблоня сливолистная <i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Likhonos	Только в культуре, подвид яблони домашней	
30	Курильский чай кустарниковый <i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rydb.	Сибирь, Д. Восток	
31	Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	Аборигенный вид	
32	Малиноклен душистый <i>Rubacer odoratus</i> (L.) Rydb.	С. Америка	
33	Спирея дубравколистная <i>Spirae chamaedryfolia</i> L.	Европейская и Азиатская части России	
34	Спирея японская <i>Spirae japonica</i> L.	Япония, Китай	
35	Спирея зверобоелистная <i>Spirae hypericifolia</i> L.	Крым, Кавказ	
36**	Спирея городчатая <i>Spirae crenata</i> L.	Аборигенный вид	
37	Спирея средняя <i>Spirae media</i> Franz Schmidt	Европейская и Азиатская части России	
38	Спирея Билларда <i>Spirae billardii</i> Dipp.	Садовый гибрид, встречается только в культуре	
39	Кизильник горизонтальный <i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Китай	
40	Кизильник блестящий <i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	Забайкалье	
41**	Кизильник черноплодный <i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	Аборигенный вид	
42	Боярышник однопестичный <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Крым, Кавказ, степная зона Европейской части России	



№ п/п	Вид растения	Родина	Семейство
43**	Боярышник кроваво-красный <i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	Аборигенный вид	Розоцветные Rosaceae
44	Боярышник петушиная шпора <i>Crataegus crusgalli</i> L.	С. Америка	
45	Боярышник Максимовича <i>Crataegus maximowiczii</i> Schneid.	В. Сибирь, Д. Восток	
46	Боярышник Палласа <i>Crataegus pallasii</i> Griseb.	Европа	
47	Роза колючейшая <i>Rosa pimpinelifolia</i> L.	З. Сибирь, Кавказ, лесостепная зона Европейской части России	
48	Роза желтая, вонючая <i>Rosa foetida</i> Herrm.	Средняя полоса России	
49	Роза морщинистая <i>Rosa rugosa</i> Thumb.	Приморье, Камчатка, Сахалин	
50	Роза иглистая <i>Rosa acicularis</i> Lindl.	Европейская часть России, Д. Восток	
51	Роза французская <i>Rosa gallica</i> L.	Украина, Молдавия, Крым	
52	Вишня войлочная <i>Cerasus tomentosa</i> (Trunb.) Wall.	В. Азия	
53	Миндаль низкий <i>Amygdalus nana</i> L.	Казахстан, Крым, Кавказ	
54	Арония черноплодная <i>Aronia melanocarpa</i> Eliot.	С. Америка	
55	Хеномелис Маулея (Айва низкая) <i>Chaenomeles maulei</i> С. К. Schneid.	Япония	
56	Вяз приземистый <i>Ulmus pumila</i> L.	Восточный Казахстан	Вязовые Ulmaceae
57	Вяз полевой <i>Ulmus carpinifolia</i> Rupr. Ex Sycow	Европейская и Азиатская части России	
58*	Виноград винный <i>Vitis vinifera</i> L.	Кавказ, Краснодарский край	Виноградные Vitaceae
59	Девичий виноград пятилисточковый <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	С. Америка	
60	Виноград амурский <i>Vitis amurensis</i> Rupr.	Д. Восток	
61	Конский каштан обыкновенный <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Балканы	Конско-каштановые Hippocastanaceae
62	Орех маньчжурский <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	Приамурье, Приморье	Ореховые Juglandaceae

№ п/п	Вид растения	Родина	Семейство
63	Барбарис Тунберга <i>Berberis thunbergii</i> DC.	Япония	Барбарисовые Berberidaceae
64	Бузина сибирская <i>Sambucus pubescens</i> Schwer.	Аборигенный вид	Бузиновые Sambucaceae
65	Бузина красная <i>Sambucus racemosa</i> L.	Европа	
66	Бузина черная <i>Sambucus nigra</i> L.	Прибалтика, Крым, Кавказ	
67	Жостер слабительный <i>Rhamnus cathartica</i> L.	Аборигенный вид	Крушиновые Rhamnaceae
68	Лещина обыкновенная <i>Corylus avellana</i> L.	Аборигенный вид	Березовые Betulaceae
69	Береза карликовая <i>Betula nana</i> L.	Аборигенный вид	
70	Ольха черная <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaerth.	Аборигенный вид	
71	Лох серебристый <i>Elaeagnus commutata</i> Bernh.	С. Америка	Лоховые Elaeagnaceae
72	Лох узколистный <i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Кавказ, Средняя Азия	
73	Ракитник русский <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Klaskova	Аборигенный вид	Бобовые Fabaceae
74	Ракитник Цингера <i>Cytisus zingeri</i> (Nenuk.) V. Krecz.	Эндемичный вид, встреча- ется в бассейне р. Волги	
75**	Дрок красильный <i>Genista tinctoria</i> L.	Аборигенный вид	
76	Бархат амурский <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	Д. Восток	Миртовые Myrtaceae
77	Бересклет бородавчатый <i>Euonymus verrucosus</i> Scop.	Аборигенный вид	Бересклетовые Celastraceae
78	Бересклет европейский <i>Euonymus europaea</i> L.	Европейская часть России	
79	Сосна кедровая сибирская <i>Pinus sibirica</i> Du Tour	В. И З. Сибирь	Сосновые Pinales
80	Ель канадская <i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	С. Америка	
81	Лжетсуга Мензиса <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	С. Америка	
82**	Лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	Аборигенный вид	
83	Туя западная <i>Thuja occidentalis</i> L.	С. Америка	Кипарисовые Cupressaceae
84	Можжевельник казацкий <i>Juniperus □abina</i> L.	Крым, Кавказ, Средняя Азия, Монголия, Урал	

№ п/п	Вид растения	Родина	Семейство
85	Можжевельник обыкновенный <i>Juniperus communis</i> L.	Аборигенный вид	Кипарисовые Cupressaceae
86	Липа крупнолистная <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Украина, Молдавия	Липовые Tiliaceae
87	Клен приречный, Гиннала <i>Acer ginnala</i> Maxim.	Д. Восток	Кленовые Асес- raceae
88	Клен равнинный, полевой, Пак- лен <i>Acer compestre</i> L.	Черноземная полоса России	
89**	Свидина белая <i>Swida alba</i> (L.) Opiz.	Аборигенный вид	Кизиловые Cornaceae
90	Свидина кроваво-красная <i>Swida sanguinea</i> (L.) Opiz	Европа	
91	Калина-гордовина обыкновенная <i>Viburnum lantana</i> L.	Кавказ, Юг Европейской части России	Калиновые Vi- burnaceae
92	Жимолость Альберта <i>Lonicera alberti</i> Regel.	Средняя Азия	Жимолостные Caprifoliaceae
93	Жимолость лесная <i>Lonicera xylosteum</i> L.	Аборигенный вид	
94	Чубушник тонколистый <i>Phila- delphus tenuifolius</i> (L.) Maxim.	Бассейн р. Амур	Гортензиевые Hydrangeaceae
95	Гортензия метельчатая <i>Hydrangea paniculata</i> Siebold	Сахалин, Курилы	
96	Актинидия остролистная <i>Acti- nidia arguta</i> (Siebold et Zucc.) planch. Ex Miq.	Приморье, Сахалин	Актинидиевые Actinidiaceae
97	Актинидия коломикта <i>Actinidia kolomikta</i> (Maxim.) Maxim.	Приамурье, Сахалин, Курилы	
98	Лимонник китайский <i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	Восточная и Юго- Восточная Азия	Лимонниковые Schisandraceae

Примечания:

\* – адвентивные виды г. Ижевска, в определении которых оказал помощь сотрудник УдГУ к.б.н. Пузырев А.Н.;

\*\* – виды, являющиеся местными для Удмуртии, но встречаются крайне редко на ее территории, поэтому посадочный материал для озеленения завозится из других районов, и в этом случае они могут считаться интродуцентами.

При составлении данного списка видов древесных растений использованы материалы доцента Ижевской ГСХА к.б.н. Сунцовой Н. Ю.

Приложение Ж

Таблица Ж. 1 – Содержание тяжелых металлов в снежном покрове, мкг/л (г. Ижевск)

Функциональная зона	Место отбора проб	Содержание элементов, мкг/л						pH талой воды
		Cu	Cd	Pb	Zn	Mo	Ni	
Удаленная от города зона	фон	3,67 ± 0,27	0	1,68 ± 0,47	1,07 ± 0,02	3,97 ± 1,07	18,33 ± 0,73	6,12 ± 0,02
ЗУК	Бот. сад УдГУ	14,65 ± 2,42	5,67 ± 1, 27	0,55 ± 0,01	0	0	17,00 ± 4,33	5,92 ± 0,02
	Парк им. Кирова	18,37 ± 20,33	10,87 ± 0,19	6,30 ± 1,67	82,33 ± 11,67	0	3,07 ± 1,41	7,10 ± 0,01
СЗЗ промышленных предприятий	Автозавод	38,67 ± 9,00	14,00 ± 3,36	0	0	2,88 ± 0,78	134,82 ± 34,61	7,01 ± 0,05
	Буммаш	24,67 ± 5,67	11,67 ± 2,55	13,30 ± 3,33	1885,00 ± 264,00	0	2,11 ± 0,97	7,05 ± 0,09
	Ижсталь	14,78 ± 3,67	52,00 ± 12,00	0	695,33 ± 97,33	0	0	6,96 ± 0,05
	Набережная	44,83 ± 10,67	43,33 ± 10,00	0	40,67 ± 5,67	0	2,97 ± 1,37	7,12 ± 0,07
	Нефтемаш	55,00 ± 13,67	41,67 ± 9,33	0	6,67 ± 1,67	0	0	6,66 ± 0,03
Магистралей	К. Либкнехта	10,30 ± 2,67	34,67 ± 8,33	19,00 ± 2,67	655,33 ± 91,67	0	1,79 ± 0,82	6,98 ± 0,05
	Удмуртская	166,67 ± 17,33	10,00 ± 2,33	0,85 ± 0,30	209,65 ± 29,33	6,33 ± 1,67	1,06 ± 0,49	7,60 ± 0,05
	Песочная	2,99 ± 0,00	48,00 ± 11,00	0	32,33 ± 4,67	158,47 ± 2,82	4,80 ± 2,19	7,10 ± 0,03

Таблица Ж. 2 – Содержание загрязняющих веществ и пыли в снежном покрове (г. Ижевск)

Функциональная зона	Место отбора проб	Загрязняющие вещества			
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , ммоль/дм <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> , ммоль/дм <sup>3</sup>	Пыль, мг/дм <sup>3</sup>
Удаленная от города зона	фон	следы	0	следы	0,117 ± 0,023
ЗУК	Бот. сад УдГУ	следы	0,021 ± 0,003	следы	1,023 ± 0,527
	Парк им. Кирова	следы	0,018 ± 0,002	следы	1,147 ± 0,108
СЗЗ промышленных предприятий	Автозавод	следы	0,564 ± 0,090	0,433 ± 0,433	1,438 ± 0,169
	Буммаш	следы	0,113 ± 0,014	0,130 ± 0,065	2,090 ± 0,183
	Ижсталь	следы	0,047 ± 0,010	следы	2,285 ± 0,307
	Набережная	следы	0,022 ± 0,005	следы	1,037 ± 0,086
	Нефтемаш	следы	0,072 ± 0,016	следы	2,142 ± 0,402
Магистрالی	К. Либкнехта	следы	0,051 ± 0,002	следы	1,525 ± 0,072
	Удмуртская	следы	0,348 ± 0,019	0,530 ± 0,178	1,276 ± 0,147
	Песочная	следы	0,014 ± 0,001	следы	1,189 ± 0,181

Приложение И

Таблица И.1 – Агрохимические и физические показатели почв в районах исследования (г. Ижевск)

Показатели (глубина слоя)	Район исследования								
	Парк им. Кирова	Бот. сад УдГУ	Ижсталь	Нефтемаш	Буммаш	Набережная	Автозавод	ул. Удмуртская	ул. К. Либкнехта
pH <sub>KCl</sub> июнь	5,83±0,16 4,89 6,76*	4,53±0,36 2,41 6,64	6,95±0,03 6,78 7,12	6,58±0,02 6,42 6,75	6,63±0,05 6,35 6,90	6,82±0,19 5,74 7,90	6,95±0,03 6,78 7,12	6,97±0,07 6,54 7,41	6,92±0,11 6,30 7,54
pH <sub>H2O</sub> июнь	6,70±0,00	5,60±0,00	8,30±0,12 7,63 8,97	7,4±0,18 5,72 9,22	нет данных	8,08±0,42 5,63 10,52	7,96±0,06 4,45 11,46	8,03±0,25 6,59 9,46	7,68±0,16 6,74 8,61
pH <sub>KCl</sub> июль	6,10±0,00	нет данных	6,95±0,06 6,57 7,33	5,85±0,38 3,66 8,04	7,58±0,03 7,43 7,72	6,53±0,03 6,38 6,67	6,63±0,16 5,69 7,56	7,25±0,06 6,87 7,63	6,40±0,06 6,06 6,74
pH <sub>H2O</sub> июль	6,96±0,05 6,66 7,24	6,25±0,05 5,96 6,54	7,93±0,05 7,65 8,20	7,00±0,07 6,59 7,41	9,15±0,03 8,98 9,32	7,58±0,08 7,14 8,01	7,83±0,30 6,03 9,60	8,58±0,03 8,43 8,72	7,18±0,03 7,03 7,32
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг (0-20 см) июнь	331,56 ±6,90 301,88 361,23	506,24±20,97 416,03 596,46	340,73±17,31 266,26 415,21	94,63±0,32 93,27 96,00	379,21±13,72 320,18 438,23	532,16±9,92 489,47 574,84	209,10±14,4 146,97 271,22	541,98±4,28 480,56 603,40	375,58±17,22 301,51 449,66
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг (30-50 см) июнь	64,41±4,11 46,70 82,11	308,40±0,20 307,54 309,25	29,45±0,22 28,48 30,41	179,59±12,37 126,35 232,83	27,72±1,40 21,69 33,75	102,57±8,66 65,31 139,84	76,90±6,86 47,40 106,41	84,06±6,92 54,28 113,84	нет данных
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг (0-20 см) июль	221,38±3,87 204,72 238,05	177,17±6,91 147,45 206,89	29,45±0,22 28,48 30,41	31,76±1,93 23,47 40,05	146,28±14,24 85,03 207,54	46,98 ±6,87 17,42 76,54	29,45±0,22 28,48 30,41	78,52±2,34 68,46 88,59	102,76 ±8,64 65,60 139,91
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг (30-50 см) июль	159,15±10,33 114,68 203,62	93,19±13,82 33,74 152,64	29,45±0,22 28,48 30,41	32,43±1,73 25,00 39,85	29,45±0,22 28,48 30,41	29,45±0,22 28,48 30,41	29,45±0,22 28,48 30,41	32,61±1,71 25,24 39,98	52,27±3,61 36,74 67,81
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг (0-20 см) июнь	16,84±0,39 15,14 18,53	15,61± 0,21 14,71 16,52	15,27±0,43 13,40 17,14	6,41±0,72 3,31 9,50	8,24±0,12 7,74 8,74	16,10±0,91 12,17 20,03	10,40±2,38 0,17 20,63	5,13±0,85 1,47 8,79	21,20±0,33 19,76 22,63

Показатели (глубина слоя)	Район исследования								
	Парк им. Кирова	Бот. сад УдГУ	Ижсталь	Нефтемаш	Буммаш	Набережная	Автозавод	ул. Удмуртская	ул. К. Либкнехта
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг (30-50 см) июнь	8,01±0,09 7,64 8,38	2,77±0,31 1,43 4,11	8,09±2,56 2,93 19,10	3,96±0,55 1,58 6,33	5,98±0,36 4,44 7,52	7,66±0,22 6,72 8,60	3,77±0,52 1,51 6,02	5,61±1,88 2,50 13,71	нет данных
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг (0-20 см) июль	20,60±1,17 15,57 25,62	1,87±0,21 0,97 2,77	30,25±0,97 26,07 34,43	5,06±0,71 2,02 8,09	8,58±1,38 2,64 14,53	7,85±0,11 7,37 8,33	3,13±0,52 0,90 5,37	2,84±0,02 2,76 2,92	2,99±0,09 2,59 3,39
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг (30-50 см) июль	8,66±0,12 8,13 9,19	1,73±0,01 1,67 1,79	19,09±0,81 15,59 22,58	3,77±0,27 2,62 4,92	3,29±0,79 0,10 6,67	9,50±1,07 4,91 14,09	2,83±0,28 1,63 4,03	2,54±0,35 1,02 4,06	2,23±0,06 1,96 2,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг (0-20 см) июнь	290,75±10,40 245,98 335,51	46,30±0,51 44,10 48,49	158,67±1,95 150,27 167,07	198,86±2,0 190,27 207,46	224,95±6,83 195,55 254,36	328,13±5,02 306,51 349,75	189,11±0,05 188,88 189,34	321,95±6,86 292,45 351,45	318,82±9,52 277,88 359,77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг (30-50 см) июнь	212,04±2,09 203,02 221,06	50,45±0,22 49,49 51,40	370,31±19,54 286,23 454,60	92,15±3,02 79,17 105,14	243,98±3,82 227,53 260,43	261,38±4,89 240,33 282,43	106,27±0,98 102,03 110,50	155,26±3,32 140,98 169,54	нет данных
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг (0-20 см) июль	14,24±0,50 12,08 16,40	49,21±0,79 45,82 52,60	59,01±0,98 54,79 63,23	131,82 ±1,95 123,43 140,22	166,47±1,22 161,22 171,72	260,15±8,52 223,49 296,81	176,77±4,06 159,31 194,22	230,92±2,96 218,18 243,67	175,43±0,22 174,50 176,37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг (30-50 см) июль	14,24±0,50 12,08 16,40	47,42±0,86 43,71 51,14	93,08±0,99 88,81 97,35	121,40±0,20 120,54 122,27	155,26±0,13 154,71 155,81	262,73±6,42 235,12 290,34	131,16±2,03 122,40 139,91	184,73±4,92 163,57 205,88	52,69±0,34 51,21 54,17
K <sub>2</sub> O, мг/кг (0-20 см) июнь	371,39±1,25 366,02 376,75	125,21±0,10 124,76 125,65	313,49±7,43 281,51 345,46	307,56±46,91 105,73 509,40	152,28±0,94 148,25 156,32	251,71±4,40 232,78 270,65	152,83±3,92 135,94 169,71	423,19±9,26 383,35 463,02	251,54±0,77 248,22 254,86
K <sub>2</sub> O, мг/кг (30-50 см) июнь	165,43±2,88 153,04 177,82	89,83±1,69 82,54 97,12	185,60±1,00 181,31 189,88	нет данных	114,89±0,93 110,91 118,88	207,28±32,98 65,36 349,20	169,70±8,76 132,01 207,38	126,53±0,95 122,42 130,64	134,45±0,22 133,48 135,42

Показатели (глубина слоя)	Район исследования								
	Парк им. Кирова	Бот. сад УдГУ	Ижсталь	Нефтемаш	Буммаш	Набережная	Автозавод	ул. Удмуртская	ул. К. Либкнехта
K <sub>2</sub> O, мг/кг (0-20 см) июль	343,88±6,38 316,45 371,32	163,11±4,86 142,19 184,03	310,73±2,34 300,65 320,82	215,37±4,15 197,53 233,22	177,62± 2,01 168,99 186,24	365,27±9,89 322,73 407,81	168,99±2,90 156,51 181,49	191,88±1,23 186,59 197,17	255,64 ±2,24 246,02 265,26
K <sub>2</sub> O, мг/кг (30-50 см)июль	227,80±1,13 222,95 232,65	56,19±0,09 55,78 56,60	272,42± 6,75 243,36 301,48	98,13± 0,06 97,85 98,40	165,42± 0,96 161,29 169,54	365,41 ±9,89 322,86 407,96	70,91± 2,40 60,56 81,26	222,25± 7,41 190,39 245,11	209,96± 1,05 205,44 214,47
Гумус, %	4,23± 0,17 3,49 4,96	4,00± 0,16 3,30 4,69	2,17± 0,03 2,03 2,31	2,86± 0,44 0,96 4,76	3,78 ±0,26 2,68 4,89	3,86± 0,17 3,13 4,58	3,68± 0,31 2,34 5,02	2,29± 0,05 2,07 2,51	10,08± 0,16 9,41 10,75
Na <sup>+</sup> ммоль/100г	0,06± 0,01 0,02 0,09	0,06± 0,01 0,05 0,07	0,06± 0,01 0,57 0,68	0,05 ±0,01 0,03 0,06	0,08± 0,01 0,06 0,09	0,08± 0,01 0,03 0,14	0,13± 0,01 0,09 0,16	0,40± 0,01 0,37 0,43	0,14± 0,01 0,11 0,17
Cl <sup>-</sup> , ммоль/100г	0,07±0,01 0,04 0,10	0,13±0,01 0,12 0,14	0,11± 0,01 0,08 0,14	0,05± 0,00	0,09± 0,01 0,06 0,12	0,08±0,01 0,05 0,12	0,10± 0,01 0,10 0,11	0,12±0,01 0,11 0,13	0,10± 0,01 0,06 0,14
Влажность, % (0-10 см) июнь	9,65± 0,84 6,04 13,26	33,42± 3,03 20,39 46,45	17,95± 0,97 13,77 22,13	12,59± 1,29 7,04 18,14	13,19± 1,45 6,95 19,43	18,88 ±3,46 3,98 33,78	12,89 ±0,08 12,53 13,24	21,96± 3,88 5,26 38,65	18,14 2,80 6,10 30,19
Влажность, % (10-20 см) июнь	7,08 ±0,61 4,48 9,68	26,87±1,04 22,41 31,33	13,61± 2,09 4,63 22,60	11,78±1,29 6,22 17,35	16,26±0,53 13,98 18,55	12,91±1,75 5,39 20,42	13,56± 0,68 10,65 16,46	15,92±1,44 9,73 22,10	11,26 ±2,27 1,49 21,03
Влажность, % (20-30см) июнь	4,21±0,40 2,48 5,94	17,51±1,09 12,81 22,21	16,57±0,59 14,05 19,09	нет данных	19,52±1,89 11,38 27,66	8,14±0,77 4,82 11,46	14,24±0,70 11,24 17,25	9,00±1,08 4,34 13,66	9,87 ±1,42 3,76 15,99
Влажность, % (30-40 см) июнь	3,87±0,09 3,47 4,28	24,79±1,69 17,54 32,05	18,55±1,44 12,34 24,77	нет данных	16,97±0,53 14,69 19,25	10,25±1,06 5,67 14,83	15,52±0,81 12,06 18,99	9,29±0,62 6,64 11,94	13,54±1,25 8,18 18,92
Влажность, % (40-50 см) июнь	3,95±0,36 2,41 5,49	20,22±1,44 14,03 26,40	11,55±0,26 10,41 12,68	нет данных	14,16±0,91 10,25 18,06	9,64±1,24 4,32 14,95	15,99±0,53 13,69 18,28	9,96±0,54 7,64 12,29	8,33±0,50 6,18 10,48
Влажность, % (0-10 см) июль	20,20±0,20 19,56 20,84	38,84± 4,72 23,86 53,82	25,50±1,75 19,94 31,07	11,21±0,51 9,60 12,83	4,75±0,32 3,74 5,73	14,90±0,44 13,50 16,30	16,43±0,05 16,27 16,58	12,52±0,09 11,89 43,15	14,77±0,48 13,25 16,29



Показатели (глубина слоя)	Район исследования								
	Парк им. Кирова	Бот. сад УдГУ	Ижсталь	Нефтемаш	Буммаш	Набережная	Автозавод	ул. Удмуртская	ул. К. Либкнехта
Влажность, % (10-20 см) июль	15,28±0,34 14,20 16,38	35,99±0,25 35,20 36,80	33,27±1,01 30,05 36,50	10,14±0,05 9,98 10,30	2,18±0,11 1,84 2,52	7,87±0,19 7,26 8,45	12,19±1,04 8,89 15,49	14,30±0,76 11,88 16,71	10,71±0,22 10,00 11,42
Влажность, % (20-30 см) июль	20,47±0,89 17,63 23,30	39,59±2,37 32,04 47,13	нет данных	8,94±0,16 8,42 9,47	3,55±0,28 2,67 4,44	14,32±0,27 13,48 15,17	12,65±0,54 10,94 14,36	13,70±0,03 13,61 13,79	6,44±0,36 5,20 7,59
Влажность, % (30-40 см) июль	22,85±0,53 21,17 24,53	33,03±0,92 30,09 35,96	нет данных	11,15±0,02 11,10 11,21	3,92±0,04 3,79 4,05	6,02±0,23 5,27 6,72	14,50±0,54 12,78 16,22	11,05±0,02 11,00 11,11	7,38±0,45 5,96 8,80
Плотность, г/см <sup>3</sup> (0-10 см)	1,12±0,03 1,03 1,22	1,14±0,03 1,05 1,23	1,22±0,02 1,16 1,29	1,31±0,00	1,24±0,02 1,16 1,32	1,11±0,02 1,04 1,18	1,28±0,06 1,09 1,46	1,19±0,04 1,05 1,33	1,15±0,04 1,03 1,28
Плотность, г/см <sup>3</sup> (10-20 см)	1,21±0,03 1,11 1,31	1,14± 0,04 1,02 1,25	1,28±0,03 1,18 1,38	1,34±0,02 1,28 1,39	1,16±0,04 1,02 1,30	1,26±0,04 1,14 1,38	1,50±0,06 1,32 1,68	1,13±0,03 1,04 1,22	1,20±0,03 1,11 1,30
Плотность, г/см <sup>3</sup> (20-30 см)	1,22±0,01 1,20 1,24	1,18± 0,02 1,10 1,25	нет данных	1,37±0,01 1,36 1,37	1,26 ±0,02 1,20 1,32	1,22±0,01 1,18 1,27	1,43±0,02 1,38 1,49	1,29±0,04 1,14 1,43	1,24 ±0,02 1,16 1,31
Плотность, г/см <sup>3</sup> (30-40 см)	1,26±0,01 1,26 1,27	1,18± 0,03 1,09 1,27	нет данных	1,45±0,12 1,06 1,83	1,24±0,02 1,18 1,31	нет данных	1,53±0,01 1,49 1,57	1,25±0,02 1,17 1,33	1,30±0,01 1,28 1,33

Примечание: \* Доверительный интервал для среднего значения

Таблица К.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа интенсивности фотосинтеза изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	9	4573,128	360	1156,861	3,95305	8,06E-05
2	2	40352,46	360	1156,861	34,881	1,42E-14
3	3	16573,4	360	1156,861	14,32619	7,73E-09
4	2	11833,93	360	1156,861	10,22935	4,78E-05
12	18	3664,945	360	1156,861	3,168009	1,78E-05
13	27	2391,299	360	1156,861	2,067059	0,001677
14	18	2039,421	360	1156,861	1,762892	0,02819
24	4	15966,8	360	1156,861	13,80184	1,75E-10
34	6	13364,25	360	1156,861	11,55217	7,81E-12
124	36	2515,79	360	1156,861	2,17467	0,00019
134	54	2096,424	360	1156,861	1,812166	0,000843

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица К.2 – Результаты LSD – теста. Влияние места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов растений

	ЗУК	СЗЗ	Магистрالی
среднее	25,48720	37,29212	7,556408
ЗУК		0,001091	8,92E-07
СЗЗ	0,001091		2,22E-15
Магистрالی	8,92E-07	2,22E-15	

Таблица К.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
среднее	24,97709	28,72959	22,75492	67,77921	25,95168	18,14547	4,339917	9,663642	8,665667
ЗУК (июнь) {1}		0,546036	0,720668	2,46E-11	0,875378	0,27201	0,000981	0,014129	0,00899
ЗУК (июль) {2}	0,546036		0,33663	9,3E-10	0,654898	0,089167	0,000103	0,002301	0,001347
ЗУК (август) {3}	0,720668	0,33663		2,56E-12	0,607016	0,458399	0,003224	0,035708	0,023868
СЗЗ (июнь) {4}	2,46E-11	9,3E-10	2,56E-12		6,47E-11	1,81E-14	1,1E-21	8,91E-19	2,61E-19
СЗЗ (июль) {5}	0,875378	0,654898	0,607016	6,47E-11		0,209542	0,000562	0,009088	0,005659
СЗЗ (август) {6}	0,27201	0,089167	0,458399	1,81E-14	0,209542		0,026824	0,172832	0,127744
Магистрالی (июнь) {7}	0,000981	0,000103	0,003224	1,1E-21	0,000562	0,026824		0,391846	0,486505
Магистрالی (июль) {8}	0,014129	0,002301	0,035708	8,91E-19	0,009088	0,172832	0,391846		0,872413
Магистрالی (август) {9}	0,00899	0,001347	0,023868	2,61E-19	0,005659	0,127744	0,486505	0,872413	

Таблица К. 4 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на интенсивность фотосинтеза изучаемых видов растений (г. Ижевск)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	44,16383	37,62339	-5,69486	10,59833	33,26508	8,060416	16,94350	13,32522	21,03539	39,03611
Береза повислая (ЗУК) ....{1}		0,564379	1,44E-05	0,003274	0,337048	0,001577	0,016861	0,006844	0,042081	0,651341
Береза повислая (СЗЗ) ....{2}	0,564379		0,000157	0,017658	0,700899	0,009499	0,068978	0,03277	0,144312	0,900905
Береза повислая (Маг.) ....{3}	1,44E-05	0,000157		0,151558	0,000658	0,22583	0,046604	0,09429	0,018924	9,58E-05
Клен ясенелистный (ЗУК)....{4}	0,003274	0,017658	0,151558		0,046331	0,823001	0,57606	0,810065	0,357889	0,012571
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	0,337048	0,700899	0,000658	0,046331		0,026829	0,150848	0,07947	0,281449	0,611051
Клен ясенелистный (Маг.) ....{6}	0,001577	0,009499	0,22583	0,823001	0,026829		0,433843	0,642664	0,253208	0,006603
Тополь бальзамический (ЗУК) .{7}	0,016861	0,068978	0,046604	0,57606	0,150848	0,433843		0,749805	0,718375	0,052117
Тополь бальзамический (СЗЗ) .{8}	0,006844	0,03277	0,09429	0,810065	0,07947	0,642664	0,749805		0,496906	0,023936
Тополь бальзамический (Маг.) .{9}	0,042081	0,144312	0,018924	0,357889	0,281449	0,253208	0,718375	0,496906		0,11323
Липа мелколистная (ЗУК)....{10}	0,651341	0,900905	9,58E-05	0,012571	0,611051	0,006603	0,052117	0,023936	0,11323	
Липа мелколистная (СЗЗ)....{11}	0,667327	0,314584	2,04E-06	0,000774	0,164942	0,000344	0,0049	0,001768	0,013968	0,378122
Липа мелколистная (Маг.)....{12}	0,000497	0,00352	0,377746	0,579955	0,011085	0,741514	0,266188	0,427444	0,141214	0,002362
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,117356	0,321451	0,004947	0,165137	0,543283	0,107256	0,406429	0,25078	0,638458	0,264545
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,054085	0,176078	0,01416	0,304602	0,332109	0,211408	0,639767	0,431471	0,914447	0,139694
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,001974	0,0115	0,201153	0,87574	0,031766	0,946327	0,474367	0,691601	0,282176	0,008051
Ель колючая (ЗУК)....{16}	0,000559	0,003897	0,360509	0,602314	0,01214	0,766115	0,280334	0,446526	0,150141	0,002624
Ель колючая (СЗЗ)....{17}	0,756606	0,375639	3,58E-06	0,001176	0,204381	0,000534	0,007028	0,00262	0,019304	0,446288
Ель колючая (Маг.) ....{18}	0,005959	0,029197	0,103721	0,8462	0,071886	0,676226	0,714915	0,96301	0,468026	0,021221
Рябина обыкновенная (ЗУК)....{19}	0,035825	0,126913	0,02255	0,393812	0,252757	0,281934	0,768859	0,540111	0,946758	0,098891
Рябина обыкновенная (СЗЗ)....{20}	0,190224	0,462509	0,002191	0,100191	0,725723	0,062015	0,277099	0,160098	0,467335	0,390299
Рябина обыкновенная (Маг.) .{21}	0,000574	0,00399	0,356535	0,607619	0,012401	0,771925	0,283728	0,451075	0,152298	0,002689
Яблоня ягодная (ЗУК)....{22}	0,154768	0,396444	0,00316	0,125742	0,642506	0,079508	0,330208	0,196441	0,539537	0,330905
Яблоня ягодная (СЗЗ)....{23}	0,593527	0,965984	0,000133	0,015742	0,66957	0,008399	0,062757	0,029471	0,133001	0,934748
Яблоня ягодная (Маг.)....{24}	0,001327	0,008198	0,245919	0,78356	0,023545	0,959324	0,404526	0,606586	0,232693	0,005667
Роза майская (ЗУК) ...{25}	0,14811	0,383535	0,003404	0,131612	0,625809	0,083586	0,341964	0,204659	0,555135	0,319399
Роза майская (СЗЗ)....{26}	0,012553	0,054154	0,059714	0,651715	0,12262	0,499723	0,914134	0,83282	0,639485	0,040452
Роза майская (Маг.)....{27}	0,000135	0,001129	0,590899	0,369209	0,003981	0,499961	0,145508	0,25521	0,069641	0,00073
Карагана древовидная (ЗУК)....{28}	0,531951	0,961144	0,000189	0,020096	0,737321	0,010912	0,076699	0,036922	0,158123	0,862468
Карагана древовидная (СЗЗ)....{29}	0,00021	2,01E-05	6,42E-15	7,79E-11	3,61E-06	1,96E-11	2,11E-09	3,3E-10	1,58E-08	3,41E-05
Карагана древовидная (Маг.)....{30}	0,007282	0,034509	0,090249	0,793818	0,083116	0,627688	0,765791	0,983232	0,510301	0,025263

Продолжение таблицы К.4

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
средние значения	49,04094	4,317861	26,36692	22,25425	8,824195	4,685389	47,68047	12,79906	20,27775	29,28453
Береза повислая (ЗУК) ....{1}	0,667327	0,000497	0,117356	0,054085	0,001974	0,000559	0,756606	0,005959	0,035825	0,190224
Береза повислая (СЗЗ) ....{2}	0,314584	0,00352	0,321451	0,176078	0,0115	0,003897	0,375639	0,029197	0,126913	0,462509
Береза повислая (Маг.) ....{3}	2,04E-06	0,377746	0,004947	0,01416	0,201153	0,360509	3,58E-06	0,103721	0,02255	0,002191
Клен ясенелистный (ЗУК)....{4}	0,000774	0,579955	0,165137	0,304602	0,87574	0,602314	0,001176	0,8462	0,393812	0,100191
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	0,164942	0,011085	0,543283	0,332109	0,031766	0,01214	0,204381	0,071886	0,252757	0,725723
Клен ясенелистный (Маг.) ....{6}	0,000344	0,741514	0,107256	0,211408	0,946327	0,766115	0,000534	0,676226	0,281934	0,062015
Тополь бальзамический (ЗУК) .{7}	0,0049	0,266188	0,406429	0,639767	0,474367	0,280334	0,007028	0,714915	0,768859	0,277099
Тополь бальзамический (СЗЗ)..{8}	0,001768	0,427444	0,25078	0,431471	0,691601	0,446526	0,00262	0,96301	0,540111	0,160098
Тополь бальзамический (Маг.)..{9}	0,013968	0,141214	0,638458	0,914447	0,282176	0,150141	0,019304	0,468026	0,946758	0,467335
Липа мелколистная (ЗУК)....{10}	0,378122	0,002362	0,264545	0,139694	0,008051	0,002624	0,446288	0,021221	0,098891	0,390299
Липа мелколистная (СЗЗ)....{11}		9,61E-05	0,046261	0,018676	0,000441	0,000109	0,904552	0,001513	0,011603	0,082264
Липа мелколистная (Маг.)....{12}	9,61E-05		0,05258	0,11452	0,691257	0,974158	0,000154	0,454911	0,160082	0,02829
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,046261	0,05258		0,717007	0,122667	0,056623	0,060928	0,232204	0,591544	0,797063
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,018676	0,11452	0,717007		0,236971	0,122112	0,025527	0,40485	0,861702	0,535592
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,000441	0,691257	0,122667	0,236971		0,715286	0,00068	0,726099	0,313063	0,071965
Ель колючая (ЗУК)...{16}	0,000109	0,974158	0,056623	0,122112	0,715286		0,000175	0,474674	0,169898	0,030683
Ель колючая (СЗЗ)....{17}	0,904552	0,000154	0,060928	0,025527	0,00068	0,000175		0,002254	0,016146	0,105557
Ель колючая (Маг.) ....{18}	0,001513	0,454911	0,232204	0,40485	0,726099	0,474674	0,002254		0,509907	0,146801
Рябина обыкновенная (ЗУК)...{19}	0,011603	0,160082	0,591544	0,861702	0,313063	0,169898	0,016146	0,509907		0,427474
Рябина обыкновенная (СЗЗ)...{20}	0,082264	0,02829	0,797063	0,535592	0,071965	0,030683	0,105557	0,146801	0,427474	
Рябина обыкновенная (Маг.) .{21}	0,000113	0,968094	0,057609	0,12395	0,72097	0,993932	0,00018	0,479381	0,172267	0,031269
Яблоня ягодная (ЗУК)...{22}	0,064262	0,037443	0,885703	0,61275	0,091672	0,040483	0,083408	0,180907	0,496356	0,909702
Яблоня ягодная (СЗЗ)...{23}	0,335502	0,003075	0,301119	0,162892	0,010193	0,003408	0,399015	0,026214	0,116689	0,436972
Яблоня ягодная (Маг.)...{24}	0,000284	0,780355	0,09664	0,193418	0,905813	0,805321	0,000443	0,639356	0,259803	0,055262
Роза майская (ЗУК) ...{25}	0,060981	0,039623	0,904248	0,629298	0,096246	0,042812	0,079337	0,188643	0,511305	0,89114
Роза майская (СЗЗ)....{26}	0,003505	0,31523	0,348325	0,564758	0,543411	0,33106	0,005084	0,796825	0,68793	0,232324
Роза майская (Маг.)....{27}	2,3E-05	0,730197	0,022604	0,054746	0,458208	0,705989	3,82E-05	0,27504	0,080482	0,011273
Карагана древовидная (ЗУК)..{28}	0,291764	0,0041	0,345753	0,1921	0,013173	0,004533	0,349998	0,03296	0,139434	0,492678
Карагана древовидная (СЗЗ)..{29}	0,001011	2,42E-12	1,88E-07	2,82E-08	2,98E-11	2,98E-12	0,000663	2,51E-10	1,1E-08	6,79E-07
Карагана древовидная (Маг.)..{30}	0,001896	0,415324	0,259532	0,443863	0,676172	0,434091	0,002804	0,946268	0,554089	0,166416

Окончание таблицы К.4

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}	{28}	{29}	{30}
средние значения	4,771667	27,99778	38,10722	7,481778	27,73175	15,72017	,4049167	37,07067	86,61992	13,56367
Береза повислая (ЗУК) ....{1}	0,000574	0,154768	0,593527	0,001327	0,14811	0,012553	0,000135	0,531951	0,00021	0,007282
Береза повислая (СЗЗ) ....{2}	0,00399	0,396444	0,965984	0,008198	0,383535	0,054154	0,001129	0,961144	2,01E-05	0,034509
Береза повислая (Маг.) ....{3}	0,356535	0,00316	0,000133	0,245919	0,003404	0,059714	0,590899	0,000189	6,42E-15	0,090249
Клен ясенелистный (ЗУК)....{4}	0,607619	0,125742	0,015742	0,78356	0,131612	0,651715	0,369209	0,020096	7,79E-11	0,793818
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	0,012401	0,642506	0,66957	0,023545	0,625809	0,12262	0,003981	0,737321	3,61E-06	0,083116
Клен ясенелистный (Маг.) ....{6}	0,771925	0,079508	0,008399	0,959324	0,083586	0,499723	0,499961	0,010912	1,96E-11	0,627688
Тополь бальзамический (ЗУК) .{7}	0,283728	0,330208	0,062757	0,404526	0,341964	0,914134	0,145508	0,076699	2,11E-09	0,765791
Тополь бальзамический (СЗЗ)..{8}	0,451075	0,196441	0,029471	0,606586	0,204659	0,83282	0,25521	0,036922	3,3E-10	0,983232
Тополь бальзамический (Маг.)..{9}	0,152298	0,539537	0,133001	0,232693	0,555135	0,639485	0,069641	0,158123	1,58E-08	0,510301
Липа мелколистная (ЗУК)....{10}	0,002689	0,330905	0,934748	0,005667	0,319399	0,040452	0,00073	0,862468	3,41E-05	0,025263
Липа мелколистная (СЗЗ)....{11}	0,000113	0,064262	0,335502	0,000284	0,060981	0,003505	2,3E-05	0,291764	0,001011	0,001896
Липа мелколистная (Маг.)....{12}	0,968094	0,037443	0,003075	0,780355	0,039623	0,31523	0,730197	0,0041	2,42E-12	0,415324
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,057609	0,885703	0,301119	0,09664	0,904248	0,348325	0,022604	0,345753	1,88E-07	0,259532
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,12395	0,61275	0,162892	0,193418	0,629298	0,564758	0,054746	0,1921	2,82E-08	0,443863
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,72097	0,091672	0,010193	0,905813	0,096246	0,543411	0,458208	0,013173	2,98E-11	0,676172
Ель колючая (ЗУК)...{16}	0,993932	0,040483	0,003408	0,805321	0,042812	0,33106	0,705989	0,004533	2,98E-12	0,434091
Ель колючая (СЗЗ)....{17}	0,00018	0,083408	0,399015	0,000443	0,079337	0,005084	3,82E-05	0,349998	0,000663	0,002804
Ель колючая (Маг.) ....{18}	0,479381	0,180907	0,026214	0,639356	0,188643	0,796825	0,27504	0,03296	2,51E-10	0,946268
Рябина обыкновенная (ЗУК)...{19}	0,172267	0,496356	0,116689	0,259803	0,511305	0,68793	0,080482	0,139434	1,1E-08	0,554089
Рябина обыкновенная (СЗЗ)...{20}	0,031269	0,909702	0,436972	0,055262	0,89114	0,232324	0,011273	0,492678	6,79E-07	0,166416
Рябина обыкновенная (Маг.) .{21}		0,041226	0,003491	0,811212	0,043591	0,33485	0,700348	0,00464	3,13E-12	0,438567
Яблоня ягодная (ЗУК)...{22}	0,041226		0,373161	0,071198	0,981293	0,279571	0,015429	0,424093	3,88E-07	0,203796
Яблоня ягодная (СЗЗ)...{23}	0,003491	0,373161		0,007235	0,36073	0,049078	0,000974	0,927204	2,41E-05	0,031059
Яблоня ягодная (Маг.)...{24}	0,811212	0,071198	0,007235		0,074925	0,467915	0,532894	0,009437	1,43E-11	0,591987
Роза майская (ЗУК) ...{25}	0,043591	0,981293	0,36073	0,074925		0,290105	0,01644	0,410647	3,45E-07	0,212236
Роза майская (СЗЗ)....{26}	0,33485	0,279571	0,049078	0,467915	0,290105		0,177594	0,060484	1,14E-09	0,849253
Роза майская (Маг.)....{27}	0,700348	0,015429	0,000974	0,532894	0,01644	0,177594		0,001334	2,52E-13	0,24656
Карагана древовидная (ЗУК)..{28}	0,00464	0,424093	0,927204	0,009437	0,410647	0,060484	0,001334		1,62E-05	0,038848
Карагана древовидная (СЗЗ)..{29}	3,13E-12	3,88E-07	2,41E-05	1,43E-11	3,45E-07	1,14E-09	2,52E-13	1,62E-05		3,74E-10
Карагана древовидная (Маг.)..{30}	0,438567	0,203796	0,031059	0,591987	0,212236	0,849253	0,24656	0,038848	3,74E-10	

Таблица Л.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа  
 водоудерживающей способности листьев изучаемых видов растений  
 (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	701,0116	648	15,77187	44,44696	< 1,0E-29
2	2	569,8774	648	15,77187	36,13253	1,33E-15
4	2	2612,43	648	15,77187	165,6386	< 1,00E-29
5	1	217,0925	648	15,77187	13,76454	0,000225
12	16	174,1557	648	15,77187	11,04218	2,16E-25
14	16	248,8349	648	15,77187	15,77714	< 1,0E-29
24	4	249,3178	648	15,77187	15,80775	2,36E-12
15	8	167,5686	648	15,77187	10,62452	4,39E-14
25	2	118,5585	648	15,77187	7,517085	0,000592
45	2	74,0241	648	15,77187	4,693426	0,009469
124	32	200,1557	648	15,77187	12,69068	< 1,0E-29
125	16	102,6045	648	15,77187	6,505537	9,93E-14
145	16	174,1078	648	15,77187	11,03914	2,2E-25
245	4	369,4522	648	15,77187	23,42476	4,16E-18
1245	32	67,56249	648	15,77187	4,283734	2,72E-13

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц, 5 – год

Таблица Л.2 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и срока вегетации

на водоудерживающую способность листьев изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	6,094725	9,319474	11,55856	12,25919	10,07865	8,278434	8,314653	10,76942	14,68673	8,499953
Береза повислая (июнь) {1}		0,000608	8,4E-09	9,38E-11	2,39E-05	0,01996	0,018005	7,61E-07	5,77E-19	0,010407
Береза повислая (июль) {2}	0,000608		0,01704	0,001763	0,417645	0,266487	0,283467	0,121874	1,51E-08	0,381628
Береза повислая (август){3}	8,4E-09	0,01704		0,454435	0,114369	0,00049	0,000564	0,399519	0,00088	0,001142
Клен ясенелист. (июнь) {4}	9,38E-11	0,001763	0,454435		0,02014	2,42E-05	2,87E-05	0,111978	0,009719	6,61E-05
Клен ясенелист. (июль). {5}	2,39E-05	0,417645	0,114369	0,02014		0,054895	0,059946	0,460812	1,08E-06	0,092175
Клен ясенелист. (август){6}	0,01996	0,266487	0,00049	2,42E-05	0,054895		0,969147	0,007981	1,76E-11	0,813003
Тополь бальзам. (июнь){7}	0,018005	0,283467	0,000564	2,87E-05	0,059946	0,969147		0,008936	2,27E-11	0,843141
Тополь бальзам. (июль){8}	7,61E-07	0,121874	0,399519	0,111978	0,460812	0,007981	0,008936		3,25E-05	0,015603
Тополь бальзам. (август){9}	5,77E-19	1,51E-08	0,00088	0,009719	1,08E-06	1,76E-11	2,27E-11	3,25E-05		8,07E-11
Липа мелколист.(июнь){10}	0,010407	0,381628	0,001142	6,61E-05	0,092175	0,813003	0,843141	0,015603	8,07E-11	
Липа мелколист.(июль){11}	0,000105	0,647671	0,053449	0,007476	0,723589	0,117052	0,12634	0,27534	1,8E-07	0,183095
Липа мелколист.(август){12}	1,3E-06	0,150162	0,341781	0,08964	0,529155	0,010914	0,012174	0,91378	2,03E-05	0,02086
Ива козья (июнь) ....{13}	4,09E-05	0,493	0,088471	0,014367	0,900484	0,072629	0,078983	0,38843	5,81E-07	0,11891
Ива козья (июль)...{14}	1,26E-13	4,14E-05	0,083116	0,323976	0,000962	2,18E-07	2,66E-07	0,01014	0,1087	7,28E-07
Ива козья (август) ....{15}	1,65E-15	2,86E-06	0,020077	0,114099	0,000101	8,51E-09	1,06E-08	0,001576	0,312307	3,2E-08
Рябина обыкновен. (июнь){16}	0,085133	0,085778	4,41E-05	1,47E-06	0,011584	0,543019	0,517687	0,001134	2,9E-13	0,398297
Рябина обыкновен. (июль){17}	2,52E-07	0,07775	0,531979	0,169974	0,339599	0,004123	0,004651	0,827721	8,08E-05	0,008436
Рябина обыкновен.(август){18}	1,23E-10	0,002041	0,481235	0,965103	0,022593	2,93E-05	3,46E-05	0,122168	0,008562	7,92E-05
Яблоня ягодная (июнь)...{19}	0,012589	0,346106	0,000902	4,99E-05	0,079922	0,86562	0,896133	0,012957	5,26E-11	0,946317
Яблоня ягодная (июль)...{20}	2,8E-29	3,74E-16	3,89E-09	2,38E-07	1,46E-13	4,91E-20	6,79E-20	2,17E-11	0,008762	3,53E-19
Яблоня ягодная (август){21}	9,3E-28	5,69E-15	3,01E-08	1,47E-06	1,79E-12	9,85E-19	1,35E-18	2,16E-10	0,023688	6,69E-18
Роза майская (июнь) ...{22}	0,024449	0,234586	0,000367	1,73E-05	0,045834	0,938179	0,907465	0,006337	1,06E-11	0,75344
Роза майская (июль)....{23}	4,03E-18	5,62E-08	0,002	0,018852	3,43E-06	8,19E-11	1,04E-10	8,82E-05	0,811198	3,58E-10
Роза майская (август)....{24}	< 1,0E-29	6,9E-22	1,19E-13	1,93E-11	6,64E-19	2,88E-26	4,14E-26	2,35E-16	2,57E-05	2,61E-25
Карагана древов.(июнь){25}	2,11E-05	0,401567	0,120997	0,021701	0,977396	0,051425	0,05621	0,478204	1,25E-06	0,086846
Карагана древов.(июль){26}	1,34E-28	1,27E-15	9,79E-09	5,42E-07	4,51E-13	1,88E-19	2,59E-19	6,1E-11	0,013829	1,32E-18
Карагана древов.(авг.){27}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	5,19E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,23E-19	< 1,0E-29



Продолжение таблицы Л.2

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
средние значения	9,747455	10,66803	9,961553	13,18315	13,74020	7,708768	10,97321	12,21822	8,436902	17,14780
Береза повислая (июнь) {1}	0,000105	1,3E-06	4,09E-05	1,26E-13	1,65E-15	0,085133	2,52E-07	1,23E-10	0,012589	2,8E-29
Береза повислая (июль) {2}	0,647671	0,150162	0,493	4,14E-05	2,86E-06	0,085778	0,07775	0,002041	0,346106	3,74E-16
Береза повислая (август){3}	0,053449	0,341781	0,088471	0,083116	0,020077	4,41E-05	0,531979	0,481235	0,000902	3,89E-09
Клен ясенелист. (июнь) {4}	0,007476	0,08964	0,014367	0,323976	0,114099	1,47E-06	0,169974	0,965103	4,99E-05	2,38E-07
Клен ясенелист. (июль). {5}	0,723589	0,529155	0,900484	0,000962	0,000101	0,011584	0,339599	0,022593	0,079922	1,46E-13
Клен ясенелист. (август){6}	0,117052	0,010914	0,072629	2,18E-07	8,51E-09	0,543019	0,004123	2,93E-05	0,86562	4,91E-20
Тополь бальзам. (июнь){7}	0,12634	0,012174	0,078983	2,66E-07	1,06E-08	0,517687	0,004651	3,46E-05	0,896133	6,79E-20
Тополь бальзам. (июль){8}	0,27534	0,91378	0,38843	0,01014	0,001576	0,001134	0,827721	0,122168	0,012957	2,17E-11
Тополь бальзам. (август){9}	1,8E-07	2,03E-05	5,81E-07	0,1087	0,312307	2,9E-13	8,08E-05	0,008562	5,26E-11	0,008762
Липа мелколист.(июнь){10}	0,183095	0,02086	0,11891	7,28E-07	3,2E-08	0,398297	0,008436	7,92E-05	0,946317	3,53E-19
Липа мелколист.(июль){11}		0,32575	0,819158	0,000262	2,29E-05	0,029771	0,190835	0,008502	0,161971	1,15E-14
Липа мелколист.(август){12}	0,32575		0,450683	0,007397	0,001086	0,001643	0,744508	0,09819	0,017435	1,07E-11
Ива козья (июнь) ....{13}	0,819158	0,450683		0,000615	6,07E-05	0,016378	0,280205	0,016194	0,103844	6,01E-14
Ива козья (июль)...{14}	0,000262	0,007397	0,000615		0,551987	7,88E-09	0,018526	0,303001	5,19E-07	2,61E-05
Ива козья (август) ....{15}	2,29E-05	0,001086	6,07E-05	0,551987		2,28E-10	0,00323	0,10445	2,21E-08	0,000294
Рябина обыкновен. (июнь){16}	0,029771	0,001643	0,016378	7,88E-09	2,28E-10		0,000521	1,81E-06	0,436931	2,6E-22
Рябина обыкновен. (июль){17}	0,190835	0,744508	0,280205	0,018526	0,00323	0,000521		0,18397	0,006916	8,76E-11
Рябина обыкновен.(август){18}	0,008502	0,09819	0,016194	0,303001	0,10445	1,81E-06	0,18397		6E-05	1,9E-07
Яблоня ягодная (июнь)..{19}	0,161971	0,017435	0,103844	5,19E-07	2,21E-08	0,436931	0,006916	6E-05		2,02E-19
Яблоня ягодная (июль)..{20}	1,15E-14	1,07E-11	6,01E-14	2,61E-05	0,000294	2,6E-22	8,76E-11	1,9E-07	2,02E-19	
Яблоня ягодная (август){21}	1,55E-13	1,1E-10	7,61E-13	0,000118	0,001099	6,03E-21	8,16E-10	1,19E-06	3,89E-18	0,71772
Роза майская (июнь) ...{22}	0,100053	0,008731	0,06115	1,45E-07	5,45E-09	0,59561	0,003225	2,09E-05	0,805079	2,55E-20
Роза майская (июль)....{23}	6,12E-07	5,64E-05	1,89E-06	0,172005	0,440275	1,51E-12	0,00021	0,01676	2,36E-10	0,004263
Роза майская (август)....{24}	3,49E-20	1,02E-16	2,37E-19	8,02E-09	2,06E-07	8,55E-29	1,23E-15	1,45E-11	1,4E-25	0,107961
Карагана древов.(июнь){25}	0,702465	0,547857	0,878097	0,001063	0,000114	0,01069	0,354106	0,024317	0,075179	1,79E-13
Карагана древов.(июль){26}	3,69E-14	3,05E-11	1,88E-13	5,18E-05	0,000536	1,06E-21	2,39E-10	4,34E-07	7,61E-19	0,872313
Карагана древов.(август){27}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,03E-25	1,3E-22	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,38E-29	< 1,0E-29	1,4E-10

## Окончание таблицы Л.2

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}
средние значения	16,80926	8,205806	14,46303	18,65454	10,10518	16,99730	23,25301
Береза повислая (июнь) {1}	9,3E-28	0,024449	4,03E-18	< 1,0E-29	2,11E-05	1,34E-28	< 1,0E-29
Береза повислая (июль) {2}	5,69E-15	0,234586	5,62E-08	6,9E-22	0,401567	1,27E-15	< 1,0E-29
Береза повислая (август){3}	3,01E-08	0,000367	0,002	1,19E-13	0,120997	9,79E-09	< 1,0E-29
Клен ясенелист. (июнь) {4}	1,47E-06	1,73E-05	0,018852	1,93E-11	0,021701	5,42E-07	5,19E-29
Клен ясенелист. (июль). {5}	1,79E-12	0,045834	3,43E-06	6,64E-19	0,977396	4,51E-13	< 1,0E-29
Клен ясенелист. (август){6}	9,85E-19	0,938179	8,19E-11	2,88E-26	0,051425	1,88E-19	< 1,0E-29
Тополь бальзам. (июнь){7}	1,35E-18	0,907465	1,04E-10	4,14E-26	0,05621	2,59E-19	< 1,0E-29
Тополь бальзам. (июль){8}	2,16E-10	0,006337	8,82E-05	2,35E-16	0,478204	6,1E-11	< 1,0E-29
Тополь бальзам. (август){9}	0,023688	1,06E-11	0,811198	2,57E-05	1,25E-06	0,013829	7,23E-19
Липа мелколист.(июнь){10}	6,69E-18	0,75344	3,58E-10	2,61E-25	0,086846	1,32E-18	< 1,0E-29
Липа мелколист.(июль){11}	1,55E-13	0,100053	6,12E-07	3,49E-20	0,702465	3,69E-14	< 1,0E-29
Липа мелколист.(август){12}	1,1E-10	0,008731	5,64E-05	1,02E-16	0,547857	3,05E-11	< 1,0E-29
Ива козья (июнь) ....{13}	7,61E-13	0,06115	1,89E-06	2,37E-19	0,878097	1,88E-13	< 1,0E-29
Ива козья (июль)...{14}	0,000118	1,45E-07	0,172005	8,02E-09	0,001063	5,18E-05	6,03E-25
Ива козья (август) ....{15}	0,001099	5,45E-09	0,440275	2,06E-07	0,000114	0,000536	1,3E-22
Рябина обыкновен. (июнь){16}	6,03E-21	0,59561	1,51E-12	8,55E-29	0,01069	1,06E-21	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (июль){17}	8,16E-10	0,003225	0,00021	1,23E-15	0,354106	2,39E-10	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(август){18}	1,19E-06	2,09E-05	0,01676	1,45E-11	0,024317	4,34E-07	3,38E-29
Яблоня ягодная (июнь)..{19}	3,89E-18	0,805079	2,36E-10	1,4E-25	0,075179	7,61E-19	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (июль)..{20}	0,71772	2,55E-20	0,004263	0,107961	1,79E-13	0,872313	1,4E-10
Яблоня ягодная (август){21}		5,21E-19	0,012438	0,049113	2,17E-12	0,840856	1,38E-11
Роза майская (июнь) ...{22}	5,21E-19		5E-11	1,39E-26	0,042855	9,86E-20	< 1,0E-29
Роза майская (июль)...{23}	0,012438	5E-11		8,91E-06	3,92E-06	0,006961	9,99E-20
Роза майская (август)...{24}	0,049113	1,39E-26	8,91E-06		8,38E-19	0,077124	1,14E-06
Карагана древов.(июнь){25}	2,17E-12	0,042855	3,92E-06	8,38E-19		5,48E-13	< 1,0E-29
Карагана древов.(июль){26}	0,840856	9,86E-20	0,006961	0,077124	5,48E-13		5,05E-11
Карагана древов.(август){27}	1,38E-11	< 1,0E-29	9,99E-20	1,14E-06	< 1,0E-29	5,05E-11	

Таблица Л.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на водоудерживающую способность листьев изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
среднее	9,023746	13,93206	17,37819	8,837117	12,99764	12,28845	8,668049	10,63014	13,62236
ЗУК (июнь) {1}		1,27E-18	< 1,0E-29	0,729957	5,87E-13	2,58E-09	0,510664	0,003065	1,22E-16
ЗУК (июль) {2}	1,27E-18		3,44E-10	7,33E-20	0,084281	0,002451	5,16E-21	1,72E-09	0,566806
ЗУК (август) {3}	< 1,0E-29	3,44E-10		< 1,0E-29	2,62E-15	7,94E-20	< 1,0E-29	< 1,0E-29	8,95E-12
СЗЗ (июнь) {4}	0,729957	7,33E-20	< 1,0E-29		5,16E-14	3,25E-10	0,754506	0,000958	8E-18
СЗЗ (июль) {5}	5,87E-13	0,084281	2,62E-15	5,16E-14		0,189901	5,29E-15	1,38E-05	0,24812
СЗЗ (август) {6}	2,58E-09	0,002451	7,94E-20	3,25E-10	0,189901		4,56E-11	0,002241	0,013836
Магистрالی (июнь) {7}	0,510664	5,16E-21	< 1,0E-29	0,754506	5,29E-15	4,56E-11		0,000305	6,34E-19
Магистрالی (июль) {8}	0,003065	1,72E-09	< 1,0E-29	0,000958	1,38E-05	0,002241	0,000305		4,48E-08
Магистрالی (август) {9}	1,22E-16	0,566806	8,95E-12	8E-18	0,24812	0,013836	6,34E-19	4,48E-08	

Таблица Л.4 – Результаты LSD-теста. Влияние видовых особенностей на водоудерживающую способность листьев изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	Береза повислая	Клен ясенелистный	Тополь бальзамический	Липа мелколистная	Ива козья	Рябина обыкновенная	Яблоня ягодная	Роза майская	Карагана древовидная
средние значения	8,990918	10,20543	11,25694	9,638479	12,29497	10,30007	14,13132	13,77446	16,78517
Береза повислая		0,024958	3,14E-05	0,23127	1,68E-09	0,015692	3,61E-20	8,21E-18	< 1,0E-29
Клен ясенелистный	0,024958		0,052127	0,294545	0,000122	0,861038	1,08E-12	8,34E-11	< 1,0E-29
Тополь бальзамический	3,14E-05	0,052127		0,002852	0,055204	0,077107	1,44E-07	3,87E-06	7,2E-23
Липа мелколистная	0,23127	0,294545	0,002852		1,12E-06	0,221331	5,47E-16	7,14E-14	< 1,0E-29
Ива козья	1,68E-09	0,000122	0,055204	1,12E-06		0,000242	0,000721	0,006359	5,68E-16
Рябина обыкновенная	0,015692	0,861038	0,077107	0,221331	0,000242		3,54E-12	2,49E-10	4,24E-30
Яблоня ягодная	3,61E-20	1,08E-12	1,44E-07	5,47E-16	0,000721	3,54E-12		0,509281	1,15E-06
Роза майская	8,21E-18	8,34E-11	3,87E-06	7,14E-14	0,006359	2,49E-10	0,509281		3,72E-08
Карагана древовидная	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,2E-23	< 1,0E-29	5,68E-16	4,24E-30	1,15E-06	3,72E-08	

Таблица Л.5 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на водоудерживающую способность листьев изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	14,43158	6,112741	6,428432	12,57475	9,637324	8,404202	10,63032	10,09931	13,04117	12,61534
Береза повислая (ЗУК) {1}		6,16E-18	8,86E-17	0,047716	4E-07	2,34E-10	5,49E-05	4,46E-06	0,137929	0,052776
Береза повислая (СЗЗ) {2}	6,16E-18		0,736035	1,21E-11	0,000181	0,01463	1,74E-06	2,36E-05	4,19E-13	9,12E-12
Береза повислая (Маг.) {3}	8,86E-17	0,736035		1,06E-10	0,000646	0,035179	8,47E-06	9,73E-05	4,17E-12	8,06E-11
Клен ясенелист. (ЗУК){4}	0,047716	1,21E-11	1,06E-10		0,001778	9,86E-06	0,038172	0,008379	0,618458	0,96543
Клен ясенелист. (СЗЗ) {5}	4E-07	0,000181	0,000646	0,001778		0,188187	0,289167	0,621794	0,000298	0,001536
Клен ясенелист. (Маг.) {6}	2,34E-10	0,01463	0,035179	9,86E-06	0,188187		0,017688	0,07062	9,3E-07	8,1E-06
Тополь бальзам. (ЗУК) {7}	5,49E-05	1,74E-06	8,47E-06	0,038172	0,289167	0,017688		0,570725	0,010229	0,034335
Тополь бальзам. (СЗЗ) {8}	4,46E-06	2,36E-05	9,73E-05	0,008379	0,621794	0,07062	0,570725		0,00175	0,007376
Тополь бальзам. (Маг.) {9}	0,137929	4,19E-13	4,17E-12	0,618458	0,000298	9,3E-07	0,010229	0,00175		0,649319
Липа мелколист. (ЗУК){10}	0,052776	9,12E-12	8,06E-11	0,96543	0,001536	8,1E-06	0,034335	0,007376	0,649319	
Липа мелколист. (СЗЗ) {11}	5,98E-10	0,009508	0,023921	1,95E-05	0,24471	0,878447	0,026413	0,097822	1,97E-06	1,61E-05
Липа мелколист.(Маг.){12}	2,6E-12	0,080254	0,157636	3,43E-07	0,044489	0,486666	0,002199	0,012423	2,41E-08	2,75E-07
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,148056	3,24E-13	3,25E-12	0,592489	0,000259	7,73E-07	0,00919	0,001543	0,97032	0,622786
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,049806	1,08E-11	9,44E-11	0,985359	0,001671	9,08E-06	0,036505	0,00794	0,631446	0,980063
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,000632	7,06E-08	4,12E-07	0,147393	0,091983	0,002759	0,53107	0,232922	0,051749	0,13569
Рябина обыкновен. (ЗУК){16}	1,21E-05	8,94E-06	3,93E-05	0,015529	0,476813	0,042846	0,727227	0,827259	0,003571	0,013784
Рябина обыкновен. (СЗЗ){17}	0,000178	4,09E-07	2,17E-06	0,074556	0,176848	0,00779	0,77101	0,390961	0,022674	0,067795
Рябина обыкновен.(Маг.){18}	5,43E-07	0,000143	0,000519	0,002173	0,952025	0,168822	0,317379	0,664899	0,000375	0,001881
Яблоня ягодная (ЗУК) {19}	0,363925	3,2E-21	5,65E-20	0,003954	2,75E-09	6,09E-13	8,6E-07	4,48E-08	0,016952	0,004527
Яблоня ягодная (СЗЗ) {20}	0,876534	2,13E-17	2,94E-16	0,067974	8,74E-07	6,07E-10	0,000104	9,12E-06	0,184001	0,074749
Яблоня ягодная (Маг.) {21}	0,086744	2,03E-12	1,9E-11	0,788612	0,000699	2,84E-06	0,019304	0,003706	0,818124	0,822153
Роза майская (ЗУК) {22}	0,026929	5,51E-11	4,52E-10	0,815118	0,003808	2,77E-05	0,065738	0,016204	0,464311	0,781654
Роза майская (СЗЗ). {23}	0,019575	7,51E-27	1,77E-25	1,77E-05	2,75E-13	1,46E-17	2,96E-10	7,9E-12	0,000143	2,15E-05
Роза майская (Маг.) {24}	0,026179	5,91E-11	4,83E-10	0,80653	0,003943	2,91E-05	0,067374	0,016698	0,45758	0,773162
Карагана древов.(ЗУК){25}	2,24E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,48E-14	4,7E-25	1,54E-30	5,94E-21	4,14E-23	2,38E-12	1,02E-13
Карагана древов.(СЗЗ){26}	0,357531	7,37E-15	8,47E-14	0,288213	3,03E-05	4,95E-08	0,001765	0,000227	0,57251	0,308314
Карагана древов.(Маг.){27}	0,00525	9,03E-29	2,33E-27	2,13E-06	1,02E-14	3,49E-19	1,59E-11	3,47E-13	2,09E-05	2,62E-06

Продолжение таблицы Л.5

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
средние значения	8,547419	7,752683	13,07601	12,59194	11,21696	10,30366	10,90288	9,693665	15,28204	14,28609
Береза повислая (ЗУК) {1}	5,98E-10	2,6E-12	0,148056	0,049806	0,000632	1,21E-05	0,000178	5,43E-07	0,363925	0,876534
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,009508	0,080254	3,24E-13	1,08E-11	7,06E-08	8,94E-06	4,09E-07	0,000143	3,2E-21	2,13E-17
Береза повислая (Маг.) {3}	0,023921	0,157636	3,25E-12	9,44E-11	4,12E-07	3,93E-05	2,17E-06	0,000519	5,65E-20	2,94E-16
Клен ясенелист. (ЗУК){4}	1,95E-05	3,43E-07	0,592489	0,985359	0,147393	0,015529	0,074556	0,002173	0,003954	0,067974
Клен ясенелист. (СЗЗ) {5}	0,24471	0,044489	0,000259	0,001671	0,091983	0,476813	0,176848	0,952025	2,75E-09	8,74E-07
Клен ясенелист. (Маг.) {6}	0,878447	0,486666	7,73E-07	9,08E-06	0,002759	0,042846	0,00779	0,168822	6,09E-13	6,07E-10
Тополь бальзам. (ЗУК) {7}	0,026413	0,002199	0,00919	0,036505	0,53107	0,727227	0,77101	0,317379	8,6E-07	0,000104
Тополь бальзам. (СЗЗ) {8}	0,097822	0,012423	0,001543	0,00794	0,232922	0,827259	0,390961	0,664899	4,48E-08	9,12E-06
Тополь бальзам. (Маг.) {9}	1,97E-06	2,41E-08	0,97032	0,631446	0,051749	0,003571	0,022674	0,000375	0,016952	0,184001
Липа мелколист. (ЗУК){10}	1,61E-05	2,75E-07	0,622786	0,980063	0,13569	0,013784	0,067795	0,001881	0,004527	0,074749
Липа мелколист. (СЗЗ) {11}		0,396185	1,64E-06	1,8E-05	0,004485	0,061077	0,012098	0,221194	1,74E-12	1,52E-09
Липа мелколист. (Маг.) {12}	0,396185		1,96E-08	3,13E-07	0,000233	0,006599	0,00081	0,038515	4,16E-15	7,34E-12
Ива козья (ЗУК) ....{13}	1,64E-06	1,96E-08		0,605234	0,04745	0,003171	0,020565	0,000326	0,018734	0,196564
Ива козья (СЗЗ)....{14}	1,8E-05	3,13E-07	0,605234		0,142347	0,014768	0,071629	0,002045	0,004188	0,070778
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,004485	0,000233	0,04745	0,142347		0,329589	0,737332	0,104151	1,63E-05	0,001098
Рябина обыкновен. (ЗУК){16}	0,061077	0,006599	0,003171	0,014768	0,329589		0,522306	0,514849	1,44E-07	2,4E-05
Рябина обыкновен. (СЗЗ){17}	0,012098	0,00081	0,020565	0,071629	0,737332	0,522306		0,196884	3,52E-06	0,000325
Рябина обыкновен. (Маг.) {18}	0,221194	0,038515	0,000326	0,002045	0,104151	0,514849	0,196884		3,91E-09	1,18E-06
Яблоня ягодная (ЗУК) {19}	1,74E-12	4,16E-15	0,018734	0,004188	1,63E-05	1,44E-07	3,52E-06	3,91E-09		0,287736
Яблоня ягодная (СЗЗ) {20}	1,52E-09	7,34E-12	0,196564	0,070778	0,001098	2,4E-05	0,000325	1,18E-06	0,287736	
Яблоня ягодная (Маг.) {21}	5,82E-06	8,43E-08	0,789344	0,802769	0,086136	0,007233	0,040348	0,000867	0,008895	0,119246
Роза майская (ЗУК) {22}	5,32E-05	1,11E-06	0,441924	0,800904	0,224194	0,028714	0,121115	0,004596	0,00185	0,039591
Роза майская (СЗЗ). {23}	4,87E-17	4,9E-20	0,000166	1,92E-05	1,2E-08	3,28E-11	1,72E-09	4,19E-13	0,15272	0,01282
Роза майская (Маг.) {24}	5,57E-05	1,17E-06	0,43538	0,792355	0,228438	0,029527	0,123789	0,004757	0,001783	0,038545
Карагана древов.(ЗУК){25}	7E-30	< 1,0E-29	3,05E-12	8,52E-14	1,13E-18	2,87E-22	7,01E-20	8,18E-25	2,45E-06	9,34E-09
Карагана древов.(СЗЗ){26}	1,13E-07	9,22E-10	0,598079	0,296613	0,012197	0,000517	0,004525	3,92E-05	0,067816	0,444366
Карагана древов.(Маг.) {27}	1,22E-18	9,51E-22	2,46E-05	2,32E-06	8,15E-10	1,56E-12	1,03E-10	1,58E-14	0,058906	0,003228

Окончание таблицы Л.5

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}
средние значения	12,82583	12,35579	16,62218	12,34541	19,73249	13,56972	17,05329
Береза повислая (ЗУК) {1}	0,086744	0,026929	0,019575	0,026179	2,24E-08	0,357531	0,00525
Береза повислая (СЗЗ) {2}	2,03E-12	5,51E-11	7,51E-27	5,91E-11	< 1,0E-29	7,37E-15	9,03E-29
Береза повислая (Маг.) {3}	1,9E-11	4,52E-10	1,77E-25	4,83E-10	< 1,0E-29	8,47E-14	2,33E-27
Клен ясенелист. (ЗУК){4}	0,788612	0,815118	1,77E-05	0,80653	7,48E-14	0,288213	2,13E-06
Клен ясенелист. (СЗЗ) {5}	0,000699	0,003808	2,75E-13	0,003943	4,7E-25	3,03E-05	1,02E-14
Клен ясенелист. (Маг.) {6}	2,84E-06	2,77E-05	1,46E-17	2,91E-05	1,54E-30	4,95E-08	3,49E-19
Тополь бальзам. (ЗУК) {7}	0,019304	0,065738	2,96E-10	0,067374	5,94E-21	0,001765	1,59E-11
Тополь бальзам. (СЗЗ) {8}	0,003706	0,016204	7,9E-12	0,016698	4,14E-23	0,000227	3,47E-13
Тополь бальзам. (Маг.) {9}	0,818124	0,464311	0,000143	0,45758	2,38E-12	0,57251	2,09E-05
Липа мелколист. (ЗУК){10}	0,822153	0,781654	2,15E-05	0,773162	1,02E-13	0,308314	2,62E-06
Липа мелколист. (СЗЗ) {11}	5,82E-06	5,32E-05	4,87E-17	5,57E-05	7E-30	1,13E-07	1,22E-18
Липа мелколист.(Маг.){12}	8,43E-08	1,11E-06	4,9E-20	1,17E-06	< 1,0E-29	9,22E-10	9,51E-22
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,789344	0,441924	0,000166	0,43538	3,05E-12	0,598079	2,46E-05
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,802769	0,800904	1,92E-05	0,792355	8,52E-14	0,296613	2,32E-06
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,086136	0,224194	1,2E-08	0,228438	1,13E-18	0,012197	8,15E-10
Рябина обыкновен. (ЗУК){16}	0,007233	0,028714	3,28E-11	0,029527	2,87E-22	0,000517	1,56E-12
Рябина обыкновен. (СЗЗ){17}	0,040348	0,121115	1,72E-09	0,123789	7,01E-20	0,004525	1,03E-10
Рябина обыкновен.(Маг.){18}	0,000867	0,004596	4,19E-13	0,004757	8,18E-25	3,92E-05	1,58E-14
Яблоня ягодная (ЗУК) {19}	0,008895	0,00185	0,15272	0,001783	2,45E-06	0,067816	0,058906
Яблоня ягодная (СЗЗ) {20}	0,119246	0,039591	0,01282	0,038545	9,34E-09	0,444366	0,003228
Яблоня ягодная (Маг.) {21}		0,615734	5,61E-05	0,607966	4,93E-13	0,42708	7,48E-06
Роза майская (ЗУК) {22}	0,615734		6,18E-06	0,991162	1,38E-14	0,195145	6,74E-07
Роза майская (СЗЗ). {23}	5,61E-05	6,18E-06		5,87E-06	0,000941	0,001169	0,645273
Роза майская (Маг.) {24}	0,607966	0,991162	5,87E-06		1,27E-14	0,191361	6,38E-07
Карагана древов.(ЗУК){25}	4,93E-13	1,38E-14	0,000941	1,27E-14		9,48E-11	0,004343
Карагана древов.(СЗЗ){26}	0,42708	0,195145	0,001169	0,191361	9,48E-11		0,000215
Карагана древов.(Маг.){27}	7,48E-06	6,74E-07	0,645273	6,38E-07	0,004343	0,000215	

Таблица М.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	9	876164,9	720	15872,72	55,19942	< 1,0E-29
2	2	1021463	720	15872,72	64,35338	1,94E-26
4	2	10053873	720	15872,72	633,4058	< 1,0E-29
5	1	204399,7	720	15872,72	12,87742	0,000355
12	18	710907,3	720	15872,72	44,78799	< 1,0E-29
14	18	646181,5	720	15872,72	40,71019	< 1,0E-29
24	4	1116945	720	15872,72	70,36887	< 1,0E-29
15	9	160668,7	720	15872,72	10,12232	9,42E-15
25	2	186786,2	720	15872,72	11,76775	9,36E-06
45	2	126553,7	720	15872,72	7,97303	0,000376
124	36	591416,6	720	15872,72	37,25994	< 1,0E-29
125	18	209677,3	720	15872,72	13,20991	< 1,0E-29
145	18	95304,03	720	15872,72	6,004266	1,04E-13
245	4	172484,9	720	15872,72	10,86675	1,47E-08
1245	36	97412,78	720	15872,72	6,13712	4,16E-24

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц, 5 – год

Таблица М.2 – Результаты LSD-теста. Влияние срока вегетации на содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	июнь	июль	август
среднее	528,8356	286,4839	208,3320
июнь		< 1,0E-29	< 1,0E-29
июль	< 1,0E-29		4,32E-16
август	< 1,0E-29	4,32E-16	

Таблица М.3 – Результаты LSD-теста. Влияние места произрастания на содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	ЗУК	СЗЗ	Магистрالی
среднее	292,2624	333,4460	397,9431
ЗУК		1,33E-05	3,53E-27
СЗЗ	1,33E-05		1,41E-11
Магистрالی	3,53E-27	1,41E-11	



Таблица М.4 – Результаты LSD-теста. Влияние видовых особенностей на содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	Береза повислая	Клен ясенелистный	Тополь бальзамический	Липа мелколистная	Ива козья	Ель колючая	Рябина обыкновенная	Яблоня ягодная	Роза майская	Карагана древовидная
средние значения	386,1564	301,2326	420,1808	286,0363	300,7704	373,5348	221,0583	514,0295	232,3056	376,8671
Береза повислая		9,1E-07	0,047574	7,91E-09	7,95E-07	0,461859	9,97E-21	2,52E-13	2,46E-18	0,588111
Клен ясенелистный	9,1E-07		8,88E-12	0,375722	0,978502	2,79E-05	3,49E-06	< 1,0E-20	6,42E-05	1,18E-05
Тополь бальзамический	0,047574	8,88E-12		1,82E-14	7,42E-12	0,006671	1,05E-28	6,08E-08	5,97E-26	0,011738
Липа мелколистная	7,91E-09	0,375722	1,82E-14		0,390407	4,27E-07	0,000163	< 1,0E-20	0,001795	1,56E-07
Ива козья	7,95E-07	0,978502	7,42E-12	0,390407		2,48E-05	3,96E-06	< 1,0E-20	7,18E-05	1,05E-05
Ель колючая	0,461859	2,79E-05	0,006671	4,27E-07	2,48E-05		4,72E-18	1,15E-15	8,28E-16	0,845946
Рябина обыкновенная	9,97E-21	3,49E-06	1,05E-28	0,000163	3,96E-06	4,72E-18		< 1,0E-20	0,512017	9,63E-19
Яблоня ягодная	2,52E-13	< 1,0E-29	6,08E-08	< 1,0E-20	< 1,0E-20	1,15E-15	< 1,0E-20		< 1,0E-20	4,96E-15
Роза майская	2,46E-18	6,42E-05	5,97E-26	0,001795	7,18E-05	8,28E-16	0,512017	< 1,0E-20		1,85E-16
Карагана древовидная	0,588111	1,18E-05	0,011738	1,56E-07	1,05E-05	0,845946	9,63E-19	4,96E-15	1,85E-16	

Таблица М.5 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004–2005 гг.)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	307,6259	478,5689	372,2744	294,8501	287,8835	320,9641	333,0035	393,2212	534,3179	282,3357
Береза повислая (ЗУК) .... {1}		1,27E-08	0,029801	0,66716	0,506371	0,653445	0,393058	0,004064	7,25E-14	0,39469
Береза повислая (СЗЗ) .... {2}	1,27E-08		0,000367	1,03E-09	2,45E-10	1,48E-07	1,17E-06	0,004171	0,060873	7,57E-11
Береза повислая (Маг.) .... {3}	0,029801	0,000367		0,009315	0,004612	0,084438	0,186436	0,480796	6,67E-08	0,002544
Клен ясенелистный (ЗУК)...{4}	0,66716	1,03E-09	0,009315		0,814582	0,379481	0,199267	0,00097	3,08E-15	0,673568
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	0,506371	2,45E-10	0,004612	0,814582		0,265651	0,129094	0,000414	5,18E-16	0,851852
Клен ясенелистный (Маг.) ...{6}	0,653445	1,48E-07	0,084438	0,379481	0,265651		0,685283	0,015205	1,69E-12	0,193736
Тополь бальзамический (ЗУК) ...{7}	0,393058	1,17E-06	0,186436	0,199267	0,129094	0,685283		0,042944	2,52E-11	0,088393
Тополь бальзамический (СЗЗ)....{8}	0,004064	0,004171	0,480796	0,00097	0,000414	0,015205	0,042944		2,44E-06	0,000203
Тополь бальзамический (Маг.)....{9}	7,25E-14	0,060873	6,67E-08	3,08E-15	5,18E-16	1,69E-12	2,52E-11	2,44E-06		1,22E-16
Липа мелколистная (ЗУК)....{10}	0,39469	7,57E-11	0,002544	0,673568	0,851852	0,193736	0,088393	0,000203	1,22E-16	
Липа мелколистная (СЗЗ)....{11}	0,432971	8,29E-07	0,164203	0,224847	0,147664	0,737429	0,944182	0,036263	1,59E-11	0,102232
Липа мелколистная (Маг.).... {12}	0,034858	1,3E-14	2,02E-05	0,092658	0,147725	0,010574	0,003091	7,34E-07	3,58E-21	0,207231
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,993067	1,33E-08	0,030458	0,660853	0,500831	0,659724	0,397887	0,004176	7,72E-14	0,389885
Ива козья (СЗЗ).... {14}	0,018909	0,000701	0,860673	0,005529	0,002639	0,057378	0,134562	0,596408	1,7E-07	0,001414
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,002342	9,25E-18	2,21E-07	0,008883	0,017147	0,000488	0,000102	4,53E-09	7,55E-25	0,027964
Ель колючая (ЗУК)....{16}	4,41E-05	1,27E-21	5,6E-10	0,000251	0,000603	6,03E-06	8,59E-07	6,16E-12	2,91E-29	0,001172
Ель колючая (СЗЗ)....{17}	2,07E-11	< 1,0E-29	2,21E-18	3,18E-10	1,33E-09	1,02E-12	5,83E-14	5,82E-21	0	4E-09
Ель колючая (Маг.) ....{18}	< 1,0E-29	1,35E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,4E-22	< 1,0E-29
Рябина обыкновенная (ЗУК)....{16}	1,22E-05	9,29E-23	8,95E-11	7,76E-05	0,000199	1,49E-06	1,91E-07	8,34E-13	1,53E-30	0,000406
Рябина обыкновенная (СЗЗ)....{17}	0,001504	3,17E-18	1,1E-07	0,006002	0,011909	0,000297	5,9E-05	2,09E-09	2,2E-25	0,019847
Рябина обыкновенная (Маг.) ....{18}	0,24858	1,06E-11	0,000907	0,468985	0,624347	0,109173	0,044874	5,99E-05	1,1E-17	0,761911
Яблоня ягодная (ЗУК)....{19}	0,017945	0,000752	0,845342	0,005208	0,002476	0,054872	0,129556	0,610031	1,88E-07	0,001322
Яблоня ягодная (СЗЗ).... {20}	1,18E-12	0,139096	5,32E-07	5,69E-14	1,03E-14	2,38E-11	3,11E-10	1,52E-05	0,691814	2,55E-15
Яблоня ягодная (Маг.)....{21}	3,95E-27	5,7E-08	1,16E-18	5,92E-29	5,73E-30	2,82E-25	1,2E-23	3,23E-16	0,000329	< 1,0E-29
Роза майская (ЗУК) ....{25}	0,081447	1,86E-13	9,63E-05	0,189073	0,280519	0,028557	0,00953	4,39E-06	8,5E-20	0,372079
Роза майская (СЗЗ)....{26}	0,064692	8,81E-14	6,24E-05	0,156043	0,236256	0,021768	0,006996	2,67E-06	3,47E-20	0,318342
Роза майская (Маг.)....{27}	6,59E-05	2,93E-21	1E-09	0,000361	0,000852	9,36E-06	1,38E-06	1,17E-11	7,54E-29	0,001629
Карагана древовидная (ЗУК)....{28}	0,001803	0,008875	0,339645	0,000391	0,000159	0,007455	0,023021	0,802572	7,87E-06	7,46E-05
Карагана древовидная (СЗЗ)....{29}	0,028694	0,000389	0,98802	0,008918	0,004401	0,081777	0,18149	0,490185	7,24E-08	0,002422
Карагана древовидная (Маг.)....{30}	0,095253	4,88E-05	0,612633	0,036011	0,019799	0,222355	0,414818	0,225937	3,87E-09	0,011878

Продолжение таблицы М.5

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
средние значения	330,9237	244,8496	307,8840	377,4883	216,9389	185,5684	105,4153	829,6207	176,8257	213,0138
Береза повислая (ЗУК) ....{1}	0,432971	0,034858	0,993067	0,018909	0,002342	4,41E-05	2,07E-11	< 1,0E-29	1,22E-05	0,001504
Береза повислая (СЗЗ) ....{2}	8,29E-07	1,3E-14	1,33E-08	0,000701	9,25E-18	1,27E-21	< 1,0E-29	1,35E-29	9,29E-23	3,17E-18
Береза повислая (Маг.) ....{3}	0,164203	2,02E-05	0,030458	0,860673	2,21E-07	5,6E-10	2,21E-18	< 1,0E-29	8,95E-11	1,1E-07
Клен ясенелистный (ЗУК)....{4}	0,224847	0,092658	0,660853	0,005529	0,008883	0,000251	3,18E-10	< 1,0E-29	7,76E-05	0,006002
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	0,147664	0,147725	0,500831	0,002639	0,017147	0,000603	1,33E-09	< 1,0E-29	0,000199	0,011909
Клен ясенелистный (Маг.) ...{6}	0,737429	0,010574	0,659724	0,057378	0,000488	6,03E-06	1,02E-12	< 1,0E-29	1,49E-06	0,000297
Тополь бальзамический (ЗУК) ...{7}	0,944182	0,003091	0,397887	0,134562	0,000102	8,59E-07	5,83E-14	< 1,0E-29	1,91E-07	5,9E-05
Тополь бальзамический (СЗЗ)....{8}	0,036263	7,34E-07	0,004176	0,596408	4,53E-09	6,16E-12	5,82E-21	< 1,0E-29	8,34E-13	2,09E-09
Тополь бальзамический (Маг.)....{9}	1,59E-11	3,58E-21	7,72E-14	1,7E-07	7,55E-25	2,91E-29	< 1,0E-29	6,4E-22	1,53E-30	2,2E-25
Липа мелколистная (ЗУК)....{10}	0,102232	0,207231	0,389885	0,001414	0,027964	0,001172	4E-09	< 1,0E-29	0,000406	0,019847
Липа мелколистная (СЗЗ)...{11}		0,003863	0,438083	0,117303	0,000135	1,21E-06	9,64E-14	< 1,0E-29	2,75E-07	7,89E-05
Липа мелколистная (Маг.)....{12}	0,003863		0,03412	9,22E-06	0,347584	0,046276	3,19E-06	< 1,0E-29	0,022268	0,284044
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,438083	0,03412		0,019352	0,002276	4,25E-05	1,95E-11	< 1,0E-29	1,17E-05	0,00146
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,117303	9,22E-06	0,019352		8,75E-08	1,89E-10	5,21E-19	< 1,0E-29	2,9E-11	4,27E-08
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,000135	0,347584	0,002276	8,75E-08		0,291135	0,000187	< 1,0E-29	0,177177	0,894879
Ель колючая (ЗУК)....{16}	1,21E-06	0,046276	4,25E-05	1,89E-10	0,291135		0,007114	< 1,0E-29	0,768528	0,355676
Ель колючая (СЗЗ)....{17}	9,64E-14	3,19E-06	1,95E-11	5,21E-19	0,000187	0,007114		< 1,0E-29	0,016434	0,000311
Ель колючая (Маг.) ....{18}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновенная (ЗУК)....{16}	2,75E-07	0,022268	1,17E-05	2,9E-11	0,177177	0,768528	0,016434	< 1,0E-29		0,223379
Рябина обыкновенная (СЗЗ)....{17}	7,89E-05	0,284044	0,00146	4,27E-08	0,894879	0,355676	0,000311	< 1,0E-29	0,223379	
Рябина обыкновенная (Маг.) ....{18}	0,052855	0,337748	0,245039	0,000481	0,057942	0,003223	2,25E-08	< 1,0E-29	0,001208	0,042587
Яблоня ягодная (ЗУК)....{19}	0,112809	8,44E-06	0,018368	0,984404	7,88E-08	1,67E-10	4,43E-19	< 1,0E-29	2,56E-11	3,84E-08
Яблоня ягодная (СЗЗ)....{20}	2,02E-10	1,07E-19	1,25E-12	1,28E-06	2,88E-23	1,43E-27	< 1,0E-29	1,83E-23	8,01E-29	8,65E-24
Яблоня ягодная (Маг.)....{21}	6,3E-24	< 1,0E-29	4,29E-27	4,87E-18	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	4,16E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (ЗУК) ....{25}	0,01164	0,712082	0,079944	4,65E-05	0,190916	0,018269	5,2E-07	< 1,0E-29	0,00799	0,149939
Роза майская (СЗЗ)....{26}	0,0086	0,792018	0,063448	2,97E-05	0,229106	0,024113	8,83E-07	< 1,0E-29	0,010838	0,182015
Роза майская (Маг.)....{27}	1,94E-06	0,057798	6,35E-05	3,44E-10	0,337195	0,92351	0,005325	< 1,0E-29	0,696313	0,407841
Карагана древовидная (ЗУК)....{28}	0,019144	2,04E-07	0,001857	0,435694	1,03E-09	1,13E-12	6,53E-22	< 1,0E-29	1,45E-13	4,62E-10
Карагана древовидная (СЗЗ)....{29}	0,159706	1,89E-05	0,02933	0,872485	2,05E-07	5,11E-10	1,96E-18	< 1,0E-29	8,14E-11	1,02E-07
Карагана древовидная (Маг.)....{30}	0,375938	0,000167	0,096984	0,495382	2,78E-06	1,11E-08	1,27E-16	< 1,0E-29	2,01E-09	1,47E-06

Окончание таблицы М.5

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}	{28}	{29}	{30}
средние значения	273,3354	378,0690	522,5420	641,4774	255,8134	252,6830	188,4205	400,6484	372,7204	357,2325
Береза повислая (ЗУК) .... {1}	0,24858	0,017945	1,18E-12	3,95E-27	0,081447	0,064692	6,59E-05	0,001803	0,028694	0,095253
Береза повислая (С33) .... {2}	1,06E-11	0,000752	0,139096	5,7E-08	1,86E-13	8,81E-14	2,93E-21	0,008875	0,000389	4,88E-05
Береза повислая (Маг.) .... {3}	0,000907	0,845342	5,32E-07	1,16E-18	9,63E-05	6,24E-05	1E-09	0,339645	0,98802	0,612633
Клен ясенелистный (ЗУК).... {4}	0,468985	0,005208	5,69E-14	5,92E-29	0,189073	0,156043	0,000361	0,000391	0,008918	0,036011
Клен ясенелистный (С33).... {5}	0,624347	0,002476	1,03E-14	5,73E-30	0,280519	0,236256	0,000852	0,000159	0,004401	0,019799
Клен ясенелистный (Маг.) .... {6}	0,109173	0,054872	2,38E-11	2,82E-25	0,028557	0,021768	9,36E-06	0,007455	0,081777	0,222355
Тополь бальзамический (ЗУК)....{7}	0,044874	0,129556	3,11E-10	1,2E-23	0,00953	0,006996	1,38E-06	0,023021	0,18149	0,414818
Тополь бальзамический (С33)....{8}	5,99E-05	0,610031	1,52E-05	3,23E-16	4,39E-06	2,67E-06	1,17E-11	0,802572	0,490185	0,225937
Тополь бальзамический (Маг.)....{9}	1,1E-17	1,88E-07	0,691814	0,000329	8,5E-20	3,47E-20	7,54E-29	7,87E-06	7,24E-08	3,87E-09
Липа мелколистная (ЗУК).... {10}	0,761911	0,001322	2,55E-15	< 1,0E-29	0,372079	0,318342	0,001629	7,46E-05	0,002422	0,011878
Липа мелколистная (С33)....{11}	0,052855	0,112809	2,02E-10	6,3E-24	0,01164	0,0086	1,94E-06	0,019144	0,159706	0,375938
Липа мелколистная (Маг.)....{12}	0,337748	8,44E-06	1,07E-19	< 1,0E-29	0,712082	0,792018	0,057798	2,04E-07	1,89E-05	0,000167
Ива козья (ЗУК) ....{13}	0,245039	0,018368	1,25E-12	4,29E-27	0,079944	0,063448	6,35E-05	0,001857	0,02933	0,096984
Ива козья (С33)....{14}	0,000481	0,984404	1,28E-06	4,87E-18	4,65E-05	2,97E-05	3,44E-10	0,435694	0,872485	0,495382
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,057942	7,88E-08	2,88E-23	< 1,0E-29	0,190916	0,229106	0,337195	1,03E-09	2,05E-07	2,78E-06
Ель колючая (ЗУК)....{16}	0,003223	1,67E-10	1,43E-27	< 1,0E-29	0,018269	0,024113	0,92351	1,13E-12	5,11E-10	1,11E-08
Ель колючая (С33)....{17}	2,25E-08	4,43E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29	5,2E-07	8,83E-07	0,005325	6,53E-22	1,96E-18	1,27E-16
Ель колючая (Маг.) ....{18}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,83E-23	4,16E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновенная (ЗУК)....{16}	0,001208	2,56E-11	8,01E-29	< 1,0E-29	0,00799	0,010838	0,696313	1,45E-13	8,14E-11	2,01E-09
Рябина обыкновенная (С33)....{17}	0,042587	3,84E-08	8,65E-24	< 1,0E-29	0,149939	0,182015	0,407841	4,62E-10	1,02E-07	1,47E-06
Рябина обыкновенная (Маг.) ...{18}		0,000447	2,52E-16	< 1,0E-29	0,555338	0,486982	0,004365	2,06E-05	0,00086	0,004855
Яблоня ягодная (ЗУК)....{19}	0,000447		1,41E-06	5,7E-18	4,28E-05	2,73E-05	3,04E-10	0,447285	0,857113	0,483108
Яблоня ягодная (С33)....{20}	2,52E-16	1,41E-06		6,84E-05	2,3E-18	9,66E-19	3,62E-27	4,51E-05	5,74E-07	3,66E-08
Яблоня ягодная (Маг.)....{21}	< 1,0E-29	5,7E-18	6,84E-05		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,18E-15	1,31E-18	1,64E-20
Роза майская (ЗУК) ....{25}	0,555338	4,28E-05	2,3E-18	< 1,0E-29		0,916073	0,023535	1,32E-06	9,06E-05	0,000673
Роза майская (С33)....{26}	0,486982	2,73E-05	9,66E-19	< 1,0E-29	0,916073		0,030788	7,86E-07	5,86E-05	0,000457
Роза майская (Маг.).... {27}	0,004365	3,04E-10	3,62E-27	< 1,0E-29	0,023535	0,030788		2,18E-12	9,15E-10	1,9E-08
Карагана древовидная (ЗУК)....{28}	2,06E-05	0,447285	4,51E-05	2,18E-15	1,32E-06	7,86E-07	2,18E-12		0,347286	0,144166
Карагана древовидная (С33)....{29}	0,00086	0,857113	5,74E-07	1,31E-18	9,06E-05	5,86E-05	9,15E-10	0,347286		0,602136
Карагана древовидная (Маг.)....{30}	0,004855	0,483108	3,66E-08	1,64E-20	0,000673	0,000457	1,9E-08	0,144166	0,602136	

Таблица М.6 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и срока вегетации на содержание аскорбиновой кислоты в листьях изучаемых видов растений (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	571,8196	378,7155	207,9341	491,3105	256,0526	156,3346	527,0245	442,1513	291,3668	328,5166
Береза повислая (июнь) {1}		1,47E-10	< 1,0E-29	0,006865	1,25E-24	< 1,0E-29	0,131869	1,45E-05	4,87E-20	1,16E-15
Береза повислая (июль) {2}	1,47E-10		1,31E-08	0,000162	4,04E-05	2,04E-13	7,42E-07	0,032998	0,003371	0,091373
Береза повислая (август){3}	< 1,0E-29	1,31E-08		2,1E-20	0,105584	0,082705	4,41E-25	1,15E-14	0,005095	5,43E-05
Клен ясенелист. (июнь) {4}	0,006865	0,000162	2,1E-20		8,85E-15	2,74E-27	0,229497	0,098269	3,39E-11	5,82E-08
Клен ясенелист. (июль). {5}	1,25E-24	4,04E-05	0,105584	8,85E-15		0,000826	7,09E-19	6,34E-10	0,234747	0,014918
Клен ясенелист. (август){6}	< 1,0E-29	2,04E-13	0,082705	2,74E-27	0,000826		< 1,0E-29	1,04E-20	6,38E-06	1E-08
Тополь бальзам. (июнь){7}	0,131869	7,42E-07	4,41E-25	0,229497	7,09E-19	< 1,0E-29		0,004385	8,01E-15	4,64E-11
Тополь бальзам. (июль){8}	1,45E-05	0,032998	1,15E-14	0,098269	6,34E-10	1,04E-20	0,004385		4,87E-07	0,000141
Тополь бальзам. (август){9}	4,87E-20	0,003371	0,005095	3,39E-11	0,234747	6,38E-06	8,01E-15	4,87E-07		0,21133
Липа мелколист.(июнь){10}	1,16E-15	0,091373	5,43E-05	5,82E-08	0,014918	1E-08	4,64E-11	0,000141	0,21133	
Липа мелколист.(июль){11}	2,76E-16	0,060846	0,000117	2,08E-08	0,02455	2,87E-08	1,37E-11	6,6E-05	0,287718	0,851635
Липа мелколист.(август){12}	< 1,0E-29	1,02E-08	0,965032	1,44E-20	0,096496	0,090742	2,93E-25	8,29E-15	0,004449	4,52E-05
Ель колючая (июнь){13}	6,55E-09	0,528772	3,14E-10	0,001636	2,33E-06	2,04E-15	1,46E-05	0,132498	0,000378	0,020585
Ель колючая (июнь){14}	1,81E-19	0,005476	0,003126	9,19E-11	0,179162	3,08E-06	2,51E-14	1,06E-06	0,876523	0,273622
Ель колючая (июнь){15}	< 1,0E-29	1,57E-08	0,974069	2,78E-20	0,112751	0,077127	5,98E-25	1,46E-14	0,005627	6,22E-05
Ива козья (июнь) ....{16}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (июль)....{17}	< 1,0E-29	9,78E-26	3,28E-07	< 1,0E-29	2,58E-11	0,000668	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,48E-15	3,34E-19
Ива козья (август) ...{18}	< 1,0E-29	8,6E-18	0,002233	< 1,0E-29	3,29E-06	0,183702	< 1,0E-29	6,11E-26	6,35E-09	2,46E-12
Рябина обыкновен. (июнь){19}	4,54E-13	0,383557	1,31E-06	3,7E-06	0,001171	7,16E-11	6,8E-09	0,00272	0,038847	0,413306
Рябина обыкновен. (июль){20}	< 1,0E-29	1,65E-10	0,463342	3,29E-23	0,018833	0,315775	3,97E-28	4,19E-17	0,000421	1,98E-06
Рябина обыкновен.(август){21}	< 1,0E-29	6,24E-17	0,004941	< 1,0E-29	1,04E-05	0,279634	< 1,0E-29	6,32E-25	2,6E-08	1,3E-11
Яблоня ягодная (июнь)..{22}	1,26E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,38E-16	< 1,0E-29	< 1,0E-29	9,61E-13	1,29E-22	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (июль)..{23}	9,25E-07	0,12089	7,42E-13	0,025475	1,92E-08	1,41E-18	0,000612	0,559855	8,13E-06	0,001236
Яблоня ягодная (август){24}	5,93E-11	0,885856	2,93E-08	9,12E-05	7,37E-05	5,58E-13	3,58E-07	0,02291	0,005281	0,122337
Роза майская (июнь) ...{25}	8,94E-16	0,08502	6,26E-05	4,83E-08	0,016377	1,22E-08	3,72E-11	0,000123	0,224064	0,972735
Роза майская (июль).... {26}	4,32E-27	2,7E-06	0,307703	9,16E-17	0,548946	0,005956	4,38E-21	1,42E-11	0,074061	0,002453
Роза майская (август)....{27}	< 1,0E-29	3,88E-16	0,009931	< 1,0E-29	2,93E-05	0,397023	< 1,0E-29	5,52E-24	9,32E-08	5,96E-11
Карагана древов.(июнь){28}	0,339631	2,53E-13	< 1,0E-29	0,000264	1,35E-28	< 1,0E-29	0,013972	1,37E-07	1,07E-23	5,82E-19
Карагана древов.(июль){29}	1,92E-23	0,000138	0,055474	7,75E-14	0,765898	0,000275	8,08E-18	3,74E-09	0,373035	0,032497
Карагана древов. (авг.){30}	2,32E-23	0,000149	0,052909	8,99E-14	0,750231	0,000254	9,54E-18	4,22E-09	0,384176	0,034197

Продолжение таблицы М.6

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
средние значения	322,9606	206,6318	397,4291	295,9825	208,8997	948,9271	54,85894	116,8183	352,8242	186,1452
Береза повислая (июнь) {1}	2,76E-16	< 1,0E-29	6,55E-09	1,81E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	4,54E-13	< 1,0E-29
Береза повислая (июль) {2}	0,060846	1,02E-08	0,528772	0,005476	1,57E-08	< 1,0E-29	9,78E-26	8,6E-18	0,383557	1,65E-10
Береза повислая (август){3}	0,000117	0,965032	3,14E-10	0,003126	0,974069	< 1,0E-29	3,28E-07	0,002233	1,31E-06	0,463342
Клен ясенелист. (июнь) {4}	2,08E-08	1,44E-20	0,001636	9,19E-11	2,78E-20	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,7E-06	3,29E-23
Клен ясенелист. (июль). {5}	0,02455	0,096496	2,33E-06	0,179162	0,112751	< 1,0E-29	2,58E-11	3,29E-06	0,001171	0,018833
Клен ясенелист. (август){6}	2,87E-08	0,090742	2,04E-15	3,08E-06	0,077127	< 1,0E-29	0,000668	0,183702	7,16E-11	0,315775
Тополь бальзам. (июнь){7}	1,37E-11	2,93E-25	1,46E-05	2,51E-14	5,98E-25	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,8E-09	3,97E-28
Тополь бальзам. (июль){8}	6,6E-05	8,29E-15	0,132498	1,06E-06	1,46E-14	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,11E-26	0,00272	4,19E-17
Тополь бальзам. (август){9}	0,287718	0,004449	0,000378	0,876523	0,005627	< 1,0E-29	6,48E-15	6,35E-09	0,038847	0,000421
Липа мелколист.(июнь){10}	0,851635	4,52E-05	0,020585	0,273622	6,22E-05	< 1,0E-29	3,34E-19	2,46E-12	0,413306	1,98E-06
Липа мелколист.(июль){11}		9,8E-05	0,012369	0,363921	0,000133	< 1,0E-29	1,57E-18	8,65E-12	0,314914	4,82E-06
Липа мелколист.(август){12}	9,8E-05		2,39E-10	0,002713	0,939145	< 1,0E-29	4,11E-07	0,002579	1,06E-06	0,490485
Ель колючая (июнь){13}	0,012369	2,39E-10		0,000671	3,84E-10	< 1,0E-29	2,27E-28	4,66E-20	0,133515	2,71E-12
Ель колючая (июнь){14}	0,363921	0,002713	0,000671		0,003469	< 1,0E-29	2,02E-15	2,57E-09	0,055996	0,000233
Ель колючая (июнь){15}	0,000133	0,939145	3,84E-10	0,003469		< 1,0E-29	2,78E-07	0,002005	1,54E-06	0,443771
Ива козья (июнь) ....{16}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (июль)....{17}	1,57E-18	4,11E-07	2,27E-28	2,02E-15	2,78E-07	< 1,0E-29		0,037285	2,89E-22	1,13E-05
Ива козья (август) ....{18}	8,65E-12	0,002579	4,66E-20	2,57E-09	0,002005	< 1,0E-29	0,037285		7,35E-15	0,019838
Рябина обыкновен. (июнь){19}	0,314914	1,06E-06	0,133515	0,055996	1,54E-06	< 1,0E-29	2,89E-22	7,35E-15		2,84E-08
Рябина обыкновен. (июль){20}	4,82E-06	0,490485	2,71E-12	0,000233	0,443771	< 1,0E-29	1,13E-05	0,019838	2,84E-08	
Рябина обыкновен.(август){21}	4,4E-11	0,005651	3,78E-19	1,08E-08	0,004468	< 1,0E-29	0,019804	0,803614	4,54E-14	0,037345
Яблоня ягодная (июнь)..{22}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	8,96E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	8,69E-12	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (июль)..{23}	0,000637	5,48E-13	0,356472	1,64E-05	9,29E-13	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,38E-23	0,015563	3,75E-15
Яблоня ягодная (август){24}	0,083354	2,29E-08	0,43931	0,00841	3,5E-08	< 1,0E-29	3,77E-25	2,72E-17	0,466672	4,02E-10
Роза майская (июнь) ...{25}	0,878512	5,21E-05	0,018798	0,288862	7,17E-05	< 1,0E-29	4,44E-19	3,11E-12	0,394079	2,34E-06
Роза майская (июль)....{26}	0,004458	0,287399	1,12E-07	0,052252	0,323357	< 1,0E-29	1,1E-09	4,82E-05	0,000124	0,079766
Роза майская (август)....{27}	1,94E-10	0,011255	2,61E-18	4,01E-08	0,009041	< 1,0E-29	0,010377	0,629054	2,42E-13	0,064531
Карагана древов.(июнь){28}	1,22E-19	< 1,0E-29	1,83E-11	4,4E-23	< 1,0E-29	2,93E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	4,07E-16	< 1,0E-29
Карагана древов.(июль){29}	0,050936	0,050134	9,38E-06	0,295547	0,059732	< 1,0E-29	3,6E-12	7,71E-07	0,003168	0,008178
Карагана древов.(авг.){30}	0,05342	0,047779	1,03E-05	0,305146	0,057004	< 1,0E-29	3,13E-12	6,95E-07	0,003383	0,007697

Окончание таблицы М.6

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}	{28}	{29}	{30}
средние значения	124,2055	742,8082	424,8291	374,4511	327,5013	238,2465	131,1691	600,1945	264,8976	265,5092
Береза повислая (июнь) {1}	< 1,0E-29	1,26E-08	9,25E-07	5,93E-11	8,94E-16	4,32E-27	< 1,0E-29	0,339631	1,92E-23	2,32E-23
Береза повислая (июль) {2}	6,24E-17	< 1,0E-29	0,12089	0,885856	0,08502	2,7E-06	3,88E-16	2,53E-13	0,000138	0,000149
Береза повислая (август){3}	0,004941	< 1,0E-29	7,42E-13	2,93E-08	6,26E-05	0,307703	0,009931	< 1,0E-29	0,055474	0,052909
Клен ясенелист. (июнь) {4}	< 1,0E-29	1,38E-16	0,025475	9,12E-05	4,83E-08	9,16E-17	< 1,0E-29	0,000264	7,75E-14	8,99E-14
Клен ясенелист. (июль). {5}	1,04E-05	< 1,0E-29	1,92E-08	7,37E-05	0,016377	0,548946	2,93E-05	1,35E-28	0,765898	0,750231
Клен ясенелист. (август){6}	0,279634	< 1,0E-29	1,41E-18	5,58E-13	1,22E-08	0,005956	0,397023	< 1,0E-29	0,000275	0,000254
Тополь бальзам. (июнь){7}	< 1,0E-29	9,61E-13	0,000612	3,58E-07	3,72E-11	4,38E-21	< 1,0E-29	0,013972	8,08E-18	9,54E-18
Тополь бальзам. (июль){8}	6,32E-25	1,29E-22	0,559855	0,02291	0,000123	1,42E-11	5,52E-24	1,37E-07	3,74E-09	4,22E-09
Тополь бальзам. (август){9}	2,6E-08	< 1,0E-29	8,13E-06	0,005281	0,224064	0,074061	9,32E-08	1,07E-23	0,373035	0,384176
Липа мелколист.(июнь){10}	1,3E-11	< 1,0E-29	0,001236	0,122337	0,972735	0,002453	5,96E-11	5,82E-19	0,032497	0,034197
Липа мелколист.(июль){11}	4,4E-11	< 1,0E-29	0,000637	0,083354	0,878512	0,004458	1,94E-10	1,22E-19	0,050936	0,05342
Липа мелколист.(август){12}	0,005651	< 1,0E-29	5,48E-13	2,29E-08	5,21E-05	0,287399	0,011255	< 1,0E-29	0,050134	0,047779
Ель колючая (июнь){13}	3,78E-19	8,96E-29	0,356472	0,43931	0,018798	1,12E-07	2,61E-18	1,83E-11	9,38E-06	1,03E-05
Ель колючая (июнь){14}	1,08E-08	< 1,0E-29	1,64E-05	0,00841	0,288862	0,052252	4,01E-08	4,4E-23	0,295547	0,305146
Ель колючая (июнь){15}	0,004468	< 1,0E-29	9,29E-13	3,5E-08	7,17E-05	0,323357	0,009041	< 1,0E-29	0,059732	0,057004
Ива козья (июнь) ....{16}	< 1,0E-29	8,69E-12	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,93E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (июль)....{17}	0,019804	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,77E-25	4,44E-19	1,1E-09	0,010377	< 1,0E-29	3,6E-12	3,13E-12
Ива козья (август) ....{18}	0,803614	< 1,0E-29	1,38E-23	2,72E-17	3,11E-12	4,82E-05	0,629054	< 1,0E-29	7,71E-07	6,95E-07
Рябина обыкновен. (июнь){19}	4,54E-14	< 1,0E-29	0,015563	0,466672	0,394079	0,000124	2,42E-13	4,07E-16	0,003168	0,003383
Рябина обыкновен. (июль){20}	0,037345	< 1,0E-29	3,75E-15	4,02E-10	2,34E-06	0,079766	0,064531	< 1,0E-29	0,008178	0,007697
Рябина обыкновен.(август){21}		< 1,0E-29	1,3E-22	1,92E-16	1,63E-11	0,000134	0,814663	< 1,0E-29	2,6E-06	2,36E-06
Яблоня ягодная (июнь)...{22}	< 1,0E-29		6,26E-25	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,91E-06	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (июль)...{23}	1,3E-22	6,26E-25		0,090226	0,001097	5,74E-10	1,04E-21	5,42E-09	9,78E-08	1,09E-07
Яблоня ягодная (август){24}	1,92E-16	< 1,0E-29	0,090226		0,114307	5,31E-06	1,17E-15	9,11E-14	0,000242	0,000262
Роза майская (июнь) ...{25}	1,63E-11	< 1,0E-29	0,001097	0,114307		0,002742	7,41E-11	4,38E-19	0,035359	0,037185
Роза майская (июль)...{26}	0,000134	< 1,0E-29	5,74E-10	5,31E-06	0,002742		0,000333	< 1,0E-29	0,369763	0,358885
Роза майская (август)....{27}	0,814663	< 1,0E-29	1,04E-21	1,17E-15	7,41E-11	0,000333		< 1,0E-29	7,8E-06	7,1E-06
Карагана древов.(июнь){28}	< 1,0E-29	1,91E-06	5,42E-09	9,11E-14	4,38E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29		2,47E-27	3,01E-27
Карагана древов.(июль){29}	2,6E-06	< 1,0E-29	9,78E-08	0,000242	0,035359	0,369763	7,8E-06	2,47E-27		0,983571
Карагана древов. (авг.){30}	2,36E-06	< 1,0E-29	1,09E-07	0,000262	0,037185	0,358885	7,1E-06	3,01E-27	0,983571	

Таблица Н.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания танинов в побегах изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	7	2,326951	192	0,070099	33,1954	5,53E-30
2	2	6,30652	192	0,070099	89,96644	2,71E-28
3	3	1,232969	192	0,070099	17,58907	3,95E-10
4	1	105,1749	192	0,070099	1500,385	< 1,0E-29
12	14	1,573961	192	0,070099	22,45353	< 1,0E-29
13	21	1,890469	192	0,070099	26,96871	< 1,0E-29
14	7	0,984511	192	0,070099	14,04466	1,15E-14
24	2	4,663947	192	0,070099	66,53411	1,12E-22
34	3	1,428075	192	0,070099	20,37237	1,67E-11
124	14	0,968828	192	0,070099	13,82093	1,99E-22
134	21	1,945336	192	0,070099	27,75143	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица Н.2 – Результаты LSD-теста. Влияние срока вегетации на содержание танинов в побегах изучаемых видов растений

	Март	Сентябрь
Среднее	0,4183142	1,628507
Март		< 1,0E-29
Сентябрь	< 1,0E-29	

Таблица Н.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на содержание танинов в побегах изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	0,5364583	1,687333	0,3337396	1,134792	0,3847448	2,063396
ЗУК (март) {1}		< 1,0E-29	0,000233	2,38E-22	0,005513	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь) {2}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	7,26E-20	< 1,0E-29	5,28E-11
СЗЗ (март) {3}	0,000233	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,346474	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь) {4}	2,38E-22	7,26E-20	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Магистралы (март) {5}	0,005513	< 1,0E-29	0,346474	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистралы (сентябрь) {6}	< 1,0E-29	5,28E-11	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	

Таблица Н.4 – Результаты LSD-теста. Влияние места произрастания на содержание танинов в побегах изучаемых видов растений

	ЗУК	СЗЗ	Магистралы
среднее	1,111896	,7342656	1,224070
ЗУК		7,06E-19	0,003738
СЗЗ	7,06E-19		1,41E-27
Магистралы	0,003738	1,41E-27	



Таблица Н.5 – Результаты LSD-теста. Влияние видовых особенностей на содержание танинов в побегах изучаемых видов растений

	Береза повислая	Клен ясенелистный	Тополь бальзамический	Липа мелколистная	Ива козья	Рябина обыкновенная	Яблоня ягодная	Карагана древовидная
средние значения	0,9455417	0,7600278	0,9296042	0,7941667	1,459083	1,345167	1,072194	0,8815000
Береза повислая		0,003329	0,798696	0,016204	2,82E-14	1,14E-09	0,043784	0,306075
Клен ясенелистный	0,003329		0,007182	0,584976	9,76E-23	1,94E-17	1,27E-06	0,053052
Тополь бальзамический	0,798696	0,007182		0,031211	5,77E-15	2,82E-10	0,023411	0,441749
Липа мелколистная	0,016204	0,584976	0,031211		4,01E-21	6,55E-16	1,42E-05	0,163287
Ива козья	2,82E-14	9,76E-23	5,77E-15	4,01E-21		0,069487	3,39E-09	4,26E-17
Рябина обыкновенная	1,14E-09	1,94E-17	2,82E-10	6,55E-16	0,069487		2E-05	3,48E-12
Яблоня ягодная	0,043784	1,27E-06	0,023411	1,42E-05	3,39E-09	2E-05		0,002564
Карагана древовидная	0,306075	0,053052	0,441749	0,163287	4,26E-17	3,48E-12	0,002564	

Таблица Н.6 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и срока вегетации на содержание таннинов в побегах изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
среднее	,2811389	1,609944	,4708889	1,049167	,3576528	1,501556	,2568889	1,331445	,7644445
Береза повислая (март) {1}		< 1,0E-29	0,032802	1,47E-15	0,387038	1,24E-30	0,783784	8,05E-25	1,35E-07
Береза повислая (сентябрь) {2}	< 1,0E-29		7,59E-28	1,49E-09	< 1,0E-29	0,220894	< 1,0E-29	0,001859	5,14E-18
Клен ясенелистный (март) {3}	0,032802	7,59E-28		5,07E-10	0,201013	3,73E-24	0,016242	1,67E-18	0,001055
Клен ясенелистный (сентябрь) {4}	1,47E-15	1,49E-09	5,07E-10		3,11E-13	7,19E-07	2,55E-16	0,001616	0,001475
Тополь бальзамический (март) {5}	0,387038	< 1,0E-29	0,201013	3,11E-13		5,18E-28	0,254979	3,07E-22	7,35E-06
Тополь бальзамич. (сентябрь) {6}	1,24E-30	0,220894	3,73E-24	7,19E-07	5,18E-28		< 1,0E-29	0,05539	1,32E-14
Липа мелколистная (март) {7}	0,783784	< 1,0E-29	0,016242	2,55E-16	0,254979	< 1,0E-29		1,21E-25	3,45E-08
Липа мелколистная (сентябрь) {8}	8,05E-25	0,001859	1,67E-18	0,001616	3,07E-22	0,05539	1,21E-25		1,02E-09
Ива козья (март) {9}	1,35E-07	5,14E-18	0,001055	0,001475	7,35E-06	1,32E-14	3,45E-08	1,02E-09	
Ива козья (сентябрь) {10}	< 1,0E-29	4,15E-09	< 1,0E-29	1,15E-26	< 1,0E-29	4,4E-12	< 1,0E-29	2,85E-17	< 1,0E-29
Рябина обыкновенная (март) {11}	1,46E-06	1,85E-19	0,005254	0,000253	5,94E-05	5,56E-16	4,05E-07	6,29E-11	0,615563
Рябина обыкновен. (сентябрь) {12}	< 1,0E-29	6,52E-05	< 1,0E-29	1,74E-20	< 1,0E-29	3E-07	< 1,0E-29	1,06E-11	3,92E-30
Яблоня ягодная (март) {13}	0,336221	< 1,0E-29	0,002127	2,92E-18	0,068643	< 1,0E-29	0,491467	1,01E-27	9,34E-10
Яблоня ягодная (сентябрь) {14}	< 1,0E-29	0,000171	< 1,0E-29	9,2E-20	< 1,0E-29	9,66E-07	< 1,0E-29	4,42E-11	2,21E-29
Карагана древовидная (март) {15}	0,836393	< 1,0E-29	0,053447	5,38E-15	0,509926	5,24E-30	0,630663	3,35E-24	3,66E-07
Карагана древовид. (сентябрь) {16}	2,48E-29	0,098931	7,1E-23	5,04E-06	1,03E-26	0,667716	3,65E-30	0,135886	1,84E-13

Окончание таблицы Н.6

	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
среднее	2,153722	,7200556	1,970278	,1960556	1,948333	,2993889	1,463611
Береза повислая (март) {1}	< 1,0E-29	1,46E-06	< 1,0E-29	0,336221	< 1,0E-29	0,836393	2,48E-29
Береза повислая (сентябрь) {2}	4,15E-09	1,85E-19	6,52E-05	< 1,0E-29	0,000171	< 1,0E-29	0,098931
Клен ясенелистный (март) {3}	< 1,0E-29	0,005254	< 1,0E-29	0,002127	< 1,0E-29	0,053447	7,1E-23
Клен ясенелистный (сентябрь) {4}	1,15E-26	0,000253	1,74E-20	2,92E-18	9,2E-20	5,38E-15	5,04E-06
Тополь бальзамический (март) {5}	< 1,0E-29	5,94E-05	< 1,0E-29	0,068643	< 1,0E-29	0,509926	1,03E-26
Тополь бальзамич. (сентябрь) {6}	4,4E-12	5,56E-16	3E-07	< 1,0E-29	9,66E-07	5,24E-30	0,667716
Липа мелколистная (март) {7}	< 1,0E-29	4,05E-07	< 1,0E-29	0,491467	< 1,0E-29	0,630663	3,65E-30
Липа мелколистная (сентябрь) {8}	2,85E-17	6,29E-11	1,06E-11	1,01E-27	4,42E-11	3,35E-24	0,135886
Ива козья (март) {9}	< 1,0E-29	0,615563	3,92E-30	9,34E-10	2,21E-29	3,66E-07	1,84E-13
Ива козья (сентябрь) {10}		< 1,0E-29	0,038983	< 1,0E-29	0,020994	< 1,0E-29	3,43E-13
Рябина обыкновенная (март) {11}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	1,33E-08	< 1,0E-29	3,69E-06	8,36E-15
Рябина обыкновенн. (сентябрь) {12}	0,038983	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,803896	< 1,0E-29	3,63E-08
Яблоня ягодная (март) {13}	< 1,0E-29	1,33E-08	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,243104	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (сентябрь) {14}	0,020994	< 1,0E-29	0,803896	< 1,0E-29		< 1,0E-29	1,25E-07
Карагана древовид. (март) {15}	< 1,0E-29	3,69E-06	< 1,0E-29	0,243104	< 1,0E-29		1,04E-28
Карагана древовид. (сентябрь) {16}	3,43E-13	8,36E-15	3,63E-08	< 1,0E-29	1,25E-07	1,04E-28	

Таблица Н.7 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на содержание таннинов в побегах изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
среднее	1,121833	,3102917	1,404500	,6058334	,5270833	1,147167	,8250000	1,051667	,9121459	,6260000
Береза повислая (ЗУК) .. {1}		2,2E-12	0,009627	3,58E-06	1,19E-07	0,814943	0,006602	0,517011	0,053849	8,09E-06
Береза повислая (СЗЗ) ...{2}	2,2E-12		1,42E-19	0,006837	0,046293	5,44E-13	3,77E-06	9,26E-11	8,59E-08	0,003909
Береза повислая (Маг.) ...{3}	0,009627	1,42E-19		4,42E-12	5,6E-14	0,018255	2,36E-07	0,001299	9,29E-06	1,31E-11
Клен ясенелист. (ЗУК)..{4}	3,58E-06	0,006837	4,42E-12		0,467152	1,24E-06	0,043977	5,52E-05	0,00509	0,85219
Клен ясенелист. (СЗЗ)..{5}	1,19E-07	0,046293	5,6E-14	0,467152		3,7E-08	0,006411	2,51E-06	0,000463	0,361263
Клен ясенелист. (Маг.)..{6}	0,814943	5,44E-13	0,018255	1,24E-06	3,7E-08		0,003249	0,378052	0,030903	2,89E-06
Тополь бальзамич. (ЗУК) ..{7}	0,006602	3,77E-06	2,36E-07	0,043977	0,006411	0,003249		0,037299	0,421098	0,067152
Тополь бальзамич.(СЗЗ)...{8}	0,517011	9,26E-11	0,001299	5,52E-05	2,51E-06	0,378052	0,037299		0,198324	0,000115
Тополь бальзамич.(Маг.)...{9}	0,053849	8,59E-08	9,29E-06	0,00509	0,000463	0,030903	0,421098	0,198324		0,008787
Липа мелколист. (ЗУК). {10}	8,09E-06	0,003909	1,31E-11	0,85219	0,361263	2,89E-06	0,067152	0,000115	0,008787	
Липа мелколист. (СЗЗ)..{11}	0,131231	1E-08	5,39E-05	0,001326	9,51E-05	0,081697	0,220025	0,387257	0,671874	0,002439
Липа мелколист. (Маг.)..{12}	0,003141	1,09E-05	7,11E-08	0,076249	0,012862	0,001477	0,806587	0,020194	0,294389	0,112152
Ива козья (ЗУК) ....{13}	1E-13	< 1,0E-29	1,88E-07	1,63E-27	1,03E-29	4,13E-13	1,85E-21	1,78E-15	4,13E-19	5,95E-27
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,954563	3,07E-12	0,008183	4,6E-06	1,57E-07	0,771038	0,007794	0,554475	0,061225	1,03E-05
Ива козья (Маг.) ...{15}	0,16472	4,11E-16	0,22379	4E-09	7,47E-11	0,247361	5,18E-05	0,042334	0,001025	1,06E-08
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	1,19E-12	< 1,0E-29	1,31E-06	2,84E-26	1,8E-28	4,75E-12	2,97E-20	2,33E-14	6,22E-18	1,03E-25
Рябина обыкновен. (СЗЗ)..{17}	5,59E-05	0,000859	1,83E-10	0,515024	0,168941	2,15E-05	0,170605	0,000637	0,030349	0,641981
Рябина обыкновен. (Маг.) .{18}	0,007354	7,58E-20	0,925161	2,54E-12	3,14E-14	0,014197	1,49E-07	0,000945	6,19E-06	7,59E-12
Яблоня ягодная (ЗУК)..{19}	0,041494	1,49E-07	5,71E-06	0,007095	0,000689	0,023304	0,488598	0,16218	0,910648	0,012044
Яблоня ягодная (СЗЗ)... {20}	0,001907	2,12E-05	3,25E-08	0,105593	0,019555	0,000871	0,688368	0,013303	0,228562	0,151663
Яблоня ягодная (Маг.)...{21}	0,000178	4,05E-23	0,228784	2,86E-15	2,72E-17	0,000423	4,64E-10	1,33E-05	3,26E-08	9,2E-15
Карагана древовид. (ЗУК) {22}	0,028314	3,18E-07	2,85E-06	0,011104	0,001181	0,015429	0,592167	0,1203	0,787721	0,018404
Карагана древовид.(СЗЗ)..{23}	3,7E-09	0,186773	7,98E-16	0,160352	0,496837	1,06E-09	0,000721	1,02E-07	3,43E-05	0,112152
Карагана древовид. (Маг.)..{24}	0,086615	5,01E-17	0,373088	6,9E-10	1,15E-11	0,138397	1,34E-05	0,018705	0,000323	1,89E-09

Продолжение таблицы Н.7

	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}
среднее	,9580000	,7985000	1,989000	1,115667	1,272583	1,944500	,6763333	1,414667	,9000000	,7815833
Береза повислая (ЗУК) ...{1}	0,131231	0,003141	1E-13	0,954563	0,16472	1,19E-12	5,59E-05	0,007354	0,041494	0,001907
Береза повислая (СЗЗ) ...{2}	1E-08	1,09E-05	< 1,0E-29	3,07E-12	4,11E-16	< 1,0E-29	0,000859	7,58E-20	1,49E-07	2,12E-05
Береза повислая (Маг.) ...{3}	5,39E-05	7,11E-08	1,88E-07	0,008183	0,22379	1,31E-06	1,83E-10	0,925161	5,71E-06	3,25E-08
Клен ясенелистный (ЗУК)...{4}	0,001326	0,076249	1,63E-27	4,6E-06	4E-09	2,84E-26	0,515024	2,54E-12	0,007095	0,105593
Клен ясенелистный (СЗЗ)...{5}	9,51E-05	0,012862	1,03E-29	1,57E-07	7,47E-11	1,8E-28	0,168941	3,14E-14	0,000689	0,019555
Клен ясенелистный (Маг.)...{6}	0,081697	0,001477	4,13E-13	0,771038	0,247361	4,75E-12	2,15E-05	0,014197	0,023304	0,000871
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	0,220025	0,806587	1,85E-21	0,007794	5,18E-05	2,97E-20	0,170605	1,49E-07	0,488598	0,688368
Тополь бальзамич. (СЗЗ)..{8}	0,387257	0,020194	1,78E-15	0,554475	0,042334	2,33E-14	0,000637	0,000945	0,16218	0,013303
Тополь бальзамич. (Маг.) {9}	0,671874	0,294389	4,13E-19	0,061225	0,001025	6,22E-18	0,030349	6,19E-06	0,910648	0,228562
Липа мелколистная (ЗУК)..{10}	0,002439	0,112152	5,95E-27	1,03E-05	1,06E-08	1,03E-25	0,641981	7,59E-12	0,012044	0,151663
Липа мелколистная (СЗЗ)..{11}		0,141677	6,75E-18	0,146286	0,004036	9,77E-17	0,009882	3,69E-05	0,592167	0,104287
Липа мелколистная (Маг.)..{12}	0,141677		3,51E-22	0,00375	1,9E-05	5,71E-21	0,259782	4,44E-08	0,348887	0,875797
Ива козья (ЗУК) ..{13}	6,75E-18	3,51E-22		7,06E-14	3,35E-10	0,681018	1,5E-25	2,96E-07	1,96E-19	1,21E-22
Ива козья (СЗЗ)...{14}	0,146286	0,00375	7,06E-14		0,148205	8,5E-13	7,01E-05	0,006224	0,047426	0,002293
Ива козья (Маг.) ...{15}	0,004036	1,9E-05	3,35E-10	0,148205		3,1E-09	1,11E-07	0,190242	0,000696	9,8E-06
Рябина обыкновен. (ЗУК)..{16}	9,77E-17	5,71E-21	0,681018	8,5E-13	3,1E-09		2,57E-24	2,01E-06	2,98E-18	1,98E-21
Рябина обыкновен.(СЗЗ)...{17}	0,009882	0,259782	1,5E-25	7,01E-05	1,11E-07	2,57E-24		1,08E-10	0,039858	0,331411
Рябина обыкновен. (Маг.) {18}	3,69E-05	4,44E-08	2,96E-07	0,006224	0,190242	2,01E-06	1,08E-10		3,78E-06	2,01E-08
Яблоня ягодная (ЗУК)...{19}	0,592167	0,348887	1,96E-19	0,047426	0,000696	2,98E-18	0,039858	3,78E-06		0,274646
Яблоня ягодная (СЗЗ)...{20}	0,104287	0,875797	1,21E-22	0,002293	9,8E-06	1,98E-21	0,331411	2,01E-08	0,274646	
Яблоня ягодная (Маг.)...{21}	2,63E-07	1,19E-10	4,08E-05	0,000144	0,016113	0,000203	1,61E-13	0,266977	1,84E-08	4,94E-11
Карагана древовид. (ЗУК)..{22}	0,488598	0,435314	6,86E-20	0,032601	0,000399	1,06E-18	0,057363	1,87E-06	0,87519	0,349282
Карагана древовид. (СЗЗ)..{23}	5,71E-06	0,001652	< 1,0E-29	4,99E-09	1,45E-12	1,57E-30	0,040595	4,39E-16	5,39E-05	0,002736
Карагана древовид. (Маг.)..{24}	0,001418	4,66E-06	1,98E-09	0,076755	0,743523	1,71E-08	2,15E-08	0,32496	0,000213	2,32E-06

Окончание таблицы Н.7

	{21}	{22}	{23}	{24}
среднее	1,535000	,8830000	,4535000	1,308000
Береза повислая (ЗУК) ...{1}	0,000178	0,028314	3,7E-09	0,086615
Береза повислая (СЗЗ) ....{2}	4,05E-23	3,18E-07	0,186773	5,01E-17
Береза повислая (Маг.) ....{3}	0,228784	2,85E-06	7,98E-16	0,373088
Клен ясенелистный (ЗУК)....{4}	2,86E-15	0,011104	0,160352	6,9E-10
Клен ясенелистный (СЗЗ)....{5}	2,72E-17	0,001181	0,496837	1,15E-11
Клен ясенелистный (Маг.) ...{6}	0,000423	0,015429	1,06E-09	0,138397
Тополь бальзамический (ЗУК) {7}	4,64E-10	0,592167	0,000721	1,34E-05
Тополь бальзамич. (СЗЗ)..{8}	1,33E-05	0,1203	1,02E-07	0,018705
Тополь бальзамический (Маг.){9}	3,26E-08	0,787721	3,43E-05	0,000323
Липа мелколистная (ЗУК)...{10}	9,2E-15	0,018404	0,112152	1,89E-09
Липа мелколистная (СЗЗ)....{11}	2,63E-07	0,488598	5,71E-06	0,001418
Липа мелколистная (Маг.)...{12}	1,19E-10	0,435314	0,001652	4,66E-06
Ива козья (ЗУК) ...{13}	4,08E-05	6,86E-20	< 1,0E-29	1,98E-09
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,000144	0,032601	4,99E-09	0,076755
Ива козья (Маг.) ....{15}	0,016113	0,000399	1,45E-12	0,743523
Рябина обыкновенная (ЗУК)..{16}	0,000203	1,06E-18	1,57E-30	1,71E-08
Рябина обыкновенная (СЗЗ)...{17}	1,61E-13	0,057363	0,040595	2,15E-08
Рябина обыкновенная (Маг.) .{18}	0,266977	1,87E-06	4,39E-16	0,32496
Яблоня ягодная (ЗУК)...{19}	1,84E-08	0,87519	5,39E-05	0,000213
Яблоня ягодная (СЗЗ)....{20}	4,94E-11	0,349282	0,002736	2,32E-06
Яблоня ягодная (Маг.)....{21}		8,17E-09	3,1E-19	0,037023
Карагана древовидная (ЗУК)..{22}	8,17E-09		0,0001	0,000118
Карагана древовид.ая (СЗЗ)...{23}	3,1E-19	0,0001		2,04E-13
Карагана древовидная (Маг.)..{24}	0,037023	0,000118	2,04E-13	

Результаты корреляционного анализа (по коэффициенту Спирмена)

общее	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & AA	648	0,12	0,002
IF & CO <sub>2</sub>	648	-0,18	0,000
IF & NO <sub>2</sub>	648	0,16	0,000
AA & IF	648	0,12	0,002
AA & CO <sub>2</sub>	648	-0,13	0,001
AA & NO <sub>2</sub>	648	0,20	0,000
VU & CO <sub>2</sub>	648	0,10	0,015
VU & NO <sub>2</sub>	648	-0,26	0,000

Клен ясен.	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & AA	90	0,41	0,000
IF & CO <sub>2</sub>	90	-0,29	0,005
IF & NO <sub>2</sub>	90	-0,24	0,022
AA & IF	90	0,41	0,000
AA & CO <sub>2</sub>	90	-0,27	0,011

Липа мелкол.	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & CO <sub>2</sub>	78	-0,24	0,034
AA & CO <sub>2</sub>	78	0,28	0,015
VU & NO <sub>2</sub>	78	-0,44	0,000

Рябина обыкн.	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & CO <sub>2</sub>	36	-0,34	0,045
AA & VU	36	-0,46	0,005
AA & CO <sub>2</sub>	36	-0,40	0,016
AA & NO <sub>2</sub>	36	0,61	0,000
VU & AA	36	-0,46	0,005
VU & NO <sub>2</sub>	36	-0,72	0,000

Роза майская	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & AA	42	0,37	0,015
IF & VU	42	-0,33	0,035
IF & CO <sub>2</sub>	42	-0,46	0,002
AA & IF	42	0,37	0,015
AA & VU	42	-0,52	0,000
AA & NO <sub>2</sub>	42	0,11	0,500
VU & IF	42	-0,33	0,035
VU & AA	42	-0,52	0,000

Береза пов.	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & NO <sub>2</sub>	90	0,52	0,000
VU & CO <sub>2</sub>	90	0,33	0,001

Тополь бальзамический	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & AA	90	0,21	0,048
IF & VU	90	-0,22	0,042
IF & CO <sub>2</sub>	90	-0,27	0,011
IF & NO <sub>2</sub>	90	0,43	0,000
AA & IF	90	0,21	0,048
VU & IF	90	-0,22	0,042
VU & NO <sub>2</sub>	90	-0,38	0,000

Ива козья	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & NO <sub>2</sub>	90	0,45	0,000
AA & CO <sub>2</sub>	90	-0,49	0,000

Яблоня ягодн.	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & CO <sub>2</sub>	84	-0,23	0,034
IF & NO <sub>2</sub>	84	0,41	0,000
AA & NO <sub>2</sub>	84	0,35	0,001

Карагана древовидная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & VU	48	-0,53	0,000
AA & NO <sub>2</sub>	48	0,36	0,013
VU & AA	48	-0,53	0,000
VU & CO <sub>2</sub>	48	0,33	0,023
VU & NO <sub>2</sub>	48	-0,58	0,000

общее	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & FENOL	357	-0,25	2,5E-06
AA & FENOL	357	-0,11	4,1E-02

Тополь бальзамический	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & FENOL	45	-0,50	0,001

Продолжение приложения II

общее	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FORMALD	186	-0,41	6,8E-09
VU & FORMALD	186	0,29	5E-05

Липа мелколистная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
VU & FENOL	39	0,42	0,007

Ива козья	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & FENOL	45	-0,56	5,8E-05

Рябина обыкновенная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
VU & FENOL	36	0,48	0,003

Яблоня ягодная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & FENOL	45	-0,51	0,0004

Роза майская	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FENOL	24	-0,62	0,001
VU & FENOL	24	0,41	0,044

Ива козья	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FORMALD	30	-0,44	0,015

Роза майская	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FORMALD	25	-0,45	0,024
VU & FORMALD	25	0,63	0,001

Карагана древовидная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FENOL	33	-0,37	0,034

Береза повислая	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FORMALD	30	-0,49	0,006
VU & FORMALD	30	0,44	0,015

Тополь бальзамический	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & FORMALD	30	-0,47	0,009
AA & FORMALD	30	-0,47	0,009

Липа мелколистная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
AA & FORMALD	24	-0,59	0,003

общее	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & ISA	426	-0,17	0,000

Карагана древовидная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & ISA	33	-0,37	0,03413

Береза повислая	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
VU & ISA	60	0,31	0,014

Липа мелколистная	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & ISA	54	-0,32	0,017
AA & ISA	54	0,54	0,000

Ива козья	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
VU & ISA	60	-0,25	0,050

Роза майская	Valid	Spearman	p-level
	N	R	
IF & ISA	24	-0,48	0,018



## Окончание приложения П

общее	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	177	0,150	0,047
таннины-сент. & бензапирен	177	-0,199	0,008

Клен ясенелистный	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	24	0,415	0,044

Липа мелколистная	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	18	0,471	0,049

Рябина обыкновенная	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & ISA	15	-0,673	0,006
таннины-сент. & CO <sub>2</sub>	15	-0,673	0,006
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	15	-0,673	0,006
таннины-сент. & формальдегид	15	-0,673	0,006
таннины-сент. & бензапирен	15	-0,788	0,000

Береза повислая	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & CO <sub>2</sub>	27	-0,430	0,025
таннины-сент. & бензапирен	27	-0,515	0,006

Карагана древовидная	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & ISA	12	0,673	0,016
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	12	0,608	0,036
таннины-сент. & формальдегид	12	0,675	0,016

Роза майская	Valid	Spearman	p-level
таннины-сент. & NO <sub>2</sub>	12	-0,795	0,002

### Примечания

- AA – аскорбиновая кислота;
- IF – интенсивность фотосинтеза;
- VU – водоудерживающая способность;
- ISA – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА);
- FORMALD – формальдегид.

Таблица Р.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания азота в стеблевой части побега изучаемых видов растений

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	3,261735	216	0,005329	612,0529	< 1,0E-29
2	2	5,066514	216	0,005329	950,7131	< 1,0E-29
4	1	14,84304	216	0,005329	2785,243	< 1,0E-29
12	16	1,717951	216	0,005329	322,3672	< 1,0E-29
14	8	5,950697	216	0,005329	1116,627	< 1,0E-29
24	2	2,243161	216	0,005329	420,9211	< 1,0E-29
124	16	1,832614	216	0,005329	343,8833	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица Р.2 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания азота в листьях изучаемых видов растений

	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	4,405689	216	0,026331	167,3191	< 1,0E-29
2	2	1,443115	216	0,026331	54,80659	5,61E-20
4	1	197,3135	216	0,026331	7493,566	< 1,0E-29
12	16	1,359767	216	0,026331	51,64117	< 1,0E-29
14	8	1,496978	216	0,026331	56,85218	< 1,0E-29
24	2	1,129835	216	0,026331	42,90884	2,04E-16
124	16	3,029432	216	0,026331	115,0516	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица Р.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на показатель отношения азота в системе стебель/лист

	ЗУК (июнь)	ЗУК (сентябрь)	СЗЗ (июнь)	СЗЗ (сентябрь)	Магистрالی (июнь)	Магистрالی (сентябрь)
Среднее	0,78079	1,289528	0,8121914	1,856958	0,7271317	1,773512
ЗУК (июнь)		1,73E-21	0,512648	< 1,0E-29	0,26358	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь)	1,73E-21		1,67E-19	2,724E-25	5,82E-25	6,40588E-20
СЗЗ (июнь)	0,512648	1,67E-19		< 1,0E-29	0,077026	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь)	< 1,0E-29	2,72E-25	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,08276
Магистрالی (июнь)	0,26358	5,82E-25	0,077026	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистрالی (сентябрь)	< 1,0E-29	6,41E-20	< 1,0E-29	0,08276	< 1,0E-29	

**Таблица Р.4 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на содержание азота в стеблевой части побега изучаемых видов растений**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	1,84956	1,17137	1,915185	1,802333	2,154259	1,661074
ЗУК (июнь) {1}		< 1,0E-29	5,26E-06	0,000918	< 1,0E-29	2,98E-30
ЗУК (сентябрь) {2}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
СЗЗ (июнь) {3}	5,26E-06	< 1,0E-29		6,13E-14	< 1,0E-29	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь) {4}	0,000918	< 1,0E-29	6,13E-14		< 1,0E-29	9,34E-20
Магистралы (июнь) {5}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистралы (сент.) {6}	2,98E-30	< 1,0E-29	< 1,0E-29	9,34E-20	< 1,0E-29	

**Таблица Р.5 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на содержание азота в листьях изучаемых видов растений**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	2,636407	1,080537	2,661426	1,302741	2,973333	1,205611
ЗУК (июнь) {1}		< 1,0E-29	0,42393	< 1,0E-29	5,49E-22	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь) {2}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	1,62E-11	< 1,0E-29	8,53E-05
СЗЗ (июнь) {3}	0,42393	< 1,0E-29		< 1,0E-29	1,48E-19	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь) {4}	< 1,0E-29	1,62E-11	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,002121
Магистралы (июнь) {5}	5,49E-22	< 1,0E-29	1,48E-19	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистралы (сент.) {6}	< 1,0E-29	8,53E-05	< 1,0E-29	0,002121	< 1,0E-29	





Окончание таблицы Р.6

	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}
средние значения	1,452750	1,663333	1,283333	1,662167	1,832500	2,468167	2,857583
Береза повислая (ЗУК) {1}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,8E-15	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Береза повислая (СЗЗ) {2}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,53E-10	< 1,0E-29
Береза повислая (Маг.) .. {3}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,88E-22	4,47E-21	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	0,004414	4,09E-05	2,09E-15	4,79E-05	3,46E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	1,04E-17	0,022492	< 1,0E-29	0,020323	0,000867	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (Маг.) {6}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,76E-17	4,2E-26	< 1,0E-29
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	< 1,0E-29	4,2E-22	< 1,0E-29	3,19E-22	5,84E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(СЗЗ)..{8}	0,663125	2,65E-10	4,33E-09	3,3E-10	1,01E-26	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(Маг.) {9}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,19E-20	1,44E-22	< 1,0E-29
Липа мелколист. (ЗУК) {10}	< 1,0E-29	5,3E-30	< 1,0E-29	3,97E-30	6,12E-13	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Липа мелколист. (СЗЗ). {11}	< 1,0E-29	1,25E-16	< 1,0E-29	9,62E-17	0,00107	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Липа мелколист. (Маг.) {12}	4,88E-11	0,888941	1,1E-27	0,919912	2,15E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (ЗУК) ...{13}	0,205642	9E-15	1,59E-05	1,16E-14	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (СЗЗ)...{14}	< 1,0E-29	1,28E-10	< 1,0E-29	1,02E-10	0,280406	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (Маг.) ....{15}	< 1,0E-29	1,24E-14	< 1,0E-29	9,66E-15	0,00972	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(СЗЗ) .{17}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,05E-13	3,81E-30	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (Маг.) {18}	4,9E-13	< 1,0E-29	0,04533	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (ЗУК).. {19}	6,19E-09	2,63E-29	0,712418	3,51E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (СЗЗ).. {20}	2,52E-09	0,399355	1,84E-25	0,421533	4,88E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (Маг.). {21}		2,17E-11	4,22E-08	2,72E-11	4,19E-28	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (ЗУК) ....{22}	2,17E-11		3,94E-28	0,96881	4,4E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (СЗЗ)...{23}	4,22E-08	3,94E-28		5,25E-28	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (Маг.)....{24}	2,72E-11	0,96881	5,25E-28		3,61E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Карагана древов. (ЗУК) {25}	4,19E-28	4,4E-08	< 1,0E-29	3,61E-08		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Карагана древов. (СЗЗ).. {26}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		3,89E-29
Карагана древов. (Маг.). {27}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,89E-29	

Таблица Р.7 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на содержание азота в листьях изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	1,593583	1,672500	1,837667	2,413333	2,323083	2,768667	1,866333	2,198167	1,948667	1,982417
Береза повислая (ЗУК) {1}		0,234855	0,00029	6,15E-27	1,13E-22	< 1,0E-29	5,46E-05	5,13E-17	2,13E-07	1,63E-08
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,234855		0,013409	3,34E-23	4,68E-19	< 1,0E-29	0,003801	1,13E-13	4,43E-05	5,1E-06
Береза повислая (Маг.) .. {3}	0,00029	0,013409		9,12E-16	4,62E-12	< 1,0E-29	0,665641	1,43E-07	0,095268	0,029961
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	6,15E-27	3,34E-23	9,12E-16		0,174506	2,09E-07	1,48E-14	0,001348	2,93E-11	5,33E-10
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	1,13E-22	4,68E-19	4,62E-12	0,174506		1,54E-10	5,85E-11	0,060684	4,98E-08	6,07E-07
Клен ясенелистный (Маг.) {6}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,09E-07	1,54E-10		< 1,0E-29	1,51E-15	5,98E-27	2,42E-25
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	5,46E-05	0,003801	0,665641	1,48E-14	5,85E-11	< 1,0E-29		1,14E-06	0,215272	0,081139
Тополь бальзамич.(СЗЗ)..{8}	5,13E-17	1,13E-13	1,43E-07	0,001348	0,060684	1,51E-15	1,14E-06		0,000214	0,001308
Тополь бальзамич.(Маг.) {9}	2,13E-07	4,43E-05	0,095268	2,93E-11	4,98E-08	5,98E-27	0,215272	0,000214		0,610946
Липа мелколист. (ЗУК) {10}	1,63E-08	5,1E-06	0,029961	5,33E-10	6,07E-07	2,42E-25	0,081139	0,001308	0,610946	
Липа мелколист. (СЗЗ). {11}	6,79E-24	3,09E-20	4,24E-13	0,333821	0,694165	1,38E-09	5,82E-12	0,023621	6,46E-09	8,92E-08
Липа мелколист. (Маг.) {12}	9,25E-07	0,000149	0,172534	4,79E-12	1,02E-08	6,36E-28	0,350366	6,51E-05	0,759187	0,415169
Ива козья (ЗУК) ...{13}	0,000728	0,026333	0,797716	1,69E-16	9,82E-13	< 1,0E-29	0,491342	3,93E-08	0,054643	0,015424
Ива козья (СЗЗ)....{14}	0,000661	0,024549	0,819128	2,03E-16	1,16E-12	< 1,0E-29	0,508884	4,53E-08	0,058171	0,016613
Ива козья (Маг.) ....{15}	3,25E-20	1,07E-16	4,83E-10	0,031296	0,421658	1,35E-12	5,11E-09	0,281093	2,39E-06	2,21E-05
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	0,060174	0,002334	7,38E-08	< 1,0E-29	1,3E-28	< 1,0E-29	7,94E-09	1,1E-22	7,34E-12	3,36E-13
Рябина обыкновен.(СЗЗ) .{17}	0,000664	5,89E-06	1,41E-11	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,06E-12	1,36E-27	4,04E-16	1,37E-17
Рябина обыкновен. (Маг.) {18}	3,39E-08	5,1E-11	7,56E-18	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,97E-19	< 1,0E-29	6,6E-23	1,72E-24
Яблоня ягодная (ЗУК).. {19}	0,244855	0,019298	2,35E-06	1,19E-30	2,56E-26	< 1,0E-29	3,09E-07	1,79E-20	4,73E-10	2,59E-11
Яблоня ягодная (СЗЗ).. {20}	0,001081	0,034964	0,710932	7,92E-17	4,88E-13	< 1,0E-29	0,422382	2,19E-08	0,041901	0,011271
Яблоня ягодная (Маг.) .{21}	0,000573	0,022142	0,850512	2,65E-16	1,48E-12	< 1,0E-29	0,534977	5,55E-08	0,063641	0,018486
Роза майская (ЗУК) ....{22}	1,52E-29	9,13E-26	3,89E-18	0,413019	0,030149	9,19E-06	7,11E-17	6,64E-05	2,11E-13	4,69E-12
Роза майская (СЗЗ)....{23}	2,78E-11	1,98E-08	0,000992	2,22E-07	9,09E-05	9,25E-22	0,004044	0,036599	0,097763	0,249967
Роза майская (Маг.)....{24}	0,001067	0,034645	0,713741	8,12E-17	4,99E-13	< 1,0E-29	0,424561	2,23E-08	0,042277	0,01139
Карагана древов. (ЗУК) {25}	0,952909	0,258828	0,00036	9,46E-27	1,72E-22	< 1,0E-29	6,91E-05	7,6E-17	2,84E-07	2,21E-08
Карагана древов. (СЗЗ).. {26}	1,02E-18	2,81E-15	7,29E-09	0,008237	0,193457	6,2E-14	6,8E-08	0,561733	2,12E-05	0,000163
Карагана древов. (Маг.) .{27}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,44E-25	1,17E-29	5,37E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29





Окончание таблицы Р.7

с	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}
средние значения	1,825167	2,467667	2,058833	1,813333	1,597500	2,236667	3,199500
Береза повислая (ЗУК) {1}	0,000573	1,52E-29	2,78E-11	0,001067	0,952909	1,02E-18	< 1,0E-29
Береза повислая (СЗЗ) {2}	0,022142	9,13E-26	1,98E-08	0,034645	0,258828	2,81E-15	< 1,0E-29
Береза повислая (Маг.) .. {3}	0,850512	3,89E-18	0,000992	0,713741	0,00036	7,29E-09	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	2,65E-16	0,413019	2,22E-07	8,12E-17	9,46E-27	0,008237	2,44E-25
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	1,48E-12	0,030149	9,09E-05	4,99E-13	1,72E-22	0,193457	1,17E-29
Клен ясенелистный (Маг.) {6}	< 1,0E-29	9,19E-06	9,25E-22	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,2E-14	5,37E-10
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	0,534977	7,11E-17	0,004044	0,424561	6,91E-05	6,8E-08	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(СЗЗ)..{8}	5,55E-08	6,64E-05	0,036599	2,23E-08	7,6E-17	0,561733	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(Маг.) {9}	0,063641	2,11E-13	0,097763	0,042277	2,84E-07	2,12E-05	< 1,0E-29
Липа мелколист. (ЗУК) {10}	0,018486	4,69E-12	0,249967	0,01139	2,21E-08	0,000163	< 1,0E-29
Липа мелколист. (СЗЗ). {11}	1,32E-13	0,07505	1,83E-05	4,31E-14	1,04E-23	0,090906	2,11E-28
Липа мелколист. (Маг.) {12}	0,120856	3,09E-14	0,050124	0,083997	1,22E-06	5,67E-06	< 1,0E-29
Ива козья (ЗУК) ...{13}	0,945905	6,78E-19	0,000402	0,911958	0,000894	1,84E-09	< 1,0E-29
Ива козья (СЗЗ)...{14}	0,967928	8,19E-19	0,000444	0,890074	0,000813	2,14E-09	< 1,0E-29
Ива козья (Маг.) ....{15}	1,67E-10	0,003137	0,001668	6,03E-11	4,9E-20	0,618004	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	1,88E-07	< 1,0E-29	2,12E-16	4,47E-07	0,052644	1,72E-24	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(СЗЗ) .{17}	4,25E-11	< 1,0E-29	4,92E-21	1,19E-10	0,000539	1,93E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (Маг.) {18}	2,69E-17	< 1,0E-29	3,94E-28	8,83E-17	2,5E-08	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (ЗУК).. {19}	5,48E-06	< 1,0E-29	2,28E-14	1,19E-05	0,221821	3,02E-22	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (СЗЗ).. {20}	0,855439	3,09E-19	0,000264	0,996992	0,001319	9,83E-10	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (Маг.). {21}		1,08E-18	0,000513	0,858398	0,000706	2,66E-09	< 1,0E-29
Роза майская (ЗУК) ....{22}	1,08E-18		3,3E-09	3,17E-19	2,34E-29	0,000592	8,8E-23
Роза майская (СЗЗ)....{23}	0,000513	3,3E-09		0,000268	3,92E-11	0,007828	< 1,0E-29
Роза майская (Маг.)....{24}	0,858398	3,17E-19	0,000268		0,001303	1E-09	< 1,0E-29
Карагана древов. (ЗУК) {25}	0,000706	2,34E-29	3,92E-11	0,001303		1,52E-18	< 1,0E-29
Карагана древов. (СЗЗ).. {26}	2,66E-09	0,000592	0,007828	1E-09	1,52E-18		< 1,0E-29
Карагана древов. (Маг.). {27}	< 1,0E-29	8,8E-23	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	

Таблица С.1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания фосфора в стеблевой части побега изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	0,638144	216	0,00252	253,2351	< 1,0E-29
2	2	0,025723	216	0,00252	10,20755	5,81E-05
4	1	0,076176	216	0,00252	30,22898	1,08E-07
12	16	0,279041	216	0,00252	110,7319	< 1,0E-29
14	8	0,223252	216	0,00252	88,59343	< 1,0E-29
24	2	0,070448	216	0,00252	27,95577	1,6E-11
124	16	0,183237	216	0,00252	72,7141	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица С.2 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания фосфора в листьях изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	0,677379	216	0,00294	230,3708	< 1,0E-29
2	2	0,15602	216	0,00294	53,06089	1,8E-19
3	3	0,342414	216	0,00294	116,4519	< 1,0E-29
4	1	8,629232	216	0,00294	2934,728	< 1,0E-29
12	16	0,382051	216	0,00294	129,9322	< 1,0E-29
13	24	0,134013	216	0,00294	45,57683	< 1,0E-29
14	8	0,211212	216	0,00294	71,83125	< 1,0E-29
24	2	0,792143	216	0,00294	269,4012	< 1,0E-29
34	3	0,139699	216	0,00294	47,5103	1,27E-23
124	16	0,167275	216	0,00294	56,88883	< 1,0E-29
134	24	0,060671	216	0,00294	20,63356	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

**Таблица С.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на содержание фосфора в стеблевой части побега изучаемых видов растений**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	0,436296	0,525296	0,46433	0,45828	0,44580	0,45485
ЗУК (июнь) {1}		2,89E-17	0,00409	0,023868	0,3265	0,056087
ЗУК (сентябрь) {2}	2,89E-17		1,56E-09	4,58E-11	1,77E-14	5,71E-12
СЗЗ (июнь) {3}	0,00409	1,56E-09		0,531443	0,056331	0,327477
СЗЗ (сентябрь) {4}	0,023868	4,58E-11	0,531443		0,19775	0,723221
Магистралы (июнь) {5}	0,326535	1,77E-14	0,056331	0,19775		0,349628
Магистралы (сент.) {6}	0,056087	5,71E-12	0,327477	0,723221	0,349628	

**Таблица С.4 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на содержание фосфора в листьях изучаемых видов растений**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
среднее	0,81000	0,43486	0,63028	0,49426	0,78611	0,31809
ЗУК (июнь) {1}		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,02303	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь) {2}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	4,05E-08	< 1,0E-29	3,21E-23
СЗЗ (июнь) {3}	< 1,0E-29	< 1,0E-29		4,94E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь) {4}	< 1,0E-29	4,05E-08	4,94E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Магистралы (июнь) {5}	0,023037	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистралы (сент.) {6}	< 1,0E-29	3,21E-23	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	

**Таблица С.5 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на показатель отношения фосфора в системе стебель/лист**

	ЗУК (июнь)	ЗУК (сентябрь)	СЗЗ (июнь)	СЗЗ (сентябрь)	Магистралы (июнь)	Магистралы (сентябрь)
Среднее	0,6410246	1,495368	0,8686025	1,417164	0,6544893	1,889766
ЗУК (июнь)		< 1,0E-29	2,87E-06	< 1,0E-29	0,776382	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь)	< 1,0E-29		1,1E-29	0,100033	< 1,0E-29	9,3E-15
СЗЗ (июнь)	2,87E-06	1,1E-29		1,85E-24	1,01E-05	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь)	< 1,0E-29	0,100033	1,85E-24		< 1,0E-29	1,54E-19
Магистралы (июнь)	0,776382	< 1,0E-29	1,01E-05	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Магистралы (сент.)	< 1,0E-29	9,3E-15	< 1,0E-29	1,54E-19	< 1,0E-29	

Таблица Т. 1 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания калия в стеблевой части побега изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	17,15955	216	0,00533	3219,307	< 1,0E-29
2	2	2,47938	216	0,00533	465,157	< 1,0E-29
3	3	0,086778	216	0,00533	16,28053	1,41E-09
4	1	24,8541	216	0,00533	4662,883	< 1,0E-29
12	16	4,612481	216	0,00533	865,3484	< 1,0E-29
13	24	0,042341	216	0,00533	7,943556	6,05E-19
14	8	16,30227	216	0,00533	3058,471	< 1,0E-29
24	2	4,595914	216	0,00533	862,2404	< 1,0E-29
34	3	0,020716	216	0,00533	3,88657	0,00983
124	16	5,400914	216	0,00533	1013,267	< 1,0E-29
134	24	0,04989	216	0,00533	9,359908	2,56E-22

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица Т. 2 – Результаты дисперсионного многофакторного анализа содержания калия в листьях изучаемых видов растений

Факторы	df	MS	df	MS	F	p-level
	Effect	Effect	Error	Error		
1	8	4,881833	216	0,001444	3381,537	< 1,0E-29
2	2	5,57615	216	0,001444	3862,475	< 1,0E-29
3	3	8,46521	216	0,001444	5863,663	< 1,0E-29
4	1	3,974928	216	0,001444	2753,344	< 1,0E-29
12	16	1,901542	216	0,001444	1317,156	< 1,0E-29
13	24	2,41436	216	0,001444	1672,373	< 1,0E-29
14	8	1,905699	216	0,001444	1320,035	< 1,0E-29
24	2	3,093437	216	0,001444	2142,755	< 1,0E-29
34	3	2,348366	216	0,001444	1626,661	< 1,0E-29
124	16	2,408677	216	0,001444	1668,437	< 1,0E-29
134	24	0,701226	216	0,001444	485,7234	< 1,0E-29

Примечание: 1 – вид, 2 – зона, 3 – пункт (вложен), 4 – месяц

Таблица Т.3 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия места произрастания и срока вегетации на показатель отношения калия в системе стебель/лист

	ЗУК (июнь)	ЗУК (сентябрь)	СЗЗ (июнь)	СЗЗ (сентябрь)	Магистрالی (июнь)	Магистрالی (сентябрь)
Среднее	0,70680	0,51930	0,74082	0,68131	0,40059	0,36776
ЗУК (июнь)		< 1,0E-29	0,002988	0,0254	< 1,0E-29	< 1,0E-29
ЗУК (сентябрь)	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	4,88E-21	3,96E-30
СЗЗ (июнь)	0,0030	< 1,0E-29		3,57E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29
СЗЗ (сентябрь)	0,0254	< 1,0E-29	3,57E-07		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Магистрالی (июнь)	< 1,0E-29	4,88E-21	< 1,0E-29	< 1,0E-29		0,004137
Магистрالی (сент.)	< 1,0E-29	3,96E-30	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,004137	

Таблица Т.4 – Результаты LSD-теста. Влияние взаимодействия видовых особенностей и места произрастания на содержание калия в листьях изучаемых видов растений

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
средние значения	,9145000	1,423333	2,156667	2,800000	2,186417	2,026917	1,890000	2,345083	1,955667	1,604083
Береза повислая (ЗУК) . {1}		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Береза повислая (С33) {2}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,15E-24
Береза повислая (Маг.) ..{3}	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29	0,056441	7,46E-15	< 1,0E-29	3,22E-26	8,62E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (С33) {5}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,056441	< 1,0E-29		1,92E-20	< 1,0E-29	2,79E-20	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (Маг.) {6}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,46E-15	< 1,0E-29	1,92E-20		3,72E-16	< 1,0E-29	7,41E-06	< 1,0E-29
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,72E-16		< 1,0E-29	3,41E-05	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(С33)..{8}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,22E-26	< 1,0E-29	2,79E-20	< 1,0E-29	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(Маг.) .{9}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	8,62E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,41E-06	3,41E-05	< 1,0E-29		< 1,0E-29
Липа мелколист. (ЗУК) {10}	< 1,0E-29	1,15E-24	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	
Липа мелколист. (С33) .{11}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,26E-05	< 1,0E-29	3,47E-09	5,39E-05	9,33E-29	< 1,0E-29	7,8E-16	< 1,0E-29
Липа мелколист. (Маг.) {12}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,49E-12	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (ЗУК)...{13}	< 1,0E-29	7,27E-05	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (С33)....{14}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,051177
Ива козья (Маг.) ....{15}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,003038	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	< 1,0E-29	6,3E-24	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(С33) .{17}	< 1,0E-29	1,04E-12	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(Маг.) {18}	< 1,0E-29	2,75E-12	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (ЗУК).. {19}	< 1,0E-29	1,25E-17	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,021526
Яблоня ягодная (С33) .{20}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,002987	< 1,0E-29	1,71E-06	2,11E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,86E-19	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (Маг.) . {21}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,54E-07	< 1,0E-29	0,000549	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,58E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (ЗУК) ...{22}	< 1,0E-29	0,000164	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,35E-13
Роза майская (С33)....{23}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Роза майская (Маг.)....{24}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Карагана древов. (ЗУК) {25}	< 1,0E-29	0,000145	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,87E-13
Карагана древов. (С33).. {26}	< 1,0E-29	0,010581	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Карагана древов. (Маг.) {27}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,15E-10	< 1,0E-29	3,72E-06	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,18E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29



	{21}	{22}	{23}	{24}	{25}	{26}	{27}
средние значения	2,24083	1,482833	1,196667	1,19991	1,483333	1,383	2,2601
Береза повислая (ЗУК) . {1}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Береза повислая (СЗЗ) {2}	< 1,0E-29	0,000164	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,000145	0,010581	< 1,0E-29
Береза повислая (Маг.) ..{3}	1,54E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,15E-10
Клен ясенелистный (ЗУК) {4}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Клен ясенелистный (СЗЗ) {5}	0,00055	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	3,72E-06
Клен ясенелистный (Маг.) {6}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Тополь бальзамич. (ЗУК) {7}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Тополь бальзамич.(СЗЗ)..{8}	1,58E-10	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,18E-07
Тополь бальзамич.(Маг.) .{9}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Липа мелколист. (ЗУК) {10}	< 1,0E-29	2,35E-13	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,87E-13	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Липа мелколист. (СЗЗ) .{11}	1,31E-18	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	2,31E-22
Липа мелколист. (Маг.) {12}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	6,54E-29
Ива козья (ЗУК)...{13}	< 1,0E-29	1,58E-13	2,62E-21	1,14E-20	1,29E-13	0,1439	< 1,0E-29
Ива козья (СЗЗ)....{14}	< 1,0E-29	6,29E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29	7,84E-19	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Ива козья (Маг.) ....{15}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29
Рябина обыкновен. (ЗУК) {16}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,001599	0,003143	< 1,0E-29	3,47E-16	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(СЗЗ) .{17}	< 1,0E-29	6,55E-24	2,56E-11	8,58E-11	5,2E-24	1,21E-06	< 1,0E-29
Рябина обыкновен.(Маг.) {18}	< 1,0E-29	2,08E-23	9,91E-12	3,39E-11	1,65E-23	2,53E-06	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (ЗУК).. {19}	< 1,0E-29	1,06E-07	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,25E-07	1,72E-25	< 1,0E-29
Яблоня ягодная (СЗЗ) .{20}	4,93E-15	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	1,31E-18
Яблоня ягодная (Маг.) . {21}		< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,215952
Роза майская (ЗУК) ...{22}	< 1,0E-29		< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,974315	8,79E-10	< 1,0E-29
Роза майская (СЗЗ)....{23}	< 1,0E-29	< 1,0E-29		0,83424	< 1,0E-29	7,31E-26	< 1,0E-29
Роза майская (Маг.)....{24}	< 1,0E-29	< 1,0E-29	0,83424		< 1,0E-29	3,33E-25	< 1,0E-29
Карагана древов. (ЗУК) {25}	< 1,0E-29	0,974315	< 1,0E-29	< 1,0E-29		7,35E-10	< 1,0E-29
Карагана древов. (СЗЗ).. {26}	< 1,0E-29	8,79E-10	7,31E-26	3,33E-25	7,35E-10		< 1,0E-29
Карагана древов. (Маг.) {27}	0,21595	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	< 1,0E-29	

Научное издание

**Бухарина Ирина Леонидовна**  
**Поварницина Татьяна Михайловна**  
**Ведерников Константин Евгеньевич**

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ  
В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ**

Монография

Редактор Мерзлякова И.М.  
Технический редактор М.Ю.Соловьева

Подписано в печать 10.08.2007 г. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 12,6. Уч.-изд. л. 9,4. Тираж 500 экз.

ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА,

426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.