

На правах рукописи



Кладько Юлия Вадимовна

**ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В
УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Г. КРАСНОЯРСКА**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение,
лесная пирология и таксация
(биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Красноярск – 2025

Работа выполнена в Институте леса имени В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук — обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЛ СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН)

Научный руководитель: **Бенькова Вера Ефимовна**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории структуры древесных колец

Официальные оппоненты: **Кулагин Андрей Алексеевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры инженерной защиты окружающей среды Института гражданской защиты Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск

Кутявин Иван Николаевич, доктор биологических наук, научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Сыктывкар

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург

Защита диссертации состоится «22» апреля 2025 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.228.05 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) по адресу: 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50/28. Тел./факс (391) 243-36-86, Email: institute_forest@ksc.krasn.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИЛ СО РАН и на сайте организации <http://forest.akadem.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук, доцент.



Гродницкая Ирина Дмитриевна

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Урбанизированным территориям присущ целый комплекс экологических проблем: загрязнение атмосферного воздуха, вод и снежного покрова, деструкция почв, уменьшение биоразнообразия древесно-кустарниковой растительности и др. (Алексеев и др., 1990; Авдеева, 2008; Мартыненко и др., 2009; Хлебопрос и др., 2012, Alekseeva et al., 2016; Тулюш, Коротченко, 2018, Onuchin et al., 2020 и др.). Объекты озеленения выполняют важные средообразующие, санитарно-гигиенические и эстетические функции, формируя комфортную для проживания населения среду. В то же время, их состояние в индустриальных центрах, в том числе в г. Красноярске, вызывает обеспокоенность, т.к. выражена тенденция к снижению количества, устойчивости и видового разнообразия зеленых насаждений (Попова, 2007; Шабалина, 2009; Беланова и др., 2016; Васенев, 2016 и др.). В связи с этим, возникла острая необходимость в активизации исследований состояния древесных растений в объектах озеленения, находящихся под техногенным воздействием различного характера. Радиальный прирост ствольной древесины, как один из показателей оценки состояния древесного растения, является перспективным, так как демонстрирует изменение интенсивности роста дерева в онтогенезе, на протяжении всего периода произрастания (Яценко-Хмелевский, 1954; Машуков, Бенькова, 2014 и др.). Динамика радиального прироста отражает влияние на рост комплекса экологических факторов, в том числе, погодных условий и техногенных воздействий (Innes, Cook, 1989; Авдеева, Кузьмичев, 1997; Арсеньева, Чавчавадзе, 2001; Чжан и др., 2011; Gillner et al., 2013; Артемьев, Арсентьева, 2014; Kirduyanov et al., 2014; Уразгильдин, Кулагин, 2021). В связи с вышесказанным, тема диссертационного исследования является актуальной.

Цель работы: выявить особенности динамики радиального роста восьми древесных видов в зеленых насаждениях г. Красноярска в условиях техногенного загрязнения различного характера.

Задачи исследования:

1. Определить скорость роста по диаметру ствола у восьми древесных видов (сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., ели колючей *Picea pungens* Engelm., березы повислой *Betula pendula* Roth., вяза приземистого *Ulmus pumila* L., тополя бальзамического *Populus balsamifera* L., рябины обыкновенной *Sorbus aucuparia* L., черемухи Маака *Padus maackii* Rupr., яблони ягодной *Malus baccata* (L.) Borkh.), произрастающих в условиях техногенного загрязнения различного характера.

2. Дифференцировать исследованные древесные виды по толерантности процесса радиального роста к влиянию техногенно загрязненных условий места произрастания.

3. Выявить периоды в пределах сезона роста, когда климатические факторы (температура воздуха и осадки) существенно влияют на радиальный прирост исследованных видов.

4. Установить особенности модификации климатического отклика индексов радиального прироста исследованных видов в условиях техногенного загрязнения различного характера.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Исследованные древесные виды различаются по толерантности процесса радиального роста к влиянию техногенно загрязненных условий места произрастания г. Красноярска.

2. Техногенное загрязнение модифицирует реакцию радиального прироста исследованных видов на влияние климатических факторов.

Научная новизна. Впервые для восьми видов древесных растений (сосны обыкновенной, ели колючей, березы повислой, вяза приземистого, тополя бальзамического, рябины обыкновенной, черемухи Маака, яблони ягодной), широко используемых в зеленых насаждениях г. Красноярска, выявлены особенности динамики радиального роста в связи с различным характером техногенного загрязнения места произрастания.

Выявлен климатический сигнал в древесно-кольцевых хронологиях исследованных видов и особенности его модификации в условиях техногенного загрязнения различного характера.

Теоретическая и практическая значимость. Задачи, решенные в диссертации, имеют фундаментальный характер и практическую значимость. Основные результаты исследований имеют непосредственное отношение к развитию системы зеленого строительства, необходимой для формирования комфортных и безопасных для человека условий жизни в промышленных городах.

Полученные данные о динамике радиального роста исследованных видов расширяют и конкретизируют информацию об особенностях их ксилогенеза при произрастании в зеленых насаждениях г. Красноярска, характеризующейся высокой мозаичностью техногенного загрязнения. Используемый подход дает возможность проведения анализа особенностей процессов роста и развития зеленых насаждений и отдельных деревьев в течение длительного времени, начиная от момента посадки, без проведения многолетнего мониторинга, как в рамках научных исследований, так и в практической деятельности специалистов в сфере озеленения урбанизированных территорий.

Результаты и выводы, полученные при решении поставленных задач, имеют практическую значимость и могут быть использованы при разработке предложений по оптимизации агротехнических мер ухода за зелеными насаждениями г. Красноярска с учетом характера техногенного загрязнения места произрастания.

Достоверность результатов исследования обусловливается представительным объемом материала, использованием современного высокоточного оборудования для измерения, применением стандартных методов обработки первичных данных в программных средах и дальнейшей статистической обработкой конечных результатов, согласованностью результатов с литературными источниками, апробацией работы на конференциях разного уровня и публикациями.

Личный вклад автора. Автором самостоятельно проведен анализ литературных данных и определены цель и основные задачи исследования. Сбор материала для исследования, первичная обработка образцов, датировка, измерения ширины годичных колец образцов, обработка данных выполнены лично автором. Анализ и интерпретация результатов проводились лично автором, либо при его участии. Иллюстративные материалы подготовлены лично автором.

Апробация работы. Материалы работы докладывались на V международной научно-практической конференции «Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития» (Ишим, 2010); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки» (Уфа, 2010); VIII всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского «Молодежь и наука» (Красноярск, 2012); VII молодежной школе-конференции ФИЦ КНЦ СО РАН «Наука, промышленность, экология» (Красноярск, 2017); конкурсе-конференции ФИЦ КНЦ СО РАН для молодых ученых, аспирантов и студентов, секции «Исследование компонентов лесных экосистем Сибири (Красноярск, 2018); VI международном симпозиуме имени Б. Н. Уголева, посвященном 50-летию Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения «Строение, свойства и качество древесины – 2018» (Красноярск, 2018); всероссийской конференции с международным участием «Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски» (Красноярск, 2019); междисциплинарной конференции молодых учёных ФИЦ КНЦ СО РАН (КМУ-XXVI) (Красноярск, 2023).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 12 работ, из них, 4 – статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 8 – материалы конференций.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю д.б.н., с.н.с, Беньковой В.Е и к.ф.-м.н., в.н.с. Шашкину А.В. за ценные советы, обсуждение и обобщение материала, а также всестороннюю поддержку на всех этапах работы. Автор очень признательна к.б.н., н.с. Беньковой А.В., заведующему лабораторией структуры древесных колец к.б.н., с.н.с Машукову Д.А. и с.н.с, к.б.н. Овчинникову Д.В. за ценные советы и рекомендации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, предложений по практическому применению результатов исследования, списка литературы. Текст работы изложен на 131 странице, иллюстрирован 12 таблицами, 22 рисунками. Список использованной литературы содержит 192 источника, из которых 44 работы на иностранных языках.

Основное содержание работы

Глава 1. Состояние изученности вопроса

Зелёные насаждения выполняют важные средообразующие, санитарно-гигиенические и эстетические функции, но воздействие все возрастающей антропогенной нагрузки приводит к ухудшению их качества (Кулагин, 1964, 1974; Николаевский, 1966, 1979; Протопопова, 1972; Алексеев и др., 1990; Павлов, 2006). Очевидна актуальность создания на урбанизированных территориях зеленых насаждений, эффективно выполняющих свои функции. Этому способствует оптимизация и расширение ассортимента древесных растений, толерантных к техногенной нагрузке.

Большинство существующих методик оценки состояния древесных растений в зеленых насаждениях (Лапин, Сиднева, 1973; Николаевский, 2002; Бабич и др., 2008; Пирогова, 2017 и др.) проводится на основании визуального определения их морфометрических показателей, таких как архитектоника, густота кроны и др. Использование нескольких показателей жизненного состояния, взаимно дополняющих друг друга, усиливает надежность оценки состояния здоровья деревьев (Андреева и др., 2002; Артемьев, 2003; Авдеева, Кривоносенко, 2013; Шевелина и др., 2016 и др.). Радиальный прирост стволовой древесины является информативным численным показателем, который позволяет ретроспективно, от начала роста дерева до момента наблюдения, судить об изменении скорости радиального роста дерева под влиянием комплекса изменяющихся факторов окружающей среды, в том числе, и техногенного загрязнения. Таким образом, тема диссертационного исследования представляется весьма актуальной и своевременной.

Глава 2. Характеристика района исследования

Исследование проводилось в одном из крупнейших промышленных городов Сибири – в г. Красноярске. Климат резко континентальный. Средняя годовая температура воздуха 0,5-0,6⁰С. Среднемесячная температура января -16.8⁰С, июля - +19.4⁰С. Весенние и летние заморозки бывают довольно часто. Среднее многолетнее годовое количество осадков 372 мм. Преобладают ветра юго-западного направления.

В г. Красноярске зональным типом почв являются черноземы. На преобладающей части территории города естественные почвы, длительное время находившиеся под сильным антропогенным влиянием городской среды, превратились в антропогенно-преобразованные: урбаноземы, культуроземы, индустриоземы и некроземы.

Естественная растительность города обусловлена расположением в зоне Красноярской лесостепи и представлена лесными, степными, луговыми, кустарниковыми, водными и болотными сообществами. Искусственные насаждения представлены как аборигенными, так и интродуцированными древесными видами.

В связи с особенностями рельефа, ветрового режима и типа архитектурной застройки, степень техногенного загрязнения территории города варьирует от незначительной до очень высокой. Таким образом, зеленые насаждения в различных частях города испытывают разную техногенную нагрузку. Она определяется, главным образом, местоположением, автотранспортным трафиком и производственной направленностью промышленных предприятий. При этом на каждом конкретном участке техногенная нагрузка трансформируется рельефом местности, ветровым режимом, особенностями хозяйственного использования, застройки и др.

Глава 3. Объекты и методика исследования

На территории г. Красноярска в 2012 году в зеленых насаждениях, расположенных в контрастных по антропогенной нагрузке зонах (сильного, среднего загрязнения и в условно чистой) было заложено 5 пунктов наблюдения (далее - ПН). Зоны (по состоянию на 2012 г) были выделены на основании опубликованных ранее данных мониторинга окружающей среды г. Красноярска (Скрипальщикова и др., 2009; Корректировка сводного..., 2012; Хлебопрос и др., 2012). Заложенные ПН располагались в четырех административных районах города: Октябрьском, Центральном, Советском и Ленинском (рис. 1).

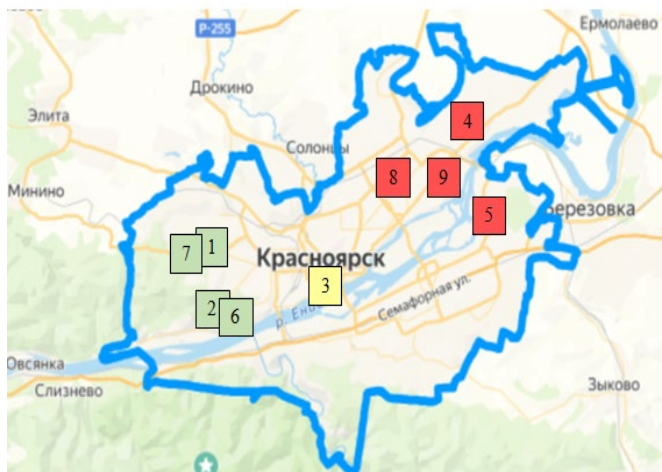


Рисунок 1. Расположение ПН на территории г. Красноярска: 1 – ПН «Ветлужанка», 2 – ПН «Академгородок», 3 – ПН «Центр», 4 – ПН «КрАЗ», 5 – ПН «КрасТЭЦ», 6 – ПН «Дендрарий», 7 – ПН «Ул. Е. Стасовой», 8 – ПН «Ул. 9 Мая», 9 – ПН «Парк «Гвардейский»».

Цветовое обозначение: зеленый – условно чистая зона, желтый – зона среднего загрязнения, красный – зона сильного загрязнения. (Картографическая подоснова: Интерактивная карта города Красноярска, 2024 URL: <https://web-gis.admkrsk.ru/portal/map/imap/app.html>).

ПН «Ветлужанка» и ПН «Академгородок» располагаются в *условно чистой зоне* с незначительным техногенным загрязнением невысокой интенсивности от автомобильного движения. ПН «Центр» находится в зоне загрязнения *средней интенсивности*, где основной источник загрязнения — интенсивное движение автотранспорта. ПН «КрАЗ» находится в зоне *очень сильного загрязнения*, где основные источники загрязнения — предприятия цветной металлургии (преимущественно по производству алюминия). ПН «КрасТЭЦ» располагается в зоне

очень сильного загрязнения, где основные источники загрязнения — предприятия химической промышленности и теплоэнергетического комплекса.

Исследовано восемь древесных видов, наиболее часто используемых для озеленения сибирских городов, в том числе, и г. Красноярск: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), ильм (вяз) приземистый (*Ulmus pumila* L.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха Маака (*Padus maackii* Rupr.) и яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.) (Встовская, Коропачинский, 2003).

Пункты наблюдения закладывали так, чтобы на каждой из них по возможности произрастали все выбранные виды, но не всегда это было возможно. Так, на ПН «Академгородок» отсутствовал вяз приземистый. Сосна обыкновенная отсутствовала на ПН «Ветлужанка», «Центр», «КрАЗ» и «КрасТЭЦ».

Модельные экземпляры на ПН произрастали на расстоянии 3-5 метров друг от друга согласно нормативам озеленения, располагались рядами и небольшими группами. В пределах одного ПН представители одного и того же вида имели одинаковый класс возраста.

Отдельно рассматривался вопрос об особенностях радиального роста сосны обыкновенной, чувствительной к техногенному загрязнению (Протопопова, 1972; Кулагин, 1974; Булыгин, Ярмишко, 2001). В 2020 г. нами дополнительно были заложены 4 ПН в условиях загрязнения разного характера (рис. 1) так как на ПН, заложённых ранее и описанных выше, этот вид не был представлен или встречался в единичном экземпляре. Контрольный (условно чистый) ПН расположен в Академгородке (Октябрьский район), в дендрарии Института леса им. В.Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН (далее – пп «Дендрарий»). ПН «Ул. Е. Стасовой» (Октябрьский район) характеризуется средним уровнем загрязнения выбросами автотранспорта. ПН «Ул. 9 Мая» (Советский район) характеризуется высоким уровнем комплексного загрязнения выбросами автотранспорта и промышленных предприятий цветной металлургии. ПН «Парк «Гвардейский»» (Советский район) характеризуется высоким уровнем загрязнения выбросами промышленных предприятий цветной металлургии и теплоэнергетического комплекса (Скрипальщикова и др., 2009; Хлебопрос и др., 2012, Тулюш, Коротченко, 2018; Государственный доклад... 2020; Onuchin et al., 2020).

На каждом ПН для исследования отбирали не менее 10 представителей одного вида (за исключением сосны обыкновенной, у которой отбиралось не менее 5 экземпляров на каждом ПН в связи с малым представительством данного вида в зеленых насаждениях города). С каждого модельного дерева было взято по одному керну, всего было отобрано 370 кернов.

Измерение ширины годовых колец (ШГК) и обработка данных производились общепринятыми в дендрохронологии методами (Fritts, 1976; Holmes, 1983; Шиятов,

2000). Использовался измерительный комплекс LINTAB-V 3.0 «Frank Rinn-Rinntech» (Германия) с пакетом программного обеспечения TSAP V 3.6 (точность 0.01 мм). Индексирование хронологий радиального прироста для удаления возрастного тренда проводилось с применением экспоненциальной функции. Оценка влияния климатических факторов на радиальный прирост осуществлялась по скользящим корреляционным климатическим функциям отклика с окном в 20 и шагом в 5 дней. Использовались суточные метеоданные о температуре воздуха и количестве осадков за период 1950-2019 гг. по метеостанции «Красноярское опытное поле» (официальный сайт ВНИИГМИ-МЦД, URL: <http://meteo.ru>).

Глава 4. Особенности динамики радиального роста древесных видов в условиях техногенного загрязнения

4.1 Скорость роста по диаметру древесных видов в зеленых насаждениях г. Красноярск

Реконструкция хода роста по диаметру представителей каждого вида на каждом ПН проведена по ширине годичных колец (примеры приведены на рис. 2).

Значения скорости роста по диаметру для деревьев каждого вида на каждой ПН разделили на три статистически различающиеся ($P \geq 0.95$) группы: с высоким темпом роста (зеленый), средним (желтый) и низким (красный) (табл. 1). Рост древесного вида по диаметру принимается устойчивым (толерантным) к условиям произрастания на техногенно загрязненном участке, если его скорость достоверно не ниже скорости роста на условно-чистых ПН.

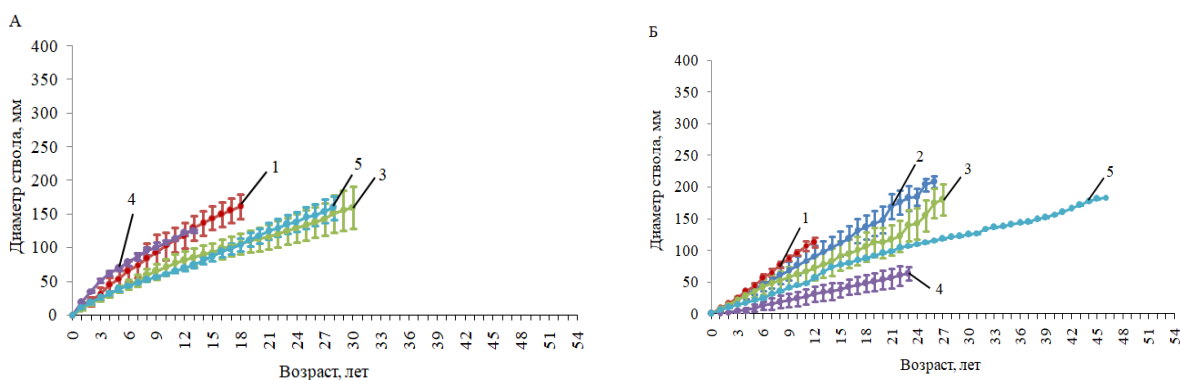


Рисунок 2. Примеры ходов роста деревьев по диаметру: А – вяз приземистый, Б – тополь бальзамический. 1 - ПН «Ветлужанка», 2 - ПН «Академгородок», 3 - ПН «Центр», 4 - ПН «КраЗ», 5 - ПН «КраСТЭЦ».

Зеленые насаждения в центре города (на примере ПН «Центр»), зона загрязнения средней интенсивности; основные источники — автотранспорт и высокая рекреационная нагрузка. Низкая толерантность роста по диаметру к соответствующим условиям произрастания относительно условно чистых у вяза приземистого и яблони ягодной, пониженная — у ели колючей, березы повислой и тополя бальзамического, высокая — у рябины обыкновенной и черемухи Маака.

Таблица 1. Скорость роста по диаметру у исследованных древесных видов в зеленых насаждениях г. Красноярска

Вид	Скорость роста по диаметру, мм/год				
	ПН «Ветлужанка»	ПН«Академгородок»	ПН «Центр»	ПН «КрАЗ»	ПН «КрасТЭЦ»
Сосна обыкновенная	-	3.8-4.8	-	-	-
Ель колючая	7.0-8.0	7.5-9.0	6.4-7.6	1.9-4.9	8.4-9.4
Береза повислая	6.4-8.4	7.0-9.0	6.1-6.9	5.4-7.6	2.0-4.0
Вяз приземистый	7.2-9.4	-	3.8-5.8	5.6-6.8	4.0-6.4
Тополь бальзамический	10.6-11.6	6.6-8.8	4.3-6.3	3.1-4.7	3.3-3.5
Рябина обыкновенная	3.4-6.4	4.6-6.2	5.9-8.1	4.2-5.0	5.2-5.6
Черемуха Маака	5.9-7.1	4.5-5.7	10.2-11.8	4.5-5.7	4.5-5.7
Яблоня ягодная	5.4-6.0	4.2-5.4	2.0-3.4	5.5-7.7	2.0-3.4

Зеленые насаждения (на примере ПН «КрАЗ») в зоне сильного загрязнения от предприятий цветной металлургии. Низкая «устойчивость» (толерантность) роста по диаметру к условиям у ели колючей и тополя бальзамического, пониженная у березы повислой и вяза приземистого, высокая — рябины обыкновенной, черемухи Маака, яблони ягодной.

Зеленые насаждения в зоне сильного загрязнения от предприятий теплоэнергетического комплекса (на примере ПН «КрасТЭЦ»). Низкая толерантность роста по диаметру к условиям произрастания у березы повислой, тополя бальзамического и яблони ягодной, пониженная у вяза приземистого, высокая — у ели колючей, рябины обыкновенной и черемухи Маака.

Анализ полученных результатов (табл. 1) показал, что:

- рябина обыкновенная и черемуха Маака на ПН «Центр», «КрАЗ» и «КрасТЭЦ», а также яблоня ягодная на ПН «КрАЗ» и ель колючая на ПН «КрасТЭЦ» — характеризуются высокой толерантностью роста ствола по диаметру к влиянию условий роста, в том числе и соответствующего техногенного загрязнения;

- для двух из исследованных видов — березы повислой и тополя бальзамического — четко выполняется зависимость: «скорость роста по диаметру в условиях техногенного воздействия меньше, чем в незагрязненных, независимо от природы загрязнения (Кладько и др., 2019; Kladko et al., 2020).

4.2. Древесно-кольцевые хронологии древесных видов в зеленых насаждениях г. Красноярска

Полученные при измерении индивидуальные серии ширины годичных колец деревьев каждого вида на каждом ПН достоверно коррелируют между собой: межсерийные коэффициенты корреляции варьируют в пределах 0.57—0.63 при $R \geq 0.95$. Это значит, что их можно использовать для усреднения и получения абсолютной (обобщенной) древесно-кольцевой хронологии радиального прироста для каждого вида на каждом ПН. Полученные абсолютные хронологии характеризуют собранный материал с дендрохронологической точки зрения: они имеют более или менее выраженный убывающий тренд (рис. 3, а).

Межсерийная корреляция индивидуальных индексированных хронологий представителей каждого вида в пределах каждого ПН, достаточно тесная

($0.53 \leq R_{\text{bar}} \leq 0.60$ при $P \geq 0.95$). На этом основании для каждого вида на каждом ПН построены средние индексированные древесно-кольцевые хронологии радиального прироста (рис. 3, б).

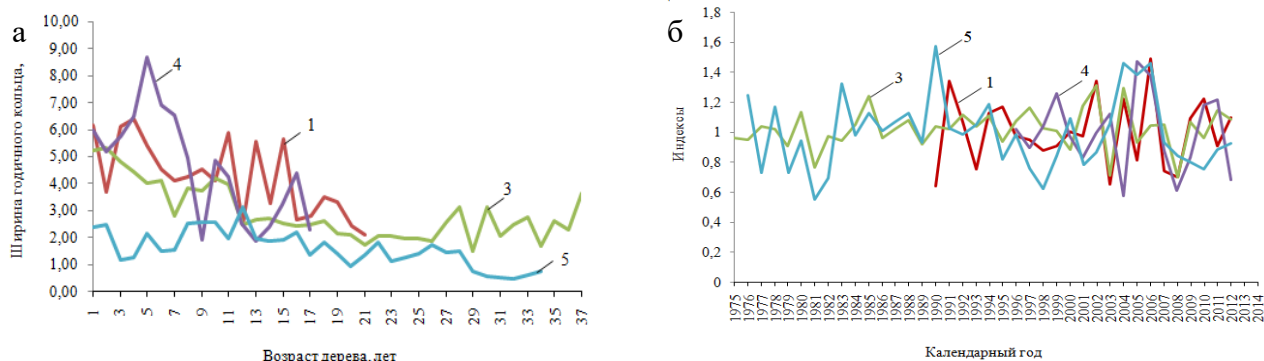


Рисунок 3. Пример абсолютных (а) и индексированных (б) древесно-кольцевых хронологий радиального прироста древесных растений в зеленых насаждениях г. Красноярска: вяз приземистый на ПН «Ветлужанка» (1), ПН «Центр» (3), ПН «КрАЗ» (4), ПН «КрасТЭЦ» (5) (Кладыко, Бенькова, 2018).

Установлено, что между индексированными хронологиями радиального прироста древесных видов в пределах одного ПН и между хронологиями одного вида, произрастающего на разных ПН синхронность погодичной вариабельности индексов радиального прироста в целом довольно низкая. В наличии или отсутствии корреляционной связи проявилась видоспецифичность реакции радиального прироста на влияние погодично изменяющихся внешних (в том числе и климатических) факторов.

Для оценки влияния климатических факторов на радиальный прирост исследованных видов использован метод построения и анализа скользящих корреляционных климатических функций отклика.

4.3. Влияние климатических факторов на погодичную изменчивость радиального прироста древесных видов в зеленых насаждениях г. Красноярска

Анализ климатических функций отклика выявил, что у видов, произрастающих на одном ПН, так же, как и у вида, произрастающего на разных ПН (в условиях разного техногенного загрязнения), периоды времени в пределах сезона роста со значимым влиянием на прирост климатических факторов (температуры воздуха и количества осадков) могут существенно различаться (табл. 2).

Положительная корреляционная связь индексов прироста с количеством осадков может означать, что растения испытывают дефицит доступной почвенной влаги в месте произрастания в выделенные периоды сезона, и на обильные осадки растение реагирует увеличением прироста. Полученную информацию можно использовать на практике – вводить в систему агротехнического ухода за насаждениями дополнительный полив в выявленные периоды сезона роста.

Таблица 2 – Корреляционная связь индексов радиального прироста с температурой воздуха и количеством осадков ($P \geq 0.95$) у древесных видов на пунктах наблюдения («+» — положительная, «-» — отрицательная)

Вид	ПН «Ветлужанка»	ПН «Академгородок»	ПН «Центр»	ПН «КрАЗ»	ПН «КрасТЭЦ»
Температура					
Ель колючая	«+» 1-я декада мая	климатический сигнал не выявлен	«+» конец апреля— май	климатический сигнал не выявлен	«+» середина мая
			«+» 2-я половина августа		
Береза повислая	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«+» 1-я декада мая	«+» 1-я декада мая
Вяз приземистый	климатический сигнал не выявлен	вид отсутствует на ПН	климатический сигнал не выявлен	«-» 1-я декада мая	климатический сигнал не выявлен
				«-» июнь- июль	
				«-» конец августа- начало сентября	
Тополь бальзамический	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен
Рябина обыкновенная	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«+» середина июля
Черемуха Маака	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«-» 1-я и 2-я декады мая	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен
Яблоня ягодная	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«+» середина апреля	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен
Осадки					
Ель колючая	«+» конец мая- начало июня	«+» конец мая- начало июня	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен
		«-» вторая половина июня			
Береза повислая	«+» первая половина мая	«-» 2-я декада апреля; «+» вторая половина мая- начало июня	«-» 1-я декада июня	«+» конец августа	«+» середина июня
		«+» конец августа- начало сентября	«+» конец августа- нач. сент.		
	«-» вторая декада августа		«-» вторая декада августа		
Вяз приземистый	«+» 1-я -2-я декады июня	вид отсутствует на ПН	климатический сигнал не выявлен	«-» 2-я декада апреля	«+» 2-я половина мая-1-я декада июня
Тополь бальзамический	климатический сигнал не выявлен	«+» конец июля- начало августа	«+» 2-я декада июня	климатический сигнал не выявлен	«+» конец августа
			«-» 2-3-я декады июля		
Рябина обыкновенная	«+» 3-я декада июня	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«-» конец мая	климатический сигнал не выявлен
	«+» конец сентября			«-» 1-я половина июля	
Черемуха Маака	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен	«-» 2-я-3-я декада апреля, «-» конец мая	климатический сигнал не выявлен	климатический сигнал не выявлен
Яблоня ягодная	«+» 2-я половина мая	«+» конец августа	«+» 2-я половина июля-1-я декада августа	«+» 2-я и 3-я декада июля	«+» начало мая
	«-» начало августа		«-» конец августа- начало сентября	«-» конец августа- начало сентября	«+» 2-я декада августа

* календарные периоды: зеленый цвет - весна-начало лета, желтый - середина лета, красный - конец лета-начало осени

4.4. Модификация климатического отклика индексов радиального прироста древесных видов при произрастании в условиях техногенного загрязнения

Вопрос о том, модифицируют ли условия произрастания на техногенно загрязненных ПН климатический отклик индексов радиального прироста исследуемого вида, решался путем сравнения с климатическим откликом того же вида на условно-чистом ПН (табл. 2). Различие интерпретировалось как модификация климатического отклика. По сравнению с условно чистыми ПН:

На ПН «Центр» у ели колючей повышена чувствительность к температуре воздуха в конце сезона роста. У черемухи Маака и яблони ягодной повышена чувствительность к температуре воздуха в начале сезона роста. У ели колючей снижена чувствительность к количеству осадков весной и в середине лета. У березы повислой весной и осенью чем больше осадков тем уже годичное кольцо; повышена чувствительность к осадкам в середине сезона роста. У вяза приземистого снижена чувствительность к осадкам в раннелетний период. У тополя бальзамического повышена чувствительность к осадкам весной, противоположная реакция по сравнению с условно чистыми ПН на осадки в середине лета. У рябины обыкновенной снижена чувствительность к осадкам в летне-осенний период. У черемухи Маака повышена чувствительность к осадкам весной. У яблони ягодной снижена чувствительность к осадкам весной и противоположная реакция (по сравнению с условно чистыми ПН) на осадки в середине и конце сезона роста.

На ПН «КрАЗ» у ели колючей снижена чувствительность к температуре воздуха в весенний период по сравнению с условно-чистыми ПН. У березы повислой повышена чувствительность к температуре воздуха в начале сезона роста. У вяза приземистого повышена чувствительность к температуре воздуха в течение всего сезона роста. У ели колючей снижена чувствительность к осадкам весной и в середине лета. У березы повислой снижена чувствительность к осадкам весной. У вяза приземистого повышена чувствительность к осадкам ранней весной, снижена в раннелетний период. У тополя бальзамического снижена чувствительность к осадкам в середине лета. У рябины обыкновенной повышена чувствительность к осадкам весной и понижена осенью; противоположная (по сравнению с условно-чистым ПН «Ветлужанка») реакция на осадки в середине лета. У яблони ягодной снижена чувствительность к осадкам в весенний период; противоположная реакция (по сравнению с условно чистыми ПН) на осадки в середине и конце сезона роста.

На ПН «КрасТЭЦ» у березы повислой повышена чувствительность к температуре воздуха в начале сезона роста по сравнению с условно-чистыми ПН. У рябины обыкновенной повышена чувствительность к температуре воздуха в середине сезона. У ели колючей снижена чувствительность к осадкам в весенне-летний период. У березы повислой снижена чувствительность к осадкам в августе. У вяза приземистого повышена чувствительность к осадкам весной и снижена в летний

период. У тополя бальзамического повышена чувствительность к осадкам в конце августа и снижена в середине лета. У рябины обыкновенной снижена чувствительность к осадкам в середине лета и осенью. У яблони ягодной снижена чувствительность к осадкам в середине лета и повышена в августе.

Результаты сравнения климатического отклика соответствующих видов, произрастающих на техногенно загрязненных и условно чистых ПН, указывают на то, что у некоторых видов «чувствительность» радиального прироста к влиянию погодных условий не изменилась или стала слабее по сравнению с условно чистыми местами произрастания. Это значит, что изменение (уменьшение или увеличение) интенсивности роста по диаметру у этих видов относительно условно чистых мест произрастания не связано с климатическими изменениями.

Установлено, что у некоторых видов изменение (уменьшение или увеличение) интенсивности роста по диаметру относительно условно чистых мест произрастания не связано с климатическими изменениями (ель колючая на ПН «КрАЗ», вяз приземистый на ПН «Центр», тополь бальзамический на ПН «КрАЗ» и «КрасТЭЦ», яблоня ягодная на ПН «КрасТЭЦ»). Характерное техногенное загрязнение на упомянутых ПН мы рассматриваем как один из основных негативных факторов, обусловивших относительное уменьшение интенсивности роста.

Скорость роста по диаметру увеличилась или не изменилась (при слабом влиянии климатических факторов) по сравнению с условно чистыми местами произрастания у ели колючей на ПН «КрасТЭЦ», рябины обыкновенной на ПН «Центр», черемухи Маака на ПН «КрАЗ» и «КрасТЭЦ» и яблони ягодной на ПН «КрАЗ».

Таким образом, сравнительный анализ климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях исследованных видов, произрастающих на загрязненных ПН относительно условно чистых ПН показал, что его модификация зависит от видовой специфики и условий произрастания техногенно загрязненных ПН.

4.5. Динамика радиального роста сосны обыкновенной в зеленых насаждениях г. Красноярска в условиях техногенного загрязнения

Индивидуальные серии ширины годичных колец деревьев, взятых на каждом ПН («Дендрарий», «Ул. Е. Стасовой», «Парк «Гвардейский» и «Ул. 9 Мая»), тесно коррелируют между собой ($R=0.88-0.91$ при $p \leq 0.05$). Это дает основание для построения усредненных для каждой ПН древесно-кольцевых хронологий (кривых хода роста).

Кривые хода роста на условно чистом и загрязненных ПН схожи по форме (рис. 4а, б). Первый максимум, характерный как для условно-чистого, так и для загрязненных ПН, связан с периодом формирования ювенильной древесины. На загрязненных ПН ход радиального роста с течением времени приобретает характерные особенности, отличные от ПН «Дендрарий».

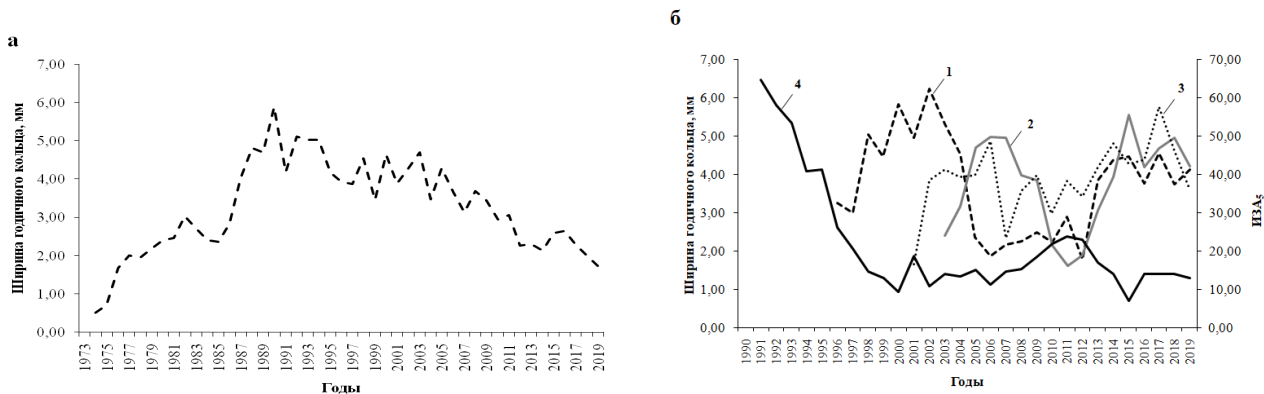


Рисунок 4. Ходы радиального роста сосны обыкновенной, произрастающей в условиях условно чистой ПН «Дендрарий» (а) и техногенно загрязненных ПН (б): 1- ПН «Парк «Гвардейский»»; 2 - ПН «Ул. Е. Стасовой»; 3 - ПН «Ул. 9 Мая»; 4 - уровень ИЗА₅ (Кладько, Скрипальщикова, 2021).

Тренды на кривых хода радиального роста и кривой ИЗА₅ (индекса загрязнения атмосферы, рассчитанного по пяти приоритетным загрязняющим веществам с учетом их опасности и концентрации в атмосфере в долях ПДК), совпадающие по периодам времени, противоположны при $P \geq 0.95$. С 2012 г. прирост резко увеличивается, что совпадает с уменьшением ИЗА₅ (рис. 4,б).

Для исследования связи ШГК с погодичной вариабельностью ИЗА₅ проведено их индексирование с использованием полинома третьего порядка. В результате индексирования из серии ИЗА₅ и индивидуальных серий ШГК были удалены тренды, выраженные на кривых (рис. 4). Характеристики индексированных хронологий приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические характеристики индексированных хронологий радиального прироста деревьев сосны обыкновенной на пунктах наблюдения

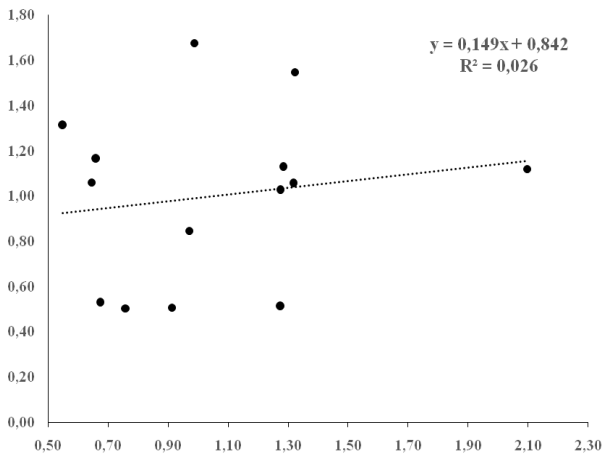
	ПН «Дендрарий»	ПН «Парк «Гвардейский»»	ПН «Ул. Е. Стасовой»	ПН «Ул. 9 Мая»
Дисперсия	2.09	2.45	3.25	1.68
Rbar	0.89	0.68	0.62	0.69

Тесноту связи между индексами ШГК сосны обыкновенной на загрязненных ПН и индексами ИЗА₅ за период 2004-2019 гг., общий для всех деревьев, демонстрируют графики на рисунке 5.

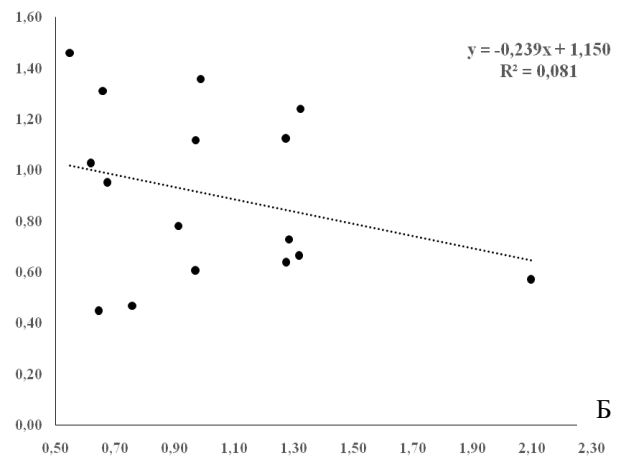
Тесная связь между индексированными ШГК и ИЗА₅ выявлена у деревьев вида на ПН «Ул. 9 Мая» при сильном комплексном загрязнении от автотранспорта и предприятий цветной металлургии. На двух ПН «Ул. Е. Стасовой» и «Парк «Гвардейский»», это влияние не проявилось настолько четко.

Чтобы установить, модифицируют ли условия произрастания в загрязненных зонах города отклик радиального прироста на климатические факторы, применили тот же подход, что и для других видов. Сравнивали климатический отклик индексов радиального прироста деревьев на загрязненных ПН с таковым на условно-чистом ПН «Дендрарий» (рис. 5).

А



Б



В

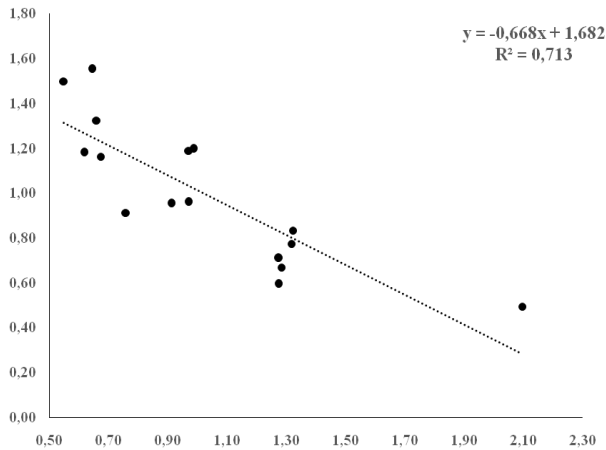


Рисунок 5. Индексы ШГК сосны обыкновенной в зависимости от индексов ИЗА₅ на ПН: А - ПН «Ул. Е. Стасовой», Б - ПН «Парк «Гвардейский»»; В - ПН «Ул. 9 Мая» (Кладько и др., 2023).

Чтобы установить, модифицируют ли условия произрастания в загрязненных зонах города отклик радиального прироста на климатические факторы, применили тот же подход, что и для других видов. Сравнивали климатический отклик индексов радиального прироста деревьев на загрязненных ПН с таковым на условно-чистом ПН «Дендрарий» (рис. 6).

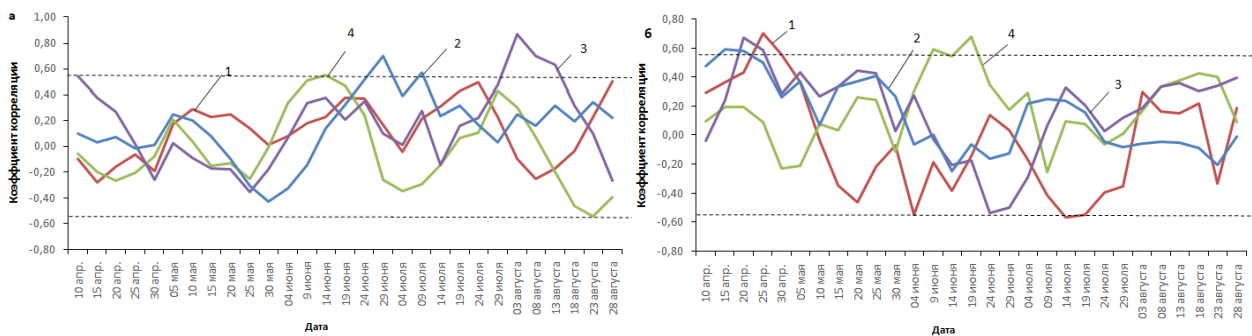


Рисунок 6. Скользящие корреляционные 20-дневные функции отклика индексов радиального прироста деревьев сосны обыкновенной на температуру воздуха (а) и количество осадков (б): 1 – ПН «Дендрарий», 2 – ПН «Ул. Е. Стасовой», 3 – «Парк «Гвардейский»»; 4 – ПН «Ул. 9 Мая» (2004–2019 гг.) (Кладько и др., 2023).

На всех загрязненных ПН климатический отклик радиального прироста сосны обыкновенной модифицирован относительно условно чистого ПН.

Скользящие корреляционные функции отклика показали значимую положительную корреляцию радиального прироста сосны обыкновенной с

температурой воздуха (рис. 7, а) на ПН «Ул. Е. Стасовой» — с конца июня до конца первой декады июля (кривая 2), на ПН «Парк «Гвардейский»» — с конца июля до середины августа (кривая 3), на ПН «Ул. 9 Мая» — в середине июня (кривая 4).

Положительная корреляция с количеством осадков (рис. 7, б) выявлена на ПН «Ул. Е. Стасовой» — в течение второй декады апреля (кривая 2), на ПН «Парк «Гвардейский»» — в течение третьей декады апреля (кривая 3), на ПН «Ул. 9 Мая» — в течение второй декады июня (кривая 4).

В то же время на условно-чистом ПН «Дендрарий» (кривая 1) значимой корреляционной связи прироста с температурой не выявлено, положительная корреляция с количеством осадков выявлена в течение третьей декады апреля.

Для выявления модификаций в отклике радиального прироста при воздействии загрязнения применили тот же подход, что и для других видов: сравнивали климатический отклик с таковым на условно-чистом ПН «Дендрарий».

Радиальный прирост сосны на загрязненных ПН «Ул. Е. Стасовой» и «Парк «Гвардейский»» более чувствителен к температуре воздуха, чем на ПН «Дендрарий». На ПН «Ул. 9 Мая» чувствительность радиального прироста к температуре воздуха выше, а чувствительность к осадкам — ниже в ранневесенний период (конец апреля) и выше в первой-второй декадах июня, чем на ПН «Дендрарий».

Таким образом, можно утверждать, что климатический отклик индексов радиального прироста на всех загрязненных ПН модифицирован относительно условно чистого ПН влиянием соответствующих условий произрастания.

4.6. Обсуждение полученных результатов

Результаты исследования динамики радиального роста восьми древесных видов, произрастающих в зеленых насаждениях г. Красноярска, находятся в согласии с ранее полученными результатами ряда исследований по отдельным видам (Глава 1), и подтверждают основную гипотезу: скорость радиального роста и чувствительность к погодным условиям определяется видовой спецификой и особенностями техногенно загрязненной окружающей среды.

Согласно литературным источникам, исследователи часто наблюдали снижение скорости радиального роста деревьев на техногенно загрязненных участках по сравнению с фоновыми. Нами установлено, что тенденция к снижению скорости радиального роста древесных растений в зоне влияния техногенного загрязнения относительно «чистых» зон выполняется не для всех восьми исследованных в работе видов, а только для березы повислой и тополя бальзамического (независимо от характера загрязнения). Высокой толерантностью к влиянию техногенно загрязненных условий произрастания характеризуется рост ствола по диаметру у ели колючей на ПН «КрасТЭЦ», рябины обыкновенной и черемухи Маака на ПН «Центр», «КрАЗ» и «КрасТЭЦ» и яблони ягодной на ПН «КрАЗ».

Негативное влияние атмосферного загрязнения, выраженного в величинах ИЗА5, на радиальный рост сосны обыкновенной четко проявляется только в условиях

сильного комплексного загрязнения от автотранспорта и промышленных предприятий цветной металлургии.

По литературным источникам, деревья, произрастающие вокруг крупных источников техногенного загрязнения, в большинстве случаев демонстрировали большую чувствительность радиального прироста на изменение погодных условий, чем на контроле. По результатам проведенного нами детального анализа корреляционной связи радиального прироста с климатическими факторами (температурой воздуха и количеством осадков) получено, что не для всех исследованных древесных видов, произрастающих в условиях техногенного загрязнения различного характера в г. Красноярске, характерна тенденция к повышению чувствительности радиального прироста к погодным условиям сезона роста. Это зависит не только от специфической чувствительности вида к изменению погодных факторов, но и от характера загрязнения. Так, например:

- на ПН «Центр» пониженная (по сравнению с условно чистыми условиями места произрастания) чувствительность радиального прироста к осадкам — у ели колючей, вяза приземистого, рябины обыкновенной, яблони ягодной;

- на ПН «КрАЗ» к обоим климатическим факторам пониженная (по сравнению с фоном) чувствительность радиального прироста — у ели колючей, пониженная к осадкам — у березы повислой, тополя бальзамического, яблони ягодной;

- на ПН «КрасТЭЦ» пониженная (по сравнению условно чистыми условиями места произрастания) чувствительность радиального прироста к осадкам — у ели колючей, березы повислой, рябины обыкновенной, у яблони ягодной.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Впервые дана характеристика интенсивности хода роста по диаметру восьми древесных видов, произрастающих в зеленых насаждениях г. Красноярска в условиях техногенного загрязнения различного характера: сосны обыкновенной, ели колючей, березы повислой, вяза приземистого, тополя бальзамического, рябины обыкновенной, черемухи Маака и яблони ягодной.

2. Высокой толерантностью характеризуется скорость радиального роста рябины обыкновенной и черемухи Маака независимо от характера загрязнения места произрастания. Радиальный прирост ели колючей толерантен к условиям произрастания в зоне выбросов предприятий теплоэнергетического комплекса и химической промышленности, яблони ягодной - в зоне выбросов предприятий цветной металлургии. Перспективно использовать эти виды для создания зеленых насаждений в условиях указанного характера техногенного загрязнения.

3. Установлено, что у березы повислой и тополя бальзамического скорость роста по диаметру в техногенно загрязненных местах произрастания меньше, чем в условно-чистых, независимо от характера техногенного загрязнения. Рост ели колючей вблизи КрАЗа, вяза приземистого в центре города и вблизи КрасТЭЦ, и

яблони ягодной вблизи КрасТЭЦ ингибируется техногенно загрязненными условиями места произрастания (при низкой чувствительности деревьев к климатическим факторам). Негативное влияние атмосферного загрязнения, выраженного в величинах ИЗА₅, на радиальный рост сосны обыкновенной четко проявляется только в условиях сильного комплексного загрязнения от автотранспорта и промышленных предприятий цветной металлургии.

4. Периоды в пределах сезона роста с существенным влиянием климатических факторов (температуры воздуха и количества осадков) на радиальный прирост определяются видовой спецификой и характером техногенного загрязнения места произрастания. У видов, произрастающих на одном ПН, так же, как и у вида, произрастающего на разных ПН (в условиях различного техногенного загрязнения), периоды времени в пределах сезона роста со значимым влиянием на прирост климатических факторов существенно различаются.

5. Произрастание в условиях техногенного загрязнения модифицирует климатический сигнал в древесно-кольцевых хронологиях исследованных видов. Сравнительный анализ климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях деревьев, произрастающих на загрязненных ПН относительно произрастающих на условно чистых ПН, показал, что его модификация зависит от видовой специфики и техногенно загрязненных условий места произрастания. При этом чувствительность радиального прироста к погодным условиям сезона роста может как понижаться, так и повышаться.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании полученных результатов разработаны предложения по срокам введения дополнительного полива исследованных видов в условиях произрастания г. Красноярска (табл. П.1.).

Таблица П.1. – Сроки введения дополнительного полива насаждений

Вид	Сроки введения дополнительного полива				
	ПН «Ветлужанка»	ПН «Академгородок»	ПН «Центр»	ПН «КраЗ»	ПН «КрасТЭЦ»
Ель колючая	20 мая-10 июня	20 мая-10 июня	*	-	-
Береза повислая	1-15 мая, 20 августа-10 сентября	15 мая-10 июня, 20 августа-10 сентября	10-20 июля	20-31 августа	10-20 июня
Вяз приземистый	1-20 июня	-	-	-	20 мая-10 июня
Тополь бальзамический	-	20 июля-10 августа	20-30 июня	-	-
Рябина обыкновенная	20-30 июня	-	-	-	-
Черемуха Маака	-	-	-	-	-
Яблоня ягодная	15-31 мая	20-31 августа	15 июля - 10 августа	20-31 июля	1-10 мая, 10-20 августа
	ПН «Дендрарий»	ПН «Ул. Е. Стасовой»	ПН «Парк «Гвардейский»»	ПН «Ул. 9 Мая»	
Сосна обыкновенная	20-30 апреля	10-20 апреля	20-30 апреля	10-20 июня	

* - сроки дополнительного полива не выделены

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. **Кладько, Ю.В.** Радиальный рост древесных видов в условиях высокой антропогенной нагрузки г. Красноярска / Ю.В. Кладько, В.Е. Бенькова // Сибирский лесной журнал. — 2018. — № 4. — С. 49–57.
2. **Kladko, Y.V.** Trunk diameter growth dynamics of woody plants in Siberian industrial city greening / Y.V. Kladko, V.E. Benkova, L.N. Skripal'shchikova, A.N. Tashev // Forestry Ideas. — 2020. — Vol. 26. — №1 (59). — Pp. 97–108.
3. **Кладько, Ю.В.** Радиальный рост сосны обыкновенной в зеленых насаждениях Красноярска / Ю.В. Кладько, Л.Н. Скрипальщикова // Сибирский лесной журнал. — 2021. — № 3. — С. 38–43.
4. **Кладько, Ю.В.** Влияние климатических факторов на радиальный рост сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения города Красноярска / Ю.В. Кладько, А.В. Бенькова, Л.Н. Скрипальщикова // Сибирский лесной журнал. — 2023. — № 5. — С. 91–99.

В прочих изданиях:

5. Вараксин, Г.С., **Кладько, Ю.В.**, Романова, А.Б. Выбор ассортимента древесных растений для озеленения территорий, прилегающих к городским магистралям (на примере г. Красноярска) / Г.С. Вараксин, Ю.В. Кладько, А.Б. Романова // Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Уфа: РИЦ БашГУ, 2010 г. - С. 505-508.
6. Вараксин, Г.С., **Кладько, Ю.В.**, Романова, А.Б., Мулява, В.Е., Мулява, В.В. Опыт использования древесных видов на примере г. Красноярска / Г.С. Вараксин, Ю.В. Кладько, А.Б. Романова, В.Е. Мулява, В.В. Мулява // Урбоэко системы: проблемы и перспективы развития. V международная научно-практическая конференция 25-26 марта 2010 г. – Ишим: Ишимский государственный педагогический институт им. П. П. Ершова, 2010 г. - С.58-59.
7. **Кладько, Ю.В.** Роль живых изгородей в формировании комфортного пространства в условиях города Красноярска / Ю.В. Кладько // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section02.html>, свободный (тезисы конференции).
8. **Кладько, Ю.В.**, Силкин, П.П. Дендрэкологический анализ формирования вторичной ксилемы яблони ягодной (*Malus baccata* (L) Borkh.) в условиях города Красноярска / Ю.В. Кладько, П.П. Силкин // Материалы VII Молодежной школы-конференции ФИЦ КНЦ СО РАН «Наука, промышленность, экология», 24 июля–7 августа 2017г. – Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2017. – С. 19.

9. **Кладько, Ю.В.** Особенности роста по диаметру стволов древесных растений семейства Rosacea в условиях города Красноярска / Ю.В. Кладько // Исследование компонентов лесных экосистем Сибири: Выпуск 15: материалы конкурса-конференции ФИЦ КНЦ СО РАН молодых ученых, аспирантов и студентов (4 апреля 2018 г., г. Красноярск). – Красноярск: Институт леса им. В. Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, 2018. – С. 12-13.
10. **Кладько, Ю.В.,** Бенькова, В.Е., Скрипальщикова, Л.Н. Особенности роста по диаметру стволов древесных растений в условиях Красноярска / Ю.В. Кладько, В.Е. Бенькова, Л.Н. Скрипальщикова // Стрoение, свойства и качество древесины — 2018: Материалы VI Международного симпозиума имени Б. Н. Уголева, посвященного 50-летию Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения (Красноярск, 10-16 сентября 2018 г.). — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. – С. 93–96.
11. **Кладько, Ю.В.** Скорость роста по диаметру стволов древесных растений в зеленых насаждениях г. Красноярска / Ю.В. Кладько, В.Е. Бенькова, Л.Н. Скрипальщикова, А.Н. Ташев // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск, 26-31 августа 2019 г., Красноярск, 2019. – С. 171–174.
12. **Кладько, Ю.В.** Модификация климатического отклика древесных растений под влиянием аэротехногенного загрязнения / Ю.В. Кладько // Междисциплинарная конференция молодых учёных ФИЦ КНЦ СО РАН (КМУ-XXVI): тезисы докладов (Красноярск, 16 мая 2023 г.) – Красноярск: ИФ СО РАН, 2023. – С. 68.