



ГАВРИЛИН ИГОРЬ ИГОРЕВИЧ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УРБООКСИСТЕМАХ
СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**
(на примере г. Братска Иркутской области)

03.02.08 – Экология (биология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ульяновск-2012

14 ИЮН 2012

Работа выполнена на кафедре воспроизводства и переработки лесных ресурсов в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Братский государственный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Рунова Елена Михайловна

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Лесного хозяйства» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет»
Бабинцева Роза Михайловна

доктор биологических наук, доцент кафедры «Селекции, генетики и дендрологии» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
Румянцев Денис Евгеньевич

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тихоокеанский государственный университет» (г. Хабаровск)**

Защита состоится « 21 » июня 2012 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 212.278.07 при ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» по адресу: г. Ульяновск, ул. Набережная реки Свияги, д. 106, корпус 1, ауд. 703.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ульяновского государственного университета, а с авторефератом – на сайте ВУЗа <http://www.uni.ulsu.ru> и на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru>

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 432017, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42, Ульяновский государственный университет, управление научных исследований.

Автореферат разослан «19» мая 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент



С.В. Пантелеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Загрязнение окружающей среды в крупных промышленных городах в настоящее время привело к масштабным изменениям экологических условий и ухудшению качества среды обитания живых организмов (Trowbridge, 2004; Рунова, 2011). Особенно сильно данные преобразования затронули регионы Сибири (Шергина, 2006), где формирование промышленных центров привело к необоснованной концентрации крупных индустриальных комплексов и к осложнению экологической обстановки (Михайлова, 2001; Угрюмов, 2007). Зеленые насаждения являются одним из важнейших факторов, способствующих оздоровлению урбанизированных территорий и поддержанию в них благоприятной экологической обстановки (Уфимцева, 2005). Однако древесные растения в большинстве случаев не выдерживают существующей техногенной нагрузки, происходит ухудшение их состояния, ослабление и гибель (Гаврилин, 2011). Особенно актуальным становится изучение устойчивости и жизнеспособности древесных растений в условиях урбозкосистем северных территорий. В связи с этим необходимы комплексные исследования состояния компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, снежного покрова, почвы) и показателей состояния городских древесных растений.

Цель исследования – оценка экологического состояния и устойчивости древесных растений в урбозкосистемах северных территорий на примере города Братска, и разработка комплекса мероприятий по улучшению состояния древесной растительности.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Выявить особенности содержания и распределения загрязняющих веществ в системе: «атмосфера – снежный покров – почва – древесные растения» для зонирования территории урбозкосистемы;
- Определить реальную, потенциальную газопоглотительную и пылеосаждающую способность древесных растений в зоне влияния выбросов промышленных предприятий в зависимости от уровня загрязнения;
- Исследовать состояние древесных растений в условиях техногенного загрязнения по содержанию влаги в прикамбиальном слое деревьев, и выявить основные факторы риска угнетения и снижения устойчивости деревьев в условиях урбозкосистемы;
- Разработать комплексный показатель оценки устойчивости древесных растений с учетом их экологического состояния;
- Разработать мероприятия и рекомендации по улучшению состояния, повышению устойчивости и выбору ассортимента древесных растений.

Научная новизна. Впервые проведены комплексные экологические исследования древесных растений и других компонентов урбозкосистемы Братска, включающие в себя анализ состояния атмосферного воздуха, снега, почвы и растений. Разработана схема зонирования по уровню техногенного загрязнения и получены карты-схемы экологического состояния ее компонентов – атмосферного воздуха, снежного покрова, почв и древесных растений. Получены закономерности изменения состояния древесных растений,

подверженных техногенному воздействию. Выявлены и описаны основные факторы риска угнетения и снижения устойчивости деревьев. Впервые разработан и определен комплексный интегральный показатель устойчивости древесных растений и использован для оценки состояния насаждений г. Братска.

Теоретическая значимость работы. Результаты проведенных исследований дополняют современные представления о состоянии, устойчивости и адаптивных возможностях древесных растений, находящихся под воздействием комплекса экологических факторов. Материалы, изложенные в диссертационной работе, сформулированные в ней научные положения, выводы и рекомендации вносят существенный вклад в развитие теоретически основ оценки и улучшения экологической ситуации в промышленных центрах и урбанизированных северных территориях.

Практическая значимость работы. Разработаны практические рекомендации, включающие в себя комплекс мероприятий по улучшению состояния зеленых насаждений и выбору ассортимента устойчивых к загрязнению древесных растений, выполняющих санитарно-гигиенические и иные функции. Рекомендации могут служить основой для создания перспективного плана работ по реконструкции, озеленению, оздоровлению, уходу за городской растительностью и почвами, что позволит улучшить экологическую обстановку. Материалы диссертационного исследования использованы при реализации муниципальной целевой программы «Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности населения города Братска на период 2007 – 2011 гг.», при разработке долгосрочной целевой программы «Охрана окружающей среды и здоровья населения города Братска на 2012 – 2015 гг.». Материалы представлены в комитет промышленной политики и экологии администрации г. Братска и использованы в процессе совершенствования деятельности по обеспечению безопасности и социально-экономическому развитию города. Результаты диссертационного исследования использованы при создании методики определения состояния древесной растительности г. Иркутска, и могут быть использованы при подготовке бакалавров и магистров лесного и экологического профиля.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Работ выполнена в ходе научного направления кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов «Муниципальный контракт на оказание услуг по мониторингу лесов, подвергающихся антропогенному воздействию выбросов промышленных предприятий», для зеленых насаждений города Братска и его окрестностей. Результаты исследований использованы в рамках заказ-наряд Министерства науки и образования РФ по теме «Особенности устойчивости биоразнообразия лесных экосистем в условиях длительного техногенеза» № 01201253425 от 10.02.2012 г.

Декларация личного участия автора. Автором определена цель и поставлены задачи, подобраны основные методы исследований. Автор непосредственно участвовал в выполнении экспериментальных лабораторных исследований, проведении статистического анализа, обсуждения и обобщения данных. Написание текста диссертации, формулирование основных

теоретических положений и выводов осуществлено по плану, согласованному с научным руководителем. Доля личного участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу авторов.

Достоверность результатов и обоснованность выводов обеспечивается применением современных методов, значительным объемом проведенных лабораторных исследований, использованием статистических методов обработки и анализа полученных результатов.

На защиту выносятся:

- Распределение загрязняющих веществ в системе: «атмосфера – снежный покров – почва – древесные растения» в условиях г. Братска;
- Оценка экологического состояния древесных растений на основе комплекса факторов в условиях урбоэкосистемы;
- Газопоглотительная и пылеосаждающая способность древесных растений в урбоэкосистеме;
- Распределение влаги в прикамбиальном слое древесных растений;
- Комплексный показатель оценки устойчивости древесных растений в условиях урбоэкосистемы.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на международных, всероссийских и региональных конференциях: «Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020» (Екатеринбург, 2009); «Экологические, экономические, социальные и правовые аспекты устойчивого развития» (Екатеринбург, 2009); «Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири» (Братск, 2009, 2010); «Леса России в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2009); «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск: БГИТА, 2009, 2010 г); «Леса Евразии – Польские леса» (Курилик, 2009); «Леса Евразии – Подмосковные вечера» (Мытищи, 2010); «Aktualne problemy nowoczesnych nauk» (Przemysł, 2011); «Актуальные проблемы мониторинга экосистем антропогенно нарушенных территорий» (Ульяновск, 2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 24 научные работы, в том числе 4 в ведущих рецензируемых журналах ВАК РФ. Зарегистрирован 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания объектов, программы и методов исследования, экспериментальной части и выводов общим объемом 178 страниц компьютерного набора. Работа иллюстрирована 29 таблицами и 48 рисунками. Приложения представлены на 14 страницах и включают 5 таблиц. Список литературы состоит из 232 наименований, в том числе 32 наименования на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены апробация работы и положения, выносимые на защиту, изложена структура диссертации.

Глава 1 содержит обзор литературы и анализ работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных опыту изучения урбоэкосистем и ее отдельных компонентов, проблемам влияния экологических факторов на растительность городов и оценку техногенного воздействия на древесные растения, а также зонирование городов и значение зеленых насаждений в условиях азротехногенного загрязнения урбанизированных территорий. Наибольший вклад в развитие данного направления внесли работы следующих авторов (Алексеев, 1994; Алексеенко, 2006; Белоголова, 2001; Воронцов, 1991; Гетко, 1989; Григорьев, 2000; Ильин, 1985; Илькун, 1978; Казаков, 2004; Касимов, 1995; Коновалова, 2000; Кондратов, 2009; Кочерян, 2000; Кулагин, 1974, 1980; Неверова, 2001; Николаевский, 1998; Михайлова, 2001; Мозолевская, 1984; Приседский, 1984; Пузанова, 2005; Рожков, 1989; Рунова, 1999; Самаев, 2004; Сергейчик, 1994; Терехина, 2000; Тетиор, 2007; Уфимцева, 2005; Фролов, 1998; Чернышенко, 2002; Чиндяева, 1998; Шергина, 2006; Ярмишко, 1997; Albasel, 1985; Braun, 1998; Breuste, 1998; Bridgman, 1996; Caboun, 1996; Craul, 1999; Integrated..., 1997; Jim, 2001; Keller, 1983; Siegel, 2002; Smith, 1977; Trowbridge, 2004).

Анализ проведенного обзора литературы определил цель исследований, задачи, их актуальность и теоретическую значимость.

Глава 2 посвящена краткой характеристике района исследований. В главе представлена характеристика природно-климатических и эколого-биологических условий Братска, а также современное экологическое состояние города и древесной растительности. Приведена информация о состоянии компонентов урбоэкосистемы Братска, рассмотрены современные тенденции их загрязнения основными промышленными предприятиями. Рассмотрено функциональное зонирование города и условия произрастания древесных растений на исследуемой территории.

Глава 3 посвящена программе, методике и объему исследования. Общий алгоритм исследований представлен на рисунке 1. Анализ фактических концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы и расчет ИЗА проводился в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» в жилой застройке, на автомагистралях и на границах санитарно-защитных зон предприятий». Определение загрязнения снежного покрова города Братска проводилось в соответствии с принятыми методиками (ГОСТ 4386-89, 1996; ГОСТ 17.1.5.05-85, 1986; ГОСТ 4.4.02-84, 1989 и др.). Исследование и отбор проб почв производился по общепринятым методикам (ГОСТ 4.4.02-84, 1989; ГОСТ 17.4.3.01-83, 1983 и др.). Химический и гранулометрический состав почв определялся по общепринятым методикам (Аринушкина, 1970). Влияние рекреационной нагрузки оценивалось по плотности сложения почв (ГОСТ 17.4.3.01-83, 1983; МУ 2.1.7.730-99, 1999). Основным методом исследования состояния древесной растительности заключался в закладке временных (ВП) и постоянных пробных площадей (ПП) для проведения кратковременных и длительных наблюдений, получения различной достоверной информации о состоянии компонентов урбоэкосистемы, сборе экспериментального материала и оценке пространственно-временных изменений растений.

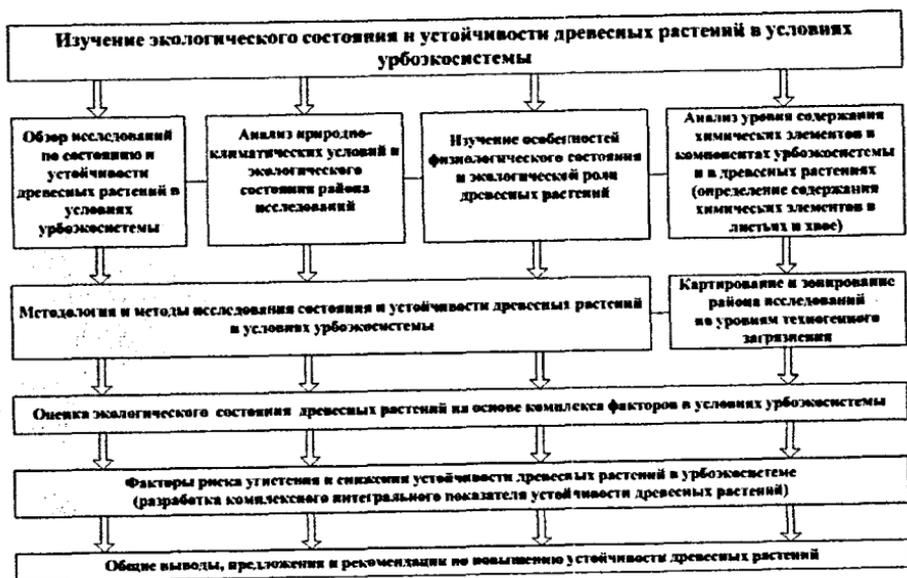


Рисунок 1 – Общий алгоритм исследований

Исследования проводились в зеленых зонах города Братска и прилегающих территориях в 2008 - 2010 гг. Объектами исследования являлись шесть основных видов деревьев, представленных в зеленых насаждениях Братска: сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.). Закладка и подбор ПП в городских насаждениях производилась по общепринятым методикам (ОСТ 56-69-83). Оценка состояния деревьев проводилась в соответствии со шкалой, предложенной Е.Г. Мозолевской (2007). Измерения влажности прикамбиального слоя у различных пород деревьев производилось на высоте 1,3 м от кола при температуре 25°C и относительной влажности воздуха 65% с помощью электронного влагомера ИВ-660. Работы на ПП в рамках программы исследования включали в себя отбор проб хвои и листьев деревьев, преобладающих в составе зеленых насаждений района исследования; визуальную оценку состояния растений и определение фитопатологий; описание и опробование почвенных разрезов, заложенных на глубину корнеобитаемого слоя (до 100 см) и отбор почв верхнего и нижнего горизонтов.

Всего в рамках исследования устойчивости древесных растений были обследованы 3 временные, 33 постоянные пробные площади и отобраны 1406 проб почв и 820 проб растений. Все анализы выполнялись в аккредитованных лабораториях.

Определение газопоглотительной способности осуществлялось при помощи ион-селективного электрода по методу Ж. Якобсона и Л. Хеллера (Jacobson,

1971). Определение пылесаждающей способности древесной растительности проводилось по стандартным методикам (Алексеев, 2006). Математическая и статистическая обработка данных, представление их в табличном и графическом виде осуществлена общепринятыми методами (Лакин, 1990; Пузаченко, 2004; Рокитский, 1973) с использованием различных компьютерных программ (Microsoft Excel, Visio, Math Cad и др.). Создание и построение карт выполнено с использованием геоинформационных технологий с помощью программы "Locator GIS".

Глава 4 включает 4 раздела и посвящена изложению и обсуждению результатов, полученных в ходе исследования.

Раздел 4.1. Особенности экологического состояния атмосферного воздуха. Проведен анализ загрязнения промышленными выбросами атмосферного воздуха урбоэкосистемы Братска. Данные о годовом объеме загрязнения валовым выбросом атмосферного воздуха Братска представлены на рисунке 2.

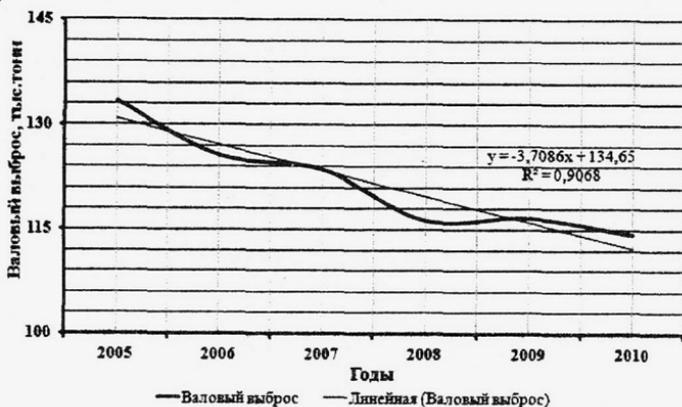


Рисунок 2 – Динамика валовых выбросов в атмосферный воздух Братска (2005-2010 гг.)

Из рисунка 2 видно, что годовой объем валового выброса загрязняющих атмосферный воздух города Братска веществ имеет тенденцию к снижению, однако его значение остается достаточно высоким. Наглядно вклад в загрязнение воздушного бассейна от основных промышленных предприятий города Братска представлен на рисунке 3. Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна города вносят: ОАО «Русал Братск» - 42,4 %, ОАО «Группа «Илим» в Братске - 14,4 %, предприятия теплоэнергетики ОАО «Иркутскэнерго» и ООО «ВСТК» - 23,2 %, от других источников поступает 20,0 %. Наибольшее влияние на устойчивость, состояние древесных растений и загрязнение компонентов урбоэкосистемы Братска оказывают: сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, пыль, зола угольная, формальдегид, сероводород, диметилсульфид, смолистые вещества, бенз(а)пирен, фтористый водород, и твердые фториды.

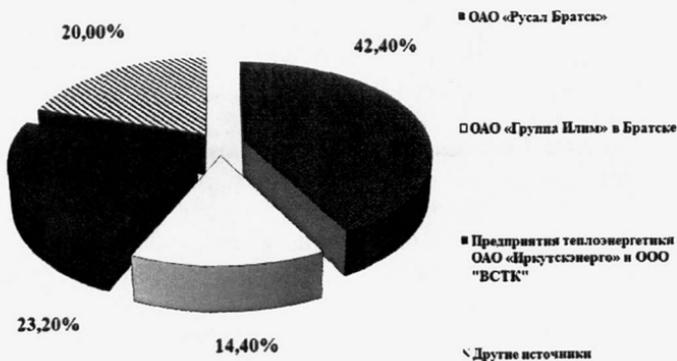


Рисунок 3 – Суммарный вклад основных источников загрязнения атмосферного воздуха Братска

Раздел 4.2. Зонирование урбоэкосистемы, подверженной аэротехногенному загрязнению. Для оценки экологического состояния урбоэкосистемы, в зависимости от территориальных особенностей и направления преобладающих ветров, характеристики основных промышленных источников и их выбросов, на основании проведенных исследований предложено зонирование урбоэкосистемы города Братска, подверженной техногенному загрязнению (рис.4).

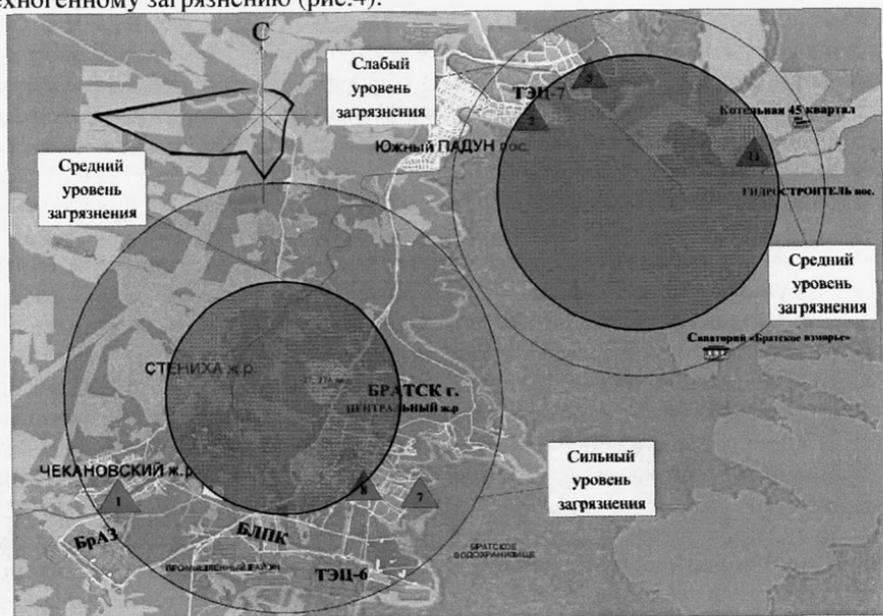


Рисунок 4 – Зонирование территории города Братска по результатам исследования

Так, зона сильного техногенного загрязнения, протяженностью на север от основных промышленных источников примерно на 27 км, на юго-запад – 30 км, на восток – 17 км; зона среднего техногенного загрязнения, внешняя граница зоны находится на расстоянии от источников загрязнения на север до 40 км, на юг до 30 км, на запад – 40 км, на восток – 40 км; зона слабого техногенного загрязнения, точные границы не устанавливаются, внешняя граница зоны от источников загрязнения находится в радиусе до 70 км. Такое экологическое зонирование важно в аспектах изучения и оценки степени трансформации различных веществ и отдельных компонентов, установлении нагрузки на компоненты и их взаимосвязи, выявлении территории урбоэкосистемы, подлежащей восстановлению и охране.

Раздел 4.3. Экологическое состояние снежного покрова. В соответствии с зонированием городской территории точки отбора проб находились в зеленых зонах жилых районов и в непосредственной близости от промышленных предприятий. Результаты расчета плотностей выпадения загрязняющих веществ использовались для вычисления суммарного показателя загрязнения снежного покрова (Z_c , приведенного в относительных единицах) (Сагет, 1990). Расчет Z_c снежного покрова выполнен по семи ингредиентам: гидрокарбонат-ионы, сульфат-ионы; ионы натрия; ионы кальция; ионы водорастворимого фтора и алюминия; нерастворимый остаток. На основании полученных результатов построена комплексная карта-схема по уровням загрязнения снежного покрова на селитебной территории города. Общий уровень техногенного загрязнения снежного покрова по суммарному показателю Z_c сохраняется на высоком уровне. Загрязнения по суммарному показателю Z_c распространяются по направлению преобладающих ветров от основных промышленных предприятий. Зона сильного техногенного загрязнения имеет протяженность более 30 км и не оконтурена с восточного и западного направления. Суммарный показатель загрязнения в пределах этой зоны составляет от 190 до 226. В зоне среднего техногенного загрязнения шириной 3-10 км и протяженностью более 30 км также в северо-восточном направлении, ареал распространения по Z_c варьирует от 100 до 165. Зона слабого загрязнения находится севернее основных промышленных предприятий, значения по Z_c здесь ниже и составляют от 67 до 95. Построенные на основании экспериментальных данных карты-схемы загрязнения снежного покрова урбоэкосистемы Братска позволили зонировать изучаемую территорию по уровню техногенного загрязнения.

Раздел 4.4. Экологическое состояние почвенного покрова. На основании полученных результатов установлено, что в среднем около 50% площади относятся к категории сильного (опасного) загрязнения почв (Z_c 32-128). Почвы со средним (умеренно опасным) уровнем загрязнения (Z_c 16-32) занимают 24% территории. На 26% территории выявлено допустимое загрязнение почв (Z_c менее 16). Необходимо отметить, что на некоторых пробных площадях наблюдаются значения по Z_c более 128, что соответствует чрезвычайно опасному загрязнению почв. В целом опасное и чрезвычайно опасное загрязнение почвенного покрова приурочено к зонам воздействия промышленных предприятий. Почвы с допустимым уровнем загрязнения удалены в северо-восточном направлении от источников загрязнения.

Почвенный покров города подвергается существенному переуплотнению корнеобитаемого слоя, плотность почвы варьирует от 1,30 до 1,96 г/см³ (в контроле 1,09-1,21 г/см³), это свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки. Для характеристики состояния почвенного питания древесных растений в условиях урбоэкосистемы определялись подвижные формы различных тяжелых металлов. Дополнительно проведено исследование распределения подвижных форм (наиболее опасных для растений) химических элементов в корнеобитаемом слое почв. Закономерность распределения подвижных форм химических веществ свидетельствует об отсутствии геохимических барьеров для этих соединений в почвенном покрове и выражена в показателе техногенности элементов (рис.5).

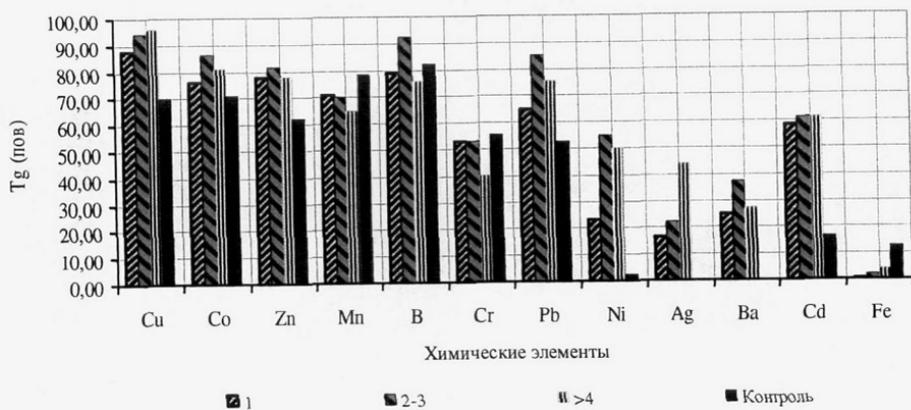


Рисунок 5 – Показатель техногенности химических элементов в почвенном покрове Братска и в контроле (1, 2-3, >4: балл категории состояния древесных растений)

Из рисунка 5 видно, что техногенность химических элементов в городе больше, чем в контроле. Показатель $T_g(\text{пов})$ позволяет выявить техногенные геохимические аномалии и построить ряды техногенности элементов:

- в Братске: $\text{Cu} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Cd} > \text{Ni} > \text{Ag} > \text{Cr} > \text{Ba} > \text{Fe}$;
- в контроле: $\text{B} > \text{Mn} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Fe} > \text{Ni}$.

Глава 5 посвящена оценке устойчивости и состояния древесных растений и включает 9 разделов.

Раздел 5.1. Состояние древесных растений на постоянных пробных площадях. В результате проведенных исследований наименее устойчивыми породами деревьев оказались *Pinus silvestris* и *Larix sibirica*, наиболее устойчивыми – *Populus balsamifera* и *Betula pubescens* (рис. 6). Прослеживается связь степени ослабления и усыхания древесных растений с их возрастом (рис.7).



Рисунок 6 – Средний балл категории состояния древесных растений на постоянных пробных площадях от расстояния от источников выбросов

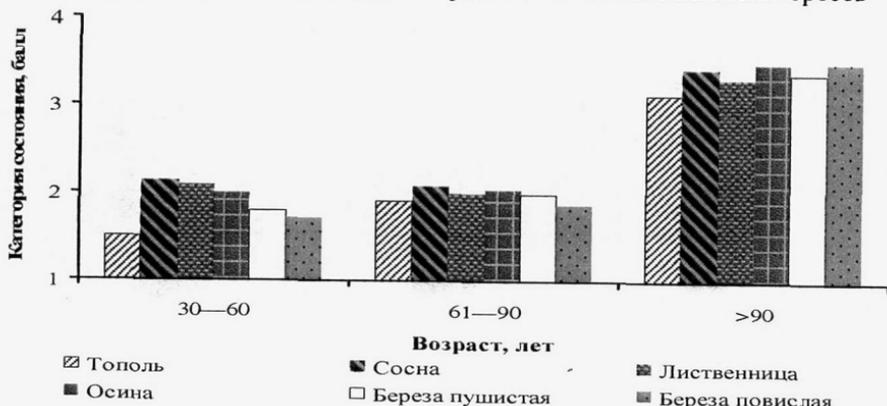


Рисунок 7 – Состояние древесной растительности на постоянных пробных площадях в зависимости от возраста

Из рисунка 7 видно, что с увеличением возраста ухудшается средний балл категории состояния различных пород деревьев, однако у лиственницы сибирской наблюдается некоторое улучшение ее состояния в возрасте более 60 лет, что вызвано отмиранием ослабленных деревьев, которые были удалены в ходе санитарных рубок.

Раздел 5.2. Газопоглотительная и пылеосаждающая способность древесных растений. Исследования газопоглотительной и пылеосаждающей способности древесных растений в санитарно-защитной зоне ОАО «Русал-Братск» проводились на трех временных пробных площадях (здесь и далее ВП), находящихся под влиянием основных промышленных предприятий (табл. 1). На всех ВП вблизи промышленных предприятий Братска древесная растительность характеризуется сходными таксационными показателями (ср.возраст – 66-90 лет, ср.высота – 13,6-17,5м, ср.диаметр -14,2-18,3см) и представлена спелыми насаждениями небольшой полноты, низкого бонитета и среднего балла состояния. Газопоглотительная и пылеосаждающая способность

древесной растительности Братска определялась на ВП у следующих пород деревьев: *Pinus silvestris*, *Larix sibirica*, *Populus balsamifera*, *Populus laurifolia*, *Betula pendula*, *Betula pubescens*, *Populus tremula*.

Таблица 1 – Средние таксационные показатели древесных растений на ВП в градиенте загрязнений от промышленных предприятий

№ П П	L*, км	Состав	А, лет	Средние		Класс бонитета	Полнота	Ср. балл состояния	Рельеф
				Н, м	Д, см				
1	1	ЗБЗС2Т1Л1Ос	66	13,6	14,2	IV	0,3	3,27	равнина
2	3	ЗБЗОс2Т1Л1С	64	16,0	15,0	IV	0,5	3,12	равнина
3	5	ЗС2Б2Л2Ос1Т	90	17,5	18,3	IV	0,4	2,98	равнина

Примечание: * - здесь и далее расстояние от источников загрязнения; А - возраст, Н - высота, Д - диаметр.

Результаты исследования газопоглощительной способности древесных растений за вегетационный период представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Реальная и потенциальная поглотительная способность древесных растений вблизи промышленных предприятий Братска

Вид растений	Потенциальное*		Реальное	
	г/кг	г/м ²	г/кг	г/м ²
<i>Populus balsamifera</i> L.	0,487	0,056	0,412	0,024
<i>Populus laurifolia</i> Ledeb.	0,461	0,046	0,306	0,020
<i>Populus tremula</i> L.	0,418	0,038	0,295	0,200
<i>Betula pendula</i> Roth.	0,652	0,071	0,334	0,200
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	1,405	0,105	0,510	0,039
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	0,875	-	0,486	-
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0,362	-	0,265	-

Примечание: * - по данным Илькуна Г.М.

Результаты проведенных исследований показали, что наибольшая потенциальная газопоглощительная способность древесных растений наблюдается вблизи БрАЗа у *Betula pubescens*, *Larix sibirica* и *Betula pendula*. Показано также, что наибольшая реальная газопоглощительная способность выше у *Betula pubescens*; *Larix sibirica* и *Populus balsamifera*. Потенциальная газопоглощительная способность у березы пушистой в 3 раза выше, чем у тополей и сосны обыкновенной, у лиственницы сибирской в 2 раза и березы повислой примерно в 1,5 раза соответственно. Кроме этого, полученные данные свидетельствуют о том, что газопоглощительная способность путем адсорбции фтора на поверхности хвон и листьев у всех испытанных видов близка по величине и составляет от 0,36 до 0,65 г/кг абсолютно сухого веса. Исключение составляют хвоя лиственницы, отличающаяся более развитой поверхностью и листья березы пушистой, формирующие на своей поверхности опушение, что значительно увеличивает адсорбционную поверхность. Результаты исследования осаждения пыли на хвое и листьях древесных растений показали, что наиболее высокой пылеулавливающей способностью обладают *Populus balsamifera*, *Populus laurifolia*, что возможно связано с липкой поверхностью листовой пластинки тополя и с большей устойчивостью данных видов.

Таблица 3 – Потенциальная газопоглощительная способность древесных растений в зависимости от массы листьев на 1 га, кг (фтор) / т абсолютно сухого веса листьев

Вид растения	Масса листьев, т			
	1	2	3	4
<i>Populus balsamifera</i> L.	0,49/13	0,98/26	1,47/39	1,96/52
<i>Populus lavrifolia</i> Ledeb.	0,46/-	0,92/-	1,38/-	1,84/-
<i>Populus tremula</i> L.	0,42/25	0,84/50	1,26/75	1,68/100
<i>Betula pendula</i> Roth.	0,65/35	1,36/70	1,95/105	2,60/140
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	1,40/68	2,80/136	4,20/204	5,60/272
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	0,88/83	1,76/166	2,64/249	3,52/332
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0,36/28	0,72/56	1,08/84	1,44/112

Примечание: в числителе – кг (фтор) / т (а.с.м. листьев) / га, в знаменателе – количество деревьев содержащих необходимое количество листьев; - : не определялось

Также высокую способность к седиментации пыли показали *Populus tremula*, *Betula pendula* и *Betula pubescens*. Наименьшая пылеосаждающая способность у хвойных пород деревьев (*Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*). Таким образом, санитарно-гигиенические функции в зоне действия промышленных предприятий выполняют виды, образующие следующий ряд убывания: *Populus balsamifera* > *Populus lavrifolia* > *Populus tremula* > *Betula pendula* > *Betula pubescens* > *Larix sibirica* > *Pinus sylvestris*.

Раздел 5.3. Особенности накопления загрязняющих веществ в ассимиляционных органах древесных растений. Избирательность в накоплении химических элементов древесной растительности в Братске (в сравнении с контролем) характеризуют коэффициенты концентрации (Кс) для различных пород (рис. 8).

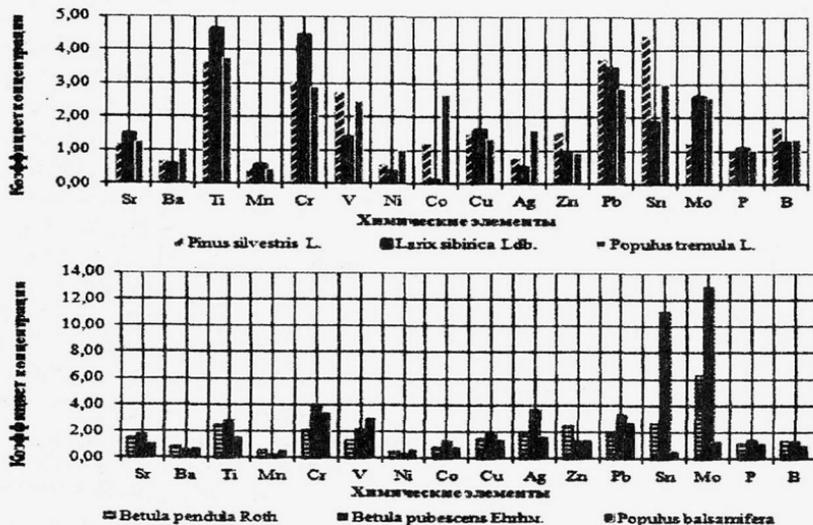


Рисунок 8 – Коэффициенты концентрации в хвое и листьях древесных растений

Как видно из рисунка 8, древесные растения урбозкосистемы Братска по сравнению с деревьями, произрастающими в контроле, в среднем аккумулируют большинство обнаруженных элементов. Интенсивно накапливаются всеми видами городских деревьев олово, молибден, хром, свинец, титан, ванадий. На основании полученных спектров коэффициентов (Кс) и ранжировании данных по категории состояния древесной растительности были рассчитаны суммарные показатели концентрации и деконцентрации. Общие закономерности видовой специфики накопления химических элементов древесными растениями представлены коэффициентами биологического накопления (КБН₁ и КБН₂). Анализ полученных данных по КБН₁ и КБН₂ показал, что степень накопления тяжелых металлов древесными растениями выше, чем в контроле. Полученные результаты позволили выявить биогеохимическую активность (БХА), которая позволяет судить об общей способности деревьев к концентрации химических веществ за счет их извлечения из почв, при этом растения способны накапливать как катионогенные, так и анионогенные элементы. Согласно полученным данным, коэффициент БХА в среднем образует следующий убывающий ряд интенсивности накопления химических веществ различными видами древесных растений: береза повислая < тополь бальзамический < береза пушистая < лиственница сибирская < сосна обыкновенная < осина. Наиболее активными видами в биогенной миграции химических элементов являются осина, сосна и лиственница сибирская.

Раздел 5.4. Структура сквозистости древесных растений. Санитарно-гигиенические функции древесной растительности оценивались по таким критериям состояния отдельных деревьев, как сквозистость кроны и дефолиация. Результаты исследований состояния древесных растений по классам сквозистости представлены на рисунке 9.

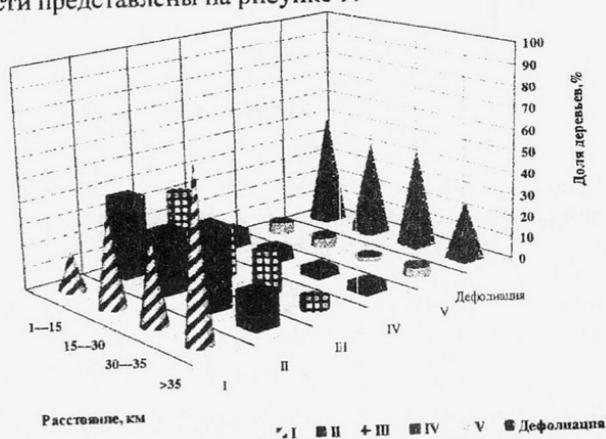


Рисунок 9 – Распределение классов сквозистости кроны древесной растительности (доля стволов, %) и дефолиации (в %)

Из рисунка 9 видно, что на долю первых трех классов сквозистости крон приходится наибольшее количество деревьев от общего числа стволов. Следует отметить, что на расстоянии более 20 км от промышленных предприятий происходит уменьшение сквозистости крон: в число преобладающих входит третий класс (41 - 60%). Кроме этого, на значительном протяжении в северо-восточном направлении от промышленных предприятий наблюдается наличие деревьев, соответствующих четвертому и пятому классу сквозистости (61 - 80, 81 - 100%), что обусловлено продолжительностью и интенсивностью техногенной нагрузки, что, в свою очередь, приводит к снижению устойчивости древесных растений и, как следствие, к суховершинности или полной дефолиации ассимиляционных органов.

Раздел 5.5. Особенности распределения влаги в прикамбиальном слое древесных растений. Зависимость от влажности прикамбиального слоя древесных растений (далее $W\%$) от категории состояния в зоне влияния промышленных предприятий Братска (рис.10) можно описать следующим уравнением:

$$W = -12,571B + 87,733, R^2 = 0,9885, \quad (1)$$

где W - влажность в прикамбиальном слое на высоте 1,3 м при $t=25^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 65 %.; B - балл категории состояния.

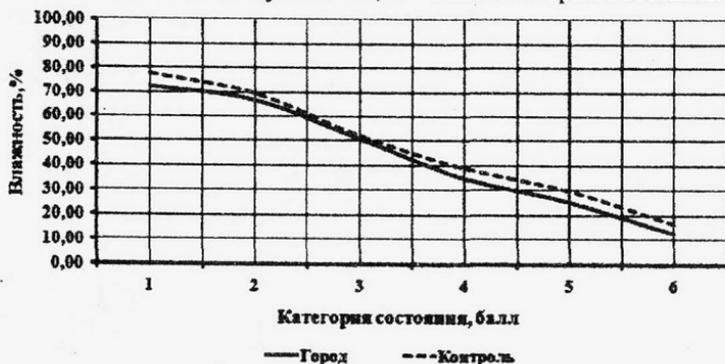


Рисунок 10 – Зависимость влажности прикамбиального слоя древесных растений от категории состояния в городе (зоне влияния промышленных предприятий) и в контроле

Зависимость влажности прикамбиального слоя древесных растений от категории состояния в контроле можно описать следующим уравнением:

$$W = -12,563B + 91,187, R^2 = 0,9927, \quad (2)$$

где W - влажность в прикамбиальном слое на высоте 1,3 м при $t=25^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 65 %; B - балл состояния.

Установлено, что влажность прикамбиального слоя является одним из важнейших индикаторов устойчивости древесной растительности, которая изменяется в зависимости от степени ее развития, функционального состояния и удаленности промышленных предприятий.

Раздел 5.6. Особенности распределения показателей состояния древесных растений. Результаты исследований по частоте встречаемости заболеваемости древесных растений представлены в таблице 4 и на рисунке 11. Из рисунка 11 видно, что показатели заболеваемости древесных растений и их интенсивность поражения уменьшаются по мере удаления от промышленных предприятий.

Таблица 4 – Фитосанитарное состояние древесных растений

Вид растений	Без видимых поврежденных (доля стволов, %)	Степень поражения растений болезнями и вредителями, %						
		Рак	Стволовые гнили	Насекомые-фитофаги	Усыхание ветвей	Пятнистость	Мучнистая роса	Ржавчина листьев и хвои
Город								
<i>Pinus sylvestris</i>	40,60	41,00	10,20	0,00	5,40	0,00	0,00	2,80
<i>Larix sibirica</i>	49,80	8,50	7,00	0,00	32,50	0,00	0,00	2,20
<i>Betula pendula</i>	50,50	10,60	10,80	4,80	16,00	4,70	1,80	0,80
<i>Betula pubescens</i>	50,00	12,00	10,00	7,40	15,20	3,80	1,60	0,00
<i>Populus tremula</i>	54,50	8,80	13,90	1,30	10,00	11,50	0,00	0,00
<i>Populus balsamifera</i>	52,10	18,60	15,00	4,60	5,40	2,20	1,00	1,10
Контроль								
<i>Pinus sylvestris</i>	71,20	8,70	4,80	2,20	7,60	0,00	0,00	5,50
<i>Larix sibirica</i>	72,80	3,10	0,00	7,50	12,80	0,00	0,00	3,80
<i>Betula pendula</i>	73,00	2,30	4,80	6,70	11,30	1,40	0,50	0,00
<i>Betula pubescens</i>	73,00	3,80	4,20	9,00	10,00	0,00	0,00	0,00
<i>Populus tremula</i>	74,50	1,10	3,00	10,70	9,40	1,30	0,00	0,00
<i>Populus balsamifera</i>	79,60	0,60	1,20	17,10	1,10	0,00	0,40	0,00

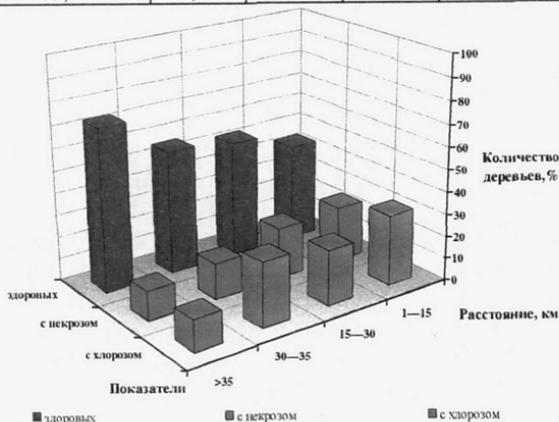


Рисунок 11 – Распределение показателей заболеваемости древесных растений

Наибольший вред древесной растительности наносят раковые, гнилевые и некротические болезни. Фитосанитарное состояние древесной растительности города оценивается ниже удовлетворительного, более 50% деревьев в той или

иной степени повреждены. На основании соотношения числа стволов, пораженных различными болезнями и вредителями, и учета числа деревьев без видимых повреждений был составлен следующий возрастающий ряд устойчивости: *сосна обыкновенная* > *лиственница сибирская* > *береза пушистая* > *береза повислая* > *тополь бальзамический* > *осина*. Все отмеченные выше показатели заболеваемости и фитопатологии проявляются в таком комплексном показателе, как сквозистость крон.

Раздел 5.7 Факторы риска угнетения древесных растений урбоэкосистемы. Выявлены основные факторы, влияющие на состояние древесной растительности в условиях урбоэкосистемы (рис.12). В условиях урбоэкосистемы Братска древесные растения находятся одновременно под влиянием комплекса негативных, снижающих их устойчивость факторов.



Рисунок 12 – Факторы риска, влияющие на экологическое состояние древесных растений урбоэкосистемы

Раздел 5.8. Комплексная оценка экологического состояния древесных растений по интегральному показателю устойчивости. Использование квалиметрических шкал и знание весовых коэффициентов различных параметров урбоэкосистемы позволили выделить сводный показатель устойчивости древесных растений, который вычисляется по следующей формуле:

$$U = U(u; v) = U(u_1, \dots, u_m; v_1, \dots, v_m) = \sum u_i v_i, \quad (3)$$

где u - нормированные значения показателей; v - весовые коэффициенты. Величина интегрального показателя устойчивости древесных растений изменяется от 0 до 1. Чем выше значение показателя U , тем хуже экологическое

состояние древесной растительности. На основании показателя U выделены 5 классов устойчивости древесных растений (рис.13).

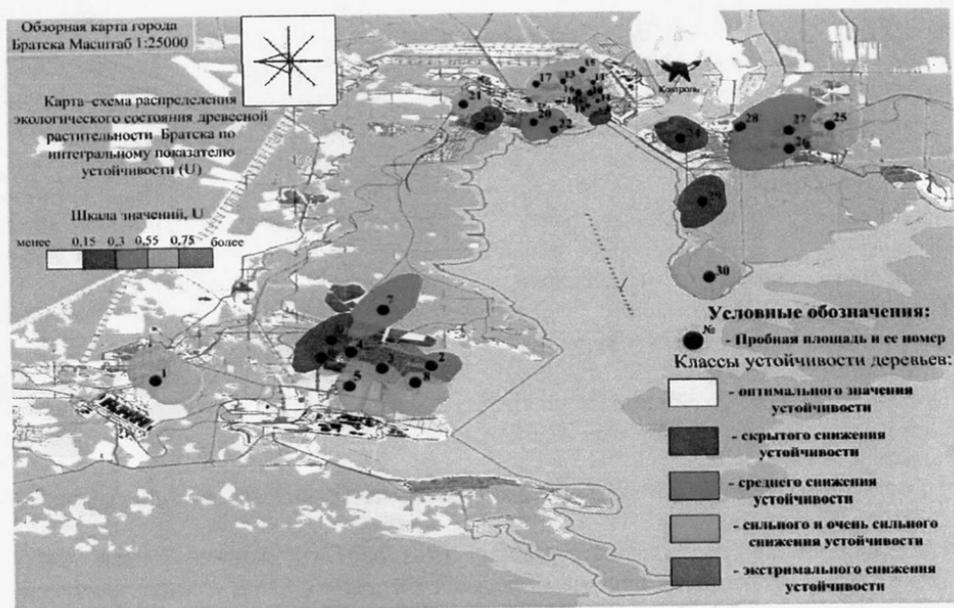


Рисунок 13 – Карта-схема распределения древесной растительности Братска по показателю устойчивости

В среднем для городской территории значения показателя U для класса скрытого снижения устойчивости составляют 0,297, класса среднего снижения устойчивости – 0,548, класса сильного и очень сильного снижения устойчивости – 0,739, класса экстремального снижения устойчивости – 0,925. Класс оптимального значения устойчивости в контроле в среднем составил 0,137. Проведенная многокритериальная оценка на основе комплексного интегрального показателя устойчивости дает возможность использовать полученную информацию о функциональном состоянии исследуемых объектов с целью принятия мер по улучшению экологической обстановки в урбоэкосистеме.

Раздел 5.9. Рекомендации по повышению устойчивости древесных растений и улучшению экологического состояния урбоэкосистемы. В рамках общих мероприятий и рекомендаций по повышению устойчивости и улучшению экологического состояния древесных растений необходимо проведение следующих мероприятий: 1. Создание многоярусных, разновозрастных и смешанных по породному составу зеленых насаждений на территории жилых районов города. 2. Создание системы защитных насаждений фильтрующего и изолирующего типов на всей территории урбоэкосистемы, вдоль транспортных путей и вокруг промышленных предприятий. 3. Обеспечение чередования открытых и закрытых пространств занимаемых

древесной растительностью для рассеивания выбросов и проветривания территории предприятий и всех промышленных зон. 4. Создание городских и пригородных питомников для выращивания местных и интродуцированных видов растений, озеленения высококачественным посадочным материалом, организации и реконструкции зеленых насаждений. 5. Подбор для озеленения в условиях урбоэкосистемы ассортимента древесной растительности по декоративности, долговечности, санитарно-гигиеническим параметрам, пыле- и газоустойчивости. 6. Создание сорбционных геохимических барьеров при подготовке посадочных ям и котлованов для озеленения промышленных предприятий, транспортных путей и селитебных зон. 7. При посадке устойчивых видов древесной растительности на участки с загрязненным почвенным покровом необходимо осуществлять его рекультивацию. 8. Применение комплексной минеральной подкормки, стимуляторов, фиторегуляторов, инсектицидных и других препаратов повышающих устойчивость древесной растительности к условиям урбоэкосистемы Братска. 9. Повышать морозоустойчивость древесных растений путем утепления корневой системы с помощью различных компонентов: торфа, перегноя, навоза, опилок и опавшей листвы.

В заключении по результатам проведенных исследований получены следующие **выводы**:

1. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят ОАО «Русал Братск» (42,20%), предприятия теплоэнергетики ОАО «Иркутскэнерго», ООО «ВСТК» (23,20%) и ОАО «Группа Илим» в городе Братске (14,40%). Наибольшее влияние на устойчивость, состояние древесных растений и загрязнение компонентов урбоэкосистемы оказывают: сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, пыль, зола угольная, формальдегид, сероводород, диметилсульфид, смолистые вещества, бенз(а)пирен, фтористый водород и твердые фториды.

2. Выбросы промышленных предприятий Братска вызывают подщелачивание снега ($pH = 6,78-7,94$). Ареал загрязнения снежного покрова вытянут по направлению преобладающих ветров от основных промышленных предприятий, и охватывает всю жилую застройку и прилегающие окрестности. Получены карты-схемы пространственного распределения различных веществ в снежном покрове, которые соответствуют уровню техногенного загрязнения промышленными предприятиями. Выделены зоны с различным уровнем техногенного загрязнения. На основе значений плотности выпадения на снежный покров металлов был построен следующий ряд накопления элементов: $Zn > Mn > Cu > Pb > Cd$. Установлено, что почвенный покров города подвергается существенному переуплотнению корнеобитаемого слоя, плотность почвы варьирует от 1,30 до 1,96 г/см³ (в контроле 1,09 - 1,21 г/см³), это свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки. Для почв города характерно изменение уровня pH от 5,28 до 8,41. Установлено, что в среднем около 50% площади Братска относятся к категории сильного (опасного) загрязнения почв ($Zc\ 32 - 128$). По глубине проникновения в почвенные горизонты концентрации подвижных форм тяжелых металлов образуют следующий вариативный ряд: $Zn > Pb > Ni > Cu > Cd$. Это свидетельствует о

проникновении тяжелых металлов в корнеобитаемый слой почвы (скрытый геохимический барьер древесных растений). Выявлены ряды техногенности элементов: в Братске: $Cu > Co > Zn > B > Pb > Mn > Cd > Ni > Ag > Cr > Ba > Fe$; в контроле: $B > Mn > Co > Cu > Zn > Cr > Pb > Cd > Fe > Ni$.

3. Установлено, что средневозрастные древесные растения наиболее устойчивы к аэротехногенному загрязнению, однако степень их угнетения и ослабления определяется удаленностью по направлению преобладающих ветров от промышленных предприятий. Наибольшую устойчивость проявляют лиственные породы (береза пушистая и тополь бальзамический), наименьшую – хвойные породы (сосна обыкновенная и лиственница сибирская). Установлено, что санитарно-гигиенические функции в зоне действия промышленных предприятий выполняют виды, образующие следующий ряд убывания: *Populus balsamifera* > *Populus laurifolia* > *Populus tremula* > *Betula pendula* > *Betula pubescens* > *Larix sibirica* > *Pinus sylvestris*. Установлено, что газопоглотительная способность у всех испытанных видов составляет 0,36 – 0,65 г/кг абсолютно сухого веса. Количество пыли на хвое и листьях по мере удаления расстояния от промышленных предприятий уменьшается в среднем в 2 - 4 раза.

4. Установлено, что на территории Братска наиболее интенсивно накапливаются всеми видами деревьев Sn, Mo, Cr, Pb, Ti, V. Высокие концентрации указанных выше элементов наблюдаются даже на расстоянии более 20 км в северо-восточном направлении от промышленных предприятий. Выявлено, что накопление некоторых элементов характерно только для отдельных видов: для березы пушистой V, Ag, березы повислой – Sr и V, лиственницы сибирской Co и Ag, сосны обыкновенной – Zn, тополя – V, Sr и Zn, для осины – Ti, Cu, Cd, Cr и Pb. Выявлено, что городская растительность обеднена биофильными элементами: все виды содержат меньшее количество, чем в контроле Mn, а большинство видов – так же Ba. Определено, что интенсивность поглощения химических элементов древесными растениями в порядке убывания их величин образует следующий ряд: в Братске: $Cd_{7,2} > B_{6,69} > Ag_{2,37} > P_{1,12} > Zn_{0,96} > Cu_{0,51} > Mn_{0,39} > Pb_{0,3} > Mo_{0,22} > Sr_{0,2} > Ba_{0,13} > Sn_{0,11} > Ni_{0,1} > Co_{0,05} > V_{0,02} > Ti_{0,01} > Cr_{0,005}$; в контроле: $B_{5,27} > Ag_{2,85} > P_{1,01} > Mn_{0,83} > Zn_{0,76} > Cu_{0,34} > Ba_{0,27} > Ni_{0,17} > Sr_{0,15} > Pb_{0,1} > Mo_{0,1} > Sn_{0,05} > Co_{0,05} > V_{0,009} > Ti_{0,003} > Cr_{0,002}$. Установлено, что коэффициент БХА в среднем в урбозкосистеме Братска образует следующий убывающий ряд интенсивности накопления химических веществ различными видами древесных растений: береза повислая < тополь бальзамический < береза пушистая < лиственница сибирская < сосна обыкновенная < осина. Наиболее активными видами в биогенной миграции химических элементов являются осина, сосна и лиственница сибирская.

5. Влажность прикамбиального слоя является одним из важнейших индикаторов устойчивости древесных растений, которая изменяется в зависимости от степени ее развития, функционального состояния и удаленности промышленных предприятий. Максимальное содержание влаги в прикамбиальном слое древесных растений, как на территории города, так и в контроле характерно для деревьев первой (72,40 - 77,60%) и второй (66,70 - 69,30%) категории состояния. Наименьшее количество влаги содержится в

сухостойных деревьях (5 - 6 категории состояния – 12,50 - 16,20%). Выявлено, что деревья, произрастающие вблизи промышленных предприятий (на расстоянии до 10 км), содержат меньше влаги, чем находящиеся на более значительном удалении.

6. Наибольший вред древесным растениям Братска наносят раковые, гнилевые и некрозные болезни. Фитосанитарное состояние древесных растений города оценивается ниже удовлетворительного, более 50% деревьев в той или иной степени повреждены. Наиболее распространены раковые заболевания, которые приводят к деформации ствола и ветвей, общему ослаблению и гибели деревьев. К основным возбудителям рака в урбоэкосистеме относятся: *Nectria galligena*; *Cronartium flaccidum*; *Peridermium pini*; *Biatorella diffomis*; *Corynebacterium* sp. и другие.

7. Распределение деревьев по классам устойчивости наглядно показывает ухудшение экологического состояния растений, как вблизи промышленных предприятий Братска, так и при удалении от них. Так, на классы среднего, сильного и очень сильного, и экстремального снижения устойчивости деревьев Братска приходится 77%, класс скрытого снижения устойчивости – 23%, оптимальное значение устойчивости наблюдается лишь в контроле. В среднем для городской территории значения показателя устойчивости древесных растений (U) для класса скрытого снижения устойчивости составляют 0,297, класса среднего снижения устойчивости – 0,548, класса сильного и очень сильного снижения устойчивости – 0,739, класса экстремального снижения устойчивости – 0,925. Класс оптимального значения устойчивости в контроле в среднем составил 0,137.

8. Разработаны рекомендации и мероприятия по повышению устойчивости древесных растений и улучшению экологической обстановки в урбоэкосистеме.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ

1. Рунова Е.М. Некоторые морфометрические особенности хвои *Pinus Sylvestris* L. в зонах аэротехногенного загрязнения г. Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Вестник КрасГАУ. - 2010. - №10. -С. 106-110.
2. Рунова Е.М. Некоторые особенности накопления загрязняющих веществ древесными насаждениями в урбоэкосистеме г. Братска / Е.М. Рунова, Ю.Н. Алпатов, **И.И. Гаврилин** // Системы Методы Технологии. - 2011. - №2(10). -С. 144-148.
3. **Гаврилин И.И.** Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме г. Братска / **И.И. Гаврилин** // Вестник КрасГАУ. - 2011. - №5. -С. 219-224.
4. **Гаврилин И.И.** Загрязнение снежного покрова г. Братска как индикатор состояния урбоэкосистемы / **И.И. Гаврилин**, Е.М. Рунова // Системы Методы Технологии. - 2011. - №3(11). -С. 163-167.

Публикации в периодических изданиях, сборниках и материалах конференций

1. **Гаврилин И.И.** Динамика площадей лесов, подверженных промышленными выбросами в зоне действия Братского алюминиевого завода /

- И.И. Гаврилин // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020: матер. VII научно-технической конференции. – Екатеринбург: Урал. гос.лесотехн. ун-т.- 2009. Ч.2.– С. 245-248.
2. Рунова Е.М. Перспективы улучшения ассортимента древесных и кустарниковых растений в промышленной зоне г. Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под. ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 22.- Брянск: БГИТА, 2009.-С. 172-173.
3. **Гаврилин И.И.** Состояние древесных и кустарниковых растений в урбоэкосистеме города Братска / **И.И. Гаврилин** // Леса России в XXI веке: материалы первой международной научно-практической интернет-конференции. Июль 2009 г. / Под. ред. авторов.- СПб: СПбГЛТА, 2009.- С. 25-26.
4. Рунова Е.М. Устойчивость различных пород деревьев в г. Братске / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Тезисы докладов международной студенческой научно-практической конференции «Экологические, экономические, социальные и правовые аспекты устойчивого развития».- Екатеринбург: ОАО «Полиграфист», 2009.- С. 68-69.
5. Рунова Е.М. Состояние древесно-кустарниковой растительности урбанизированной территории г. Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Город. Лес. Отдых. Рекреационной использование лесов на урбанизированных территориях. Научная конференция. Тезисы докладов. Т-во научных изданий КМК.- 2009.- С. 58-59.
6. Рунова Е.М. Экологическое состояние древесных растений в урбоэкосистеме города Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Леса Евразии – Польские леса: Материалы IX Международной конференции молодых ученых, посвященной 145- летию со дня рождения профессора И.К. Пачоского.- М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009.-С. 37-38.
7. Рунова Е.М. Зеленые насаждения в условиях урбоэкосистемы и перспективы озеленения г. Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под. ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 25.- Брянск: БГИТА, 2010.- С. 153-156.
8. Рунова Е.М. Проблемы состояния древесной растительности в условиях г. Братска подверженных аэротехногенному загрязнению / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Леса Евразии – Подмосковные вечера: Материалы X Международной конференции молодых ученых, посвященной 90- летию со дня основания Московского государственного университета леса и 170-летию со дня рождения профессора М.К. Турского.- М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010.- С. 280-282.
9. Рунова Е.М. Некоторые особенности устойчивости деревьев к газовым и пылесодержащим выбросам в урбоэкосистеме Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Системы Методы Технологии. - 2010. - №4(8). -С. 174-178.
10. Рунова Е.М. Функциональное зонирование зеленых насаждений в условиях урбоэкосистемы г. Братска / Е.М. Рунова, **И.И. Гаврилин** // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под. ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных

трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 26.- Брянск: БГИТА, 2010.- С. 151-154.

11. Рунова Е.М. Некоторые особенности эколого-геохимической оценки состояния урбоэкосистемы г. Братска / Е.М. Рунова, И.И. Гаврилин // *Materialy VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Aktualne problemy nowoczesnych nauk - 2011»*. Vol. 23. - Ekologia. Chemia i chemiczne technologie.: Przemysł. Nauka i studia. – S. 6-11.

12. Рунова Е.М. Зонирование древесных насаждений урбоэкосистемы Братска по уровню загрязнения снежного покрова / Е.М. Рунова, И.И. Гаврилин // *Актуальные проблемы мониторинга экосистем антропогенно нарушенных территорий: Сб. материалов Научно-практич. конф. с междунар. участием (г.Ульяновск, 20-23 октября 2011 г.) / отв.ред. Б.П. Чураков. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – С. 105-109.*

В материалах, обладающих статусом патентного права:

1. Способ разработки лесосек с естественным возобновлением леса: пат. 2409022 Рос. Федерация: МПК А01G23/00 (2006.01) / Рунова Е.М., Сухих А.Н., Багинов А.В., Ведерников И.Б., Гаврилин И.И., Ведерникова Т.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет».- № 2009111166/21; заявл.26.03.09, опубл.20.01.11.

Список сокращений, используемых в автореферате

ИЗА – индекс загрязнения атмосферы;

БрАЗ – Братский алюминиевый завод (ОАО «Русал Братск»);

БЛПК – Братский лесопромышленный комплекс (ОАО Группа «Илим» в г. Братске);

ПП – постоянные пробные площади;

ВП– временные пробные площади;

Zc – суммарный показатель загрязнения;

Tg(пов) – показатель техногенности элементов;

Kc – коэффициент концентрации;

КБН – коэффициент биологического накопления;

БХА – коэффициент биогеохимической активности;

U – интегральный показатель устойчивости древесных растений;

Подписано в печать 15.05.2012 г.

Формат 60×90 1/16.

Объем 1,0 п.л. Тираж 150 экз. Заказ 73

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВПО «БрГУ»

665709, Братск, ул. Макаренко 40