

На правах рукописи

БУКАЧ Владимир Алексеевич

**ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**по данным дендроиндикационных исследований и
изучения снежного покрова (на примере г. Омска)**

Специальность – 03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук**



Омск – 2005

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии и природопользования ГОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет».

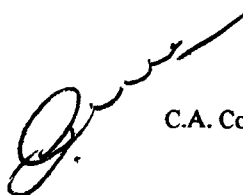
- Научный руководитель:** доктор биологических наук, доцент
Григорьев Аркадий Иванович
- Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, доцент
Воробьева Тамара Григорьевна;
кандидат сельскохозяйственных наук
Максимов Сергей Николаевич
- Ведущая организация:** Омский государственный аграрный университет

Защита состоится "03" июня 2005 года в 10⁰⁰ час. на заседании диссертационного совета К 212.11.02 по защите диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук при Омском государственном педагогическом университете по адресу: 644099, г. Омск, наб. Тухачевского, 14.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Омского государственного педагогического университета

Автореферат разослан "03" мая 2005 г.

Учёный секретарь
диссертационного Совета
кандидат биологических наук, доцент



С.А. Соловьёв

2006-4
15359

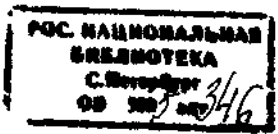
2180771

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сложная экологическая обстановка в крупных городах обусловила необходимость выявления природных и техногенных комплексов по особенностям формирования зон загрязнения, определения характера, степени и масштабов антропогенного воздействия и оценки состояния окружающей среды. Решение экологических проблем в настоящее время часто затруднено из-за отсутствия необходимой объективной информации. Традиционные методы сбора и обработки материалов о состоянии окружающей среды в городах не только не позволяют получить достаточный объем информации о состоянии среды. В настоящее время с целью усиления охраны окружающей среды необходимо осуществлять мероприятия, не требующие значительных капитальных вложений.

На современном этапе экономического развития человечества особо актуальным является выявление территорий с различным уровнем развития техногенеза (Кулагин, 1964, 1974, 1980; Летувнинкас, 2001, 2002; Григорьев и др., 2002). В ряде регионов (Воейков, 1949; Назаров и др., 1976; Назаров и др., 1977; Жигаловская и др., 1979; Василенко и др., 1981; Василенко и др., 1985; Снытко и др., 1986; Григорьев, Кутузова, 1992; Григорьев и др., 1994; Григорьев, 2000 и др.) было показано эффективное использование снежного покрова в качестве индикатора состояния окружающей среды. Однако снег как депонирующая среда в умеренных широтах – явление сезонное и отражает лишь особенности аэротехнического загрязнения в период снегоотложения. Наряду с традиционными геоэкологическими методами (Адаменко, 1978, 1982; Ваганов и др., 1981; Ваганов, 1985; Алексеев, 1986, 1990, 1991; Ваганов, Качаев, 1992; Ваганов и др., 1996; Ваганов, Тересков, 1997; Григорьев, 2000, Шиятов и др., 2000; Шиятов и др., 2002 и др.) в последние годы применяются и другие подходы в выявлении динамических процессов, происходящих в экосистемах. Особый интерес в последнее время приобретает метод дендроиндикации ввиду его универсальности. Ряд исследователей указывали на возможность использования морфометрических характеристик ширины годичного кольца древесных растений при решении экологических задач (Leonardo da Vinci, 1517; Linne, 1747; Douglas, 1919, 1928, 1936; Менделеев, 1949; Адаменко, 1978; Адаменко и др., 1982; Григорьев, 2004 и др.).

Одной из важнейших проблем, решаемых в настоящее время экологией вместе с другими смежными дисциплинами является оценка связи между растениями и средой произрастания на исследуемой территории. Радиальный прирост древесных растений служит одним из



основных интегральных показателей изменчивости экологических условий произрастания и отражает характер состояния окружающей среды обширных территорий (Бадолис, 1981; Барзут, 1986). Биологический мониторинг не подменяет физико-химические методы исследования состояния природной среды, а его использование позволит существенно повысить точность оценки и прогноза экологической обстановки, вызванной деятельностью человека.

Дендроиндикация даёт возможность выявлять циклические колебания природных процессов, масштабы антропогенных воздействий и степень устойчивости экосистем.

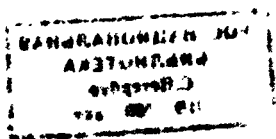
Целью исследования является изучение состояния экосистем крупного промышленного центра г. Омска путём использования методов дендроиндикации и изучения снежного покрова.

Задачи исследования.

1. Проведение оценки экологического состояния окружающей среды через изучение снежного покрова.
2. Выявление особенностей проявления гидротермического режима воздушной среды и уровня техногенного загрязнения на рост и устойчивость клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.).
3. Оценить экологическую ситуацию на основе результатов дендроиндикационных исследований в условиях крупного промышленного центра (на примере г. Омска).

Научная новизна. На основе комплексного эколого-географического подхода установлено, что индикация степени техногенного загрязнения наиболее эффективна при использовании снежного покрова в сочетании с дендроиндикационным методом, исследование среднезимостойких древесных растений как наиболее чувствительных к воздействию техногенного загрязнения и режиму фоновых гидротермических условий – колебаниям климата. На основе экспериментальных исследований были выявлены закономерности распространения техногенного загрязнения и колебаний особо опасных явлений в годичном цикле.

Впервые изучена динамика ширины годичного кольца за более чем 60-летний период у клёна ясенелистного как индикаторного вида, отличающегося значительными колебаниями гидротермического режима как в период формирования годичного кольца, так и в период зимовки. По материалам исследования были разработаны дендроиндикационные критерии для оценки экологического состояния окружающей среды с использованием древесных растений в условиях г. Омска. Полученные результаты позволяют обеспечить решение научной проблемы по экологической оценке степени техногенной и антропогенной на-



грузки на экосистемы на основе использования нетрадиционных методов исследования экосистем.

Положения, выносимые на защиту:

1. Изучение снежного покрова позволяет выявить неоднородность техногенного загрязнения в пределах г. Омска и провести оценку экосистем в зимний период.

2. Выявлена роль древесных растений в индикации нормальной (фоновой) экологической ситуации, изменённой влиянием деятельности человека.

3. Экологические карты, составленные на основе двух независимых методик (по данным изучения снежного покрова и дендроиндикации), дополняют друг друга, что позволяет более комплексно оценить состояние экосистем урбанизированных территорий доступными, достаточно объективными и менее затратными методами.

Практическая значимость результатов исследований. Полученные результаты по данным дендрохронологических исследований позволили выявить различные зоны по степени техногенного загрязнения, зафиксировать цикличность особо опасных явлений в природе (морозные зимы и засухи), что отражает реакцию интегрального показателя ширины годичного кольца на изменчивость экологических условий в годичном цикле развития природных явлений и процессов. На основе этих исследований составлена карта степени техногенного загрязнения территории г. Омска, которая существенно дополняет имеющиеся аналогичные карты, составленные по данным изучения других элементов природно-антропогенной экосистемы (атмосфера, снежный и почвенный покров, листовая диагностика и т. д.).

Результаты работы используются в преподавании дисциплин экологического цикла (экология региона, прикладная экология, геоэкология, биогеография, экологическое картографирование) в ОмГПУ, СибАДИ и являются основой для подготовки методических пособий и рекомендаций.

Апробация работы. Основные положения работы были представлены и получили положительную оценку на следующих конференциях: «География Сибири» (Омск, 1992); научной конференции к 150-летию М.В.Певцова (Омск, 1993); Межрегиональной научно-практической конференции, посвящённой 60-летию Омской области (Омск, 1994); Межрегиональной научно-практической конференции "Природа и природопользование на рубеже XXI века" (Омск, 1999); научно-практической конференции "Природа, природопользование и природообустройство Омского Прииртышья" (Омск, 2001); Региональной научно-практической конференции Института ноосферных технологий

"Инженерная защита окружающей среды" (Омск, 2002); 3-ей Всероссийской научно-практической конференции "Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах" (Новосибирск, 2003), Межрегиональной научно-практической конференции "Актуальные проблемы управления: теория, методология, культура, модернизация, ресурсы" (Омск, 2004).

Публикации. По материалам исследований опубликовано 14 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов и приложений. Изложена на 146 страницах машинописного текста, имеет 35 таблиц, 35 рисунков, включая приложения. Список литературы содержит 190 наименований, в том числе 15 иностранных работ.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю диссертации д.б.н., доценту А.И. Григорьеву за большую помощь, оказанную в процессе выполнения работы, начальникам Центра мониторинга окружающей среды В.П. Христолюбову, О.В. Демановой, начальнику отдела метеопрогнозов ГУ Омского ЦГМС-Р И.Н. Ульяновой за помощь, оказанную при сборе гидрометеорологических материалов, сотрудникам кафедры прикладной экологии и природопользования к.б.н., доценту Т.И. Пироговой и А.П. Куташову за методические советы при выполнении и оформлении данной работы.

Глава I. Характеристика окружающей среды в районе исследования.

В главе на основании данных литературы даётся физико-географическая характеристика района исследований (рельеф, гидрография, климат, растительность). Состояние воздушного бассейна г. Омска и основные источники загрязнения.

Глава II. Эколого-биологические особенности клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.) как основного вида для индикации состояния экологических условий.

На основании литературных данных анализируется степень изученности вопросов: характеристика вида клёна ясенелистного, результаты опыта интродукции древесных растений в условиях центральной части юга Западной Сибири, которые в ряде случаев противоречивы и недостаточно полные. Приведены результаты сравнительного анализа климата, территории естественного ареала местообитания клёна ясенелистного (Северная Америка), особенно её суровой северной части, расположенной на территории США и Канады и территории Западной Сибири, г. Омска.

Глава III. Методика и объект исследований.

В основе данной работы лежат результаты проведённого автором анализа данных ГУ Омского ЦГМС – Р, за период с 1933-2004 гг., а также собственные исследования (1992-2004). Район проведения исследования – это лесостепь (ботанико-географическое районирование по П.Н. Крылову, 1919; В.Ф. Семёнову, 1937; Л.В. Шумиловой, 1962). Характерной особенностью района исследования является небольшая протяжённость территории лесостепи в широтном направлении (в сравнении с европейской частью).

Изучение динамики ширины годичных колец деревьев проводилось по А.А. Молчанову и В.В. Смирнову (1967), а также по методикам, изложенным в ряде сборников; (“Дендрохронология и дендроклиматология”, 1986; *Methods of Dendrochronology*, 1987; *Methods of Tree – Ring analysis, Application in the environmental sciences*, 1990; и др). Дендроклиматический анализ проводился с учётом разработок Г.Е. Комина (1970, 1980), А.А. Молчанова (1970, 1976), С.Г. Шиятова (1970, 1981, 1986, 2000, 2002), Н.В. Ловелиуса (1972, 1979, 1985), Т.Т. Битвинскаса (1974, 1984).

В дополнение к дендроиндикационным исследованиям для выявления степени загрязнения экосистем в зимний период использовался снежный покров, позволяющий оценить степень загрязнения воздуха, почвенного покрова и подземных вод. При отборе образцов снега руководствовались методикой, рекомендованной Институтом прикладной геофизики им. Е.К. Фёдорова (1984) и методическими разработками В.Н. Василенко, И.М. Назарова, Ш.Д. Фридмана (1985), А.И. Летунинскаса (2001). Места отбора проб снега соответствовали пунктам отбора модельных деревьев клёна ясенелистного (см. рис.1).

Анализ режима осадков и температуры воздуха проводился с вычислением гидротермического коэффициента Селянинова (1957) и с помощью климадиаграмм в модификации Госсена-Вальтера.

У клёна ясенелистного изучена динамика прироста годичного кольца в различные по гидротермическому режиму годы. По материалам исследований были выработаны критерии для оценки степени развития процессов техногенеза в крупном промышленном городе, каким является г. Омск, на фоне условий лесостепи Западной Сибири.

В целях выявления аномальных условий зимовки среднезимостойких видов древесных растений было предпринято дендрохронологическое изучение колебаний гидротермического режима в эти периоды. Исходя из биологических особенностей среднезимостойких видов нами в качестве объекта дендрохронологических исследований был использован клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), который успешно прошёл акклиматизацию в условиях юга Западной Сибири (Григорьев, 1995).

На территории г. Омска и его пригородной зоне в течение 1994–2004 гг. проводился отбор и дендрохронологическое изучение деревьев клёна ясенелистного как индикаторного вида, типичного среднезимостойкого вида, наиболее чувствительного к колебаниям гидротермического режима воздушной среды и действию аэротехногенного загрязнения, а также очень широко распространённого в озеленении.

Для исследования было выбрано 19 пунктов зелёных насаждений, в которых были отобраны репрезентативно модельные деревья клёна ясенелистного в количестве 97 штук в возрасте от 20 до 66 лет, произрастающие повсеместно в скверах и защитных посадках г. Омска (см. рис.1 и табл.4). Точки отбора модельных деревьев расположены на I-й надпойменной террасе и на склоне между I и II надпойменными террасами. Данные модельные деревья произрастали на выщелоченных, суглинистых, свежих чернозёмах, развитых на делювиальных суглинках. С модельных деревьев были взяты спилы на высоте 0,5 м от поверхности земли и исследованы по стандартной методике (Шиятов, 1970, 1986; Битвинская, 1974; Ваганов, Шиятов, Мазета, 1996).

Измерение ширины годичных колец проводили с точностью $\pm 0,05$ мм с использованием микроскопа МБС-2. При этом особое внимание уделялось наличию побурения годичных колец, которое использовалось в качестве показателя на вымерзание годичного кольца. Измерение и анализ годичных колец проводился по четырем радиусам.

В целях углублённого изучения процесса влияния погодных условий в отдельные годы на величину ширины годичного кольца деревьев клёна был вычислен коэффициент синхронности (Кс).

Достоверность вычисления средней величины ширины годичного кольца по всем пунктам отбора соответствует 1% -ному уровню значимости.

При обработке результатов и планировании экспериментов использовались методы статистической обработки (Григорьев, Зубко, 1989). Обработка материала исследований осуществлялась с помощью пакета программ “Statistica”.

Глава IV. Индикация промышленного загрязнения в районе исследования по данным изучения снежного покрова и атмосферы.

Проблема контроля природной среды, ее состояния, приобрела в условиях нашего района не только геофизический, но и экологический характер. В целях статистического анализа поля концентрации примесей, поступающих на территорию города, была предварительно составлена крупномасштабная карта распределения нерастворимого осадка. На карте были выявлены две области наибольшего загрязнения в городе: первая – расположена на северо-западной окраине города в зоне

действия Омских нефтехимических заводов и двух ТЭЦ, и вторая – на юго-восточной окраине в зоне действия завода теухглерода и одной ТЭЦ. Исходя из этого результаты анализов талых вод и проб снега были сгруппированы по районам города.

Проведенное детальное изучение и анализ физико-химических характеристик снеговой воды в зиму 1985-1986 гг. в городских условиях показали, что отдельные части территории города в зимний период неоднородны по степени техногенного загрязнения и к началу снеготаяния в снеге могут накапливаться в отдельных районах значительные количества токсических вредных соединений (SO_4^{-2} , NO_3^- , NH_4^+ , фенол), эффект от действия которых проявляется в угнетении роста и развития древесных растений, снижении их устойчивости и продолжительности жизни.

Выявленные основные черты в загрязнении снежного покрова в окрестностях г. Омска являются характерными и для окрестностей других городов (Григорьев, Михневски, 1982; Беликова, Василенко, Назаров, 1985; Василенко, Назаров, Фридман, 1985 и др.). Более сложной является картина распределения металлов в окрестности г. Омска. Резкое снижение содержания в снеге основного количества катионов тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Co, Ni) наблюдается на пятнадцатом километре от границы города.

В целом техногенное загрязнение в городе в 2,7-6,6 раза выше, чем на достаточно большом (15 км) удалении от городской черты. Очаги загрязнения формируются вблизи источников выбросов (заводов, ТЭЦ, котелен, авиапредприятий) и связаны с основными направлениями интенсивного движения автотранспорта.

В настоящее время в условиях юга Западной Сибири рост древесных растений идет на фоне сильного техногенного загрязнения, и особенно этот процесс оказывается ощутимым в условиях крупного промышленного города и его окрестностей. Наибольшая техногенная загрязненность г. Омска наблюдается в северо-западном промышленном районе, меньшая – в жилой зоне, и минимальная – в санитарно-защитных зонах, парках, скверах. На этом фоне в пределах каждой зоны выделяются узлолокализованные территории с повышенным техногенным загрязнением до 25 м вдоль автомагистралей с интенсивным движением автотранспорта.

Глава V. Дендрохронология природных условий и их аномалий (засуха, морозные зимы, гидротермический режим и его влияние).

Высокая эффективность дендроиндикации метеорологических условий, в частности условий увлажнения с использованием интродуцированных видов древесных растений, была доказана Ф.Н. Шведовым

(1892), Н.В. Ловелиусом, Ю.И. Грицан (1985). Однако в условиях юга Западной Сибири продуктивность древесных растений определяется дефицитом влаги в период роста и развития, а также их устойчивостью к условиям зимовки.

Рядом исследователей (Сергеев, 1968; Лучник, 1969, 1970) при характеристике устойчивости древесных растений также обращалось внимание на наличие повреждения годичных колец деревьев, так как рост и развитие древесных растений и их устойчивость к действию экологических факторов в годичном цикле определяется в условиях резко континентального климата не только дефицитом влаги в летний период, но и термическим режимом в период зимовки. В условиях юга Западной Сибири рост и развитие древесных растений обуславливается дефицитом влаги в летний период и суровостью зимних условий.

Сопряжённый анализ данных по состоянию годичных колец и характеру температурного режима позволил установить, что выявленные наиболее суровые зимние периоды отличались наиболее низкими температурами за весь период зимовки, особенно в первый период, и резким снижением температур в осенне-зимний период. Для сопряжённого анализа были использованы также значения абсолютного минимума температур и суммы отрицательных температур ниже -10°C за ноябрь, декабрь, январь, февраль и март с 1933 года, а также количество осадков за соответствующие месяцы зимнего периода. Для этих целей были вычислены также суммы осадков за периоды ноябрь-декабрь, ноябрь-январь, ноябрь-февраль, ноябрь-март, май-июнь, июнь, май-июль и гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) за май-июнь, июнь, май-июль.

В результате проведённого корреляционного анализа было установлено, что наибольшее отрицательное влияние на величину активности деятельности камбия оказывают абсолютный минимум температуры в период января ($\eta_{yx} = -0,70 \pm 0,10$), сумма температур ниже -10°C за период декабря ($\eta_{yx} = -0,61 \pm 0,10$) и наибольшее положительное – сумма осадков за период ноябрь-март ($\eta_{yx} = -0,64 \pm 0,10$); достоверность влияния существенна во всех случаях при 1% уровне значимости критерия Стьюдента.

Результаты вычисления K_s ширины годичного кольца деревьев клёна при анализе с параметрами гидротермического режима воздушной среды г. Омска позволили установить, что наибольшее его значение наблюдается с ГТК за май-июнь на втором участке 75,55% (высокий уровень синхронности), а наименьшее на 17 участке 20,00% (синхронность отсутствует). Среднее же величина синхронности по городу за май-июнь чуть более 50%. Наибольшее значение синхронности на

блюдается с ГТК за июнь на втором участке – 80,00% (высокий уровень синхронности), а наименьшее на 17 участке – 35,00% (синхронность отсутствует). Средняя величина синхронности по городу за июнь составляет 55,82%. Синхронность с ГТК за май-июль на втором участке – 68,89% (высокий уровень синхронности), а наименьшая на 17 участке – 25,00% (синхронность отсутствует).

Средняя величина синхронности по городу за май-июль составляет чуть более 50%.

В изученных районах г. Омска наибольшее влияние режима атмосферного увлажнения в период формирования годичного кольца проявилось на 2 и 16 участках, для которых характерно относительно меньшее влияние техногенного загрязнения и рекреационных нагрузок. Наименьшее же влияние режима атмосферного увлажнения в период формирования годичного кольца проявилось на 17 участке, здесь проявляется относительно большое влияние техногенного загрязнения и рекреационной нагрузки. Следует заметить, что осадки зимнего периода с величиной ширины годичного кольца имеют на всех участках в основном низкую степень синхронности или она вообще отсутствует. Исключением является два случая, когда ширина годичных колец деревьев на четвертом и 18 участках имели среднюю степень синхронности с осадками за период ноября-декабря. Особенностью в динамике ширины годичного кольца является резкий спад годичного прироста в 1941 году и 2 периода увеличения прироста в конце 50-х и в начале 80-х. Наблюдается положительный тренд в динамике ширины годичного кольца за исследованный период роста деревьев. Данный тренд по ширине годичного кольца хорошо согласуется с ходом изменения в режиме осадков за ноябрь-февраль и ноябрь-март. Сопоставление результатов корреляционного анализа и данных изучения характера синхронности дендрохронологических рядов с параметрами гидротермического режима воздушной среды, вычисленными коэффициентами и графическим анализом позволило установить, что использование различных математических методов при анализе временных рядов позволяет рассмотреть изучаемые процессы с разных позиций, и они тем самым дополняют друг друга.

По данным дендрохронологического анализа, 97 модельных деревьев клёна были подтверждены аналогичные годы в промерзании годичных колец (Григорьев, Букач, Григорьев, 1998): 1934, 1944, 1950, 1966, 1976, 1984 гг.

Для выявления условий подмерзания годичных колец деревьев клёна и степени влияния гидротермического режима атмосферы на ширину годичного кольца в вегетационный период были использованы

данные по режиму осадков в период его образования и в зимний период (см. таб. 2.). По данным таблицы 2 можно отметить существенное влияние на ширину годичного кольца осадков в период формирования (май-июнь, июнь, и май-июль) и гидротермического режима атмосферы (июнь, май-июль), а также синхронность в динамике количества осадков в период зимовки (ноябрь-январь, ноябрь-март) – (Кс средней степени). Пороговые уровни абсолютного минимума температуры воздуха в период зимовки и продолжительности действия низких температур ниже – 10°C приведены в таблице 3.

Таблица 2

**Гидротермический режим атмосферы в годы подмерзания
годовых колец деревьев клёна /на основании среднего значения
ширины годичного кольца/**

Годы	Ширина год. кольца /мм/ Z _R	Осадки				ГТК			Осадки		
		XI-XII	XI-I	XI-II	XI-III	V-VI	VI	V-VII	V-VI	VI	V-VII
1934-		15	16	23	29	1,3	2,2	1,3	108	94	173
1935	2,33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1944-		18	22	26	31	1,4	1,4	1,13	116	73	148
1945	3,29	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
1950-		15	20	24	33	2,35	2,1	1,96	176	87	247
1951	3,69	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
1966-		26	33	37	44	2,08	1,78	1,44	166	85	209
1967	5,45	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1976-		23	42	62	75	0,74	0,73	0,96	74	45	149
1977	2,95	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
1984-		46	59	73	82	0,83	0,80	0,75	70	41	108
1985	4,25	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Козф совпадения %		50	50	50	50	83,3	100	50	100	100	83,3

Анализ данных таблиц 2,3 позволил установить различные сочетания аномальных экологических условий, приводящих к вымерзанию годовых колец в стволах деревьев среднезимостойких интродуцированных видов древесных растений:

– формирование годичного кольца в год его повреждения происходит как на фоне высокого увлажнения (1950, 1966), так и в годы с недостаточным увлажнением (1934, 1944, 1976, 1984);

– в период зимовки наблюдалось сильное снижение температуры воздуха в разные годы: так в ноябре – 1944 и 1984 годов, в декабре 1966, 1976 и 1984 годов, в январе – 1945 г., в феврале – 1951 и 1977 го-

дов, марте – 1945 г.; значительной суровостью по сумме отрицательных температур ниже -10°C более –400 отмечались следующие месяцы: декабрь 1966, 1984 года, январь 1977 г., февраль 1951 г.;

– количество зимних осадков в эти годы ниже средних многолетних в соответствующие периоды.

Исходя из вышеприведённых результатов анализа можно признать пороговыми уровнями температуры воздуха в период зимовки для годовичного кольца ствола деревьев клёна ясенелистного: в ноябре ниже -30°C , в декабре и январе -40°C , в марте – около -38°C .

Таким образом, подмерзание годовичного кольца в стволах деревьев интродуцированных видов древесных растений есть результат комплексного, интегрального взаимодействия элементов гидротермического режима воздушной среды и биологического состояния древесных растений в вегетационный период и в ходе зимовки.

Таблица 3

Термический режим атмосферы г. Омска в периоды зимовки в критические годы

Месяцы в году	Критические годы зимовки											
	1934-1935		1944-1945		1950-1951		1966-1967		1976-1977		1984-1985	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11	19,9	0	31,0	54	28,5	93	14,5	0	25,6	63	33,3	162
12	39,4	205	32,8	180	26,5	84	41,1	468	42,9	217	41,9	434
01	34,6	316	40,0	381	39,0	288	33,2	260	37,9	440	32,6	186
02	26,5	59	36,5	341	41,9	459	38,1	274	39,8	269	30,7	235
03	25,3	34	37,9	52	26,0	-	28,5	0	24,2	0	29,2	0

1 – абсолютный минимум температуры воздуха, $^{\circ}\text{C}$

2 – сумма температур ниже -10°C

Вместе с тем дендрохронологический метод позволяет установить степень зимостойкости интродуцированных видов древесных растений в конкретных природных условиях их произрастания и определить порог их термостойкости к действию низких температур воздушной среды в период зимовки.

На основании проведённого анализа можно сделать заключение о том, что зимостойкость деревьев клёна ясенелистного, их устойчивость к суровым условиям зимовки определяется в большинстве случаев сочетанием термического режима воздушной среды, особенно сни-

жением величины абсолютного минимума температуры воздуха в ноябре-декабре и феврале, количества выпадающих осадков и мощности снежного покрова.

Аномальные понижения температуры воздуха в период зимовки, количество зимних осадков (снега) в период зимовки и соответственно мощность снежного покрова являются основными факторами, определяющими степень подмерзания годичных колец деревьев среднезимостойких видов древесных растений в условиях юга Западной Сибири и тем самым существенно влияющими на биологическую устойчивость и последующее развитие лесных экосистем, в условиях крупного промышленного города, каким является Омск.

Глава VI. Дендроиндикация техногенного загрязнения

К концу XX века влияние хозяйственной деятельности человека на природную среду приобрело глобальные масштабы. В связи с этим актуальным является выявление территорий с различной степенью развития техногенеза и рекреационной нагрузки.

Наряду с глобальным эффектом проявления техногенеза и рекреационной нагрузки большой интерес для практики природопользования и охраны окружающей среды представляют данные о характере её пространственного распределения по территории суши. На этом пространстве особенно выделяются городские территории, где уровень техногенеза и рекреационной нагрузки возрастает относительно фоновых в десятки и сотни раз.

Вместе с тем эта нагрузка в пределах городской территории на примере г. Омска, по данным изучения снежного покрова (Григорьев, 1990; Григорьев, Кутузова, 1992; Григорьев, Христолюбов, Деманова, Букач, 1994) и дендроиндикации (Григорьев, 1988, 2000; Григорьев, Букач, 1992; Григорьев, Букач, Григорьев, 1996) и воздушного бассейна г. Омска (Христолюбов, Григорьев, 1988; Григорьев, Христолюбов, 1997), распределена неоднородно и неравномерно.

Исследования, проведённые по выявлению степени развития техногенеза и рекреационной нагрузки в г. Омске дендрохронологическим методом представлены на рисунке 1 и в таблице 4, 5.

Вычисление критерия Стьюдента по величине Z_t между пунктами с пятью и более модельными деревьями клёна ясенелистного позволило достоверно оценить пестроту почвенно-грунтовых и микроклиматических условий, складывающихся на территории города, и сделать вывод о том, что по экологическим условиям благоприятным росту деревьев клёна ясенелистного отчётливо выделяются на территории г. Омска зоны разной интенсивности техногенеза и рекреационной нагрузки. Так, по степени убывания этих нагрузок выделяются северная,

центральная и южная. На фоне каждой зоны выделяются аномальные участки, отличающиеся своими геоэкологическими параметрами. В связи с этим для выполнения конкретных природоохранных мероприятий необходимо проведение детального картирования этих аномальных участков.

Результаты статистической обработки материалов дендрохронологического изучения модельных деревьев клёна ясенелистного приведены в табл. 4. Для характеристики территорий однородных по величине ширины годичного кольца, на основе данных в таблице 4, суммированы пункты, расположенные на определённом удалении от северо-западного промышленного узла г. Омска, и вычислены по ним средневзвешенная величина Z_i для каждого района. Средневзвешенное значение ширины годичного кольца по районам в зависимости от числа моделей в пунктах отбора составило: для первого района $3,61 \pm 0,18$; для второго района – $4,31 \pm 0,22$; для третьего района – $4,20 \pm 0,18$; и для четвертого района – $3,86 \pm 0,16$.

Сравнение районов по средневзвешенной величине ширины годичного кольца деревьев клёна ясенелистного позволило выявить, что наличие достоверных различий по критерию Стьюдента между северо-западным промышленным узлом и районами в центральной части города (II и III) (см. табл. 5) при 5% уровне значимости. Наряду с этим наибольшее сходство и минимум различий по величине средневзвешенной величине годичного кольца клёна ясенелистного наблюдались между II и III районами в центральной части города, а также между северо-западным промышленным узлом (район I) и юго-восточным районом г. Омска ($t_{факт} < t_{05}$). Более высокий уровень различия был по данному индикаторному признаку выявлен между юго-восточным (IV) города Омска в сравнении с его центральной частью.

На основании использования данных средневзвешенной ширины годичного кольца древесных растений, в частности клёна ясенелистного, можно выявлять районы на урбанизированных территориях, отличающихся по уровню техногенного загрязнения.

Ширина годичного кольца древесных растений может являться достаточно надёжным критерием для оценки развития техногенеза и антропогенной нагрузки на экосистемы в условиях урбанизированных территорий.

В данном случае эффективность использования метода дендриндикации состояния городских экосистем в сочетании с исследованием снежного покрова позволяет более качественно и достоверно оценивать тенденции в развитии природно-антропогенных экосистем на комплексное воздействие экологических факторов.

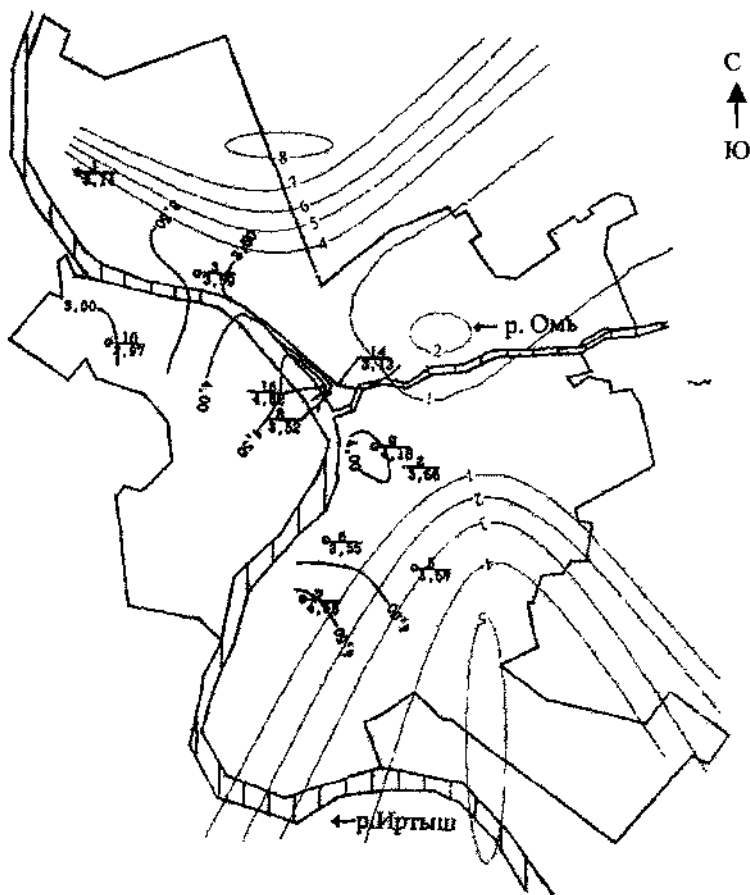


Рис. 1. Совмещённая карто-схема техногенного загрязнения снега и изолиний ширины годичного кольца клёна ясенелистного на территории г. Омска.

Условные знаки: а) — изолинии ширины годичного кольца, в мм.

$\frac{14}{3,13}$ — числитель — номера пунктов отбора модельных деревьев

соответствуют номерам точек указанных в таблице 4; знаменатель — средняя ширина годичного кольца модельных деревьев клёна ясенелистного по данному пункту отбора.

б) твёрдый остаток в снеге в мг/м^2 : - 1 -;

Таблица 4

Краткая статистическая характеристика ширины годичного кольца у модельных деревьев
 клёна ясенелистного в пунктах отбора в г. Омске

Удалённость пунктов отбора от с-з пром. узла, в км	Номера пунктов отбора*	Возраст мод. дер. лет	Кол-во мод. шт	Статистические параметры Zr						
				Средне взвешенное значение X_{cp} района	x_{cp} , мм	$\pm \delta_x$, мм	V_x , %	$\pm m_x$, мм	P_x , %	t_r
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	59	10	3,61±0,18	3,14	0,909	28,95	0,12	3,77	26,61
4-6	10	33	5		2,97	1,134	38,18	0,20	6,65	15,08
	3	45	10		3,59	1,313	36,59	0,20	5,45	18,32
	4	45	10		4,41	1,416	32,11	0,21	4,78	20,90
9-11	8	46	7	4,31±0,22	3,52	0,894	25,39	0,13	3,75	26,87
	13	41	2		4,03	0,993	24,65	0,16	3,85	26,00
	14	40	3		3,13	1,506	48,12	0,24	7,61	13,15
	15	25	1		5,92	2,287	38,57	0,46	7,73	12,94
	16	42	6		4,82	1,546	32,07	0,24	4,95	20,25
	18	22	3		5,32	1,457	27,39	0,31	4,24	17,16
12-14	2	46	6	4,20±0,18	3,66	1,336	36,50	0,20	5,38	18,58
	9	41	7		4,18	0,908	21,73	0,14	3,39	29,44
	12	38	1		5,09	1,361	26,74	0,22	4,34	23,14
	19	66	2		5,47	1,778	32,50	0,22	4,00	24,98
15-17	5	58	10	3,86±0,16	3,57	1,123	31,48	0,15	4,13	24,28
	6	48	6		3,55	0,972	27,38	0,14	3,95	25,36
	7	41	6		4,58	1,190	26,04	0,19	4,06	24,62
	11	41	1		4,22	1,956	46,35	0,31	7,33	13,66

* - номера пунктов отбора соответствуют номерам пунктов отбора в таблице 1

Таблица 5

Различия по ширине годичного кольца клёна ясенелистного районов г. Омска в зависимости от основных источников техногенного загрязнения /по Критерию Стьюдента/

Районы	Критерий Стьюдента			
	I	II	III	IV
I		2,46	2,32	1,04
II	2,46		0,39	1,65
III	2,32	0,39		1,42
IV	1,04	1,65	1,42	

Таким образом, дендрохронологическое исследование позволило более детально оценить территорию крупного промышленного города как Омск, его экологическую ситуацию и тем самым определить приоритетные районы для активной природоохранной деятельности. Вместе с тем в этих условиях создаются крайне неблагоприятные условия для древесных растений, которые вместе с тем участвуют в утилизации атмосферных токсикантов и в нормализации биогеохимических циклов в промышленных и городских районах.

Выводы

1. Установлено существенное влияние на ширину годичного кольца осадков в период его формирования (май-июнь, июль и май-июль) и гидротермического режима атмосферы (июнь, май-июль), а также наличие синхронности с количеством осадков в период их зимовки (ноябрь-январь, ноябрь-март).

2. Пороговыми уровнями подмерзания годичных колец в стволах деревьев клёна ясенелистного являются наличие абсолютного минимума температуры воздуха в ноябре ниже -30°C , в декабре и январе -40°C , в марте - около -38°C . На ширину годичного кольца в стволах деревьев клёна ясенелистного в последующем вегетационном сезоне отрицательное влияние оказывают абсолютный минимум температуры января ($\eta_{yx} = -0,70 \pm 10$), сумма температур ниже -10°C за декабрь ($\eta_{yx} = -0,61 \pm 10$) и наибольшее положительное - сумма осадков за предшествующую зиму (ноябрь-март) ($\eta_{yx} = 0,64 \pm 10$) ($t_{\text{факт}} > t_{0,1}$).

3. Анализ ширины годичных колец клёна ясенелистного на территории г. Омска позволил провести оценку районов с различной степенью техногенного загрязнения и рекреационной нагрузки. Были выделены три зоны, существенно отличающиеся экологическими условиями для роста клёна ясенелистного: северо-западная, центральная и

ожная, которые оказались сходными с зонами, выявленными по данным изучения снежного покрова.

4. Использование метода дендроиндикации совместно с изучением снежного покрова в условиях большой изменчивости экологических условий на урбанизованных территориях позволило достоверно выявить силу влияния фоновых экологических факторов (гидротермического режима атмосферы за июнь) и уровня техногенного загрязнения по инградиентам: Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , показателям электропроводности и pH среды, соотношения $\text{K}^+/\text{Ca}^{++}$ – позволяет провести комплексную оценку состояния экосистем.

Предложение

Результаты исследований рекомендовать для использования в практике зелёного строительства и организации мониторинговых исследований на урбанизованных территориях.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации:

1. *Григорьев А.И., Букач В.А.* К характеристике семеношения сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения // Научная конференция. Секция "География Сибири". – Омск: ОГПИ, 1992. – С.54-56.

2. *Григорьев А.И., Букач В.А.* Биологические особенности сосны обыкновенной в условиях юга Западной Сибири // Научная конференция. – Омск: ОГПИ, 1993. – С.68-69.

3. *Григорьев А.И., Христолюбов В.П., Букач В.А., Деманова О.В.* Особенности техногенного загрязнения территории северо-западного промышленного узла г. Омска в зимний период // Межрегиональная научно-практическая конференция. Секция "Экологическая безопасность региона". Ч.4. – Омск: ОмНЦ СО РАН, 1994. – С.16-18.

4. *Григорьев А.И., Букач В.А., Григорьев М.А.* Биологические особенности семеношения сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения // Естественные науки и экология. Ежегодник: Межв. сб. науч. трудов. Вып. 1. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 1996. – С. 5-6.

5. *Григорьев А.И., Букач В.А.* Индикация аномальных экологических условий на юге Западной Сибири дендрохронологическим методом // Ест. науки и экология. Ежегодник: Межв. сб. науч. трудов. Вып. 2. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 1997. – С. 54-62.

6. *Григорьев А.И., Букач В.А., Григорьев М.А.* Опыт использования дендрохронологического метода в экологических исследованиях. Сообщение 1 // Естественные науки и экология. Ежегодник: Межв. сб. науч. трудов. Вып. 1. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 1997. – С. 10-14.

7. Григорьев А.И., Букач В.А., Григорьев М.А. Опыт использования дендрохронологического метода в экологических исследованиях. Сообщение 2. // Естественные науки и экология. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 1998. – С. 120-125.

8. Григорьев А.И., Букач В.А. Особенности природных условий лесостепи Западной Сибири для интродукции древесных растений лиственных лесов Северной Америки // Природа и природопользование на рубеже XXI века: Материалы межрегион. научно-практич. конференции. – Омск: Курьер, 1999. – С. 74-78.

9. Букач В.А., Григорьев А.И. Дендрохронологическое выявление локализации процессов техногенеза и рекреационной нагрузки // Природа, природопользование и природообустройство Омского Прииртышья: Материалы III областной научно-практической конференции. Омск: Курьер, 2001. – С 181-183.

10. Букач В.А. Опыт использования дендроиндикации в выявлении аномалий экологического состояния окружающей среды в городских условиях // Инженерная защита окружающей среды: Материалы I региональной научно-практической конференции. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – С 37-38.

11. Григорьев А.И., Букач В.А. Закономерности зимостойкости годового кольца в стволах деревьев клёна ясенелистного (*Acer pedunculatum* L.) в связи с солнечной активностью // Естественные науки и экология. Ежегодник: Межв. сб. науч. трудов. Вып. 6. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2001. – С 225-228.

12. Григорьев А.И., Букач В.А. Выявление экологических аномалий в городских условиях дендрохронологическим методом // Материалы областной научно-прак. конфер., посвящённой 125-летию РГО. – Омск: Курьер, 2002, – С 150-152.

13. Букач В.А., Мельникова О.Ю., Григорьев А.И. Исследование морозных зим на юге Западной Сибири дендрохронологическим методом // Проблемы биол. науки и обр-я в педагог. вузах: Материалы Третьей Всероссийской конференции "Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах". – Новосибирск, Изд-во НГПУ, 2003. – С 167-173.

14. Григорьев А.И., Мельникова О.Ю., Букач В.А. Использование дендрохронологической информации в прогнозировании аномалий климата // Актуальные проблемы управления: теория, методология, культура, модернизация, ресурсы: Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции 16 сентября 2004. Ч.2. – Омск: Изд-во «Прогресс» ОИПИП, 2004. – С 159-162.

Лицензия № 020074

Подписано в печать 25.04.05

Бумага офсетная

Усл. печ. л. 1,25

Тираж 100 экз

Формат 60×90/16

Ризография

Уч.-изд. л. 1,2

Заказ RE 085-05

Издательство ОмГПУ: 644099, Омск, наб. Тухачевского, 14





№ - 8 6 3 1

РНБ Русский фонд

2006-4

15359