

На правах рукописи

КОЛМОГорова Елена Юрьевна

**ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В ЗЕЛЕННЫХ
НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА КЕМЕРОВО**

03. 00. 05. – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск – 2005

Работа выполнена в отделе экологии растительных ресурсов Института экологии человека СО РАН, г. Кемерово

Научный руководитель

доктор биологических наук,
О.А. Неверова

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,
профессор А.М. Данченко

кандидат биологических наук
А.П. Зотикова

Ведущая организация:

Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства

Защита состоится 1 марта 2005 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.09 в Томском государственном университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, главный корпус.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Томского государственного университета

Автореферат разослан “ _____ ” _____ 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

С.П. Кулижский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Рост городов, развитие промышленности и автотранспорта в них являются причиной повышенного загрязнения окружающей среды. В настоящее время вопрос оптимизации городской среды как среды обитания человека крайне актуален (Brown, Jacobson, 1987; Мазинг, 1984; Одум, 1986; Lewinska, 1987; Николаевский В.С, Неверова О.А., 2000; Неверова О.А., 2001в).

Одним из эффективных средств улучшения среды города является озеленение. Роль зеленых насаждений в снижении негативного воздействия окружающей среды заключается в их способности нивелировать неблагоприятные для человека факторы природного и техногенного происхождения. С этой целью многие экологи (Белов, 1964; Боговая, Теодоронский, 1990; Коропачинский, 1987; Слепьян, 1984) рекомендуют увеличить площадь зеленых насаждений в городах. Высокая степень воздействия негативных антропогенных факторов, присущая урбанизированным территориям, закономерно приводит к ослаблению растительности, преждевременному старению, снижению продуктивности, поражению болезнями, вредителями и гибели насаждений (Беляева, Николаевский, 1989; Коршиков, Лихеенко и др., 1990; Костенко, Боронин, 1993; Фролов, 1998; Чиндяева, 1998; Николаевский, 2000).

Растения являются чуткими индикаторами состояния среды, их можно использовать для зонирования территории по уровню техногенной нагрузки (Кунин и др., 1979; Крючков, 1991; Николаевский, Васина, Николаевская, 1998).

Существующий опыт зеленого строительства Кемерово не учитывает в полной мере неоднородность и специфичность экологических условий различных районов города и уровень их техногенного загрязнения. Озеленение в различных районах города носит крайне неравномерный характер.

Высокая техногенная нагрузка в г. Кемерово выдвигает на первый план задачи оценки степени техногенной нагрузки. В решении данной задачи растения могут являться объективными индикаторами.

Цель работы. Выявить видовой состав древесных и кустарниковых растений г. Кемерово и дать характеристику жизнедеятельности некоторых видов для разработки эффективных методов оценки их устойчивости и предложений по созданию рациональной системы озеленения.

Задачи исследования:

- 1) изучение видового разнообразия деревьев и кустарников, структуры их размещения, степени обеспеченности районов города озелененными территориями;
- 2) исследование состояния древесных растений основного ассортимента в зеленых насаждениях города - функциональной активности фотосинтетического аппарата, фенологических особенностей развития древесных растений, некоторых морфометрических характеристик, жизненного состояния;
- 3) выявление видовой специфики в реакциях исследованных древесных растений на урбанизированную среду и оценка устойчивости деревьев к городским условиям, построение шкал их устойчивости;
- 4) исследование возможности применения методов фитоиндикации для оценки загрязнения городской среды и экологическое зонирование территории города;
- 5) разработка предложений по оптимизации системы озеленения в городе.

Научная новизна: Впервые в г. Кемерово проведен комплексный анализ состояния древесных растений с использованием физиологических, фенологических, анатомических, морфометрических методов. Проведено зонирование территории города с учетом степени обеспеченности озелененными территориями, состояния древесных насаждений и уровнем техногенного загрязнения. Даны рекомендации по озеленению существующих и строящихся районов города, разработан дополнительный ассортимент древесных растений, обладающих высокой декоративностью для озеленения различных типов насаждений города.

Защищаемые положения:

- особенности видовой специфики в морфофизиологических реакциях древесных и кустарниковых растений на урбанизированную среду;
- возможность использования фенологических, физиологических, анатомических, морфологических показателей состояния древесных растений для оценки их устойчивости и суммарного загрязнения городской среды, а также экологического зонирования территории города;
- доказательство необходимости расширения площадей озелененных территорий и ведущего ассортимента древесных насаждений города на основе дифференцированного подхода – с учетом экологических особенностей районов и типов насаждений.

Практическая значимость. По результатам исследований даны практические рекомендации по оценке устойчивости исследуемых видов в зеленых насаждениях города, а также предложен ассортимент древесных растений для озеленения различных экологических зон города.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены на конференции “Экологические и социально-гигиенические аспекты окружающей человека среды” - г. Рязань в 2001 и 2002 гг., а также на международном симпозиуме “Контроль и реабилитация окружающей среды” - г. Томск в 2002 и 2004 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 1 монография в соавторстве

Структура работы. Диссертация изложена на 134 страницах, состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 254 источника, из них 13 на иностранном языке и приложений, изложенных на 29 страницах. Работа содержит 14 таблиц и 12 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы цели и задачи исследований, актуальность темы, научная новизна, практическая значимость работы.

В первой главе приводится краткая характеристика роли и функций городских насаждений в улучшении качества городской среды (Бобохидзе, 1965; Пивкин, Школлер, 1970; Машинский, 1973; Краснощекова, 1973; Тарабрин, 1974; Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Машинский, 1978, Антипов, 1979; Николаевский, 1979; Гудериан, 1979; Сергейчик, 1985 и др.), дается обзор интродукционных исследований в Сибири (Крылов, Салатова, 1955; Зубкус и др., 1962; Морякина 1980; Таран, Агапова, 1981; 1987; Коропачинский, Встовская, 1990), а также характеристика методов фитоиндикации, использующихся для оценки загрязнения окружаю-

щей среды (Барахтенова, Николаевский, 1988; Мальхотра, Хан, 1989; Николаевская, 1990а, 1990б, 1992; Николаевский, 1966, 1968, 1990; Николаевский, Марценюк, 1980; Николаевский, Неверова, 2000; Неверова 1999, 2001а, 2001в, 2002д, 2002б; Рачковская, Ким, 1979; Сергейчик, 1988 и др.).

Организация системы мониторинга, объекты и методы исследований описаны во 2 главе. В 3-6 главах представлен экспериментальный материал и его обсуждение.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты и методы

Исследования проводились в 1999 - 2002 гг. Объект исследований - деревья и кустарники, произрастающие в городе Кемерово на территории пяти административных районов: Ленинского, Центрального, Заводского, Рудничного, Кировского в различных типах насаждений: 1- вдоль магистралей, 2 - в скверах. Контрольные площади размещались в загородной зоне (в 30 км от городской черты южного направления).

Характеристику степени загрязнения атмосферного воздуха города Кемерово проводили путем изучения опубликованных материалов Государственного комитета по охране окружающей среды Кемеровской области и результатов исследований Центра Госсанэпиднадзора (Зайцев и др., 2003).

Сведения о структуре и площадях объектов зеленого фонда получены из материалов Перспективного плана озеленения города (1989), статистических сводок управления жизнеобеспечения администрации г. Кемерово.

Оценка состояния древесных растений (биометрическая, фенологическая, физиологическая) была выполнена на видах основного ассортимента - рябина сибирская (*Sorbus sibirica Hedl.*), липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill.*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris L.*), которые представлены во всех районах города и в изучаемых типах насаждений.

Оценку фотосинтетической способности листьев деревьев проводили в июне, июле и августе по уровню восстановленных ассимилятов бескамерным методом, разработанным О.Д. Быковым (1974). Образцы листьев отбирали с южной стороны кроны. Исследования проводились в трехкратной повторности, за годы исследований было проведено 504 анализа листьев изучаемых древесных растений.

Фенологические исследования велись в десятикратной повторности в течение всего вегетационного периода, было исследовано 560 древесных растений изучаемых видов. Для изучения фенологических особенностей и различий развития древесных растений в условиях города были отобраны 5 важнейших узловых фенофаз: Пб² - появление зеленого конуса листьев на конце почки; Ос¹ - появление окраски листьев; Ол¹ - начало осеннего листопада; Цв² - начало цветения (появление первых раскрывшихся цветков или соцветий); Цв⁵ - конец цветения; Пл³ - наличие плодов. Эти фенофазы позволяют также определять продолжительность вегетации (Ол¹ – Пб²) и цветения (Цв⁵ – Цв²) (Николаевский, 1999).

Изучение анатомических показателей ассимиляционного аппарата листовых древесных растений проводили путем подсчета количества устьиц на 1 мм² и процента открытых и закрытых устьиц. Для этих целей в летний период собирали

гербарий исследуемых видов. Подсчет количества и процента закрытых и открытых устьиц проводили в зимний период на гербарных образцах, размоченных в течение 24-х часов с помощью микроскопа и осветителя отраженного света ОИ-21 (Николаевский, 1999). Исследования проводились в десяти кратной повторности, было проведено 560 анализов.

Для морфобиометрических исследований с 10 модельных деревьев каждого района срезали по 10 ветвей (секатором на шесте с южной стороны из середины кроны дерева). Размеры побегов измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,01 мм, площадь листьев высчитывали по методике Кармановой (1976). Исследования проводились в десяти кратной повторности, было исследовано 560 древесных растений изучаемых видов.

Математическая обработка представленного материала проведена с помощью статистического пакета Statistica 5,5 для IBM - совместимых компьютеров. Для интерпретации полученных материалов использовался корреляционный анализ (метод главных компонент).

Характеристика района исследований

Дана физико-географическая характеристика района исследований и описаны климатические условия в г. Кемерово за годы исследований.

Территория Кемерово расположена в северной части Кузнецкой котловины по обоим берегам реки Томи. Котловина в долине Томи, занятая городом и его окрестностями, напоминает почти круговое обрамление в форме подковообразного амфитеатра с открытым выходом на северо-запад (Климат Кемерово, 1987).

По геоботаническому районированию А. В. Куминовой (1950) г. Кемерово расположен в Центральном лесостепном районе Кузнецкой котловины. По лесорастительному районированию (Вдовин, 1988) Кузбасс относится к Салаиро-Западнокузнецкой котловинно-горной провинции пихтовых лесов, включающей Кузнецкий округ островных лесостепных сосново-лиственных лесов и Салаиро-Западнокузнецкий округ черневых пихтовых и осиновых лесов.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха

Оценка загрязнения атмосферного воздуха показала, что за годы исследований прослеживается тенденция к увеличению выбросов в атмосферный воздух города. Так в 2002 году выброшено вредных веществ от стационарных и передвижных источников 137,67 тыс. тонн, что на 7,0 % больше, чем в 2001 г (Зайцев, Михайлуц, 2001).

Вклад отдельных отраслей народного хозяйства в валовые выбросы вредных веществ по г. Кемерово в 2002 году составил: теплоэнергетика – 31,81 %; промышленные предприятия – 18,09 %; автотранспорт – 50,1 %.

В 2002 г по сравнению с 2001 г увеличен валовой выброс в атмосферу сажи (на 13,3 %), диоксида азота (на 12,8 %), диоксида серы (на 4,5 %), оксида углерода (на 2,7 %).

По данным В.И. Зайцева с соавторами (2001, 2003) в динамике за 4 года прослеживается тенденция к снижению показателя ИЗА (индекс загрязнения атмосферного воздуха, рассчитанный по 5 основным загрязняющим веществам) в целом по городу с 17,37 в 1999 г. до 15,79 в 2002 г. Однако, в соответствии с ис-

пользуемыми ими методами оценки среднегодовой уровень загрязнения атмосферы города оценивается как “высокий”, т.к. ИЗА составляет более 14.

По комплексному показателю интегрального загрязнения атмосферного воздуха (КП) наиболее загрязнена атмосфера Кировского района (КП=9), далее следует Рудничный район (КП=7), далее Заводский (КП=6), Центральный (КП=5) и минимально загрязнена атмосфера Ленинского района (КП=3,4) (Быков, Неворова, 2003). КП рассчитан по 33 загрязняющим веществам, максимальные значения расчетных среднегодовых концентраций которых более 0,1 ПДК_с, это диоксид азота, аммиак, оксид азота, соляная кислота, серная кислота, сажа, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод, оксид углерода, ксилол, стирол, толуол, 3,4-бенз(а)пирен, нафталин, амиловый спирт, бутиловый спирт, метиловый спирт, фенол, уксусная кислота, циклогексанол, динил, диметилформальдегид, формальдегид, ацетон, циклогексанон, диметиламин, монометиламин, циклогексиламин, нитробензол, бензин, бутилацетат.

Зеленые насаждения города

Город Кемерово занимает площадь 26 093 га, а с прилегающими населенными пунктами – 28 230 га (Кемерово: 80 лет..., 1998). На территории города располагается пять административных районов: Ленинский (1546 га), Центральный (1790 га), Заводский (8419 га), Рудничный (12 146 га), Кировский (2192 га).

Зеленые насаждения в городе занимают площадь 3474 га (Перспективный план..., 1989), что составляет 19,7 % от общей площади земель, это на 20 % ниже их оптимального соотношения и на 20-30 % ниже нормы в расчете на 1 чел. Согласно данным И.Ю. Коропачинского (1987), площадь озелененных территорий городов с учетом тяжелых экологических условий должна составлять до 40 % от общей площади земель, а общая площадь насаждений всех категорий на 1 жителя должна приближаться к 90-100 м² при численности 600 000-800 000 чел.

Анализ данных по озелененным территориям показал, что максимальная площадь насаждений общего пользования отмечается в Рудничном районе города за счет территории природного парка “Рудничный бор”, а минимальная - в Заводском районе (Перспективный план..., 1989).

Обеспеченность 1 чел. зелеными насаждениями общего пользования в пределах города колеблется по районам от 1,32 до 65,32 м². Самая высокая обеспеченность одного жителя зелеными насаждениями общего пользования отмечается в Рудничном районе - 65,32 м².

В Ленинском, Центральном, Заводском и Кировском районах обеспеченность 1 жителя 1,43; 6,8; 1,32 и 5,27 м² соответственно (при норме 21 м²), поэтому требуется проводить работы по расширению площадей озелененных территорий общего пользования в данных районах.

По данным Перспективного плана озеленения г. Кемерово (1989 г.), на 1 чел. приходится 3,7 м² насаждений улиц и площадей (при норме 5,4-6,5 м²), следовательно в городе требуется увеличение площадей данного типа озелененных территорий.

Анализ насаждений жилых кварталов показал, что максимальная площадь насаждений данной категории отмечается в Центральном и Ленинском районах,

самая маленькая площадь насаждений жилых кварталов наблюдается в Рудничном районе.

Обеспеченность 1 чел. насаждениями жилых кварталов колеблется от 10,8 м² до 20 м². Самая высокая обеспеченность одного жителя насаждениями жилых кварталов отмечается в Заводском районе – 20 м², самая низкая – в Рудничном районе – 10,8 м².

По данным перспективного плана озеленения г. Кемерово, норма насаждений жилых кварталов должна составлять 24,8 м²/чел., следовательно, ни в одном районе города не соблюдаются нормы озеленения по данному показателю.

В Заводском и Кировском районах существенную долю в общую площадь зеленых насаждений вносят озелененные участки промышленных предприятий.

Видовой состав древесных растений Кемерова

Оценка видového состава древесных насаждений показала, что озеленение Кемерова достаточно богато по своему флористическому составу. Здесь представлены древесные растения около 116 видов, относящихся к 22 семействам и 53 родам.

Несмотря на довольно широкий спектр видového состава древесных насаждений, используемых в озеленении г. Кемерова, ведущий ассортимент представлен ограниченным количеством видов – до 10. В состав основного ассортимента вошли виды наиболее часто встречаемые во всех типах насаждений города. Это такие, как тополь бальзамический, вяз приземистый, клен ясенелистный, береза повислая, липы сердцевидная и сибирская, ель сибирская, сирени (обыкновенная и венгерская), рябина сибирская.

Исследования показали, что районы Кемерова различаются видовым разнообразием древесных насаждений. Максимальное количество видов отмечается в Центральном и Ленинском районах города (87 и 62 вида соответственно), минимальное – в Кировском районе – 33 вида. В Центральном и Ленинском районах отмечено также преобладание кустарников.

Проведенный анализ структуры размещения зеленых насаждений Кемерова и его видовой состав выявил следующие особенности:

- площадь зеленых насаждений города занимает 19,7 % от общей площади земель, что на 20 % ниже их оптимального соотношения и на 20-30 % ниже нормы в расчете на 1 чел.;
- во всех районах города, кроме Рудничного отмечается низкая обеспеченность 1 чел. насаждениями общего пользования, особенно в Ленинском и Заводском (менее 7 % от нормы);
- низкая обеспеченность 1 чел. насаждениями жилых кварталов во всех районах, особенно в Рудничном и Кировском (ниже нормы на 56 и 43%);
- основной ассортимент древесных растений представлен ограниченным количеством видов – до 10.

Выявленные недостатки в структуре размещения и видовом составе зеленых насаждений позволяют наметить основные направления работы в зеленом строительстве города.

Состояние древесных растений в зеленых насаждениях города

Исследования фотосинтетической способности древесных растений показали, что максимальные величины данного показателя, как в городе, так и в загородной зоне отмечаются в июле.

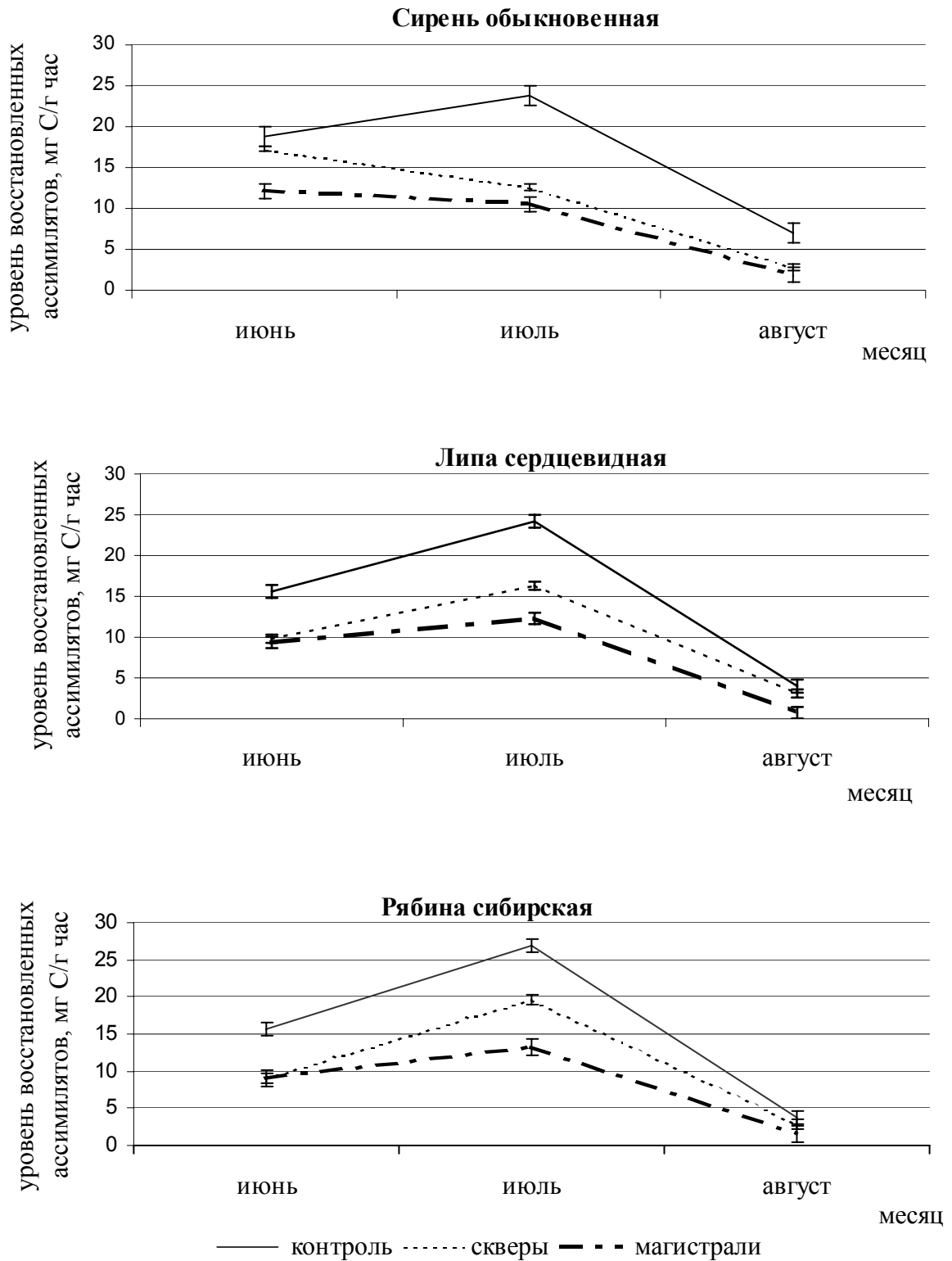


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза у листьев исследуемых древесных видов в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000-2001 гг.).

К концу вегетации - в августе у всех исследуемых видов происходит снижение фотосинтетической способности - наблюдается замедление процесса синтеза ассимилятов, что связано со старением листьев (рис. 1).

В городской среде у исследуемых древесных растений отмечается снижение интенсивности фотосинтеза. В примагистральных посадках у исследуемых растений максимальное снижение синтеза ассимилятов относительно контроля отмечается в августе: у сирени обыкновенной на 58,9 %, у липы сердцевидной и рябины сибирской на 79,3 и 59 % соответственно (средние значения за 2000-2001 гг.) (рис. 1).

По фотосинтетической способности в городе исследуемые древесные растения можно расположить в следующей убывающей последовательности: рябина сибирская, липа сердцевидная, сирень обыкновенная.

Наличие достоверной корреляционной связи между фотосинтезом и КП (комплексный показатель загрязнения) у липы и сирени ($r = -0,27$ и $-0,17$, при $p < 0,05$ соответственно, $n = 504$) доказывает, что с нарастанием техногенных факторов снижается интенсивность фотосинтеза у данных видов. У рябины корреляционная связь не наблюдается.

Таким образом, фотосинтетическая способность липы и сирени может служить в качестве индикатора уровней суммарного загрязнения различных зон города.

Ускорение прохождения основных фенофаз у древесных растений приводит к сокращению продолжительности вегетации в условиях городской среды и, следовательно, к ускорению процессов старения. Продолжительность вегетации в городе сокращается у всех исследуемых видов древесных растений. Максимальное снижение данного показателя, в среднем по городу, отмечается у сирени - на 9-1 день в Ленинском районе (2000 и 2001 гг. соответственно), на 43-48 дней в Рудничном районе (2000 и 2001 гг. соответственно). У рябины данный показатель в среднем по городу снижается на 2-6 дней в Ленинском районе (2000 и 2001 гг. соответственно), на 9-11 дней в Рудничном районе (2000 и 2001 гг. соответственно). У липы снижение данного показателя отмечается в меньшей степени.

Результаты фенологических исследований позволяют сделать вывод, что наибольшую чувствительность к условиям промышленного города проявила сирень обыкновенная, наименьшую - рябина сибирская.

У сирени обыкновенной наблюдается достоверная корреляционная связь между длительностью вегетации и КП ($r = -0,46$, при $p < 0,05$, $n = 560$). Максимальное снижение длительности вегетации отмечается в более загрязненных районах города - Кировском и Рудничном. Таким образом, такой фенологический показатель, как длительность вегетации может использоваться для выявления высоких уровней загрязнения и в качестве индикатора можно использовать сирень обыкновенную.

У исследуемых растений в условиях города наблюдаются явления ксерофитизации - уменьшается количество листьев на годичном побеге, их площадь, сырая и сухая масса (рис. 2, 3), снижается прирост годичных побегов (рис. 4). Указанные изменения более выражены у деревьев примагистральных посадок, а также у деревьев, произрастающих в Заводском и Кировском районах города.

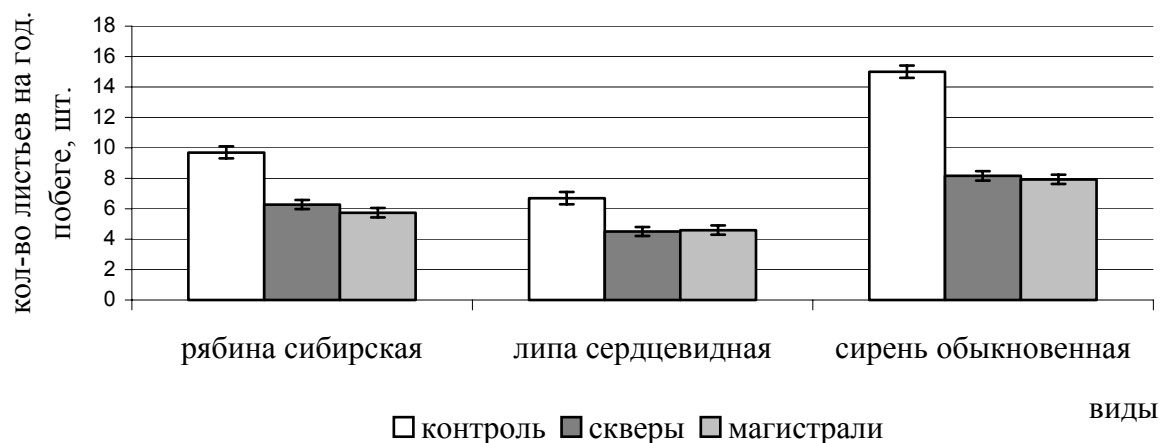


Рис. 2. Количество листьев на годичном побеге у исследуемых древесных видов в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000-2001 гг.).

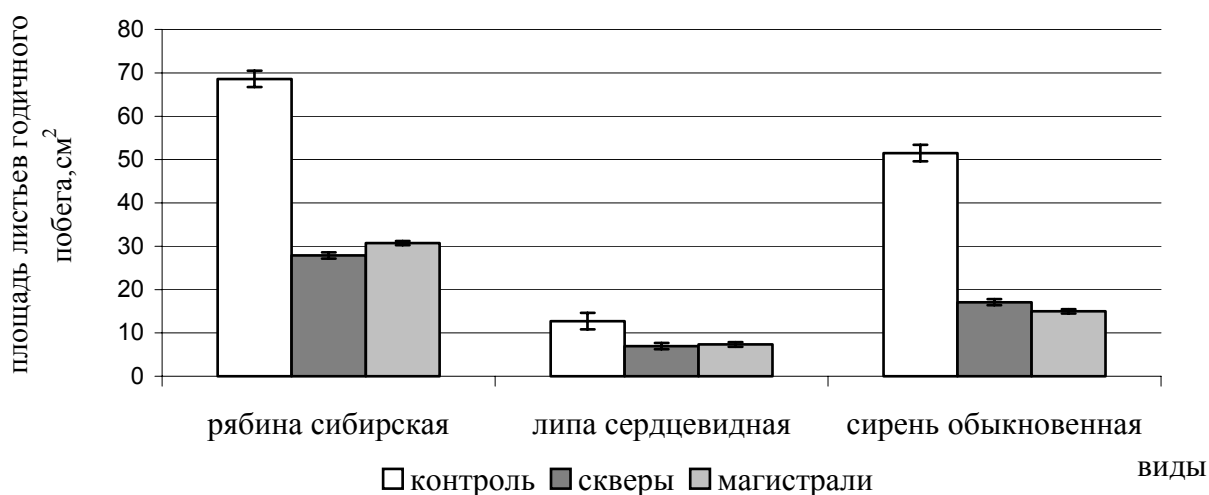


Рис.3. Площадь листьев на годичном побеге у исследуемых древесных видов в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000-2001 гг.).

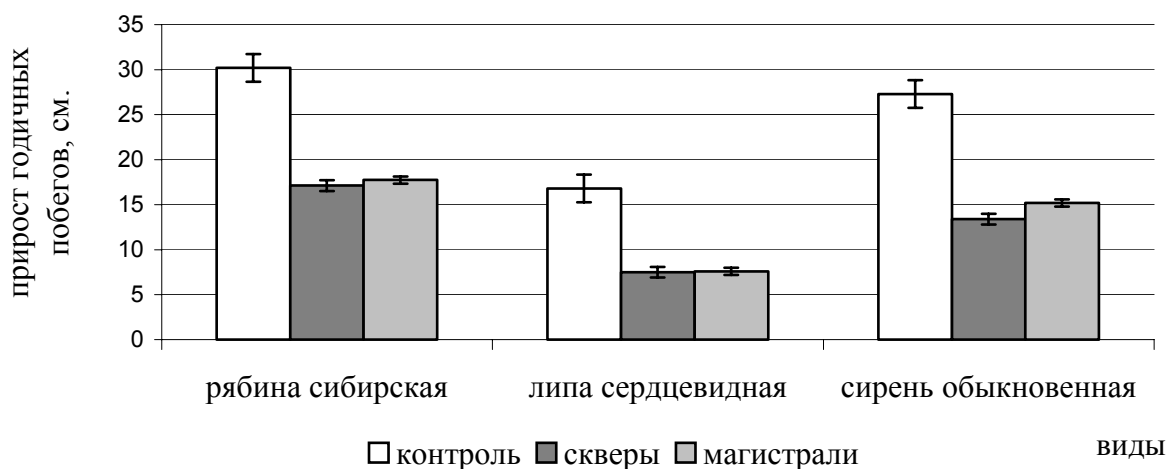


Рис. 4. Прирост годичных побегов в длину у исследуемых древесных видов в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000-2001 гг.).

Установлено, что по морфометрическим характеристикам липа сердцевидная и сирень обыкновенная более чувствительны к городским условиям, по сравнению с рябиной сибирской. Достоверные данные корреляционного анализа показывают, что с увеличением показателя КП наблюдается уменьшение годовичного прироста у исследуемых видов ($\bar{r} = -0,34$, при $p < 0,05$, $n = 560$).

У исследуемых видов деревьев в городе увеличивается число устьиц на 1 мм^2 листовой поверхности, повышается процент закрытых устьиц, причем, это в большей степени выражено у деревьев примагистральных посадок по сравнению со скверами. Максимальное увеличение числа устьиц на 1 мм^2 листа отмечается у липы (в среднем по городу у липы количество устьиц на единице листовой поверхности в скверах увеличивается на 108 % в 2000г и на 87,4 % в 2001 г, в примагистральных посадках - на 117 и 106 % в 2000 и 2001 гг. соответственно).

Данные корреляционного анализа показывают, что увеличение процента закрытых устьиц у исследуемых растений зависит от степени загрязнения районов города и уменьшается в ряду: Ленинский < Центральный < Рудничный < Заводский < Кировский ($\bar{r} = 0,5$ при $p < 0,05$, $n = 560$).

Следовательно, увеличение количества закрытых устьиц может рассматриваться как защитная реакция растений на высокое содержание промышленных газов в воздухе.

Степень нарушения ассимиляционного аппарата и крон у древесных растений позволили дать оценку их жизненного состояния (Николаевский, 1999) В загородной зоне жизненное состояние исследуемых растений оценивается не ниже 39 баллов (табл. 1).

Исследования показывают, что в городе наблюдается ухудшение жизненного состояния деревьев: снижается процент живых ветвей в кроне, степень облиственности, процент живых (без некрозов) листьев в кроне, средний процент живой площади листа. Следует отметить, что угнетение древесных растений в большей степени выражено в примагистральных посадках, а также в Рудничном и Кировском районах города, вероятно, за счет более высокой техногенной нагрузки.

Среди исследуемых древесных растений максимально угнетены в городе липа и сирень. Жизненное состояние липы ухудшается в среднем по городу на 16 % в скверах и 19 % в примагистральных посадках в основном за счет увеличения некрозов на листовой пластинке. У сирени за счет увеличения процента мертвых ветвей в кронах жизненное состояние ухудшается на 13 % в скверах и на 15 % в примагистральных посадках (табл. 1).

Установлена прямая корреляционная связь между интенсивностью фотосинтеза и жизненным состоянием исследуемых древесных растений ($\bar{r} = 0,46$, при $p < 0,05$, $n = 504$), а также между жизненным состоянием и КП ($\bar{r} = 0,23$, при $p < 0,05$, $n = 504$). Следовательно, показатель жизненного состояния древесных растений наряду с интенсивностью фотосинтеза можно использовать для оценки уровней загрязнения воздушной среды.

Характеристика жизненного состояния исследуемых видов
в скверах г. Кемерово

Районы	Породы	% живых ветвей в кроне, %	Степень облиственности (охошенности), %	% живых (без некротов) листьев в кроне, %	Средний % живой площади листа, %	Жизненное состояние, балл
Загородная зона (контроль)	Рябина	99±3,12	100±0,0	100±0,0	100±0,0	39,9±0,9
	Липа	95±4,5	100±0,0	100±0,0	100±0,0	39,5±1,4
	Сирень	92±1,9	100±0,0	100±0,0	100±0,0	39,2±1,2
Ленинский	Рябина	90±3,6	88±1,2*	90±3,4*	95±1,3*	36,3±0,9*
	Липа	85±2,7	88±2,5*	88±3,7*	90±2,6*	35,1±0,7*
	Сирень	80±1,3	92±1,8*	95±2,2	94±2,2*	36,1±1,4
Центральный	Рябина	92±1,8	90±1,9*	88±3,1*	96±1,9	36,6±1,2
	Липа	83±2,3*	82±2,3*	80±2,9*	88±2,1*	33,3±1,1*
	Сирень	82±2,9*	90±2,9*	96±2,7	92±3,8*	36,0±1,5
Заводский	Рябина	90±1,7	88±3,9*	88±2,4*	92±1,4*	35,8±1,2*
	Липа	85±1,2	80±2,1*	78±2,2*	85±3,2*	32,8±0,88*
	Сирень	80±1,9*	90±1,6*	94±1,5*	90±3,6*	35,4±0,79
Кировский	Рябина	88±2,4*	82±3,1*	85±2,5*	90±2,7*	34,5±1,2*
	Липа	80±2,9*	76±4,0*	74±2,9*	80±3,2*	31,0±1,4*
	Сирень	70±3,1*	88±1,4*	85±3,1	89±1,8*	33,2±0,93*
Рудничный	Рябина	92±3,0	90±3,8*	92±4,1	94±3,2*	36,8±0,97
	Липа	-	-	-	-	-
	Сирень	73±4,1*	72±1,1*	78±1,3	81±0,8*	30,4±1,1

* - отмечены достоверные отличия от контроля при $p < 0,05$

Оценка устойчивости древесных растений в условиях городской среды

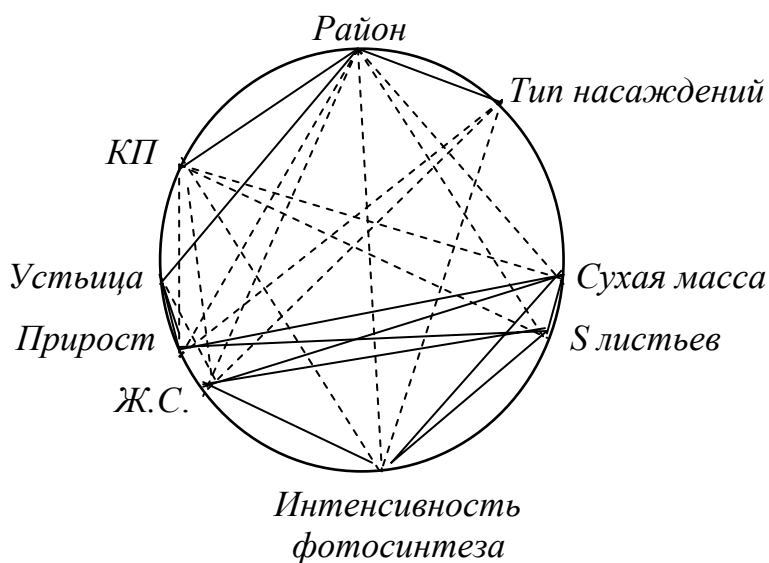
Проведенные исследования жизнедеятельности древесных растений в условиях урбанизированной среды показали, что наблюдаются изменения на уровне ассимиляционного аппарата. Развитие городских деревьев начинается раньше на 1-1,5 нед., однако мощность развития листового аппарата не достигает у исследуемых видов в сезоне таких значений, как в контроле. В условиях города наблюдается более раннее появление осенней окраски и начало осеннего листопада, значительно сокращается продолжительность вегетации.

С нарастанием городских влияний у исследуемых видов отмечается снижение фотосинтетической способности отдельного листа.

На уровне целого организма изменяются структура, форма и размеры крон. Наблюдается снижение прироста годичных побегов, снижается их облиственность (площадь листьев, их масса). Все это приводит к увеличению “прозрачности” крон городских деревьев и, следовательно, к уменьшению их фотосинтезирующей поверхности.

На основе изученных морфофизиологических характеристик исследуемых видов построены шкалы устойчивости к факторам городской среды. Установлено, что максимальной устойчивостью на уровне листьев, побегов и целого растения обладает рябина сибирская. Менее адаптированными видами в условиях городской среды являются липа сердцевидная и сирень обыкновенная.

Построенные модели достоверных корреляций позволили выявить формирование блока положительных корреляций между морфофизиологическими характеристиками и широкий спектр отрицательных корреляций между этими характеристиками и такими внешними факторами, как КП, тип насаждения и район города (рис. 6). Ответные реакции растений определяются уровнем техногенной нагрузки на различные экологические зоны города – наблюдается снижение морфофизиологических характеристик, жизненного состояния древесных растений в наиболее загрязненных зонах города (Кировском, Рудничном районах) и в примыкающих посадках.



Обозначения: — прямая корреляция; - - - обратная корреляция;

КП – комплексный показатель загрязнения, рассчитанный по 33 веществам, Ж.С. – жизненное состояние, прирост – прирост годичных побегов, S листьев – площадь листьев годичного побега, устьица – количество устьиц на 1 мм² листа.

Рис 6. Модель достоверных корреляций липы сердцевидной в условиях г. Кемерово.

Для расширения ассортимента древесных растений для озеленения различных экологических зон города проведена оценка устойчивости малораспространенного ассортимента древесных растений, включающего 18 видов (девичий виноград пятичлениковый, боярышник перистонадрезанный, боярышник кроваво-

красный, рябинник рябинолистный, пузыреплодник калинолистный, свидина белая, черемуха Маака, черемуха обыкновенная, арония черноплодная, калина обыкновенная, жимолость татарская, ель колючая ф. голубая, спирея средняя, спирея березолистная, лох серебристый, сибирка алтайская, смородина золотистая, роза морщинистая). В качестве критерия устойчивости использовали показатель жизненного состояния.

Как показывают исследования, ухудшение жизненного состояния у большинства исследуемых деревьев в городе происходит за счет снижения количества живых ветвей в кроне и степени облиственности. И лишь у немногих видов – боярышника кроваво-красного, смородины золотистой и калины обыкновенной наблюдается снижение живой площади листа.

На основании оценки жизненного состояния исследуемый ассортимент древесных растений разделен на 3 группы по степени устойчивости к городским условиям - устойчивые (показатель жизненного состояния 40-39 баллов), среднеустойчивые (38-36 баллов) и неустойчивые (35-33 балла). Даны рекомендации по их использованию в различных типах насаждений города.

Экологическое зонирование территории г. Кемерово

Для экологического зонирования территории города был рассчитан средоулучшающий потенциал зеленых насаждений (СП). В основу расчета СП положены такие характеристики, как площадь зеленых насаждений ($S_{з.н.}$, в % от общей площади района), показатель жизненного состояния чувствительного вида (ЖС), комплексный показатель загрязнения атмосферы (КП). При расчете площади зеленых насаждений районов учитывались насаждения общего пользования, жилых кварталов и промышленных предприятий.

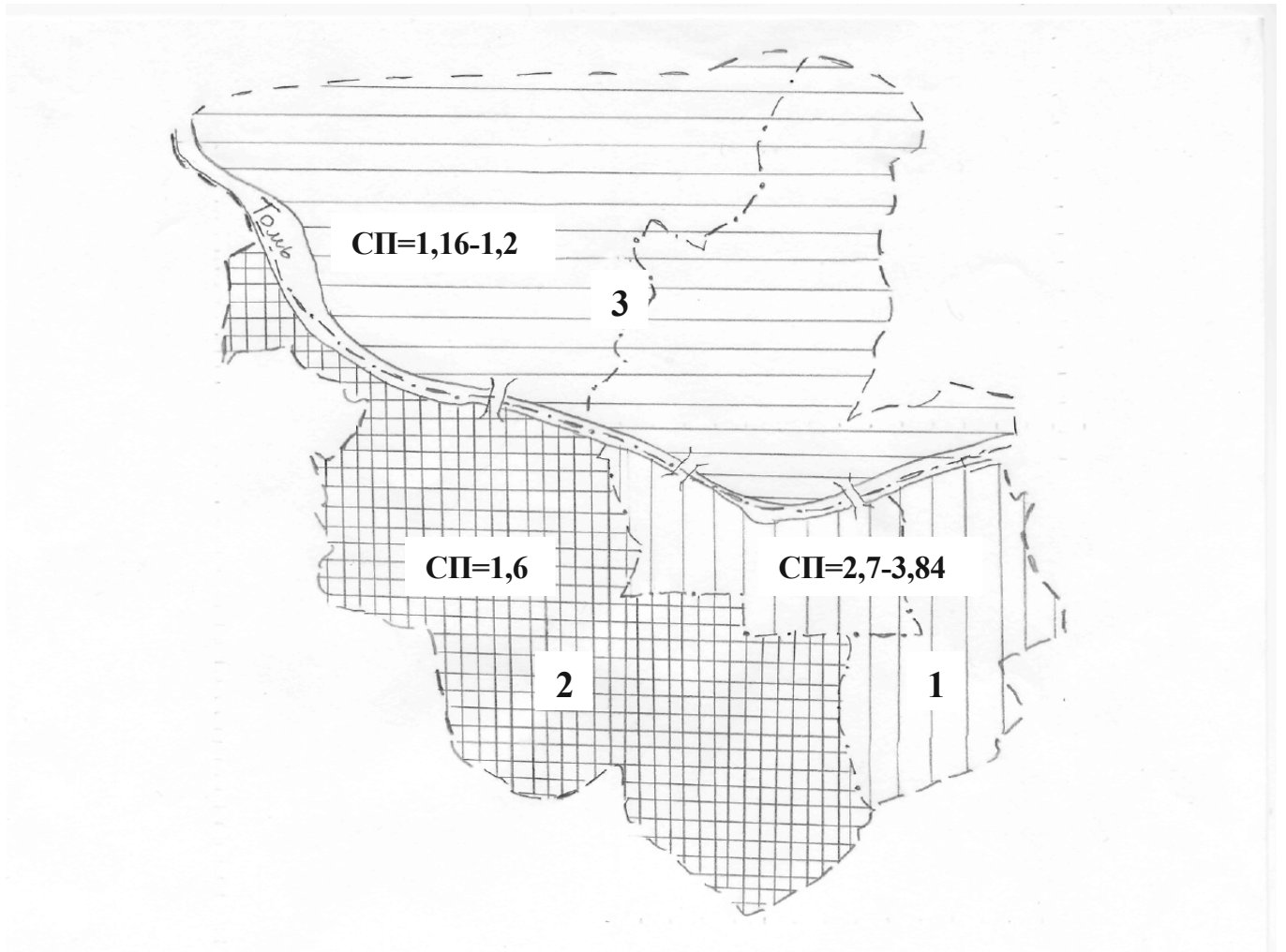
Для корректности расчетов величины $S_{з.н.}$ и ЖС приведены к единой метрической системе – выражены в баллах по 10 бальной шкале. За 10 баллов принята $S_{з.н.}$, составляющая 40 % от общей площади района (предполагаемая норма для городов с тяжелой экологической ситуацией); ЖС деревьев оценивалось по отношению к данному показателю контрольной зоны (10 баллов – ЖС вида в контрольной зоне). Для зонирования использован показатель ЖС, рассчитанный для чувствительного вида – сирени обыкновенной, представленной во всех районах города.

$$СП = S_{з.н.} + ЖС / КП, \text{ (балл)}$$

Рассчитанный нами СП древесных растений не является нормативным гигиеническим критерием, но он отражает потенциальные возможности насаждений нивелировать определенный уровень техногенного загрязнения конкретного района. Следовательно, позволяет совершенствовать мероприятия по зеленому строительству в городе.

На территории города выделено 3 экологические зоны: 1 зона – относительно устойчивой экологической ситуации (включает территории Ленинского и Центрального районов), СП составляет 2,7-3,8 б; 2 зона – неустойчивой экологической ситуации (включает территорию Заводского района), СП – 1,6 б; 3 зона критической экологической ситуации (расположена на территории Кировского и Руд-

ничного районов), характеризуется самым низким показателем СП (1,16-1,2 б) (рис. 7).



- Обозначения:
- границы города;
 - границы районов;
 - 1 – зона относительно устойчивой экологической ситуации;
 - 2 – зона неустойчивой экологической ситуации;
 - 3 – зона критической экологической ситуации;
 - СП – средоулучшающий потенциал зеленых насаждений;
 - 1,16-1,2; 1,6; 2,7-3,84 – показатели СП.

Рис. 7. Зонирование территории города Кемерово по показателю средоулучшающего потенциала зеленых насаждений.

Таким образом, результаты зонирования показывают, что 3 зона характеризуется минимальным показателем средоулучшающего потенциала зеленых насаждений (более чем в 3 раза ниже по сравнению с 1 зоной), поэтому, прежде всего, необходимо проводить работы по увеличению площадей зеленых насаждений и формированию устойчивого ассортимента древесных растений на территории Кировского и Рудничного районов города. Результаты экологического зонирования позволяют рассчитать объемы озеленительных работ по каждой зоне, что позволит радикально улучшить экологическую ситуацию в городе.

Выводы

1. Оценка видового состава древесных насаждений Кемерова показала, что в озеленении города представлены древесные растения 116 видов, относящихся к 22 семействам, 53 родам, однако ведущий ассортимент насчитывает ограниченное количество видов – 10.

2. Выявлены недостатки в системе озеленения города:

- площадь зеленых насаждений города занимает 19,7 % от общей площади земель, что на 20 % ниже их оптимального соотношения и на 20-30 % ниже нормы в расчете на 1 чел.;
- во всех районах города, кроме Рудничного отмечается низкая обеспеченность 1 чел. насаждениями общего пользования, особенно в Ленинском и Заводском (менее 7 % от нормы);
- низкая обеспеченность 1 чел. насаждениями жилых кварталов во всех районах, особенно в Рудничном и Кировском (ниже нормы на 56 и 43 %).

3. У исследуемых видов - рябины сибирской, липы сердцевидной, сирени обыкновенной выявлено снижение фотосинтетической способности листьев в условиях города. В большинстве случаев максимальное снижение фотосинтетической способности отмечается в примагистральных посадках, а также в Заводском, Кировском и Рудничном районах города, характеризующихся наиболее высокой техногенной нагрузкой.

4. Урбанизированная среда вызывает ухудшение морфометрических характеристик у исследуемых растений. Наблюдается снижение прироста годичных побегов, снижается их облиственность (площадь листьев, масса), возрастает число устьиц на единице листовой поверхности исследуемых древесных видов. На уровне целого организма изменяются структура, форма и размеры крон, наблюдается снижение облиственности ветвей, количества живых ветвей в кронах, ухудшается показатель жизненного состояния, у древесных растений значительно сокращается продолжительность вегетации, наблюдается более раннее начало листопада.

5. На основе изученных морфофизиологических характеристик исследуемых видов построены шкалы устойчивости к факторам городской среды. Установлено, что максимальной устойчивостью на уровне листьев, побегов и целого растения обладает рябина сибирская. Менее адаптированным видом к условиям городской среды является липа сердцевидная и еще менее - сирень обыкновенная.

6. Наличие достоверной корреляционной связи между морфофизиологическими показателями древесных растений и уровнем загрязнения атмосферного воздуха с учетом районов города доказывает возможность их использования для оценки суммарного загрязнения городской среды.

7. Установлена положительная корреляционная связь между морфофизиологическими характеристиками, показателем жизненного состояния и комплексным показателем загрязнения, что подтверждает возможность использования показателя жизненного состояния для оценки устойчивости древесных растений к факторам городской среды.

Используя данный показатель в качестве критерия устойчивости, проанализирован ассортимент древесных растений, обладающих высокой декоративностью, но редко встречаемых в зеленых насаждениях города и рекомендован к дифференцированному использованию. Методика определения устойчивости древесных растений и характеристика дополнительного ассортимента изложены в рекомендациях, которые переданы в управление благоустройства для внедрения в практику зеленого строительства.

8. Проведено экологическое зонирование г. Кемерово, которое позволило выявить на его территории 3 зоны: с относительно устойчивой, неустойчивой и критической экологической ситуацией, что подтверждает необходимость дифференцированного подхода к созданию и реконструкции зеленых насаждений города.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Особенности анатомического состояния ассимиляционного аппарата рябины сибирской в условиях антропогенной нагрузки города Кемерово // Экологические и социально-гигиенические аспекты окружающей человека среды. - Рязань, 2001. - С.126-129.

2. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово). // Лесн. журн. (известия высших учебных заведений). - 2002. - №3. - С.29-33.

3. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Оценка синтетических процессов у липы сердцевидной в условиях атмосферного загрязнения города Кемерово // Контроль и реабилитация окружающей среды. - Томск, 2002. - С.83.

4. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Фенологический контроль состояния древесных растений и загрязнения воздуха г. Кемерово // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2002. - №1. - С.101-103.

5. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Особенности фотосинтетической активности древесных растений различных типов насаждений в условиях города Кемерово // Экологические и социально-гигиенические аспекты среды обитания человека. - Рязань, 2002. - С.19-23.

6. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Характеристика функциональной активности фотосинтетического аппарата древесных растений в условиях загрязнения городской среды. // Изв. высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2003. - №1. - С.94-97

7. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Древесные растения и урбанизированная среда (экологические и биотехнологические аспекты). – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.

8. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Оценка устойчивости древесных растений в зеленых насаждениях города (практические рекомендации). – Кемерово, 2004. – 18 с.

9. Neverova O. A., Kolmogorova E.U. Phenological peculiarities of arboreal plants growth and their application for indication of air pollution// Modern problems of bioindication and biomonitoring. Proc. XI Intern. Symp. On bioindicators. – Syktyvkar, 2003. – P. 318-323.

10. Колмогорова Е.Ю. Оценка жизненного состояния липы сердцевидной в условиях техногенного загрязнения (на примере г. Кемерово) // Контроль и реабилитация окружающей среды. - Томск, 2004. -С.59.