

Вишнякова Светлана Вячеславовна

**Лесоводственно-экологические особенности видов
темнохвойных в посадках г. Екатеринбурга**

06.03.03 – Лесоведение и лесоводство,
лесные пожары и борьба с ними

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2009

Работа выполнена на кафедре ландшафтного строительства
Уральского государственного лесотехнического университета

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Людмила Ивановна Аткина

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, старший
научный сотрудник
Ирина Владимировна Петрова

кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Надежда Аркадьевна Кряжевских

Ведущая организация: ФГОУ ВПО «Омский государственный
аграрный университет»

Защита состоится «26» марта 2009 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, УЛК-2, ауд. 320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «25» февраля 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

А.Г. Магасумова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Большинство работ по проблеме техногенных загрязнений посвящено изучению влияния выбросов крупных промышленных предприятий на естественные лесные насаждения. Для городских посадок хвойных таких работ очень мало, хотя в последнее время появились научные сводки по отдельным крупным городам (Москве, Санкт-Петербургу, Красноярску, Архангельску, Иркутску). Изучение жизнедеятельности растений в условиях городских уличных посадок является актуальной задачей в связи с растущей застройкой города, увеличением количества автотранспорта и общей экологической ситуацией крупного промышленного центра. Данных, посвященных изучению жизненного состояния хвойных древесных растений в городах Урала явно недостаточно, поэтому необходимы исследования, которые помогут повысить эффективность городского озеленения.

Цель и задачи исследований. Целью работы является комплексная оценка состояния уличных посадок темнохвойных древесных растений (ели европейской, сибирской, колючей и сосны кедровой сибирской) в г. Екатеринбурге и выявление видов наиболее устойчивых к антропогенному загрязнению. Полученная характеристика позволит определить возможность использования разных видов хвойных растений также и в качестве индикаторов при мониторинге городской среды.

В процессе выполнения диссертационной работы решались следующие задачи:

- определить санитарное состояние наиболее распространенных видов елей и сосны кедровой сибирской в городских посадках;
- оценить изменение биометрических, морфометрических, анатомических показателей хвои, побегов и, в целом, деревьев при разном уровне загрязнения выбросами автотранспорта;
- установить наиболее информативные показатели, определяющие реакцию растений на загрязнение;
- выявить наиболее устойчивые к условиям города виды елей и их морфологические формы для использования в уличных посадках;

Научная новизна исследований. Впервые в условиях крупного промышленного города Среднего Урала проведено комплексное обследование посадок ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), колючей (*Picea pungens* Engelm.) и сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* (Rupr.). Изучены таксационные и морфологические характеристики деревьев, произрастающих в различных зонах загрязнения выбросами автотранспорта; дана санитарная оценка уличных посадок темнохвойных, описаны особенности реакции на атмосферное загрязнение морфологических форм елей по типу ветвления, изучен ассимиляционный аппарат (продолжительность жизни, длина и площадь поверхности хвои, диаметр центрального проводящего пучка). Установлена связь между из-

Научная библиотека
г. Екатеринбург

менениями морфометрических параметров хвои разных видов елей и уровнем загрязнения выбросами автотранспорта.

Практическая значимость работы. Полученные данные могут быть использованы для более рационального ведения зеленого хозяйства в городских условиях с целью обеспечения долговечности и декоративности посадок. Результаты исследования позволяют уточнить принципы подбора объектов для мониторинга городской среды.

Обоснованность и достоверность результатов исследований. Обоснованность результатов обеспечена использованием статистически достоверных данных по общепринятым рекомендациям и методикам.

Защищаемые положения. В работе исследованы и обоснованы следующие положения, представленные к защите:

- Наиболее широко представленная в городских посадках ель сибирская отрицательно реагирует на загрязнение со стороны автотранспорта, что выражается в сокращении срока жизни и уменьшении параметров хвои. Степень негативного воздействия зависит от возраста деревьев и морфологической формы по типу ветвления.

- Наибольшую устойчивость в уличных посадках проявляют ель колючая и сосна кедровая сибирская.

- В качестве объекта для фитомониторинга могут выступать лишь крупные посадки ели сибирской. Выводы будут объективны лишь при условии наблюдения за ними в течение нескольких лет.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований представлялись на международной научно-практической конференции «Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты» (Томск, 2005); на всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов УГЛТУ (Екатеринбург, 2005, 2006); на научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы, взгляд в будущее» (Ростов-на-Дону, 2008); на научно-практической конференции «Экологические проблемы Севера» (Архангельск, 2008); на IV всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2008).

Личный вклад диссертанта. Автор принимал непосредственное участие в планировании исследований, сборе материала, теоретическом обобщении литературного материала. Весь комплекс работ по морфометрическим, анатомическим исследованиям, статистическая обработка и анализ полученных результатов осуществлен автором лично или при его непосредственном участии и руководстве.

Автор выражает искреннюю благодарность канд. с.-х. наук С.Н. Луганской и всем сотрудникам кафедры за всестороннюю поддержку и полезные советы.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 10 научных работах, в т.ч. 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, библиографического списка, приложения. Работа изложена на 162 страницах, включает 39 таблиц, 38 рисунков и 12 приложений. Список литературы включает 203 наименования, из них 6 иностранных.

1. ПРИРОДНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе изложены основные показатели климата, рельефа, почвенно-гидрологических условий и уровня загрязнения воздуха и почвы города Екатеринбурга.

Установлено, что средняя температура самого холодного месяца года - января – равна $-11,7^{\circ}\text{C}$, а июля, самого жаркого месяца года, $+19,5^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков по городу колеблется от 450 до 600 мм; из них, в теплое время года - 340-430 мм; в холодное - 80-150 мм. За изучаемый пятилетний период (2003-2007 гг.) среднегодовая температура воздуха отличается от среднемноголетних данных в г. Екатеринбурге и составляет $2,6 - 4^{\circ}\text{C}$.

2. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА

В главе приведен обзор современной научной литературы по следующим направлениям:

- темнохвойные виды, используемые в озеленении городов (Коновалов, Луганский, 1967; Правдин, 1975; Mamaev, 1983, 2000; Mamaev, Попов, 1989; Булыгин, Ярмишко, 2001; Чернышов, Арефьев, Титов и др., 2007; Бабич, Залывская, Травникова, 2008);

- опыт использования хвойных видов в качестве биоиндикаторов при мониторинге городской среды (Кулагин, Сергейчик, 1974; Николаевский, 1983, 1998, 1999; Алексеев, Рак, 1985; Алексеев, 1997; Забусова, Степень, 2001; Феклистов, 2004; Павлов, 2006; Абатуров, 2006);

- основные факторы городской среды, влияющие на загрязнение атмосферного воздуха и почвы (Илькун, 1978; Трешоу, 1988; Гурьев, Тутыгин, Филимонкова, 1999; Васильева, Кузьмин, Свиридов, 2002; Государственный доклад..., 2004, 2005, 2006, 2007; Денисова, 2006; Шергина, Михайлова, 2007);

- влияние техногенных загрязнений на морфологические характеристики ассимиляционного аппарата хвойных пород (Тарабрин, 1974; Гетко, 1975, 1989; Завьялова, 1976; Кирпичникова, Шавнин, Кривошеева, 1995; Загирова, 1999; Герасимов, 2000, 2003; Сухарева, 2004; Ведерников, 2008);

- морфологические особенности строения хвои и кроны ели (Нестерович, Дерюгина, 1967; Нестерович, Маргайлик, 1969; Трескин,

1973; Петров, 1977; Овечкин, 1983; Фрей, Иваск, 1983; Мамаев, Попов, 1989; Дмитриева, 2007; Уткин, Ермолова, Уткина, 2008).

На основании обзора, установлено, что ель – традиционный объект для мониторинга окружающей среды. Наибольшее количество литературных источников приходится на изучение влияния загрязнения естественных насаждений. Состояние темнохвойных видов в условиях городской среды изучено недостаточно.

На основе литературных данных по распределению концентраций загрязнителей выбросами автотранспорта, в зависимости от расстояния от магистрали (Мозолевская, Липаткин, Шарапа, 2004; Кормилицына, Бондаренко, 2004; Прохорова, 2005) можно выделить три основные зоны загрязнения: сильная, средняя и слабая, с интервалом около 10 м.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В качестве объектов исследования были изучены практически все посадки разных видов елей и сосны кедровой сибирской, произрастающих на улицах, в парках и скверах г. Екатеринбурга.

На исследуемых участках производилась поддеревная инвентаризация деревьев (Регламент на работы..., 2007) и определялась степень их нарушенности по 6-ти бальной шкале (Экологические тесты для мониторинга..., 1998; Санитарные правила..., 2001). Возраст деревьев устанавливался по документации о посадке или визуально по мутовкам (Дуплицев, 1965; Шавнин, 1967). У каждого дерева ели сибирской определялась морфологическая форма по типу ветвления (Молотков и др., 1982; Любавская, 2006).

Отбор образцов годичных побегов проводился с каждого дерева со стороны автомагистрали с высоты 1,5-2 м (Методика расчета..., 1987). Исследовались морфометрические и анатомические показатели образцов хвои и годичных приростов боковых побегов 2 порядка: длина побега, длина хвои, количество хвоинок на побеге. Образцы срезались осенью 2005, 2006 и 2007 гг., обрабатывались в течение месяца, в этот период они хранились в морозильной камере. Для определения площади поверхности был применен измененный (по фотографиям с увеличением в 60 раз) метод Ю.Л. Цельнике (1982).

На основных магистралях города установлена среднесуточная интенсивность движения автотранспорта и уровень загрязнения отработанными газами по концентрации окиси углерода, $\text{мг}/\text{м}^3$ (ГОСТ – 17.2.2.03-87; Методика..., 1997; Федорова, Никольская, 1997). На десяти участках уличных посадок деревьев ели определена степень фитотоксичности почвогрунтов, содержание хлорид-иона, тяжелых металлов, нитратного и аммиачного азота, содержание фосфора, калия, актуальная кислотность (ГОСТ 17.4.1.02-83).

В ходе работы на 58 участках исследовано 507 деревьев ели сибирской и 40 деревьев ели европейской, на 11 участках - 139 деревьев ели колючей и на 12 участках - 136 деревьев сосны кедровой сибирской. Изучено около 1000 приростов боковых побегов ели, на 550 годичных приростах посчитано количество хвои. Определены морфо-анатомические параметры у 3500 хвоинок ели.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследование показало, что в городских посадках преобладает ель сибирская. Большая часть деревьев этого вида (45,7%) имеют средний возраст 15-20 лет, 22% - 20-30 лет, 13% - 30-40 лет, 18% - 40-50 лет и 7% - 10 лет. У ели колючей более широко представлены посадки 20-25 лет (65%), наибольший возраст - 80 лет, наименьший – 10 лет. Высота деревьев ели всех видов варьирует от 0,5 до 20 м, основную долю составляют деревья высотой до 15 м. Сосна кедровая сибирская представлена в городе в меньшем количестве, чаще встречается в групповых посадках со средним возрастом 30-35 лет.

Состояние атмосферного воздуха в г. Екатеринбурге имеет самый высокий уровень загрязнения в Ленинском и Верх-Исетском районах. По уровню загрязнения почвы выделяются участки №11, 72 (Ленинский район) и №52, 27 (Верх-Исетский район) с особо неблагоприятной экологической обстановкой. Из изученных объектов участки №22 (Кировский район) и №17 (Орджоникидзевский район) выделяются по гипертоксичности почвогрунтов. Практически на всех магистралях города, примыкающих к участкам произрастания хвойных растений, интенсивность движения автотранспорта высокая, исключение составляет участок №26 (ул. Студенческая) с односторонним движением, со средней интенсивностью движения и №17 (ул. Фестивальная) с низкой интенсивностью движения. Наибольшая нагрузка автомобильным транспортом отмечена на участке №64 (автомобильное кольцо ул. Малышева - К.Либкнехта). Уровень загрязнения атмосферы окисью углерода на всех участках очень высокий, превышение ПДК в 3,4-13 раз, исключением является участок №17 (Орджоникидзевский район), где превышение незначительное (в 1,07 раз).

5. СОСТОЯНИЕ ТЕМНОХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСАДКАХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Биометрические параметры деревьев ели. Установлено, что в условиях города в посадках ели сибирской во всех зонах загрязнения связь диаметра (на высоте 1,3 м) от возраста дерева более тесная, чем высоты от возраста (рис. 1, 2). Средний диаметр ствола на высоте груди с возрастом увеличивается от 2,7 см (в 10 лет) до 26,3 см (в 50 лет).



Рис. 1. Средний диаметр деревьев ели сибирской разного возраста

В городских посадках ель сибирская в возрасте 6-10 лет имеет среднюю высоту 1,2-2 м, к 30 годам высота ели увеличивается до 15-20 м. Отмечено, что посадки в возрасте 41-50 лет имеют меньшую высоту, чем 31-40 летние (рис. 2).



Рис. 2. Средняя высота деревьев ели сибирской разного возраста

Таксационные показатели ели в городских условиях в среднем на 60% выше, чем в лесокультурных посадках, описанных в работе Г.Г. Терехова и В.А. Усольцева (2008).

Максимальный годичный прирост бокового побега 2 порядка отмечен в возрасте ели 6-10 лет - $7,8 \pm 1,1$ см в зоне сильного загрязнения, в то время как в зоне среднего загрязнения этот показатель на 24% ниже. В возрасте 31-40 лет прирост побега в зоне сильного загрязнения также пре-

вышает показатели в других зонах на 17 и 27%. В следующих возрастных группах больших различий по зонам загрязнения не наблюдается. Средний годичный прирост бокового побега по возрастам колеблется от $5,0 \pm 0,55$ см до $6,8 \pm 0,17$ см, понижаясь с увеличением возраста дерева на всех участках. В возрастной группе 41-50 лет, за период исследования (2004 - 2007 гг.) отмечено отклонение среднего годичного прироста на 4 - 6 см в год внутри каждой зоны загрязнения. При сравнении величины годичного прироста бокового побега ели сибирской, произрастающей на территории лесопарка им. Лесоводов России, с тем же параметром в уличных посадках получили, что в возрастной группе 11-20 лет средний прирост бокового побега ели в условиях лесопарка в 2004 году составил $6,98 \pm 0,76$ см, что на 2-10% больше, чем в городе. В возрасте дерева 21-30 лет прирост составил $7,8 \pm 0,83$ см, а в 31-40 лет – $9,95 \pm 0,89$ см, что превышает показатель в городских посадках в среднем на 26,5 и 51,5%, соответственно.

Средний балл санитарного состояния изученных деревьев ели составляет от 1 до 2,5 по всем зонам загрязнения.

В большинстве уличных посадок ели сибирской в зоне сильного загрязнения минимальная продолжительность жизни хвои - 2 года, максимальная – 5 лет, которая отмечена только у деревьев в возрасте 41-50 лет. В зоне среднего загрязнения средний возраст хвои у деревьев ели до 30 лет также составляет 2 года. Но уже в следующей возрастной группе (31-40 летних) деревьев возраст хвои увеличивается до 4 лет. Аналогичные закономерности выявлены и для ели европейской. Таким образом, отмечается динамика увеличения продолжительности жизни хвои с увеличением возраста деревьев, независимо от уровня загрязнения.

Показатель плотности кроны в зоне сильного загрязнения увеличивается с возрастом дерева от 2,5 до 1,0 балла. Около половины изученных деревьев ели сибирской и европейской имеют плотность кроны от 1 до 1,5 балла. Плотность кроны преобладающего количества ели колючей составляет 2 балла.

Характеристика основных параметров хвои разных видов ели. Так как выявлено, что хвоя наиболее чутко реагирует на уровень загрязнения, были более подробно изучены ее показатели: длина, ширина, площадь поверхности, периметр поперечного сечения, диаметр и расположение центрального проводящего пучка. Изменение различных параметров хвои изучалось как по отдельным деревьям и участкам, так и для всей совокупности деревьев, в разных возрастных группах.

Длина хвои. Установлено, что у отдельно взятых деревьев показатель длины хвоинки варьирует по годам наблюдения до 30%.

Анализ обобщенных совокупностей данных по возрастным группам деревьев и зонам загрязнения дал следующие результаты: средняя длина хвои за период наблюдений в зоне слабого загрязнения больше, чем в зоне сильного загрязнения на 3% - в возрасте 11-20 лет, на 8,5% в возрасте 21-

30 лет и на 6% в возрасте 31-40 лет. В возрасте ели 41-50 лет проанализированы две зоны загрязнения: в зоне слабого загрязнения длина хвои также больше, чем в зоне среднего загрязнения на 6%.

За период исследования значительное варьирование длины хвои (от 12,3 до 14,3 мм) ели сибирской по годам и зонам загрязнения наблюдается в возрастной группе до 20 лет, что вероятнее всего связано с адаптацией растения к городской среде. Длина хвои меняется в зависимости от погодных условий года наблюдения, у деревьев старшего возраста хвоя крупнее.

В условиях лесопарка (около 500 м от автомагистрали) средняя длина хвои ели в возрастной группе 11-20 лет равна $14,0 \pm 0,80$ мм, в 21-30 лет – $15,2 \pm 0,62$ мм и в 31-40 лет средняя длина хвои составляет $11,9 \pm 0,57$ мм. В результате сравнения, при возрасте ели 11-20 и 21-30 лет средняя длина хвои ели сибирской в более благоприятных условиях превышает длину хвои в уличных посадках на 6-12 и 14-20%, соответственно. В возрасте ели 31-40 лет наблюдается обратное, средняя длина хвои в условиях лесопарка меньше на 20-27% длины хвои в городских условиях. Вероятно, сказывается влияние освещенности в условиях многоярусного насаждения на рост и развитие хвои.

Таким образом, у ели сибирской начиная с 20-летнего возраста, отмечается стабильное уменьшение средней длины хвои в зоне сильного загрязнения почти на 1 мм, по сравнению с зоной слабого воздействия. Данная закономерность носит статистический характер, то есть выявляется при многолетних наблюдениях у большой совокупности данных.

Средняя ширина хвои ели сибирской в возрастной группе 11-20 лет за наблюдаемый период (2004 – 2006 гг.) увеличивается по мере снижения уровня загрязнения выбросами автотранспорта на 4,5%. Максимальное значение ширины хвои ($0,92 \pm 0,012$ мм) отмечено в 2006 году в зонах среднего и слабого загрязнения. Минимальная ширина хвои зафиксирована в 2004 году в зоне среднего загрязнения ($0,84 \pm 0,016$ мм). Внутри зоны среднего загрязнения различие в средних показателях ширины хвои по годам наблюдений составляет 8%, в остальных зонах - от 0,3 до 2% (в среднем - 1%). При сравнении показателей ширины хвои разных видов ели, установлено, что ширина хвои ели европейской во всех зонах превышает ширину хвои ели сибирской, в среднем на 3% в зоне слабого загрязнения и на 10% в зоне сильного загрязнения.

Анализ изменений ширины хвои ели сибирской в зависимости от возраста деревьев, произрастающих в одинаковых условиях загрязнения выбросами автотранспорта, показал, что хвоя деревьев старшего возраста несколько шире хвои деревьев в молодом возрасте. Минимальные значения ширины хвои отмечены в возрасте 21-30 лет - 0,75 мм. Максимальные значения в возрасте 41-50 лет - 0,94 мм.

Сравнивая периметр поперечного сечения хвои у деревьев ели сибирской (11-20 лет), можно сказать, что наблюдается увеличение данного

показателя, как в нижней так и в средней частях кроны, по мере удаления объекта от автомобильной дороги. Периметр поперечного сечения хвои увеличился от нижней части кроны к средней части в зоне сильного и среднего загрязнения. При более благоприятных условиях, значения периметра поперечного сечения хвои в разных частях кроны уравниваются.

Периметр поперечного сечения хвои ели сибирской (11-20 лет) в нижней части кроны в зоне сильного загрязнения стабилен по годам наблюдений (2004 - 2006 гг.). Существенные колебания изучаемого параметра по годам наблюдаются в средней (до 8%) и в слабой (до 6%) зонах загрязнения. Максимальное значение периметра отмечено в зоне среднего загрязнения ($2,17 \pm 0,03$ мм) в 2005 году (рис. 3).



Рис. 3. Периметр поперечного сечения хвои ели сибирской

У хвои ели европейской установлены аналогичные изменения параметра по годам и по зонам загрязнения. Максимальное значение периметра также определено в зоне среднего загрязнения ($2,43 \pm 0,07$ мм) в 2005 году. Периметр поперечного сечения в зоне среднего загрязнения больше, чем в зоне сильного загрязнения в 2004 году на 2%, в 2005 году - на 4%. Меньшие показатели периметра в зоне слабого загрязнения нарушают выявленную тенденцию (рис. 4).

При сравнении показателя у разных видов ели одной возрастной группы (11-20 лет), установлено, что периметр хвои ели европейской в нижней части кроны во всех зонах загрязнения выбросами автотранспорта превышает данный параметр хвои ели сибирской (рис. 3, 4).

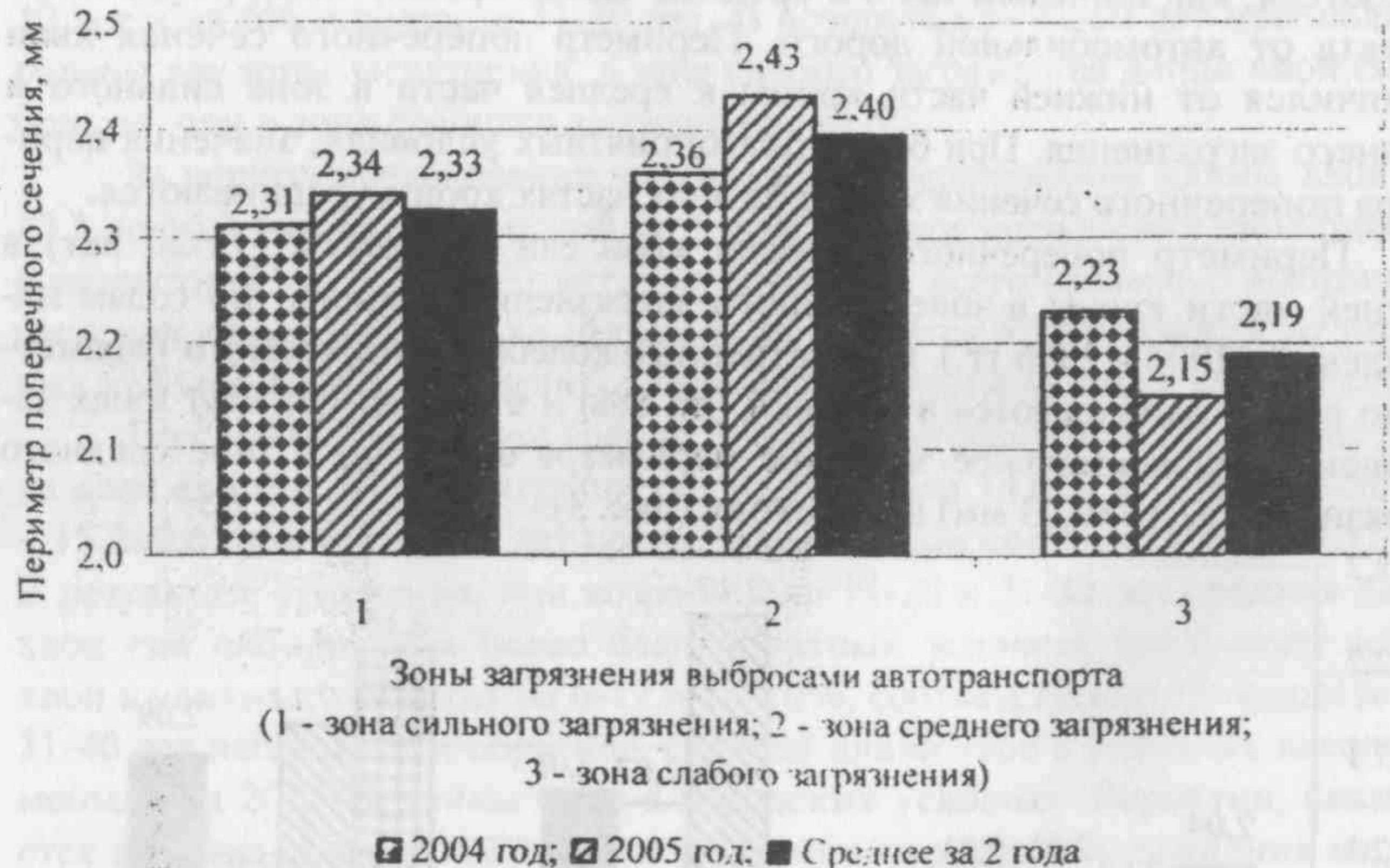


Рис. 4. Периметр поперечного сечения хвои ели европейской

Периметр поперечного сечения хвои ели колючей изучался на трех участках в зонах слабого и среднего загрязнения у деревьев разных возрастных групп в течение 2004-2005 гг. Отмечено, что на периметр поперечного сечения хвои ели колючей не оказывает существенного влияния возраст дерева и уровень загрязнения. Все различия находятся в пределах 3%.

Периметр поперечного сечения хвои ели колючей возрастной группы 11-20 лет определен только в зоне слабого загрязнения, в которой он составляет в среднем за два года наблюдения - 2,78 мм, тогда как у ели европейской - 2,19 мм, у ели сибирской - 2,09 мм.

В возрастной группе 11-20 лет средняя площадь поверхности хвои ели сибирской за 3 года наблюдений (рис. 5) в зоне сильного загрязнения составляет около $26,9 \text{ mm}^2$, в зоне среднего загрязнения - $28,5 \text{ mm}^2$, в зоне слабого загрязнения - $27,9 \text{ mm}^2$. Прослеживается увеличение средних значений с понижением степени загрязнения выбросами автотранспорта.

В зоне слабого загрязнения средний показатель за период наблюдений на 4% больше, чем в зоне сильного загрязнения. Такие же изменения наблюдаются и по отдельным годам. Наибольшее варьирование площади с 2004 по 2006 гг. отмечены в зонах среднего и сильного загрязнения - до 19 и 15%, соответственно. Наиболее стабилен показатель в зоне слабого загрязнения (изменения в пределах 9%). Максимальное значение площади поверхности хвои отмечено в 2006 году в зоне среднего загрязнения - $30,92 \pm 0,84 \text{ mm}^2$. Минимальное значение - в 2004 году в зоне сильного загрязнения - $24,56 \pm 0,56 \text{ mm}^2$ (рис. 5).



Рис. 5. Средняя площадь поверхности хвои ели сибирской (11-20 лет) в нижней части кроны в разных зонах загрязнения выбросами автотранспорта

Возрастная группа 21-30 лет рассмотрена в двух зонах, сильного и среднего загрязнения (рис. 6.), в которых также наблюдается увеличение параметра хвои при снижении уровня загрязнения.

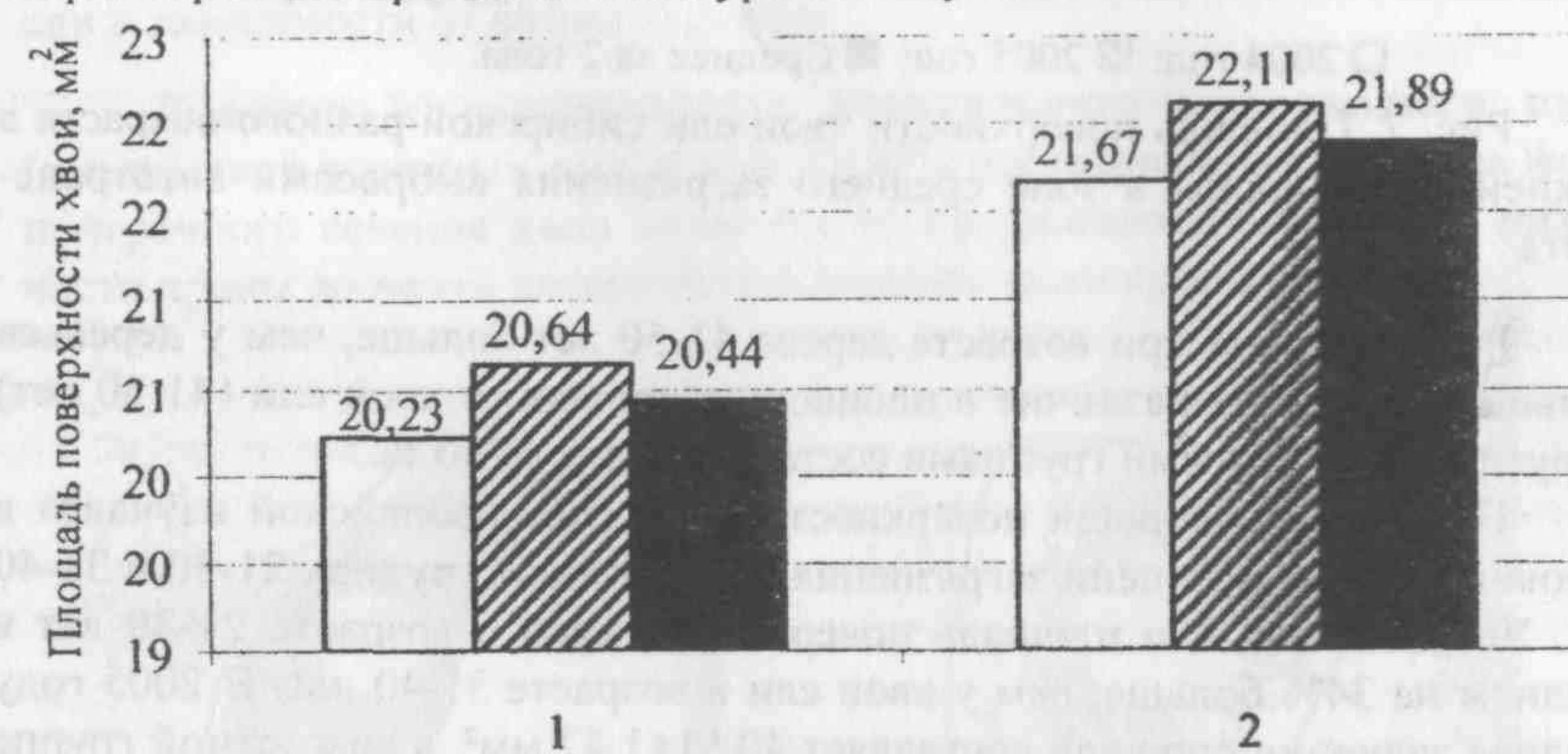


Рис. 6. Площадь поверхности хвои ели сибирской (21-30 лет) в нижней части кроны в разных зонах загрязнения выбросами автотранспорта

Средняя площадь поверхности хвои за двухлетний период (2004-2005 гг.) в зоне сильного загрязнения равна $20,44 \text{ mm}^2$, в зоне среднего загрязнения - $21,89 \text{ mm}^2$, различие составляет 6,5%. Изменение площади поверхности хвои по годам наблюдений незначительно, в среднем 2%. Показатели хвои в 2005 году больше, чем в 2004 году.

На рисунке 7 представлены результаты влияния возраста дерева на площадь поверхности хвои в зоне среднего загрязнения.

Средняя площадь поверхности хвои за наблюдаемый период (2004-2005 гг.) составляет - $34,25 \text{ mm}^2$ в возрастной группе 41-50 лет, $29,35 \text{ mm}^2$ (31-40 лет), $21,89 \text{ mm}^2$ (21-30 лет) и $27,35 \text{ mm}^2$ (11-20 лет) (рис.5.). Показатель хвои в возрасте 21-30 лет меньше, чем в возрасте 11-20 лет, на 13% (в 2004 году) и на 26% (в 2005 году).

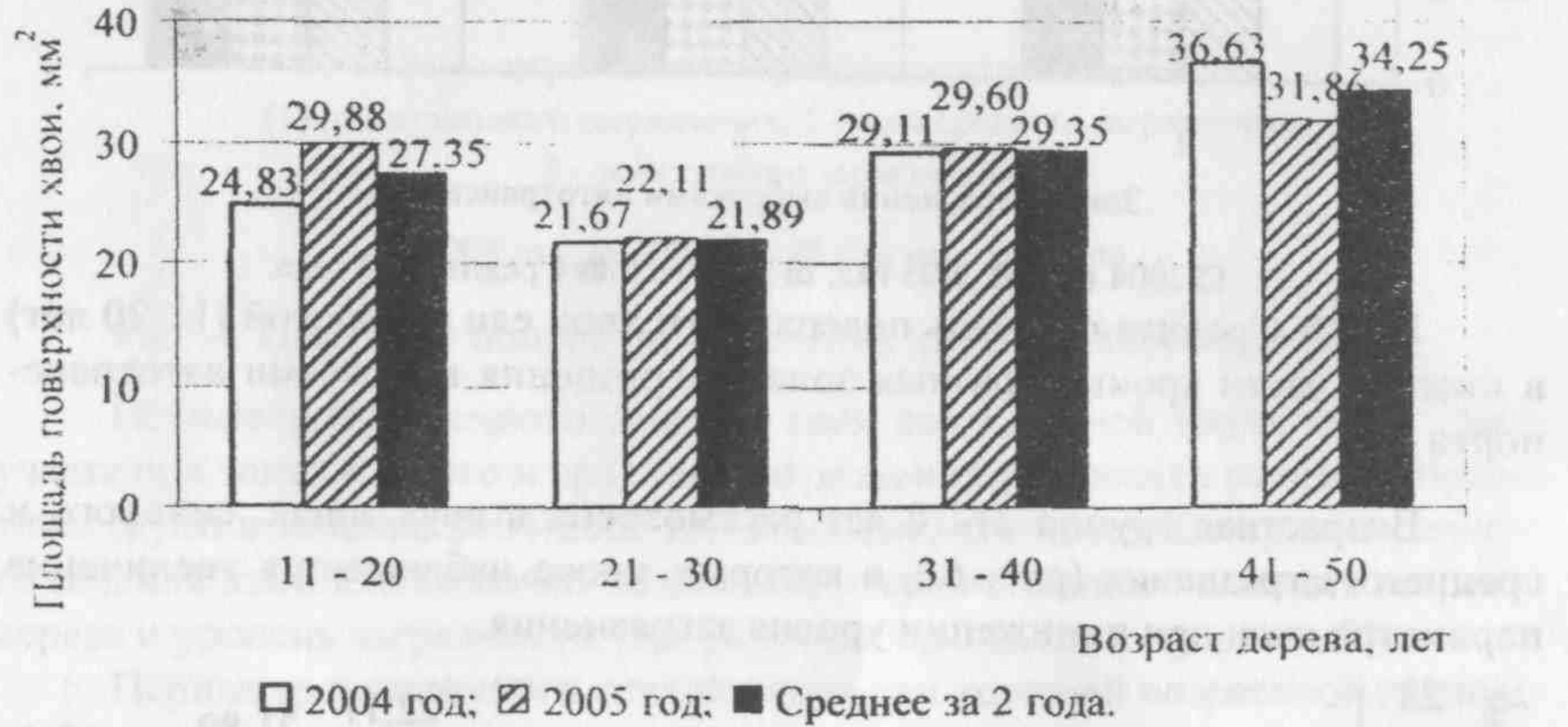


Рис. 7. Площадь поверхности хвои ели сибирской разного возраста в нижней части кроны в зоне среднего загрязнения выбросами автотранспорта

Размеры хвои при возрасте дерева 41-50 лет больше, чем у деревьев меньшего возраста. Различие в площади поверхности хвои ели (41-50 лет) с другими возрастными группами составляет от 6 до 40 %.

Показатель площади поверхности хвои ели европейской изучался в условиях средней степени загрязнения в возрастных группах 21-30 и 31-40 лет. Установлено, что площадь поверхности хвои в возрасте 21-30 лет в среднем на 34% больше, чем у хвои ели в возрасте 31-40 лет. В 2005 году среднее значение площади составляет $40,51 \pm 1,47 \text{ mm}^2$, в возрастной группе 31-40 лет - $26,51 \pm 1,01 \text{ mm}^2$.

Для изучения площади поверхности хвои ели колючей, в городских посадках были обследованы молодые растения возраста до 20 лет, произрастающие в зоне слабого загрязнения и растения более старые (80 лет) в зоне среднего загрязнения. Средняя площадь поверхности хвои ели колючей в возрасте 11-20 лет составляет $50,79 \pm 1,14 \text{ mm}^2$ в 2004 году, и

$54,99 \pm 1,54 \text{ mm}^2$ в 2005 году, что на 7,6% больше предыдущего года. Наибольшая площадь поверхности хвои наблюдается у ели колючей старшего возраста ($66,01 \pm 0,88 \text{ mm}^2$ - в 2004 году, $72,68 \pm 1,44 \text{ mm}^2$ - в 2005 году), показатели 2005 года на 9,1% превышают данные 2004 года. Различие между средним показателем в возрастных группах составляет примерно 23,7% (то есть $16,4 \text{ mm}^2$).

На рисунке 8 приведены усредненные данные площади поверхности хвои разных видов елей за два года наблюдений (2004 - 2005 гг.).

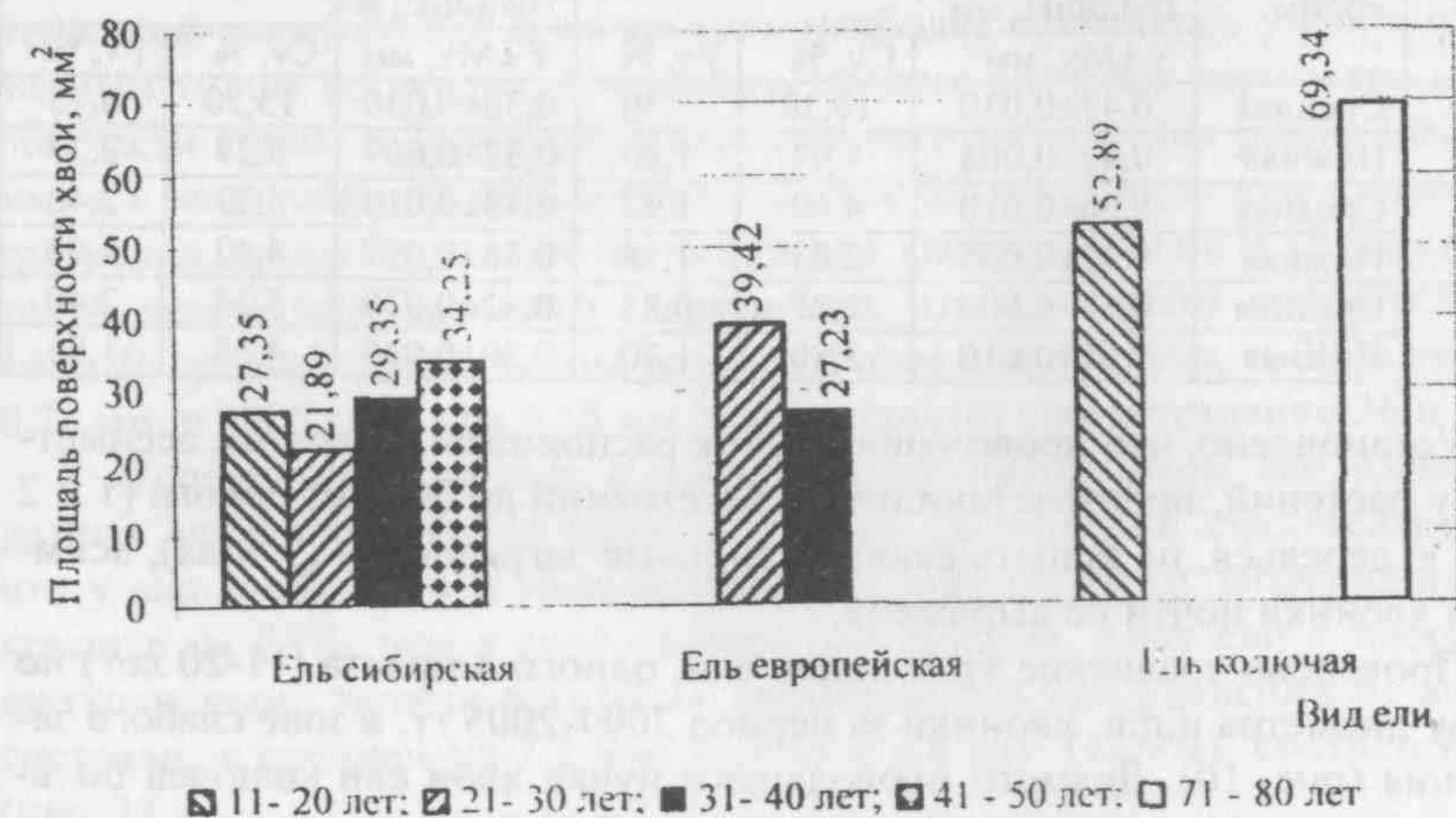


Рис. 8. Средние значения площади поверхности хвои у разных видов ели в зависимости от возраста дерева

Диаметр и расположение центрального проводящего пучка (ц.п.п.) хвои у разных видов ели. В 80% исследованных образцов форма поперечного сечения хвои меняется от продолговато-овальной в нижней части кроны до почти квадратной в средней части кроны (рис. 9).

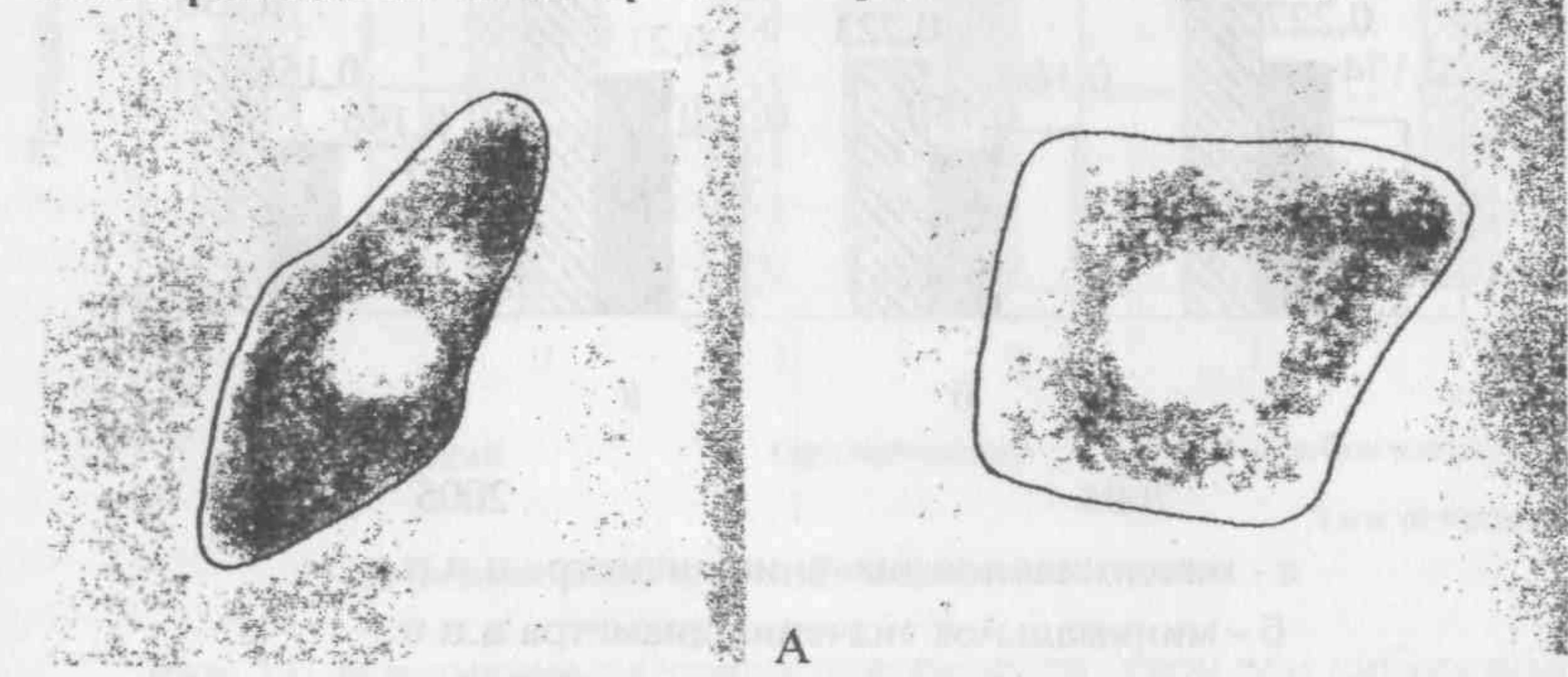


Рис. 9. Поперечный срез хвои ели сибирской: А - в нижней части кроны; Б - в средней части кроны.

На примере ели сибирской возрастной группы 11-20 лет в 2005 году рассматривалось расположение центрального проводящего пучка хвои в зависимости от ее размещения в кроне дерева и уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта (табл. 1.).

Таблица 1. Показатели связи расположения центрального проводящего пучка от размещения хвои в кроне и степени загрязнения

Зона загрязнения	Часть кроны	Расстояние от ц.п.п. до правой границы, мм			Расстояние от ц.п.п. до левой границы, мм		
		$\bar{x} \pm Mx$, мм	Cv, %	Pv, %	$\bar{x} \pm Mx$, мм	Cv, %	Pv, %
1	Средняя	0,43±0,030	16,30	7,30	0,38±0,030	13,70	6,15
	Нижняя	0,42±0,008	4,03	1,80	0,37±0,009	5,29	2,37
2	Средняя	0,50±0,010	4,40	1,97	0,43±0,010	5,32	2,40
	Нижняя	0,42±0,005	2,63	1,18	0,38±0,007	4,42	1,98
3	Средняя	0,53±0,004	1,87	0,83	0,52±0,010	5,34	2,40
	Нижняя	0,55±0,010	3,80	1,70	0,50±0,010	4,35	1,95

Установлено, что проводящий пучок расположен в хвоинке асимметрично у растений, произрастающих на расстоянии до 30 м от дороги (1 и 2 зоны). У деревьев, не испытывающих сильные загрязнения (3 зона), асимметрия хвоинки почти не выражена.

Проведено сравнение трех видов ели, одного возраста (11-20 лет) по размеру диаметра ц.п.п. хвоинки за период 2004-2005 гг. в зоне слабого загрязнения (рис. 10). Диаметр проводящего пучка хвои ели колючей больше, чем у хвои ели сибирской и ели европейской, разница составляет в среднем 0,10 и 0,07 мм, около 31 и 12% соответственно. Установлено, что данный показатель зависит от вида ели и места произрастания дерева относительно автомагистрали.



Рис. 10. Диаметр центрального проводящего пучка хвои по годам наблюдений (2004-2005 гг.) у разных видов ели в возрасте 11-20 лет

Морфологические формы ели сибирской по типу ветвления.

На улицах г. Екатеринбурга наиболее часто встречаются четыре основные формы ели сибирской, выделяемые по типу ветвления: плоская, щетковидная, гребенчатая и неправильно-гребенчатая. Установлено, что расположение деревьев ели по отношению к автомагистрали влияет на отдельные параметры хвои по-разному, в зависимости от ее морфологических форм.

В возрастной группе 11-20 лет влияние условий произрастания на **периметр поперечного сечения хвои** наиболее проявилось у ели с щетковидным типом ветвления. К примеру, среднее значение периметра в нижней части кроны в 2006 году в зоне сильного загрязнения равно $2,01 \pm 0,04$ мм, а в зоне слабого загрязнения - $2,34 \pm 0,02$ мм. Так, в зоне слабого загрязнения, периметр поперечного сечения хвои больше на 0,33 мм (в 2006 году), чем в зоне сильного загрязнения, что составляет соответственно 14%. В средней части кроны разница более значительна, в 2006 году на 0,71 мм, в 2005 году - на 0,58 мм, что составляет соответственно 26 и 21%.

Усредненные данные **площади поверхности хвои** ели сибирской разных морфологических форм за 2 года наблюдений свидетельствуют, что у ели гребенчатого типа ветвления в зоне сильного загрязнения хвоя крупнее на 25%, чем в зоне слабого загрязнения. Хвоя ели с плоским и щетковидным типами ветвления увеличивается при удалении от автомагистрали, в среднем на $2,2 \text{ mm}^2$ (7,7%) и $4,8 \text{ mm}^2$ (12,9%), соответственно (рис. 11.)



Рис. 11. Изменение площади поверхности хвои ели сибирской в разных зонах загрязнения: I – зона сильного загрязнения, II – зона слабого загрязнения.

Часть изученных экземпляров ели сибирской была отнесена к форме неправильно-гребенчатой, которая, например, преобладает в посадках Центрального парка культуры и отдыха им. Маяковского. В течение четырех лет в двух зонах загрязнения (средней и слабой) обследовались участки произрастания ели сибирской в возрасте 41-50 лет с щетковидным и неправильно-гребенчатым типами ветвления (табл. 2.).

В зависимости от уровня загрязнения наблюдаются различия между морфологическими формами ели по *длине годичного прироста боковых побегов и длине хвои*.

Таблица 2. Средние показатели годичного прироста бокового побега и длины хвои ели сибирской (41-50 лет) в нижней части кроны разных морфологических форм

Зона загрязнения	Типы ветвлений	Годы наблюдения			
		2004	2005	2006	2007
Средняя длина хвои, мм					
Зона слабого загрязнения (более 100 м)	Неправильно-гребенчатый	16,2±0,99	17,7±1,09	18,7±1,27	17,3±1,07
	Щетковидный	14,5±1,00	14,1±1,20	17,2±1,14	14,2±0,64
Зона среднего загрязнения (до 30 м)	Неправильно-гребенчатый	16,8±1,36	14,2±2,08	15,6±1,58	14,4±1,32
	Щетковидный	14,2±1,00	14,5±0,24	13,8±1,07	11,2±1,68
Средний годичный прирост бокового побега 2-го порядка, см					
Зона слабого загрязнения (более 100 м)	Неправильно-гребенчатый	7,05±0,94	7,85±0,98	10,62±0,86	8,32±1,25
	Щетковидный	7,73±0,55	6,83±1,13	9,43±1,03	7,10±0,59
Зона среднего загрязнения (до 30 м)	Неправильно-гребенчатый	5,04±0,45	4,28±0,51	7,72±1,91	6,90±0,48
	Щетковидный	4,77±0,43	3,40±0,78	8,17±0,55	6,03±0,48

Установлено, что в зоне слабого загрязнения годичный прирост бокового побега 2-го порядка больше, чем данный показатель в зоне среднего загрязнения. Различие в показателе составляет от 1 до 3,5 см, то есть от 15 до 50%, у обеих морфологических форм. Сравнение внутри одной зоны данных годичного прироста бокового побега ели сибирской (41-50 лет) показало, что у ели с неправильно-гребенчатым типом ветвления величина прироста побега больше, в среднем на 0,8-1 см (около 13%), чем у ели с щетковидным типом ветвления.

Средняя длина хвои ели с неправильно-гребенчатым типом ветвления превышает длину хвои ели с щетковидным типом ветвления в среднем на 15%, независимо от уровня загрязнения (табл. 2.). В зоне слабого загрязнения длина хвои больше, чем в зоне среднего загрязнения у ели с неправильно-гребенчатым типом - на 12,6%, с щетковидным типом ветвления - на 10,6%.

Характеристика городских посадок сосны кедровой сибирской

Посадки сосны кедровой сибирской составляют лишь 16% от обследованных деревьев, но они являются характерным элементом городского озеленения. Для определения санитарного состояния, плотности кроны, продолжительности жизни хвои сосны кедровой обследовано 12 участков (136 деревьев) городских посадок в возрасте от 10 до 40 лет. Большая часть исследуемых деревьев сосны кедровой - 54% имеют средний возраст 31-40 лет, около 23% - возраст 21-30 лет, 23,5% - возраст 8-15 лет. Преобладают групповые посадки, в основном расположенные рядом с образовательными или культурными учреждениями и в парках.

Средний балл санитарного состояния изученных деревьев сосны кедровой сибирской (в возрасте 21-30 и 31-40 лет) составляет 2 балла вне зависимости от зоны загрязнения выбросами автотранспорта. Санитарное состояние деревьев в возрасте 8-15 лет, расположенных только в зоне слабого загрязнения, оценивается в среднем в 3,3 балла.

Большинство деревьев сосны кедровой сибирской (в возрасте 21-30 и 31-40 лет) в среднем имеют плотность кроны 2 балла вне зависимости от зоны загрязнения. В зоне слабого загрязнения у деревьев сосны кедровой (8-15 лет) плотность кроны несколько ниже - в среднем 2,5 балла.

В обследованных посадках сосны кедровой сибирской независимо от возраста дерева и уровня загрязнения воздуха и почвы продолжительность жизни хвои составляет от 2 до 5 лет.

Посадки в возрасте около 10 лет имеет среднюю высоту 1,4 м, к 30-40 годам высота деревьев данного вида колеблется от 6,5м до 15 м, что составляет в среднем 10,7 м.

Средний таксационный диаметр дерева в возрасте 8-15 лет равен примерно 2 см. В возрасте 21-30 и 31-40 лет диаметр ствола сосны кедровой сибирской практически одинаков во всех зонах загрязнения, в среднем составляет 13-15 см. Выделяется участок №73, расположенный в зоне сильного загрязнения выбросами автотранспорта, где деревья превышают по высоте и диаметру средние значения на 50%. Возможно, это результат проведения агротехнических мероприятий, так как изученные деревья - часть архитектурного комплекса центра города ("Плотинка").

На рисунках 12 и 13 представлены средние биометрические показатели сосны кедровой по общей совокупности изученных деревьев разных возрастных групп при разном уровне загрязнения выбросами автотранспорта.

Значительных различий по состоянию сосны кедровой сибирской и ее биометрическим показателям, произрастающей на участках с разным уровнем загрязнения выбросами автотранспорта, не отмечено.

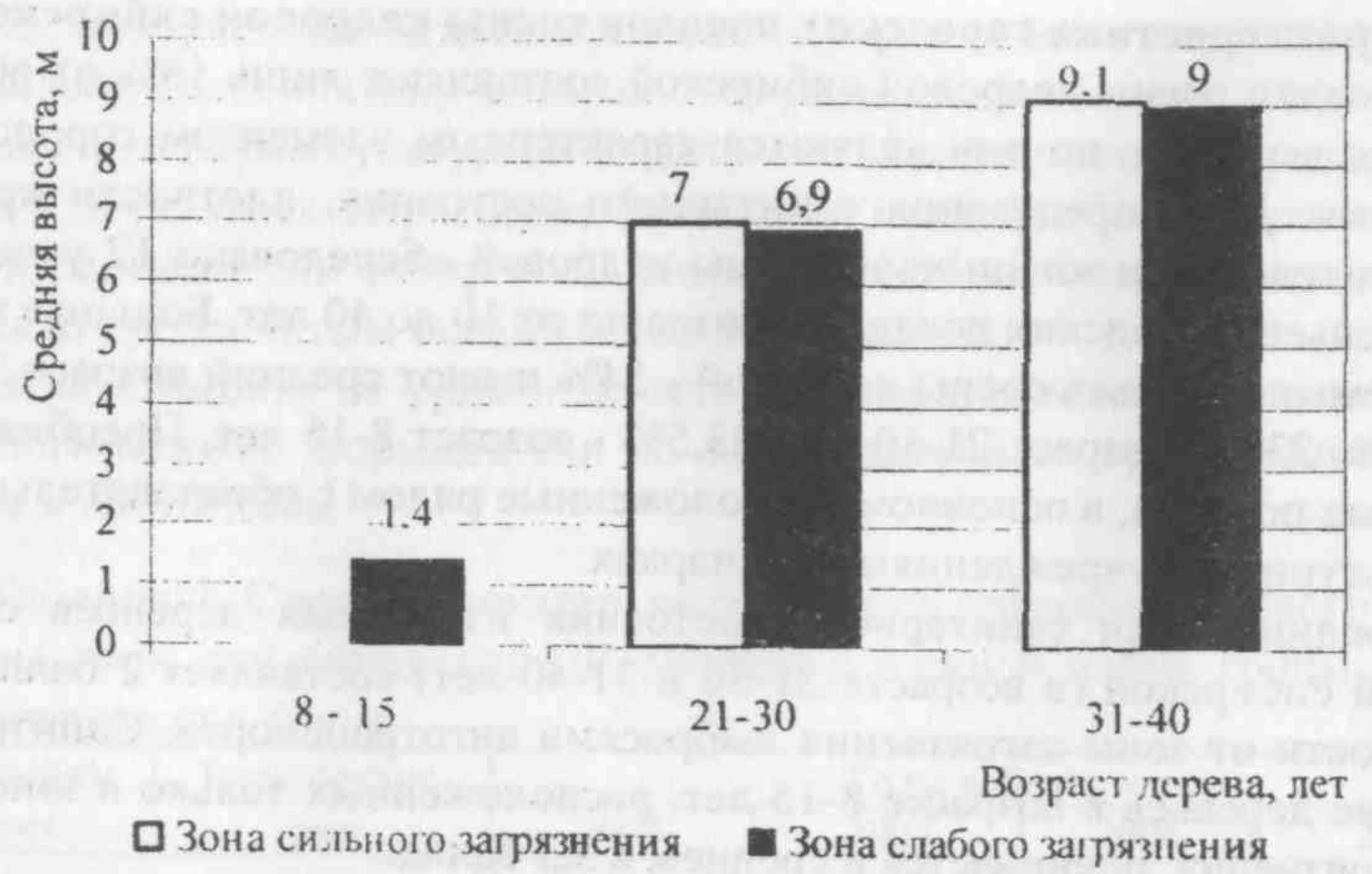


Рис. 12. Средние показатели высоты сосны кедровой в разных зонах загрязнения выбросами автотранспорта



Рис. 13. Средние показатели диаметра сосны кедровой в разных зонах загрязнения

По данным научных исследований С.В. Залесова, В.И. Середкина (2007), проведенным на территории Уральского учебно-опытного лесхоза (УУОЛ) УГЛТУ, в предварительных культурах сосны кедровой, в возрасте 18 лет средняя высота кедра составляет 3,8 м, в возрасте 32 года при средней высоте 10,1 м средний диаметр составил 14,4 см. По данным С.А. Мамаева (1983), в Ботаническом саду в 20 лет кедровая посадка достигла средней высоты 4,5 м, в 40 лет – 8 м. По результатам исследований, описанных в работе А.С. Чиндеява с соавторами (2007), на стационарах "Пес-

чаный" и "Мостовой" культуры кедра, выращенного на торфяных почвах без агротехнического и лесоводственного ухода, в 18 лет имеют среднюю высоту - 2,63 м и средний таксационный диаметр - 2,7 см.

Таким образом, в молодом возрасте до 20 лет сосна кедровая в городских условиях имеет таксационные показатели, близкие к деревьям в посадках лесных культур. Средние показатели высоты в уличных посадках превышают данные из Ботанического сада, в возрасте 20 лет - в среднем на 34,7%, в возрасте 40 лет - в среднем на 15%. Однако, лесные культуры сосны кедровой, произрастающие на территории УУОЛ превосходят деревья, изучаемые в уличных посадках: по высоте - на 7%, по диаметру - на 16,5%.

ВЫВОДЫ:

Анализ изученных данных состояния деревьев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и колючей (*Picea pungens* Engelm.), а также сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* (Rupr.)) в возрасте от 11 до 50 лет в посадках г. Екатеринбурга позволяет сделать следующие выводы:

1. Ели, произрастающие вдоль городских автомагистралей, испытывает сильное воздействие со стороны автотранспорта, что выражается в укороченном сроке жизни хвои - 2-3 года.
2. Влияние загрязнения выбросами автотранспорта на длину хвои проявляется в большей степени у деревьев, произрастающих в условиях города более 20-30 лет. Так у ели сибирской, начиная с 20-летнего возраста, отмечается стабильное уменьшение средней длины хвои в зоне сильного загрязнения на 1 мм, по сравнению с зоной слабого воздействия выбросами автотранспорта.
3. Показатель ширины хвои елей слабо изменяется под влиянием загрязнения - в пределах 4,5%.
4. Влияние уровня загрязнения проявляется в увеличении асимметрии расположения в хвое центрального проводящего пучка.
5. Из рассмотренных показателей, наиболее реактивным, отражающим влияние степени загрязнения, является площадь поверхности хвои. Максимальные показатели площади поверхности хвои отмечены у ели колючей. Средние показатели хвои у ели европейской на 13-19% больше, чем у ели сибирской. Практически все морфометрические параметры хвои ели в средней части кроны превышают те же показатели в нижней части кроны.
6. В зависимости от уровня загрязнения наблюдаются различия между морфологическими формами ели по длине годичного прироста побегов, количеству хвои на приросте, морфометрическим параметрам хвои. Сравнение морфологических форм выявляет наибольшую реакцию на условия произрастания ели с щетковидным типом ветвления. Хвоя ели с гребенча-

тым типом ветвления имеет меньшие параметры по сравнению с хвоей других морфологических форм.

Таким образом, в условиях все возрастающего загрязнения выбросами автотранспорта улиц г. Екатеринбурга, можно рекомендовать посадку ели сибирской (щетковидного и неправильно-гребенчатого типов ветвления) вдоль крупных магистралей на расстоянии не менее 20-30 м от проезжей части группами по 3-4 экземпляра. Сосна кедровая сибирская достаточно устойчива к загрязнению воздуха выбросами автотранспорта и может быть использована для озеленения центральных улиц города. При проведении агротехнических мероприятий, повышающих устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, посадки будут создавать высокий декоративный эффект, что подтверждают экземпляры сосны кедровой, произрастающие на участке №73 ("Плотинка"). Наиболее устойчивым для озеленения видом является ель колючая.

В качестве объекта для фитомониторинга целесообразно использовать лишь большие группы (20-30 экземпляров) компактно произрастающих деревьев ели сибирской (например, в ЦПКиО им. Маяковского), а наблюдения проводить не менее 3 лет. В этом случае, по параметрам хвои можно отслеживать изменение состояния окружающей среды.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ,

ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. **Вишнякова, С.В.** Формирование ассортимента древесных пород для озеленения г. Екатеринбурга в связи с разным уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почвы по районам города [Текст] / С.В. Вишнякова // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. науч. тр. Вып. 26. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С.154-159.

2. **Вишнякова, С.В.** Подбор ассортимента древесных пород в связи с уровнем загрязнения атмосферного воздуха и почвы для озеленения городских окраин г. Екатеринбурга [Текст] / С.В. Вишнякова // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундамент. и прикладн. аспекты: Материалы междунар. науч.-практ. конф. - Томск, 2005. - С.156-158.

3. **Щетникова, Н.С.** Подбор ассортимента древесных пород для озеленения различных районов Екатеринбурга с учетом уровня загрязнения воздуха и почвы [Текст] / Н.С. Щетникова, С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина // Материалы всеросс. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С.198-200.

4. **Вишнякова, С.В.** Влияние условий загрязнения на улицах г. Екатеринбурга на состояние ели обыкновенной [Текст] / С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина // Материалы науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Ч.2. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. - С.22-24.

5. Аткина, Л.И. Влияние выбросов автотранспорта на анатомические особенности хвои ели обыкновенной в условиях г. Екатеринбурга [Текст] / Л.И. Аткина, С.В. Вишнякова // Лесной вестник.- №8, 2007. - С.4-7.

6. Вишнякова, С.В. Влияние степени загрязнения выбросами автотранспорта на параметры хвои ели сибирской различных морфологических форм [Текст] / С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина, Т.И. Фролова // Леса России и хозяйство в них: Вып.1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. - С.80-84.

7. Аткина, Л.И. Характеристика деревьев ели сибирской в условиях уличных посадок Екатеринбурга [Текст] / Л.И. Аткина, Т.И. Фролова, С.В. Вишнякова // Лесной вестник. №3, 2008. - С.16-19.

8. Вишнякова, С.В. Особенности хвои основных морфологических форм ели сибирской в условиях г. Екатеринбурга [Текст] / С.В. Вишнякова // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы IV всеросс. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Ч.2. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. - С.114-117.

9. Вишнякова, С.В. Влияние выбросов автотранспорта на анатомические параметры хвои ели колючей в г. Екатеринбурге [Текст] / С.В. Вишнякова, Л.И. Аткина // Экологические проблемы Севера. Вып.11. Архангельск, 2008. - С.33-35.

10. Вишнякова, С.В. Особенности размеров центрального проводящего пучка хвои ели в условиях города [Текст] / С.В. Вишнякова // Экологические проблемы, взгляд в будущее: Сб. тр. V междунар. науч.-практ. конф.- Ростов-на-Дону, 2008. - С.99-103.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, Ученому секретарю диссертационного совета А.Г. Магасумовой. Факс: (343) 254-62-25 E-mail: aspir_USFEU@rambler.ru

Подписано в печать 20.02.2009г. Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ № 88
620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.