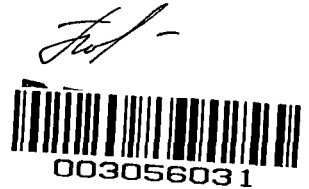


На правах рукописи

**ПОВАРНИЦИНА
ТАТЬЯНА МИХАЙЛОВНА**



**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
АДАПТАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ К УСЛОВИЯМ
КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ
(НА ПРИМЕРЕ Г. ИЖЕВСКА)**

Специальность 03.00.16 – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тольятти – 2007

Работа выполнена на кафедре общей экологии Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет»

НАУЧНЫЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ:

доктор биологических наук, профессор
Туганаев Виктор Васильевич

ОФИЦИАЛЬНЫЕ
ОППОНЕНТЫ:

доктор биологических наук
Кавеленова Людмила Михайловна

доктор биологических наук, доцент
Неверова Ольга Александровна

ВЕДУЩАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ:

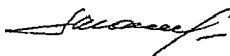
Институт биологии
Уфимского научного центра РАН

Защита состоится **26 апреля 2007 г. в 16⁰⁰ часов** на заседании диссертационного совета Д 002.251.01 при Институте экологии Волжского бассейна РАН по адресу: 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10.
Тел. (8482) 48-99-77 факс (8484) 48-95-04 E-mail: ievbras2005@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института экологии Волжского бассейна РАН

Автореферат разослан «23» марта 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



А.Л. Маленёв

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Создание экологически благоприятной среды в крупных городах является одной из важнейших проблем. Одним из путей ее решения является оптимизация внутригородских древесных насаждений, выполняющих средообразующие, средоулучшающие и средорегулирующие функции. Для научно обоснованного обустройства зеленого хозяйства необходимо иметь объективные представления не только о количестве и качестве существующих насаждений, но и обладать информацией об эколого-физиологическом состоянии каждого вида и иметь данные, позволяющие оценить роль растений в улучшении качества среды. К числу малоизученных относятся вопросы адаптации растений к условиям городской среды, без исследования которых вряд ли возможно проведение работ по экологической оптимизации города.

Важность указанных проблем и задач отмечалась многими известными учеными (Кулагин, 1974; Тарабрин, 1974; Николаевский, 1979, 2002; Сергейчик, 1984; Чернышенко, 1996; Неверова, 1999, 2001а, б, Кавеленова, 2003 и др.), результаты исследований которых находят широкое применение в практике зеленого хозяйства в городах. Но далеко не все эколого-физиологические аспекты отношения «растение – город» рассмотрены в достаточной мере. Так, остаются слабо изученными вопросы комплексного воздействия факторов городской среды на экологические и физиолого-биохимические особенности растений, нет четкого представления об участии вторичных метаболитов в явлениях адаптации, хотя, предположительно, именно эти вещества обеспечивают устойчивость растений в условиях стресса (Чупахина, Масленников, 2004; Lavola, Julkunen-Tiitto, Raakkonen, 1994, Powers, 1999). К числу слабо разработанных вопросов относится оценка роли древесных насаждений в биогеохимическом круговороте элементов в урбаноэкосистемах.

Цель работы – изучение эколого-физиологических особенностей адаптации и оценка средорегулирующей роли древесных растений в урбаноэкосистемах крупных промышленных центров на примере г. Ижевска.

Задачи исследования:

1. Изучить физиологическое состояние древесных растений в составе насаждений с различной функциональной нагрузкой,
2. Дать оценку эффективности эколого-биохимической адаптации древесных растений к условиям урбанизированной среды и участия в ней вторичных метаболитов;
3. Установить особенности динамики содержания основных элементов минерального питания в структурных частях растений в условиях городской среды;
4. Выявить наиболее информативные показатели для объективного и оперативного мониторинга окружающей среды;
5. Оценить экологическую толерантность и средорегулирующий потенциал древесных растений в условиях городской среды и на этой основе дать рекомендации по экологической оптимизации урбаноэкосистем с использованием изученных видов.

В качестве модели крупного промышленного центра выбран г. Ижевск с населением свыше 640 тыс. человек, развитой промышленностью, транспортной сетью и социальной инфраструктурой. Уровень загрязнения в г. Ижевске соответствует средне-статистическим показателям городов России.

Научная новизна. Впервые в г. Ижевске проведен анализ состояния древесных растений с использованием физиологических и биохимических методов. Выявлены экологически значимые физиолого-биохимические показатели, отражающие реакцию растений на техногенное загрязнение и обеспечивающие механизмы адаптации. Впер-

вые установлены особенности динамики основных элементов минерального питания в структурных частях растений в условиях городской среды. Дана оценка средорегулирующего и природного потенциала древесных насаждений. Результаты исследований представляют теоретический и практический интерес для крупных городов и, прежде всего, для г. Ижевска.

Защищаемые положения:

1. Физиолого-биохимические реакции древесных растений в составе разных экологических категорий насаждений на урбанизированную среду являются видоспецифичными.
2. В условиях города происходит нарушение гомеостаза основных элементов минерального питания и изменение характера их распределения в структурных частях растений.
3. Для оценки экологического состояния, устойчивости, средорегулирующего потенциала древесных растений и суммарного загрязнения городской среды возможно использование биохимических и физиологических показателей.

Теоретическая значимость работы. Обозначены эколого-биологические особенности адаптации ряда видов древесных растений в урбаносреде. Оригинальные материалы исследований расширяют существующие представления о роли вторичных метаболитов в адаптации растений к условиям промышленного загрязнения. Получены новые данные по динамике основных элементов минерального питания. Работа содержит сравнительную информацию для аналогичных исследований в других регионах.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по экологической оптимизации урбанозкосистем с использованием изученных видов. Ряд видов и их показатели могут быть рекомендованы к использованию как информативные при мониторинге состояния урбанозкосистем.

Реализация результатов исследования. Результаты диссертационных исследований включены в Доклад об экологической обстановке в г. Ижевске в 2005 г. Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации г. Ижевска, используются в работе отдела озеленения Главного Управления архитектуры и градостроительства г. Ижевска, при чтении курса «Урбанозкология» в Удмуртском государственном университете.

Личный вклад автора. Автором определены цель и задачи исследований, осуществлен сбор материала, математическая обработка, анализ и обобщение полученных результатов. Текст диссертации написан по плану, согласованному с научным руководителем.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы аграрной науки и пути их решения» (Ижевск, 2005 г.), Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: от генов до экосистем» (Екатеринбург, 2005 г.), Международной конференции «Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов» (Кемерово, 2006 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 174 страницах, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 289 источников, из них 20 на иностранном языке и 17 приложений. Работа содержит 4 таблицы и 32 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

Дана общая характеристика города как специфической экологической среды. Рассмотрено влияние промышленного производства и транспорта на процессы транс-

формации урбанизированной среды, а также влияние техногенной нагрузки на жизнедеятельность древесных растений и их средорегулирующая роль.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ (Г. ИЖЕВСК)

Дана характеристика физико-географического положения, климата г. Ижевска, метеорологических условий периода исследований (2003-2005 гг.), описаны особенности транспортно-промышленного комплекса и состояние древесных насаждений города.

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы г. Ижевска вносят предприятия черной металлургии, теплоэнергетики, машиностроения, автотранспорт (Стурман, 1998; Доклад..., 2004; Доклад ..., 2005). Зеленые насаждения характеризуются большим количеством деревьев в возрасте 30-50 лет, что свидетельствует о «старении» зеленого фонда города; 80% древесных растений характеризуются как умеренно ослабленные, ослабленные и усыхающие; отмечена тенденция уменьшения площади, занимаемой зелеными насаждениями.

Глава 3. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дана эколого-биологическая характеристика объекта исследований, которым являются древесные растения, произрастающие в составе различных экологических категорий зеленых насаждений: магистральные посадки (крупнейшие магистрали города – улицы Удмуртская и К. Либкнехта); санитарно-защитные зоны ведущих промышленных предприятий – Ижсталь, Нефтемаш, Буммаш, Автозавод, ИЭМЗ. В качестве зон условного контроля (ЗУК) выбраны территории Ботанического сада УдГУ (северная окраина города) и городского парка ландшафтного типа (ЦПКиО им. С.М. Кирова) (Краснощочева, 1987).

Характеристику степени загрязнения атмосферного воздуха г. Ижевска, метеорологических условий в годы исследований проводили путем изучения официальных опубликованных материалов. Расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для районов исследования проведен на основании официальных материалов Удмуртского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УЦГМС). Сведения о структуре и площадях объектов зеленого фонда получены из материалов Генерального плана г. Ижевска (2005).

Физиолого-биохимическая оценка состояния древесных растений выполнена на 10 видах основного ассортимента растений, которые представлены во всех изучаемых типах насаждений.

На основании описаний пробных площадей (по 5-10 в каждом исследуемом районе, заложенных регулярным способом, площадью не менее 0,25 га) проведен отбор и нумерация учетных растений (по 10 растений каждого вида, для физиолого-биохимических исследований из них выбраны по 3 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, Попадюк и др., 1990)). Общее количество учетных растений – более 900.

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

Анализы провели трижды в течение вегетации. Отбор растительных образцов проводили в утренние часы, отбирали ассимилирующие листья на верхушечных вегетативных удлиненных годичных побегах. Оценку фотосинтетической деятельности древесных растений проводили в 2003 и 2004 гг. методом половинок (Тарабрин, 1974; Методиче-

ские указания..., 1989), в 2005 г. – бескамерным методом (Быков, 1974). Содержание аскорбиновой кислоты в листьях определяли по ГОСТ 24556-89, водоудерживающую способность листьев – весовым методом (Николаевский, 2002). За годы исследований был проведен анализ фотосинтеза, водоудерживающей способности и аскорбиновой кислоты более 5000 образцов.

Содержание дубильных веществ (таннинов) в побегах растений анализировали в начале (март) и конце (сентябрь) вегетации по методу Нейбауэра–Лёвентала. Всего за годы исследований проанализировано более 1500 образцов. Анализ содержания основных элементов минерального питания в структурных частях растений проводили в период активной вегетации и во время листопада. Азот определяли фотоколориметрическим методом с использованием реактива Несслера; фосфор – по Труогу-Мейеру; калий – методом пламенной фотометрии (Руководство по..., 1982). Проведено около 3300 анализов.

Повторность физиолого-биохимических анализов трехкратная.

В местах отбора растительных образцов проведен отбор почвенных проб (ГОСТ 17.4.3.01-83; Методические указания..., 1996; Методические рекомендации по оценке..., 1999). Проведен анализ агрохимических и физических свойств почвы: pH_{KCl} (ГОСТ 26483-91), pH_{H_2O} (ГОСТ 17.54.01-84), гумус (%) – по методу И.В. Тюрина, 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 (Аринущкина, 1961; Практикум по агрохимии, 1987; Кузнецов, 1997). Анализ почв на содержание ионов натрия проведен 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 изучали химизм снежного покрова. Пробы для этого отбирали в марте в местах отбора растительных образцов (Методические рекомендации по оценке..., 1999). 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 (Cu, Cd, Pb, Zn, Mo, Ni) на вольтамперометрическом анализаторе «Ива-5». Фоновые образцы снега взяты на территории лесного массива, удаленного на расстояние 60 км от г. Ижевска.

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

Математическую обработку материала проводили с помощью статистического пакета Statistica 5,5. Для интерпретации полученных результатов использовали дисперсионный многофакторный анализ (по перекрестно-иерархической схеме, при последующей оценке различий методом множественного сравнения LSD-test), а также корреляционный анализ (по коэффициенту Спирмена).

Глава 4. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СОСТАВЕ НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН Г. ИЖЕВСКА

4.1 Экологическая характеристика условий произрастания древесных насаждений разного функционального назначения

При ее составлении использованы материалы зонирования города по уровню загрязнения почв и атмосферного воздуха (данные Геоэкологической лаборатории 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 снеж-

ного покрова, отобранных нами в местах произрастания древесных растений. Для характеристики уровня загрязнения атмосферного воздуха нами проведен расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) для каждого района. Такие предприятия как «Ижсталь», «ИЭМЗ» расположены в центральной части города, «Буммаш» и «Автозавод» – в северо-восточной промышленной зоне, «Нефтемаш» – в восточной центральной промышленной зоне. На выбранных магистралях наблюдается интенсивный поток автотранспорта, наибольшие уровни шума и загрязнения атмосферного воздуха.

По сравнению с пригородной и парковой зонами в санитарно-защитных зонах и, особенно, вдоль магистралей наблюдается высокий уровень загрязнения почв, снежного покрова и более высокие значения суммарного индекса загрязнения атмосферы. Изменяются агрохимические и физические свойства почв в этих районах: возрастают значения pH, изменяется содержание элементов минерального питания, снижается влажность, увеличивается плотность сложения. В магистральных посадках для почв характерно довольно высокое содержание ионов натрия и хлора, а также органических веществ. Среди промышленных предприятий наибольшая техногенная нагрузка характерна для санитарно-защитных зон предприятий «Ижсталь», «Буммаш» и «Автозавод». Особенно неблагоприятная экологическая обстановка складывается вдоль магистралей. 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.

4.2 Эколого-физиологическое состояние древесных растений

4.2.1 Ассимиляционная активность древесных растений Дисперсионный анализ результатов 2004 г. выявил значимое влияние видовых особенностей ($P < 10^{-29}$) и условий места произрастания ($P < 10^{-29}$) на интенсивность фотосинтеза (ИФ). Существенность влияния периода вегетации математически не доказана ($P = 0,08$). Последнее, на наш взгляд, вызвано тем, что метеорологические условия этого года в период ассимиляционной деятельности были довольно благоприятными и равными.

В целом, отмечены достоверные различия ИФ древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах г. Ижевска. Наблюдается угнетение ИФ тем большее, чем сильнее антропогенный пресс (т.е. в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистральные посадки).

Интенсивность фотосинтеза изучаемых видов в различных функциональных зонах представлена на рисунке 1. Высокой ИФ отличаются тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), яблоня ягодная (*Mallus baccata* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), низкой – береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.).

В магистральных посадках высокой ИФ обладает тополь бальзамический, очень низкой – береза повислая.

Угнетение фотосинтеза по мере возрастания техногенной нагрузки отмечено у березы повислой и рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.), достоверное снижение ИФ только в СЗЗ промпредприятий – у тополя бальзамического и липы мелколистной, только вдоль магистралей – у яблони ягодной (хотя в этой зоне показатели фотосинтеза у данного вида достаточно высоки). У ивы козьей (*Salix caprea* L.) и караганы древовидной наблюдается снижение ИФ в магистральных посадках, в то время как в СЗЗ предприятий этот показатель у них существенно возрастает по сравнению с ЗУК. У клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) отмечено большее снижение фотосинтеза в СЗЗ промпредприятий нежели в магистральных посадках.

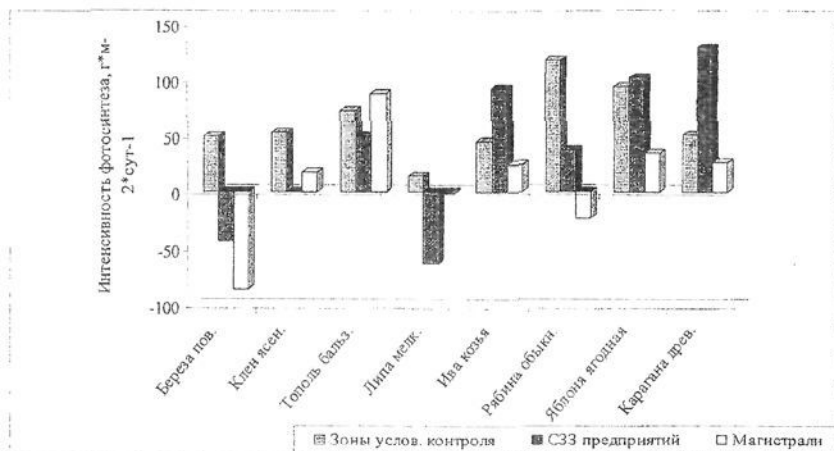


Рис. 1 – Видовые особенности интенсивности фотосинтеза древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2004 г.)

Дисперсионный анализ результатов 2005 г., менее благоприятного по погодным условиям, выявил, что существенное влияние на ИФ оказывают сроки вегетации ($P < 10^{-25}$) и условия мест произрастания ($P=0,0008$), а видовые особенности проявляются лишь во взаимодействии с условиями мест произрастания ($P = 1,78 \cdot 10^{-5}$).

Нами установлено достоверное снижение ИФ в течение вегетации. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях техногенной нагрузки только в начале ассимиляционного периода (июнь) зеленые насаждения способны выполнять относительно полноценно средорегулирующую 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 промпредприятий ИФ существенно возрастает по сравнению с ЗУК на 32%, а в магистральных посадках, наоборот, снижается на 30%. При анализе динамики ИФ в течение вегетации выявлено, что в СЗЗ промышленных предприятий фотосинтетическая деятельность древесных растений достоверно повышается только в июне, а в магистральных посадках ассимиляционная активность угнетена уже в июне (ИФ ниже в 5,8 раз, чем в ЗУК), и на таком же низком уровне поддерживается в июле и августе. 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.

Изменение ИФ изучаемых видов растений в условиях различной техногенной нагрузки представлено на рис. 2.

Относительным постоянством ассимиляционной активности отличаются тополь бальзамический, ива козья, рябина обыкновенная (нет достоверной разницы между зонами). В СЗЗ промпредприятий клен ясенелистный и ель колючая (*Picea pungens* Engelm. f. *glauca* Regel.) способны увеличивать ИФ, а снижают ассимиляционную активность только в зоне наибольшего загрязнения (в магистральных посадках) береза

повислая, липа мелколистная, яблоня ягодная и роза майская. Для караганы древовидной характерно возрастание ассимиляции в СЗЗ промышленных предприятий и угнетение фотосинтеза в магистральных посадках.

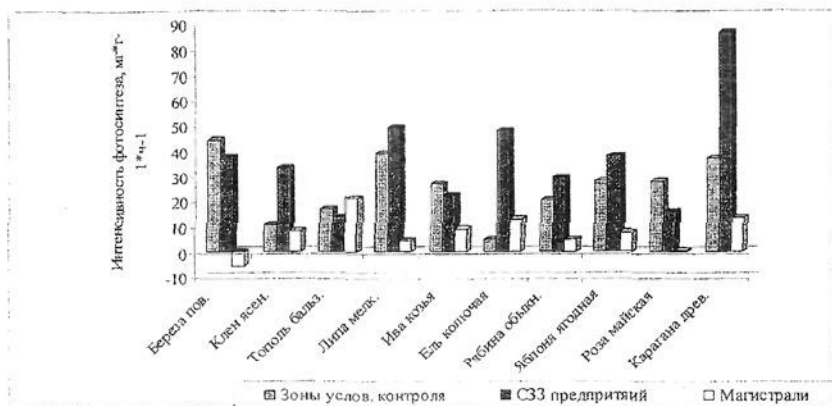


Рис. 2 – Видовые особенности интенсивности фотосинтеза древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2005 г.)

Таким образом, отмечается тенденция снижения ИФ древесных растений, начиная с июля, а в магистральных посадках уже в июне. Основные средорегулирующие функции в парковой зоне города выполняют яблоня ягодная, рябина обыкновенная, клен ясенелистный, в санитарно-защитных зонах промпредприятий – ива козья, яблоня ягодная и карагана древовидная, в магистральных посадках – тополь бальзамический и яблоня ягодная, т.е. значимая средорегулирующая роль принадлежит интродуцентам.

4.2.2 Вододерживающая способность листьев Дисперсионный анализ установил существенность влияния видовых особенностей ($P < 10^{-29}$), условий места произрастания ($P = 1,33 \cdot 10^{-15}$), срока вегетации ($P < 10^{-29}$), а также их взаимодействия ($P = < 2,16 \cdot 10^{-25}$) на вододерживающую способность листьев.

В течение вегетации ВС древесных растений достоверно снижается, что может быть обусловлено нарушением защитных свойств мембран клеток листьев, связанным с более продолжительным воздействием полнотантов на ассимиляционный аппарат растений и накоплением в них загрязняющих веществ. Эта тенденция характерна для всех изучаемых видов (рис. 3), за исключением клена ясенелистного, у которого ВС, наоборот, увеличивается в течение вегетации.

Однако отмечено увеличение вододерживающей способности листьев в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках по сравнению с ЗУК, что в целом характеризует адаптационную роль изучаемого показателя.

В июне ВС в зоне влияния промпредприятий и в магистральных посадках не имеет достоверных отличий, в июле по сравнению с ЗУК данный показатель существенно выше только в магистральных посадках, а в августе – и в СЗЗ промпредприятий.

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

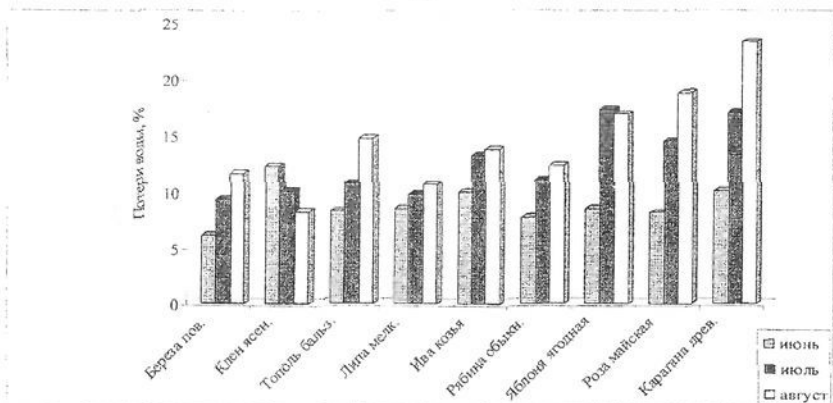


Рис. 3 – Видовые особенности водоудерживающей способности листьев древесных растений в течение вегетации (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Видовые особенности изучаемых древесных растений показаны на рисунке 4.

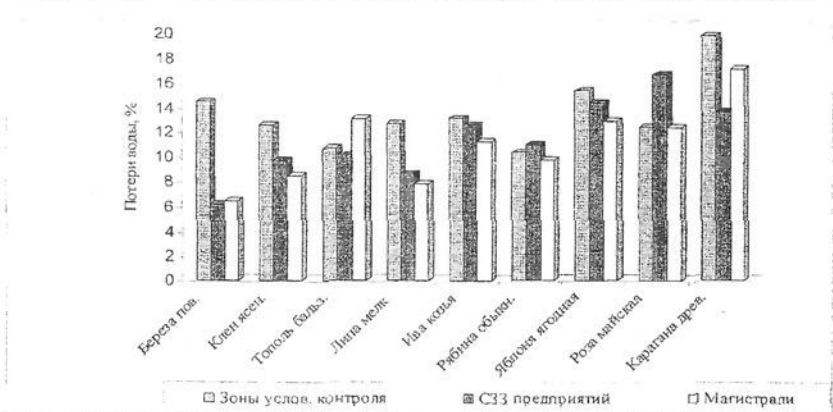


Рис. 4 – Видовые особенности водоудерживающей способности листьев древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

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.

4.3 Динамика содержания вторичных метаболитов в структурных частях древесных растений

4.3.1 Содержание аскорбиновой кислоты в листьях Дисперсионный анализ выявил существенность влияния видовых особенностей ($P < 10^{-29}$), условий места про-

израстания ($P = 1,9 \cdot 10^{-26}$) и срока вегетации ($P < 10^{-29}$), а также их взаимодействия ($P < 10^{-29}$) на содержание аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений.

В течение вегетации (июнь-август) наблюдается постепенное снижение содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений, что свидетельствует о снижении активности окислительно-восстановительных процессов и согласуется с данными по ассимиляционной активности растений.

При возрастании степени техногенной нагрузки отмечен достоверный рост содержания аскорбиновой кислоты, что свидетельствует об участии аскорбиновой кислоты в механизмах адаптации растений к условиям урбаноcреды.

В целом в городских условиях наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено в листьях тополя бальзамического и яблони ягодной (420,18 и 514,03 мг% соответственно), наименьшее – в листьях рябины обыкновенной и розы майской (221,06 и 232,31 мг%).

С увеличением техногенной нагрузки, т.е. в ряду ЗУК – СЗЗ промпредприятий – магистрали, яблоня ягодная и тополь бальзамический (в основном, это виды с высокой ассимиляционной активностью) существенно увеличивают содержание аскорбиновой кислоты в листьях (рис. 5), что, на наш взгляд, может обуславливать их устойчивость к загрязнению.

Интересная динамика содержания аскорбиновой кислоты выявлена у ели колючей: 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%) по сравнению с остальными видами. 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 и согласуется с данными по ассимиляционной активности.

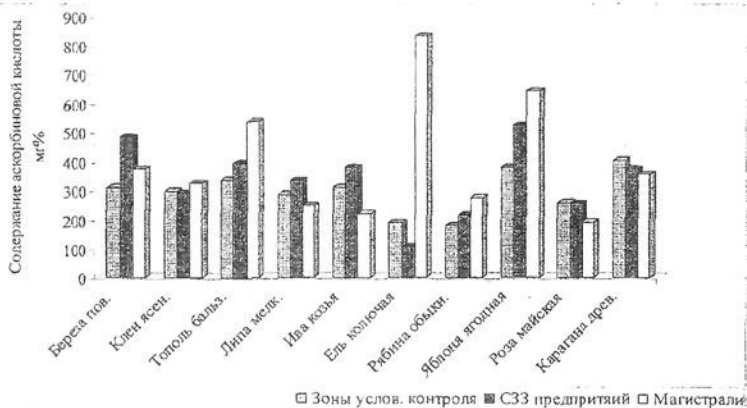


Рис. 5 – Видовые особенности содержания аскорбиновой кислоты в листьях древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск, 2004-2005 гг.)

Таким образом, для всех видов характерно снижение содержания аскорбиновой кислоты в ассимиляционных органах в течение вегетационного периода, что согласуется с данными по фотосинтетической активности и, видимо, связано с накоплением поллютантов в листьях и расходом аскорбиновой кислоты на их нейтрализацию. В целом, в условиях урбаноcреды высокой активностью окислительно-восстановительных процессов отличаются тополь бальзамический и яблоня ягодная, которые не только поддержи-

вают жизнедеятельность в экологически неблагоприятных условиях, но и за счет участия вторичных метаболитов активно осуществляют фотосинтетическую деятельность.

4.3.2 Динамика содержания дубильных веществ в побегах На содержание танинов в побегах древесных растений существенное влияние оказывают видовые особенности ($P = 5,53 \cdot 10^{-30}$), условия места произрастания ($P = 2,71 \cdot 10^{-28}$), сроки вегетации ($P < 10^{-29}$), а также их взаимодействие ($P < 1,12 \cdot 10^{-22}$).

В начале вегетации (март) в побегах растений, произрастающих в СЗЗ промышленных предприятий и в магистральных посадках, содержание танинов существенно ниже такового в парковой зоне, 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 танинов в побегах растений (в среднем в 4 раза), что может быть объяснено реакцией растений на стрессовые факторы (рис. 6).



Рис. 6 – Содержание танинов в побегах древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах, в разные периоды вегетации (г. Ижевск)

К концу вегетации в побегах клена ясенелистного, ивы козьей, рябины обыкновенной концентрация данного метаболита достоверно возрастает в 2-3 раза, в то время как в побегах березы повислой, тополя бальзамического, липы мелколистной, караганы древовидной – в 4-6 раз, а в побегах яблони ягодной отмечена максимальная динамика данного метаболита – его количество возрастает в 10 раз (рис. 7).

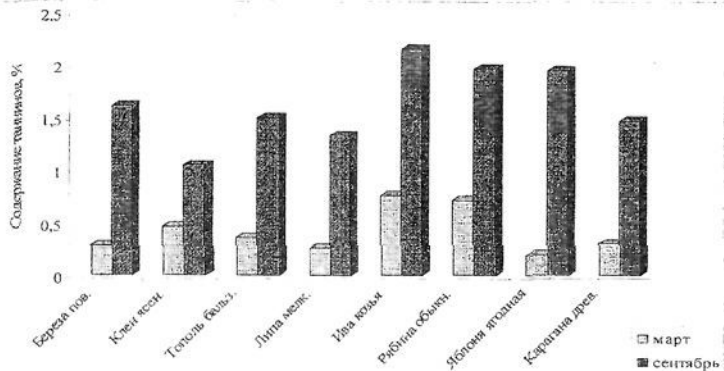


Рис. 7 – Видовые особенности содержания танинов в побегах древесных растений в разные периоды вегетации (г. Ижевск)

Видовая специфика содержания танинов в побегах деревьев в различных функциональных зонах отражена на рисунке 8.

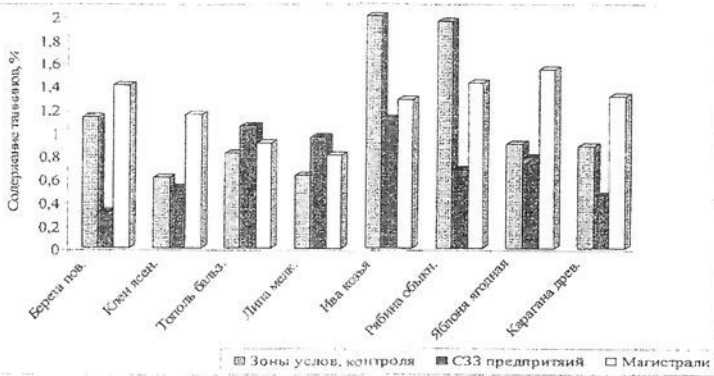


Рис. 8 – Видовые особенности содержания танинов в побегах древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

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). Показатель достоверно снижается в ряду ЗУК – магистральные посадки – СЗЗ промышленных предприятий у ивы козьей и рябины обыкновенной. Следует отметить, что только у последних из всех изучаемых видов выявлена такая реакция.

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 урбаноцистем.

4.4 Взаимосвязь показателей физиологического и биохимического 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 ($r = 0,12$, $P = 0,001$, $n = 648$), что согласуется с данными, полученными в исследованиях В.С. Николаевского (1979, 2002), О.А. Неверовой, Е.Ю. Колмогоровой (2003). 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), установленное у тополя бальзамического и розы майской ($r = -0,22$, $P = 0,042$, $n = 90$ и $r = -0,33$, $P = 0,035$, $n = 42$

соответственно), свидетельствует о том, что возрастание водоудерживающей способности листьев способствует повышению их ассимиляционной активности.

Отрицательная корреляционная связь между водоудерживающей способностью листьев и содержанием в них аскорбиновой кислоты выявлена у видов кустарникового яруса: рябины обыкновенной ($r = -0,46$, $P = 0,005$, $n = 36$), 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.

4.5 Динамика распределения основных элементов минерального питания (N, P, K) в структурных частях древесных растений

Дважды в течение вегетации (июнь и сентябрь) мы определяли содержание основных элементов минерального питания в побегах и листьях древесных растений. Дисперсионный анализ выявил существенность влияния видовых особенностей, условий места произрастания и срока вегетации, а также их взаимодействия на содержание азота, фосфора и калия в структурных частях древесных растений.

Интересно отметить, что в целом весенние и осенние листья и побеги у большинства древесных растений в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках имеют достоверно большее процентное содержание азота по сравнению с зонами условного контроля. Эта особенность четко прослеживается у березы повислой, клена ясенелистного, ивы козьей, яблони ягодной и караганы древовидной (рис. 9, 10).

Одной из причин повышенного содержания азота в листьях и побегах, 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). Анализ доступных растениям форм минерального азота в почвах выявил либо их низкое содержание, либо высокую актуальную кислотность почв ($pH_{H_2O} = 7,7-8,3$), что значительно снижает возможность их поглощения растениями. Установлена значимая корреляционная связь содержания азота в листьях с концентрацией оксида азота в атмосферном воздухе ($r = 0,15$, $P = 0,049$, $n = 168$).

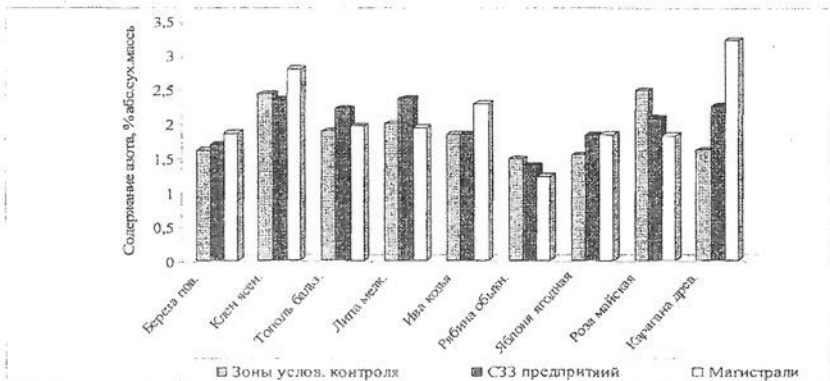


Рис. 9 – Видовые особенности содержания азота в листьях древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

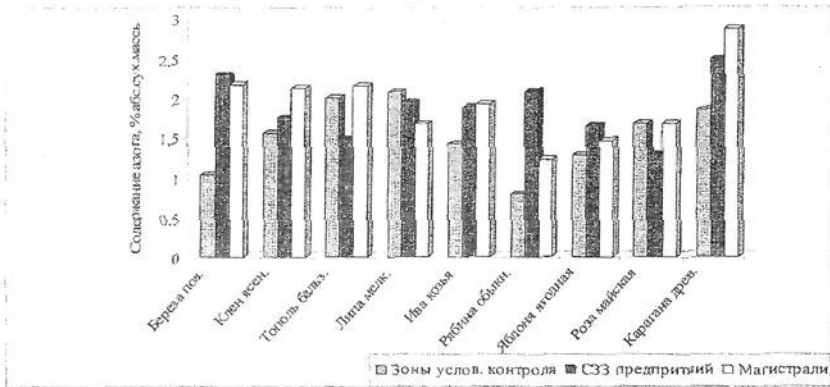


Рис. 10 – Видовые особенности содержания азота в побегах древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах (г. Ижевск)

Содержание калия в листьях большинства изученных видов существенно возрастает с увеличением степени техногенной нагрузки (исключение – клен ясенелистный и роза майская, у которых оно снижается). Это, на наш взгляд, связано с нарушением водообмена растений, вызванного условиями среды, усиливающими транспирацию растений, и, следовательно, меняющими скорость транспорта воды по растению. Для фосфора в условиях городской среды, наоборот, характерно снижение концентрации.

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 побегах и листьях.

В июне листья имеют более высокое содержание азота, фосфора и калия по сравнению с побегами, и поэтому показатель отношения элемента в системе побег/лист менее единицы. При увеличении степени техногенной нагрузки этот показатель существенно возрастает для фосфора – только в санитарных зонах (на 0,228), для калия – существенно снижается в магистральных посадках (на 0,306), а для азота не имеет достоверных отличий.

В конце вегетации происходит отток основных элементов минерального питания из листьев в побеги, поэтому показатель отношения элемента в системе побег/лист более единицы. В целом наблюдается существенное увеличение этого показателя для азота при увеличении степени техногенной нагрузки. В промышленных зонах осенний отток азота нарушен у липы мелколистной, розы майской и караганы древовидной; в магистральных посадках – у караганы древовидной. У березы повислой, клена ясенелистного и рябины обыкновенной этот показатель существенно увеличивается в ряду ЗУК – СЗЗ промышленных предприятий – магистраль, у липы мелколистной, наоборот, – уменьшается. Таким образом, можно заключить, что показатель отношения содержания азота в побегах к его содержанию в листьях тесно связан с условиями произрастания и видовыми особенностями, следовательно, может быть рекомендован для целей индикации.

В отличие от азота, отношение содержания фосфора в системе побег/лист достоверно увеличивается только у растений в магистральных посадках, а калий – увеличивается в СЗЗ промышленных предприятий и снижается в магистральных посадках.

Для всех изучаемых видов растений характерен слабый отток калия из листьев в побеговую систему, наиболее сильное нарушение 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 5. РОЛЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ОПТИМИЗАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

5.1 Оценка средорегулирующего потенциала древесных насаждений

Для оценки средорегулирующей роли древесных растений в условиях г. Ижевска нами был проведен расчет поглощаемого ими объема оксида углерода. Используемая методика определения интенсивности фотосинтеза (Быков, 1974) предусматривает пересчет показателя на поглощение CO_2 ($\text{мг}_{\text{CO}_2} \text{г}^{-1} \text{ч}^{-1}$) единицей сырой массы листа, поэтому для расчетов поглощения CO_2 насаждениями использованы полученные нами экспериментальные результаты.

По данным Докладов об экологической обстановке в Ижевске (2004-2006) в атмосферу города поступает в год примерно 52716 тонн CO_2 . Проведенные расчеты показали, что за вегетационный период древесными растениями города поглощается примерно 28324 тонны CO_2 (54% его годового поступления в атмосферу). Таким образом, древесные насаждения Ижевска поглощают в течение вегетации 3,2 т/га CO_2 , что на порядок ниже, чем высокопроизводительные сомкнутые древостои умеренного климата (20-25 т/га углекислоты).

Для повышения средорегулирующей роли насаждений необходимо увеличивать их площадь, используя виды древесных растений с максимальной ассимиляционной способностью в урбаносреде, т.е. высоким эколого-физиологическим потенциалом. 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».

5.2 Возможность использования физиолого-биохимических показателей древесных растений в целях индикации качества окружающей среды

В ходе корреляционного анализа 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 CO ($r = -0,18$, $P = 6,53 \cdot 10^{-6}$, $n = 648$), NO_2 ($r = 0,16$, $P = 3,99 \cdot 10^{-5}$, $n = 648$) и фенола ($r = -0,25$, $P = 2,54 \cdot 10^{-6}$, $n = 357$).

Содержание аскорбиновой кислоты высоко коррелирует с содержанием в воздухе CO ($r = -0,13$, $P = 0,001$, $n = 648$), NO_2 ($r = 0,20$, $P = 3,25 \cdot 10^{-7}$, $n = 648$) и фенола ($r = -0,11$, $P = 0,041$, $n = 357$).

Выявлена существенная корреляционная связь водоудерживающей способности листьев с содержанием в воздухе CO ($r = 0,10$, $P = 0,02$, $n = 648$) и NO_2 ($r = -0,26$, $P = 2,24 \cdot 10^{-11}$, $n = 648$).

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_2 (при существующем уровне загрязнения), наоборот, повышает эти показатели.

Установлена высокая положительная корреляционная связь содержания таннинов с NO_2 ($r = 0,15$, $P = 0,047$, $n = 177$) 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 ($r = -0,67-0,79$, $P = 0-0,006$, $n = 15$ – 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_2 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 урбаносистем.

ВЫВОДЫ

1. На ассимиляционную активность, водоудерживающую способность и содержание вторичных метаболитов в структурных частях древесных растений в условиях крупного города достоверное влияние оказывают условия мест произрастания и биологические особенности вида, а также взаимодействие этих факторов. Выявлено снижение интенсивности фотосинтеза на 30 % 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.
2. В течение вегетации наблюдается снижение водоудерживающей способности листьев (ВС). Установлено возрастание данного показателя у деревьев в СЗЗ промышленных предприятий и магистральных посадках (на 26 и 28 % соответственно), что свидетельствует о его адаптационной роли. Наибольшей ВС в условиях урбанизированной среды обладают береза повислая, клен ясенелистный, липа мелколистная. Возрастание водоудерживающей способности листьев способствует повышению их ассимиляционной активности.
3. В условиях антропогенного стресса у древесных растений отмечается достоверное изменение содержания вторичных метаболитов. Отмечено увеличение концентрации 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 ассимиляционной активности растений ($r = 0,12$, $P = 0,001$, $n = 648$). В начале вегетации побеги древесных растений исследуемых функциональных зон отличаются более низким по сравнению с зонами условного контроля содержанием таннинов (в 1,4-1,6 раза). В конце вегетации концентрация метаболита в побегах в этих районах увеличивается в 1,2 раза, у видов с высокой ассимиляционной активностью – в среднем в 6 раз, что может свидетельствовать о его участии в механизмах адаптации. Установленные особенности изменения содержания таннинов в побегах ивы козьей, яблоня ягодной, рябины обыкновенной позволяют рекомендовать их к использованию в мониторинге состояния окружающей среды.

4. Весенние и осенние листья и 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.
5. Анализ изучаемых показателей и их адаптационной роли позволяет выделить две группы растений: такие виды, как липа мелколистная и береза повислая, имея высокие показатели водоудерживающей способности листьев и содержания вторичных метаболитов, не обладают существенной интенсивностью фотосинтеза; у яблони ягодной, тополя балзамического выявлена также и высокая ассимиляционная деятельность и, следовательно, именно такие виды, обладающие высокой функциональной активностью, можно рекомендовать к широкому использованию для целей экологической оптимизации городской среды.
6. Наличие достоверной корреляционной связи между изучаемыми физиолого-биохимическими показателями и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, концентрацией отдельных загрязнителей позволяет рекомендовать физиологические и биохимические параметры деревьев и кустарников для косвенной оценки суммарного загрязнения атмосферного воздуха в городе.
7. Расчет объемов годового поглощения CO_2 показал, что древесными насаждениями города поглощается 54% индустриальных выбросов и составляет 3,2 т $\text{CO}_2/\text{га}$, что на порядок меньше, чем поглощение высокопродуктивными сомкнутыми древостоями умеренного климата. Это свидетельствует о неспособности имеющихся древесных насаждений Ижевска поддерживать стабильность концентрации CO_2 на экологически безопасном уровне, необходимости увеличения их площади и соответствующей организации пригородных территорий.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для характеристики состояния насаждений и отдельных видов древесных растений и их экологической роли необходимо наряду с таксацией использовать комплекс физиолого-биохимических характеристик, объективно отражающих функциональное состояние растений.
2. Ряд видов и их показатели могут быть рекомендованы к использованию как информативные при мониторинге состояния урбанозкосистем (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 и содержание аскорбиновой кислоты в листьях.
3. Высокое содержание в почвах фосфора и калия дает возможность исключить внесение удобрений, содержащих эти элементы. Щелочные значения pH почвы в условиях интенсивной антропогенной нагрузки делают малодоступными для растений почвенные запасы азота. Для разработки рекомендаций по азотному питанию растений необходимы дополнительные исследования. Карагану древовидную можно рекомендовать к использованию в озеленении районов с высокой концентрацией окислов азота в атмосферном воздухе.
4. Необходим дифференцированный подход к подбору ассортимента древесных растений для создания различных экологических категорий насаждений. Для магистральных посадок мы рекомендуем использовать – яблоню ягодную (*Malus baccata* L.), тополь баль-

замический (*Populus balsamifera* L.) и карагану древовидную (*Caragana arborescens* Lam.); в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий – к ним можно добавить березу повислую (*Betula pendula* Roth.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.) и ель колочую (*Picea pungens* Engelm. *f. glauca* Regel.); в лесопарковой зоне можно использовать все изученные нами виды древесных растений.

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

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Двоглазова А.А., Поварницина Т.М. К вопросу об особенностях метаболизма основных элементов минерального питания у древесных растений в урбанизированной среде // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2007. – № 1. Вып. 2. – Саратов, 2007 – С. 18-23.
2. Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Поварницина Т.М. Роль зеленых насаждений в обеспечении экологической безопасности города // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеграция науки и практики: матер. межрег. науч.-практ. конф. – Ставрополь: СГУ, 2005. – С. 16-18.
3. Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Поварницина Т.М. Способы оценки средорегулирующей функции древесных насаждений крупного промышленного центра // Биоразнообразии и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Оренбург, 2006. – С. 36-39.
4. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М. Особенности загрязнения снежного покрова урбанизированных территорий тяжелыми металлами (на примере г. Ижевска) // Безопасность. Технологии. Управление: науч. доклады и статьи междунар. конф. – Тольятти, 2005. – С. 87-90.
5. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М. Изучение динамики содержания танинов в побегах древесных растений в условиях урбанизированной среды // Адаптивные технологии в растениеводстве: матер. всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию агроном. ф-та. – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2005. – С. 260-263.
6. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М. Роль древесных растений промышленных центров в круговороте основных элементов минерального питания // Современные аспекты экологии и экологического образования: матер. всерос. конф. – Казань: КГУ, 2005. – С. 404-406.
7. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М. Содержание основных химических элементов в листьях и анализ роста годичных побегов древесных растений в условиях урбанизированной среды // Адаптивные технологии в растениеводстве: матер. всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию агроном. ф-та. – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2005. – С. 263-269.
8. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. Анализ загрязненности снежного покрова г. Ижевска тяжелыми металлами // матер. науч.-практ. конф. преподавателей и сотрудников УдГУ, посвящ. 245-летию г. Ижевска. – Ижевск, УдГУ, 2005. – С. 166-168.
9. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. Анализ изменения биохимических показателей древесных растений в урбанизированной среде // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: матер. всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2005 – С. 229-233.
10. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. Влияние техногенного загрязнения на вододерживающую способность листьев древесных растений // Проблемы промышлен-

- ной ботаники индустриально развитых регионов: матер. докл. междунар. конф. – Кемерово: Ирбис, 2006. – С. 165-168.
11. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. Изменение физиолого-биохимических показателей древесных растений как индикатор загрязнения урбанизированной среды // Экология: от генов до экосистем: матер. конф. молодых ученых. – Екатеринбург: Академкнига, 2005. – С. 213-214.
 12. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. К вопросу изучения экологической роли зеленых насаждений в круговороте химических элементов в условиях урбанизированной среды // Молодые ученые в 21 веке: матер. всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2005. – С. 323-324.
 13. Поварницина Т.М., Бухарина И.Л. К вопросу об использовании анализа загрязненности снежного покрова тяжелыми металлами в оценке состояния урбанизированной среды // Биологическая наука и образование в педагогических вузах. Вып. 4: матер. всерос. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2005. – С. 7-9.
 14. Туганаев В.В., Адаховский Д.А., Бухарина И.Л., Поварницина Т.М. и др. Основные направления исследований экологической оптимизации сельских и урбанизированных территорий // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: матер. всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск: РИО ИжГСХА, 2005. – С. 288-293.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Подписано в печать 21.03.2007. Формат 60x84 1/16.

Тираж 100 экз. Заказ № 480.

Типография ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.