

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»

На правах рукописи

ТАТАРИНЦЕВ Андрей Иванович

**ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ САНИТАРНО-
ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АНТРОПОГЕННО
НАРУШЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ СИБИРИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Диссертация на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Научный консультант:
доктор биол. наук, профессор
Павлов Игорь Николаевич

Красноярск – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ.....	11
1.1 Антропогенное освоение лесов и его последствия.....	11
1.2 Формирование и роль патогенной биоты в антропогенно нарушенных насаждениях.....	23
1.3 Фитопатологические исследования в насаждениях Средней Сибири.....	35
2 РАЙОНЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Характеристика районов исследований.....	39
2.1.1 Природные условия.....	40
2.1.2 Антропогенные особенности территорий.....	50
2.2 Объекты исследований.....	55
2.3 Методы исследований.....	59
3 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНЯКОВ КРАСНОЯРСКОГО ПРИАНГАРЬЯ.....	68
3.1 Общая характеристика лесопатологического состояния и пораженности сосняков болезнями.....	68
3.2 Эколого-лесоводственные особенности пораженности сосняков смоляным раком и стволовой гнилью.....	80
3.3 Влияние антропогенных факторов на пораженность сосняков стволовой гнилью.....	106
Выводы.....	114
4 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ КРАСНОЯРСКОЙ ГРУППЫ РАЙОНОВ.....	117
4.1 Оценка санитарного состояния сосновых и березовых насаждений.....	117
4.2 Фитопатологическое состояние сосновых насаждений.....	135
4.3 Фитопатологическое состояние березняков.....	149

4.3.1 Эколого-лесоводственные особенности пораженности березняков бактериальной водянкой.....	152
4.3.2 Эколого-лесоводственные особенности пораженности березняков гнилями.....	161
Выводы.....	167
5 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ.....	170
5.1 Общая характеристика санитарного и лесопатологического состояния насаждений.....	170
5.2 К вопросу пораженности сосняков корневой гнилью.....	178
Выводы.....	191
6 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАСАЖДЕНИЙ УРБОТЕРРИТОРИЙ.....	194
6.1 Санитарное состояние и патогенная биота насаждений интродукционных хозяйств.....	195
6.2 Санитарно-фитопатологическое состояние насаждений общего пользования.....	210
Выводы.....	239
7 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ.....	242
7.1 Обоснование системы лесозащитных мероприятий в лесных биогеоценозах южной части Средней Сибири.....	242
7.2 Обоснование мероприятий по улучшению санитарного состояния насаждений урботерриторий.....	258
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	262
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	265
Приложение А	331
Приложение Б	334

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современное состояние лесных экосистем в значительной степени определяется человеческой деятельностью, охватившей бóльшую часть лесопокрытых территорий (Атлас ..., 2003; Состояние лесов мира, 2011, 2014). Интенсивное лесопромышленное освоение, техногенное загрязнение, разведка и добыча полезных ископаемых, рекреационное лесопользование, сопровождаемые антропогенными пожарами, привели к расширению площади лесов с признаками нарушенности во многих регионах, в том числе Средней Сибири (Ваганов и др., 1998; Ярошенко и др., 2001; Седых, 2005; Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Брюханов, 2009; Onuchin et al., 2009; Громцев, 2014; Онучин и др., 2014; Государственный доклад ..., 2019). Наиболее трансформированы насаждения, приближенные к крупным промышленным узлам и урботерриториям, в пределах последних они практически полностью утратили естественные черты (Кузьмичев, 1986; Ярмишко, 1998; Павлов, 2006; Экологическое состояние ..., 2009).

Антропогенные факторы оказывают прямое и косвенное влияние на все компоненты лесных биогеоценозов, обуславливают сложение сообществ микроорганизмов и грибов, включая патогенные (потенциально патогенные) виды, характер их взаимоотношений с древесной растительностью, часто приводят к негативному изменению санитарного состояния насаждений (Кузьмичев, 1995; Варенцова, 1998; Федоров, 2000; Михайлова и др., 2005; Плешанов, Морозова, 2009). В связи с этим одной из актуальных научно-практических задач современного лесоводства является изучение санитарного состояния антропогенно нарушенных насаждений с выявлением наиболее значимых представителей дендропатогенной биоты, установлением их ценотической и хозяйственной роли, пространственно-временной динамики вызываемых болезней с учетом комплекса эколого-лесоводственных факторов. Результаты таких исследований служат теоретической основой при разработке

мероприятий по улучшению санитарного состояния и повышению устойчивости насаждений.

Степень разработанности проблемы. Процессы и явления, происходящие в антропогенно освоенных насаждениях, и, как правило, имеющие деструктивный характер, изучались на протяжении последних десятилетий многими специалистами в разных странах и регионах. Относительно комплекса дендротрофных организмов в таких фитоценозах преобладают исследования биоты ксилотрофных грибов, микромицетов, осваивающих филлосферу древесных растений. Недостаточно изучены сопряженное влияние антропогенных и биотических факторов на состояние насаждений; специфика патогенеза основных болезней в нарушенных древостоях, эколого-лесоводственные особенности их распространения с учетом антропогенных воздействий. На территории Средней Сибири такие исследования имеют лишь фрагментарный характер.

Цель и задачи исследования. Цель работы – изучить эколого-лесоводственные особенности санитарного состояния и развития патологических процессов в антропогенно трансформированных насаждениях Средней Сибири с обоснованием мероприятий по их оздоровлению.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Изучить санитарное и лесопатологическое состояние лесных насаждений в наиболее освоенных районах Средней Сибири, выполнить комплексную оценку санитарного состояния пригородных лесов в зависимости от техногенного загрязнения и рекреационной нагрузки.
2. Выявить основных представителей дендропатогенной биоты в лесных насаждениях, установить эколого-лесоводственные и антропогенные особенности пораженности древостоев болезнями.
3. Изучить санитарное состояние древесных растений в насаждениях урботерриторий, выявить определяющие его патогенные факторы.
4. Оценить пораженность городских насаждений болезнями с учетом антропогенных воздействий.

5. Предложить научно-методические основы мероприятий по улучшению санитарно-фитопатологического состояния и повышению продуктивности насаждений, функционирующих на антропогенном фоне.

Научная новизна. Впервые изучены особенности санитарно-фитопатологического состояния лесных насаждений в районах приенисейской Сибири, различающихся ландшафтно-лесорастительными условиями, целевым назначением лесов, их антропогенной нарушенностью, в том числе:

- выявлены доминирующие представители дендропатогенной биоты;
- установлены эколого-лесоводственные особенности поражения сосновых и березовых древостоев стволовыми гнилями, некрозно-раковыми болезнями, в том числе березняков – бактериальной водянкой, которая в условиях Сибири ранее не изучалась;
- впервые установлено влияние подсочки в числе прочих антропогенных факторов на пораженность сосняков стволовой гнилью;
- впервые выполнена интегральная оценка санитарно-фитопатологического состояния пригородных лесных насаждений, подверженных хроническим техногенным и рекреационным нагрузкам;
- получены дополнительные данные об эдафо-орографических особенностях и роли антропогенных факторов в формировании очагов корневой губки в сосновых борах Минусинской котловины.

Для насаждений урбанизированных территорий южной части Средней Сибири:

- расширены сведения о патогенных факторах, получены новые данные о поражении некрозно-раковыми болезнями;
- изучено влияние техногенного загрязнения, частичного изъятия надземной фитомассы на состояние деревьев и вероятность их инфекционного усыхания.

Теоретическая и практическая значимость работы. В результате выполненных исследований получены данные, доказывающие: многофакторность и системность процессов, происходящих в лесных биогеоценозах, в частности определяющих их санитарное состояние; влияние на развитие патологических

явлений в насаждениях комплекса экзогенных (включая антропогенные) и эндогенных (внутриценотических) факторов, действие которых проявляется с сопряженным и (или) синергическим эффектом; неоднозначную роль антропогенных факторов в патогенезе болезней, исходя из характера их воздействия на компоненты патосистемы и уровня паразитизма фитопатогенов.

Для изученных лесопокрытых территорий определены первоочередные объекты фитопатологического мониторинга (ФПМ), являющегося составной частью государственного лесопатологического мониторинга, предложена корректировка системы ФПМ. Выявленные тенденции и закономерности дают возможность оценивать санитарно-фитопатологическое состояние, пораженность древостоев основными болезнями в зависимости от лесорастительных условий и лесотаксационных показателей. По результатам проведенных исследований разработаны теоретические и методические основы дифференцированного комплекса мер по улучшению санитарного состояния и качественных характеристик антропогенно трансформированных насаждений.

Материалы исследований используются в процессе подготовки бакалавров и магистров направления «Лесное дело» при изучении дисциплин «Лесная фитопатология», «Лесная экология», «Технология защиты леса», «Лесопатологический мониторинг».

Методология и методы исследований. Методологической основой исследований явился биогеоценотический подход, предполагающий понимание функциональной роли компонентов, находящихся в консортивных связях с представителями автотрофного блока, полифакторный анализ явлений, определяющих состояние древостоев. В работе использовались базовые принципы научно-технического познания.

Выполнен комплекс полевых и лабораторных исследований с использованием методов, принятых в лесоведении, лесной таксации, лесозащите, фитопатологии и почвоведении с отдельными авторскими дополнениями. Это позволило получить репрезентативные данные с последующей их систематизацией и анализом.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. В сосняках Приангарья, претерпевших значительную трансформацию в результате рубок, лесных пожаров, основными биотическими факторами ухудшения их состояния и качественных характеристик выступают смоляной рак и стволовая гниль, распространение и развитие которых зависят от лесорастительных условий, таксационных показателей древостоев и антропогенных воздействий.

2. Наиболее значимыми лимитирующими факторами для сосняков, приближенных к урботерриториям, являются хронические техногенные и рекреационные нагрузки, в меньшей степени – дендропатогенные организмы; по градиенту повышения техногенного загрязнения понижается пораженность подроста микозами.

3. Березняки относительно устойчивы к антропогенным нагрузкам; их санитарное состояние определяется развитием гнилей и бактериальной водянки, масштабы поражения бактериозом зависят от лесорастительных условий, таксационных показателей древостоев, стволовыми гнилями – от их происхождения и антропогенных воздействий.

4. Основной биогенный фактор современного нарушения сосновых боров Минусинской котловины – прогрессирующая эпифитотия корневой гнили, что усугубляется высокими рекреационными нагрузками, лесными пожарами. Возникновение очагов гнили зависит от эдафо-орографических, ценотических условий и антропогенного фона.

5. Санитарное состояние насаждений урботерриторий – результат влияния на древесные растения антропогенных факторов и патогенных организмов, среди которых наиболее вредоносны возбудители некрозно-раковых болезней. Последние присутствуют в растениях в виде латентной инфекции, активность которой зависит от возраста и состояния растений (органов), антропогенных воздействий.

6. Для оздоровления насаждений необходим комплекс мероприятий, учитывающий основные лимитирующие факторы с акцентом на первоочередные

объекты ФПМ, эколого-лесоводственные и антропогенные особенности распространенности болезней.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований обеспечивается большим объемом данных, полученных с использованием научно-обоснованных методик, подтверждается их анализом с применением современных методов математической обработки экспериментального материала. Результаты работы представлялись и докладывались на региональных (Красноярск, 1989, 1995-1998, 2001), всесоюзных (Красноярск, 1991, 1993), всероссийских конференциях (Воронеж, 1993; Красноярск, 2004, 2006, 2007, 2009, 2011, 2019; Иркутск, 2005, 2015; Новосибирск, 2014); всесоюзном совещании (Москва, 1990); международных конференциях, совещаниях, симпозиумах (Красноярск, 1999; Москва, 2002, 2009; Брянск, 2003; Сыктывкар, 2003, 2007; Оренбург, 2006, 2008; Кострома, 2012; Кызыл, 2012; Санкт-Петербург, 2013, 2016, 2018; Минск, 2015); Третьем и Четвертом Съездах микологов России (Москва, 2012, 2017).

Личный вклад автора. Работа является итогом более чем 25-летних исследований автора, которому принадлежит постановка цели и задач, разработка программы и методики исследований. Все годы тематика работы входила в планы НИР кафедры экологии и защиты леса Сибирского государственного технологического университета. Сбор полевых и экспериментальных материалов произведен лично автором, либо при его непосредственном участии с привлечением коллег, студентов лесохозяйственного факультета. Часть исследований выполнена в процессе совместной работы с сотрудниками Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (ИЛ СО РАН) при финансовой поддержке грантами: «Проект мероприятий по оптимизации состояния сосновых насаждений зеленой зоны г. Красноярска» (грант ККФН 11F0070C); «Мониторинг экологического состояния лесов зеленой зоны г. Красноярска» (грант РФФИ-ККФН 05-04-97710-р-енисей-а); «Снижение экологических и экономических рисков в лесном комплексе в условиях изменения климата и интенсивного биотического воздействия при различных сценариях лесопользования» (грант

РФФИ-ККФН 16-44-242145 р_офи_м). Автором лично проведены обработка данных, обобщение и интерпретация результатов исследования.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 79 печатных работ. В их числе: одна коллективная монография, 20 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, в том числе 2 в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science; курс лекций «Технология защиты леса» и учебное пособие «Лесопатологический мониторинг».

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем рукописи диссертации составляет 336 страниц и содержит 67 таблиц, 73 рисунка; список использованной литературы включает 644 наименования, в том числе 66 иностранных.

Благодарности. Автор признателен научному учителю канд. биол. наук, проф. П.И. Аминеву за многолетнее сотрудничество, понимание и поддержку. Выражает благодарность научному консультанту д-ру биол. наук, проф. И.Н. Павлову за методическую помощь и ценные советы; сотрудникам ИЛ СО РАН канд. биол. наук, стар. науч. сотр.: Л.Н. Скрипальшиковой, В.В. Стасовой, О.Н. Зубаревой за плодотворную совместную работу.

1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

1.1 Антропогенное освоение лесов и его последствия

Леса – наиболее распространенные наземные экосистемы, которые занимают более 30 % поверхности суши нашей планеты (Состояние лесов мира, 2011). В них сконцентрировано более половины всего разнообразия сухопутных видов флоры и фауны, они оказывают существенное влияние на углеродный бюджет планеты, играют важную роль в смягчении последствий изменения климата, способствуя сохранению почв и водных ресурсов во многих хрупких экосистемах (Брюханов, 2009; Леса, лесные ресурсы и лесоправление в Российской Федерации, 2012; Состояние лесов мира, 2014). Бóльшая доля лесов расположена в северном полушарии Земли: Северной Америке и северной части Евразии. Примерно 70 % лесопокрытой территории последней и пятую часть от мировой площади лесных земель составляют леса Российской Федерации (Пасько, 2011; Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов РФ, 2012), которые преимущественно представлены бореальными лесами (86 %) (Леса, лесные ресурсы и лесоправление в Российской Федерации, 2012).

Широкое распространение лесов с их ресурсами с одной стороны и рост народонаселения с его потребностями с другой обусловили хозяйственное освоение лесопокрытых территорий, которое в истории развития социума проявлялось (проявляется) в различных формах и видах антропогенных воздействий на леса (в частности бореальной зоны). Первыми из них были различные виды доиндустриальной деятельности, аналоги которых встречаются и в современное время: охота, сбор ягод и грибов, выпас домашних животных, выборочные рубки деревьев для местных нужд и другие (Ярошенко и др., 2001; Атлас ..., 2003). Наибольшие негативные последствия имела подсечно-огневая система обработки лесных земель (Золотухин и др., 2010; Громцев, 2014). По мнению А.Ю. Ярошенко с соавт. (2001) такие воздействия в истории таежных лесов и неизбежно связанные с ними лесные пожары являются скорее

антропогенными факторами их формирования, сравнительно слабо изменяющими ход естественных природных процессов.

Наиболее значимые антропогенные воздействия, коренным образом преобразующие естественные лесные экосистемы, появились в период роста индустриализации, характеризующийся демографическим взрывом, расширяющейся урбанизацией и крупномасштабным освоением природных ресурсов (Габеев, 2004). В разных странах, регионах России (бывшего СССР) современное хозяйственное освоение лесных территорий складывалось, исходя из исторических, ландшафтно-экологических и социально-экономических особенностей.

На подавляющей части таежных территорий трансформация лесов с начала антропогенного воздействия обусловлена рубками, которые на определенное время полностью или частично разрушают лесную среду со всеми последствиями (Громцев, 2014). Активное *лесопромышленное освоение* в первую очередь наиболее доступных лесов началось в XX столетии. В европейской части таежной зоны России с 30-х по 60-е гг. широко практиковались сплошные концентрированные, позже сплошные широко- и узколесосечные рубки (Громцев, 2002, 2014). Крупные районы освоения лесных ресурсов охватили значительную часть Урала, большие площади в Западной, Средней и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока (Петров, 2007). Лесопромышленное освоение Сибири осуществлялось беспрецедентными темпами с 1940-х годов и достигло своей кульминации в 80-е годы, когда суммарная площадь сплошнолесосечных рубок составляла около 400 тыс. га в год (Бузыкин, Пшеничникова, 2008).

Промышленные рубки в лесах имели (имеют) разносторонние экологические и хозяйственные последствия: от изменения микроклиматических и эдафических условий (Терентьев, 1968; Шумаков и др., 1973; Мурзаева, 1978; Перевозникова, 1990; Каразия, 1992; Ильчуков, Паутов, 1994; Иванов, 2005 и др.) до трансформации биоты (Соколов, 1975; Владышевский, 1977; Сорокин, 1981; Шишкин, 1988; Курхинен, 1990; Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Громцев и др., 2010), гидрологических параметров обширных территорий (Мельчанов, Данилик,

1973; Лебедев и др., 1984; Онучин, Буренина, 2000; Онучин и др., 2007, 2014; Onuchin et al., 2009). После промышленной заготовки древесины в структуре лесного покрова на первых этапах происходит уменьшение общей лесистости территории, затем рост доли молодняков и увеличение площадей, занятых производными мелколиственными породами (Онучин и др., 2014). К долговременному снижению лесопокрытых площадей в определенных лесорастительных условиях приводят необратимые процессы вторичного заболачивания на вырубках (Побединский, 1964; Громцев, 2014).

Существенный фактор антропогенной трансформации лесных территорий – **интенсификация геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых**, от которых страдают таежные ландшафты даже в труднодоступных местах (Петров, 2007). Основные факторы воздействия на природную среду от добычи полезных ископаемых можно разделить на три группы: механическое воздействие на земную поверхность; геодинамическое воздействие; химическое загрязнение (Справочник ..., 2009). Наибольший вред природе причиняется при добыче минерально-сырьевых ресурсов из месторождений открытым способом, на который приходится 73% общих объемов добычи полезных ископаемых в мире (Брюханов, 2009). При такой добыче осуществляется огромный объем вскрышных работ, приводящих к изъятию из хозяйственного оборота значительных площадей. В Западной Сибири, на севере Восточной Сибири и Дальнего Востока добыча полезных ископаемых (включая геологоразведочные работы и строительство транспортной инфраструктуры) и сопровождающие эту деятельность антропогенные лесные пожары стали основной причиной фрагментации лесных экосистем (Атлас ..., 2003; Седых, 2005).

Результатом антропогенной экспансии, обусловленной демографическим ростом, социально-экономическими и политическими процессами, явилось поселенческое освоение обширных территорий, в том числе лесных зон. На территории России последнее наиболее характерно для регионов Сибири. Это выразилось в **расширении селитебных ландшафтов**, включающих города (урбозекосистемы) и сельские селитебные ландшафты (Князьков и др., 2004). По

высказыванию Ю. Одума (1986а, Том 1, стр. 93), «быстрая урбанизация и рост городов во второй половине XX столетия изменили лик Земли, по-видимому, сильнее, чем все другие виды деятельности человека за всю его историю».

Вблизи крупных сел и урботерриторий произошло *отчуждение лесных земель под постоянно действующие аграрные угодья* (хотя в последние десятилетия это приняло обратный оборот) (Петров, 2007; Громцев, 2014); кроме того, под дачное строительство, коммуникационные системы (Атлас ..., 2003; Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Громцев, 2014). В Зауралье эти процессы особенно ускорились после строительства транссибирской железной дороги (Бузыкин, Пшеничникова, 2008). В Сибири активное аграрное природопользование получило свое развитие в южной тайге и подтаежной зоне, наиболее интенсивно в лесостепной зоне (Соколова, 2004; Безруких, 2010), где большие площади сельскохозяйственных угодий в прошлом были заняты лесом (Бузыкин, Пшеничникова, 2008).

Увеличение доли селитебных ландшафтов в лесных регионах неизбежно приводит к возрастанию роли *рекреационного лесопользования* (Одум, 1986а; Рысин и др., 2004; Пак, Бобринцев, 2009). Сущность рекреационного пользования лесом заключается в двухсторонней связи: благотворном воздействии леса на отдыхающих (рекреантов) и воздействии, обычно отрицательном, рекреантов на лес (Чижова, 1977; Тарасов, 1980). Рекреационное использование леса становится все более интенсивным в местах традиционного отдыха, с каждым годом захватывает новые лесные массивы, в том числе ненарушенные насаждения отдаленных территорий (Рысин, 1987). Рекреационные воздействия на леса по территориальному охвату могут быть точечными, локальными и сетевыми (Степанов, 2002). Рекреация действует на лесные экосистемы как сложный экологический фактор, оказывая, во-первых, прямое влияние – механическое повреждение всех компонентов биогеоценозов; во-вторых, косвенное – через изменение экологических условий местообитаний (Кузьмина, 1982; Степанов, 2002; Цветков, 2008).

Реакция лесных экосистем на воздействие рекреации, ее экологические последствия зависят с одной стороны от интенсивности и длительности нагрузок, с другой – от лесорастительных (орографических и эдафических) условий, типа леса, таксационных показателей древостоев, эколого-биологических особенностей растительности (Кругляк, Карташова, 2005; Рысин Л., Рысин С., 2008; Цветков, 2008; Пак, Бобринев, 2009).

Чрезмерное рекреационное воздействие приводит к деградации и уничтожению лесной подстилки, нарушению структуры, уплотнению верхнего слоя почвы на глубину от 5-10 см до 30 см (Рогова, 1976; Полякова, 1979; Lockaby, Dunn, 1984; Казанфарова, Амиров, 1986; Бганцова и др., 1987; Эмисис 1989; Степанов, 2002; Динамика ..., 2006; Рысин Л., Рысин С., 2008; Пак, Бобринев, 2009; Дымова и др., 2011). Это влечет за собой изменение физических и химических показателей почв, нарушение в них биохимических и микробиологических процессов (Lockaby, Dunn, 1984; Бганцова и др., 1987). На вытоптаных участках увеличивается объемный вес почвы, водопроницаемость сокращается в 4-13 раз (Казанфарова, Амиров, 1986); происходит уменьшение порозности и воздухоемкости почвы, увеличивается максимальная гигроскопичность, коэффициент завядания, а также глубина промерзания (Динамика ..., 2006). В уплотненных почвах резко снижается численность и ослабляется деятельность микроорганизмов и беспозвоночных животных (Полякова, 1979; Алексахина, 1987; Грюнталь, 1987; Егорова, Лаврова, 1987; Динамика ..., 2006). В нарушенных рекреацией почвах уменьшается содержание, меняется качественный состав гумуса (Бганцова, 1987; Добрынин, Лалетин, 1990). При больших нагрузках возможна поверхностная почвенная эрозия, особенно опасная на горных склонах (Settergen, Cole, 1970; Полякова, 1979).

Изменение эдафических условий в рекреационных лесах негативно сказывается на состоянии фитоценозов. Древостой является наиболее антропоотолерантным компонентом растительности (Полякова, 1979; Степанов, 2002). Однако на сильно уплотненных почвах корни деревьев не могут нормально развиваться, при этом в большей степени страдают породы, имеющие

поверхностную корневую систему (Рысин Л., Рысин С., 2008; Пак, Бобринев, 2009). Высокие нагрузки приводят к угнетению деревьев, у них разреживается крона, уменьшается фотосинтезирующая площадь, снижается прирост по высоте и диаметру, при длительном воздействии – класс бонитета насаждения (Таран, Спиридонов, 1977; Nylund et al., 1980; Иванов, 1983; Репшас, 1989; Спицына, 1995). В местах с наиболее выбитым рекреантами почвенным покровом корни многих деревьев обнажаются и выступают на поверхность, появляются суховершинные экземпляры и начинается отпад, в первую очередь деревьев из низших ступеней толщины (Чижова, 1977; Полякова, 1979; Šomšák et al., 1979; Протопопов и др., 1987; Жигарев, 1993). Вследствие повышения отпада снижается полнота и нарушается нормальное строение насаждений по диаметру (Золотухин и др., 2010).

Влияние рекреационного использования лесов на лесовозобновительные процессы зависит от интенсивности нагрузок (Рысин Л., Рысин С., 2008). На первых этапах воздействия рекреантов из-за уменьшения затененности, разрушения мохового покрова, подстилки и минерализации почвы эти процессы могут в известной степени активизироваться. Значительное угнетение ризосферы из-за уплотнения почвы, вытаптывание и механическое травмирование приводит к снижению количественных и качественных показателей самосева и подроста (Казанская и др., 1977; Спицына, 1995; Степанов, 2002; Цветков, Киришева, 2004; Ерохина, Пшеничникова, 2010). Сочетание вытоптаных и невытоптаных участков влечет мозаичное появление всходов и размещение подроста, в итоге возможность удовлетворительного естественного возобновления полностью исключается (Цветков, Киришева, 2004; Рысин Л., Рысин С., 2008). Наряду с подростом наименее устойчивыми к рекреации компонентами лесной растительности являются кустарники (подлесок) и особенно живой напочвенный покров (Fischer, 1975; Kellomäki, 1977; Линник и др., 1978; Полякова и др., 1981; Веденин, 1982; Рысин, Полякова, 1987; Рысина, Рысин, 1987; Перевозникова, Зубарева, 2002; Мониторинг ..., 2003; Егоров, 2005; Зосимова, 2006; Пак, Бобринев, 2009; Экологическое состояние ..., 2009; Сорокина и др., 2010; Дымова

и др., 2011 и др.). Под влиянием рекреационных нагрузок формируются приземистые и стелющиеся формы кустарников, ухудшается их жизненное состояние, видовая структура живого напочвенного покрова и подлеска изменяется в пользу синантропных видов (Степанов, 2002; Кругляк, Карташова, 2005; Ерохина, Пшеничникова, 2010).

Нарушения компонентов лесных экосистем, происходящие под влиянием рекреационного воздействия, характеризуются последовательными стадиями деградации. Исследователи выделяют от трех до пяти стадий рекреационной дигрессии, которые чаще устанавливают по состоянию живого напочвенного покрова, площади троп и вытоптанных участков, сопоставляя их с показателями посещаемости насаждений (Казанская и др., 1977; Таран, Спиридонов, 1977; Чиждова, 1977; Кузьмина, 1982; Матюк, 1983; Протопопов, Кузьмина, 1988; Воронцова, Ломакина, 1992; Ибрагимов, 1995 и др.).

Хозяйственное освоение лесных территорий всегда сопряжено с *антропогенными лесными пожарами*. На протяжении многих тысячелетий пожары сопровождают лесные экосистемы с начала их возникновения до распада, трансформируя ход лесообразовательного процесса, всю динамику жизни лесных экосистем (Седых, 2005; Цветков, 2008, 2013). На современном этапе лесные пожары антропогенного происхождения составляют подавляющую долю (Софронов, Вакуров, 1981; Одинцов, 1995; Сергиенко, 1999; Валендик, Иванова, 1996; Фурьев, 1996 и др.) и связаны со многими видами деятельности в пределах лесопокрытых территорий. В рекреационных лесах пожары приурочены к населенным пунктам и путям транспорта, а также к наиболее доступным и чаще посещаемым населением местам, где их частота в 3-3,5 раза выше, чем за их пределами (Телицын, 1983, 1984; Курбатский, Цветков, 1986; Цветков, 1999). Увеличение частоты пожаров в результате интенсификации природопользования причиняет значительный прямой и косвенный урон лесным ресурсам (Boubel et al., 1994; Fire ..., 1996; Филипчук и др., 2005; Петров, 2007; Брюханов, 2009 и др.), приводит к резкому изменению характера лесных ландшафтов и может быть расценено как значимое антропогенное нарушение (Атлас ..., 2003).

Существенным антропогенным фактором современности, оказывающим влияние на состояние лесных экосистем, выступает *техногенное загрязнение*, обусловленное бурным развитием градостроительства, автотранспорта и особенно промышленности (Алексеев, 1990а; Павлов, 2006; Цветков, 2008). Техногенное воздействие на леса крупных промышленных предприятий вследствие трансграничного переноса поллютантов нередко распространяется на сотни и тысячи километров (Израэль, 1984; Оттар и др., 1988), однако наиболее сильно повреждаются лесные экосистемы, непосредственно примыкающие к источникам загрязнения (Бабушкина, Луганский, 1990; Экологическое состояние ..., 2009). Значительную проблему создает концентрация предприятий в промышленные узлы или комплексы, что приводит к увеличению объемов и многокомпонентности эмиссий, усиливающих фитотоксичный эффект (Цветков, 2008). При этом наиболее мощными источниками атмосферных выбросов токсичных для растительности веществ являются предприятия цветной металлургии, энергетики и химической промышленности (Васильева и др., 2000; Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Брюханов, 2009; Калугина и др., 2015). Наибольшую опасность по масштабам территориального распространения представляет двуокись серы, а по степени токсичности и агрессивности – присутствующие в аэровыбросах алюминиевых заводов производные фтора, действие которых синергически усиливают другие поллютанты (Михайлова, Бережная, 2002; Бузыкин, Пшеничникова, 2008).

В процессе загрязнения насаждений пылегазовыми выбросами в древесных растениях, прежде всего, отмечается увеличение общего азота и свободных аминокислот (Илькун, 1971; Malhotra, Sarkar, 1979; Sylvia, Wild, 1988; Ivanova, Velikova, 1990; Сергейчик и др., 1991; Korolevski, 1991; Бабушкина и др., 1992, 1993; Kudashova, 1995; Сазонова и др., 2001; Михайлова и др., 2003), деструкция и нарушение соотношения пигментов, в частности хлорофиллов (Сулова, Николаевский, 1971; Buiculescu et al., 1978; Николаевский, 1979; Сидорович, Гетко, 1979; Негруцкий и др., 1984; Конгур, 1986; Приседский, 1985, 1986; Сергейчик, Шахнович, 1988; Гетко, 1989; Тужилкина и др., 1998; Коев, 1998;

Тарханов, Бирюков, 2014), изменение ферментативной активности (Grill et al., 1979; Malhotra, Sarkar, 1979; Malhotra, Khan, 1980; Penka, 1985; Bermadinger et al., 1990). Такие процессы рассматриваются как защитно-приспособительные реакции к действию токсикантов и могут служить биохимическим индикатором степени загрязнения (Массель, 1991; Кудашева, 1997; Таланова и др., 1999).

Происходящие в растениях под действием промышленных выбросов биохимические изменения в итоге приводят к ингибированию фотосинтеза (Николаевский, 1979; Белоус, 1984; Мальков, 1985; Трешоу, 1988; Харук и др., 1996; Воронин, Соков, 2005; Михайлова и др., 2005; Тарханов, Бирюков, 2014). В результате вредного воздействия токсичных газов наблюдается повреждение и изменение анатомической структуры листьев (Лобжанидзе и др., 1990; Viskari et al., 2000; Плюснина, 2002; Федорков, 2002), нарушение активности транспирации (Лобжанидзе и др., 1990; Неверова, 2001), снижение водоудерживающих сил и общей обводненности растений (Кулагин, 1974; Марценюк и др., 1975; Сидорович, Гетко, 1979; Рязанцева, Спахова, 1980; Тарабрин, 1980; Собчак, 1999).

Под влиянием интенсивных техногенных нагрузок у древесных растений отмечается сокращение продолжительности вегетации, что выражается в ускорении прохождения фаз развития, преждевременной дефолиации, резком уменьшении периода камбиальной активности (Сергейчик, 1984; Коршиков, Тарабрин, 1990; Лобжанидзе, Габуня, 2000; Rao et al., 2004). Сокращение количества ассимилятов в деревьях приводит к уменьшению размеров элементов древесины, радиального прироста, изменению процентного содержания поздней древесины в годовичных кольцах (Лайранд и др., 1979; Загрязнение воздуха ..., 1988; Baucker et al., 1996; Torelli et al., 1999; Лобжанидзе, Габуня, 2000; Щекалев, Тарханов, 2001; Чавчавадзе и др., 2002; Щекалев, Торлопова, 2003; Щекалев и др., 2004; Rao et al., 2004; Чжан и др., 2011; Луганский, Суслов, 2013). Как следствие – видимые признаки повреждения деревьев и кустарников: изменение окраски и некроз ассимиляционных органов, уменьшение их размеров, усиление ажурности кроны, нарушение побегообразования, изменение габитуса, при высокой нагрузке – суховершинность и полное усыхание растений (Kozlowski, 1980;

Дочинжер, 1982; Хальбваш, 1988; Уваров, 1996; Ярмишко, 1996; Леман, 2001; Трунов, 2001; Смирнова, Маракаев, 2002; Черненкова, 2004). К биометрическим изменениям растений, возникающим в ответ на техногенный стресс и имеющим биоиндикационное значение, относятся возрастание флуктуирующей асимметрии листьев, для хвойных – изменение количества хвои на единицу побега (Баканов, 1996; Дмитриев, 2000; Kozlov et al., 2001).

При хроническом техногенном загрязнении наблюдается интенсивное отмирание корневых систем растений (Рябинин, 1965; Ярмишко, 1984; Черненкова, 2004), являющееся одной из причин усыхания их надземных частей. В таких условиях у деревьев наиболее ценных хвойных пород (сосны обыкновенной, пихты сибирской, ели сибирской) установлено угнетение репродуктивной сферы, снижение выхода и прорастания семян (Луганский, Калинин, 1990; Ставрова, 1990; Третьякова и др., 1996; Аникеев, 1997; Хасанова и др., 1997; Ярмишко, 1999; Fedorkov, 1999; Аникеев и др., 2000; Меняйло, 2001).

Степень повреждения лесных насаждений промышленными выбросами зависит от их видового состава, лесоводственно-таксационных параметров, эдафо-орографических и метеорологических условий (Кулагин, 1974; Гудериан, 1979; Соков, 1979; Смит, 1985; Павлов, 2006; Щекалев, Тарханов, 2006 и др.). Наиболее чувствительными к атмосферному загрязнению среди древесных пород – хвойные; более устойчивы лиственные породы и кустарнички (Илькун, 1978; Крючков, 1987; Коршиков, Тарабрин, 1990; Ярмишко и др., 1998; Шелуха, 2002; Сухарева, 2013). Установлено, что при хроническом воздействии промышленных выбросов степень ослабления древостоев напрямую коррелирует с их возрастом (Менщиков, Ившин, 1989; Мазепа, Стасевич, 1997; Шелуха, 1997, 2002; Zwolinski, Orzel, 2000). Менее повреждаются аэрополлютантами высокополнотные древостои (Пастернак, Ворон, 1990). Повреждаемость лесных насаждений повышается с увеличением высоты над уровнем моря (Seletkovic, Tikvic, 1996; Фомин, Шавнин, 2002).

Негативное действие промышленных токсикантов на насаждения заметно усиливают неблагоприятные климатические факторы (Кулагин, 1974; Кондратюк

и др., 1980; Деслер, 1981; Крючков, 1996; Шелуха, 2001, 2011) и эдафические условия (Кулагин, 1985; Фрей, 1987; Протопопова и др., 1991). При этом отмечается и обратный эффект снижения устойчивости фитоценозов к лимитирующим факторам экотопа на фоне загрязнения (Жидков, 2000; Шелуха, 2002).

Нарушения фитоценозов при многолетнем загрязнении сопровождаются и в определенной степени обусловлены уменьшением степени разложения лесной подстилки, наполнением ее техногенной пылью, снижением численности и активности микромицетов, беспозвоночных (Друзина и др., 1989; Бабушкина, Луганский, 1990; Воробейчик, 2003; Шебалова, Залесов, 2006), трансформацией видового состава филофагов (Кузьмина, Яновский, 1999).

В результате промышленного загрязнения в лесах прослеживаются техногенно-дигрессивные сукцессии, которые проявляются в снижении их продуктивности, формировании упрощенных по строению биоценозов, включающих лишь резистентные виды (Мак-Кленахен, 1982; Смит, 1985; Цветков, Черкизов, 1987; Кузьмина, Яновский, 1999; Груздев, Груздева, 2002).

Очаги повреждения лесов промышленными выбросами имеют место во многих станах, регионах России. Так, отмечаемые в последние десятилетия случаи усыхания насаждений сосны обыкновенной и других пород в Италии (Vertui, Tagliaferro, 1998), природных и искусственных насаждений дуба в Венгрии (Szepesi, 1997) во многом связывают с антропогенным загрязнением окружающей среды окислами серы и азота. В России наиболее масштабные техногенные последствия проявились в зоне действия Норильского горно-металлургического комбината, где начиная с конца 60-х годов прошлого столетия, произошло повреждение притундровых лесов на площади около 2 млн. га, 600 тыс. га из которых погибли (Сродных, Завьялова, 1989; Харук, 1998; Зубарева и др., 2003). В районе г. Братска под влиянием выбросов алюминиевого, кремниевого заводов и лесопромышленного комплекса к концу XX столетия оказались поврежденными свыше 80 тыс. га лесных насаждений (Мартынюк и др., 1998), по сведениям Е.М. Руновой (1999) – около 150 тыс. га. Атмосферное

загрязнение, главным образом соединениями фтора и серы (Иркутский алюминиевый завод, Байкальский ЦБК), рассматривается в качестве одной из основных причин возрастающего усыхания темнохвойных древостоев в водоохранной зоне оз. Байкал (Андреев и др., 1988; Воронин, 1989; Санина и др., 2004; Бажина, 2010). В районе г. Мончегорска (Мурманская область) промышленными выбросами повреждено около 50 тыс. га зеленых насаждений (Мартынюк и др., 1998), меньшие по площади и степени поражения очаги расположены во многих других промышленных районах Урала, Сибири, европейской части России.

Рост эмиссии парниковых газов в атмосферу вследствие промышленного загрязнения, лесных пожаров, крупномасштабная вырубка лесов, создание крупных водохранилищ становятся причиной изменения термических условий геосистем в районах активного антропогенного освоения (Коновалова, Липатова, 1998; Trofimova, Konovalova, 1998; Федоров, 2004). Последствия усиления парникового эффекта и аридизации климата могут оказаться катастрофическими, особенно в бореальной зоне, что уже проявляется в трансформации таежных и подтаежных геосистем на юге Сибири (Woodwell, Mackenzie, 1995; Climate ..., 1996; Снытко, Коновалова, 2005).

Приведенные и иные виды антропогенного воздействия являются основным фактором существования всего комплекса сукцессионных мозаик современного живого (лесного) покрова (Евстигнеев, 2001; Смирнова, Бобровский, Ханина, 2001). В потере устойчивости функционирования экосистем главное значение имеет не просто снижение достаточного уровня биоразнообразия, а нарушение исторически сложившегося коадаптивного комплекса биоты (Демаков, 2000). Наиболее негативные последствия для лесных биогеоценозов возникают при сочетании нескольких видов антропогенных воздействий, имеющих синергический эффект, вероятность чего повышается по градиенту близости к населенным пунктам, транспортной сети и другим объектам антропогенных территорий (Кузьмичев, 1986; Экологическое состояние ..., 2009; Золотухин и др., 2010).

Представление о том, что в мире сохранились лесные территории, полностью избежавшие влияния человека, в действительности неверно (Атлас ..., 2003). Вся поверхность Земли в то или иное время испытывала прямое или косвенное воздействие человеческой деятельности. За последнее десятилетие глобальные темпы обезлесения замедлились, тем не менее, они все еще остаются тревожно высокими во многих частях мира (Состояние лесов мира, 2014). В качестве основных критериев для оценки нарушенности лесных территорий антропогенной деятельностью А.Ю. Ярошенко с соавт. (2001), Д.Е. Аксенов с соавт. (Атлас ..., 2003) предлагают: площадь естественных лесных экосистем; степень их фрагментации элементами инфраструктуры; признаки существенных изменений, связанных с хозяйственной деятельностью человека; лесопожарный режим (естественный или антропогенный). На территории России малонарушенные лесные ландшафты преобладают на севере Восточной Сибири и Дальнего Востока (Атлас ..., 2003; Состояние лесов в Европе, 2011). На значительной части юга этих регионов, Европейской России и Западной Сибири лесная растительность уже коренным образом преобразована хозяйственной деятельностью.

1.2 Формирование и роль патогенной биоты в антропогенно нарушенных насаждениях

Весьма важным компонентом гетеротрофного блока в лесных экосистемах являются микроорганизмы и грибы, уникальность которых заключается в их полифункциональности. В частности грибы контролируют обширное поле экосистемных функций: первичная и вторичная продуктивность, регенерация биофильных элементов и средообразование (Мухин и др., 2000). В биологических сообществах они, прежде всего, связаны с фитоценозом, входя в состав многочисленных и многочисленных консорций автотрофов. В процессе коадаптационной эволюции возникли различные варианты взаимоотношений грибов с центральным членом консорции: позитивно-симбиотические, индифферентные, негативные и антагонистические (Черемисинов, 1973;

Кузьмичев, 1994; Беломесяцева, 2002). Последние два варианта взаимоотношений с растениями характерны для фитопатогенных (дендротрофных) организмов, среди которых в первую очередь выделяют грибы разного уровня паразитизма и пищевой специализации – от факультативных до облигатных паразитов. В дендроценозах к ним относятся дереворазрушающие грибы биотрофного комплекса, микромицеты, поражающие ткани проводящих структур, наружных частей ветвей и стволов, а также филлосферу древесных растений (Татаринцев, 2013б). Особая роль принадлежит факультативным паразитам и факультативным сапротрофам, связанным с компонентами древесной фитомассы и вызывающим сосудистые, некрозно-раковые и гнилевые болезни. Несмотря на их малую долю в составе экосистем, управляющее воздействие на общий поток чрезвычайно высок, а степень их патогенного воздействия, вредоносность и вероятность возникновения эпифитотий значительно изменяются и зависят от множества параметров (Минкевич, 1977; Павлов, 2009б). В пределах патогенной биоты естественных и искусственных ценопопуляций, фитоценозов наибольшим видовым разнообразием отличаются именно грибы и грибоподобные организмы, вызывающие наибольшее количество (около 70 %) известных науке и практике болезней растений (Попкова, 1989; Семенова, Соколова, 2003; Минкевич и др., 2011), в том числе причиняющих существенный ущерб сельскому и лесному хозяйству. В связи с этим значительное число работ посвящено исследованию фитопатогенной микобиоты.

В микоценологии термином «микобиота», который был предложен Т.А. Работновым (1985) и все более широко используется исследователями, обозначают наиболее крупный синтаксономический уровень организации грибных сообществ. Под фитопатогенной микобиотой, являющейся неотъемлемой частью грибной биоты, опираясь на известные трактовки аналогичных понятий (Биологический ..., 1986; Реймерс, 1990; Сафонов, 2004), следует понимать совокупность фитопатогенных грибов различных таксономических групп, распространенных на определенной (достаточно обширной) территории. Фитопатогенную микобиоту можно характеризовать как

биологический континуум в силу повсеместного и неизбежного присутствия паразитических консортов зеленых автотрофов, широко населяющих нашу планету (Татаринцев, 2013б). В то же время она характеризуется дискретностью и имеет специфические уровни структурной организации. Руководствуясь имеющейся информацией об организации ксиломикобиоты (Мухин, 1993; Арефьев, Мухин, 1997; Стороженко, 2000б; Сафонов, 2003; Арефьев, 2010 и др.) и учитывая специфику биоэкологии фитопатогенных грибов (представители многочисленных таксонов, различающихся биологическими особенностями, разнообразие субстратов, осваиваемых в пределах фитоценозов и др.), целесообразно выделять следующие ценотические уровни в рамках фитопатогенной микобиоты (Татаринцев, 2013б). *Фитопатогенный микоценоз* – система популяций грибов, приуроченных к конкретному фитоценозу, представители которой выступают членами консорций соответствующих автотрофов (растений), паразитируя на них. *Ценоячейка фитопатогенных грибов* – совокупность видов грибов, в соответствии с уровнем своей специализации и паразитизма осваивающих единичный субстрат (растение, органы растения определенного состояния и возраста) и находящихся в определенных трофических и топических отношениях.

В малонарушенных лесных биогеоценозах дендротрофные грибы (другие патогены) являются важной частью гомеостатического механизма, выполняя функции «чистильщика» последствий естественного отбора в фитоценозах, регулируя их биологическое разнообразие, играя стабилизирующую роль и способствуя формированию устойчивых экосистем (Одум, 1986б; Кузьмичев, 1994; Стороженко, 2000а, 2002а, 2002б, 2007, 2009; Дьяков, 2003; Арефьев, 2010; Ильина, 2011). Антропогенные факторы, оказывая воздействие на компоненты лесных экосистем, приводят к изменениям на всех уровнях организации микобиоты, вызывают определенную перестройку и в комплексах фитопатогенных видов, влияют на их взаимодействие с древесными растениями (Кузьмичев, 1995; Михайлова и др., 2005).

Основываясь на многочисленных исследованиях комплексов ксилотрофных грибов, В.А. Мухин с коллегами (2000) указывают, что при антропогенной трансформации лесных экосистем общим и ведущим трендом в динамике микобиоты является процесс синантропизации, в результате которого природные, климатогенные типы замещаются производными, антропогенными. Это выражается, прежде всего, в сокращении видового разнообразия грибов за счет элиминации стенобионтных антропофобных видов. Причем, при умеренных антропогенных нагрузках отмечается возрастание α -разнообразия микоценозов, что связано по мнению авторов с их «откатом» на менее продвинутые сукцессионные стадии и увеличением гетерогенности биотопических условий; при более сильных нагрузках α -разнообразие сокращается в 2-4 раза. В результате антропогенных преобразований формируются обедненные рудеральные варианты микобиоты и микоценозов, сложенные преимущественно маргинальными видами грибов, характеризующимися короткими онтогенетическими циклами, низкой конкурентноспособностью, размножением и расселением при помощи спор (Мухин и др., 2000). В подтверждение этому исследованиями Н.Н. Гаврицковой, Н.Д. Яковлевой (2015), И.В. Бондаренко-Борисовой, Т.С. Булгакова (2018) показано увеличение по мере роста антропогенного воздействия в рекреационных лесах количества видов ксилотрофных макромицетов с более широкой экологической амплитудой. По данным Н.Г. Кордияко (2002), Л.Г. Исаевой (2002) с усилением антропогенной эксплуатации, в частности промышленного загрязнения, в лесных насаждениях сокращается общий видовой состав афиллофоровых грибов большей частью за счет видов с мономитическим строением базидиом; одновременно возрастает доля синантропных видов с димитической и тримитической гифальной системой. При длительном аэротехногенном загрязнении в составе грибных сообществ лесных почв также снижается число видов-доминантов и степень их доминирования, в то же время появляются виды, не представленные в ненарушенных почвах, возрастает число видов с низкой величиной пространственной встречаемости (Беспалова, Марфенина, 2002; Марфенина, 2002; Корнейкова, Лебедева, 2015).

А.В. Руоколайнен (2002) объясняет уменьшение видового разнообразия афиллофороидных грибов при переходе от пригородных лесов к насаждениям урботерриторий уменьшением количества экологических ниш, связанное со степенью разложения субстрата, возрастом и количеством пород. Одной из причин уменьшения видов ксилотрофных грибов в городских насаждениях по сравнению с нетронутыми активной хозяйственной деятельностью лесными экосистемами является практически полное отсутствие в урбоэкосистемах процессов ксилолиза отмерших деревьев вследствие ухода за насаждениями и изъятия потенциальных субстратов для дереворазрушающих грибов (Кузьмичев, 1994; Лазарева, 2002; Сафонов и др., 2012).

Е.П. Кузьмичев (1994) установил, что в ненарушенных лесных экосистемах видовое разнообразие дендротрофных грибов пропорционально представительству растений-хозяев и биомассе различных частей деревьев. При этом лесообразующие породы, занимающие доминирующее положение, связаны консортивными отношениями с большим количеством грибов-дендротрофов. В насаждениях же урбоэкосистем не отмечается корреляции между числом их видов и степенью господствующего положения растения-хозяина. М.А. Томошевич (2015) на объектах озеленения урботерриторий выявила прямую зависимость между числом видов растений и числом видов патогенных микромицетов. По результатам исследований Н.Н. Колемасовой (2002) в составе микобиоты городских насаждений по сравнению с пригородными лесами уменьшается доля сумчатых и базидиальных грибов, встречающихся на стволах и ветвях растущих деревьев; одновременно возрастают патогенные свойства несовершенных грибов, вызывающих некрозы ветвей со случаями усыхания растений.

По мнению Т.С. Булгакова (2010) многочисленные исследования эндофитных грибов и латентных стадий развития многих фитопатогенов позволяют утверждать, что присутствие паразитических грибов в тканях и на поверхности растений в большинстве случаев не сопровождается патологическим процессом (по-видимому, за исключением случаев облигатного паразитизма). Иными словами растение и патогенный гриб составляют целостную систему, в

которой постоянно происходит взаимный отбор; они находятся в равновесном состоянии, но лишь при определенных условиях (в контексте наших исследований – в ненарушенных лесах) (Дьяков, 2003). Их изменение сдвигает равновесие чаще в пользу паразита, что позволяет рассматривать вызываемые фитопатогенными грибами болезни как результат нарушения природного равновесия в системе «растение-гриб» (Дьяков, 2003; Булгаков, 2010). Колебания природных условий вызывают временные флуктуации, а антропогенные воздействия – приводят к необратимым последствиям. Из приведенных Ю.Т. Дьяковым (2003) антропогенных последствий главными являются следующие: ухудшение условий жизни дикорастущих растений из-за накопления ксенобиотиков в окружающей среде, высокой рекреационной нагрузки и других факторов, связанных с деятельностью людей, делает их высоко чувствительными к патогенным грибам; снижение фитоценологического и популяционного разнообразия растений в агроценозах (равно как и трансформированных лесонасаждениях, насаждениях урботерриторий) по сравнению с природными ценозами обуславливает массовое накопление вирулентных штаммов фитопатогенов.

Влияние антропогенных факторов на формирование сообществ дендротрофных грибов, их взаимоотношения с древесными растениями проявляется через действие на процессы метаболизма фитопатогенов, изменение устойчивости растений-хозяев и химического состава растительных тканей как субстрата для развития патогенов (Кузьмичев, 1995). Оно не может расцениваться однозначно и зависит от формы и степени воздействия, реакции растений на антропогенный стресс, биологии, экологии и уровня паразитизма патогенных грибов и других параметров (Татаринцев, 2013б).

Промышленные выбросы, приводя к нарушению физиологических, ростовых процессов, ускорению старения растительных тканей с уменьшением в них защитных веществ, а также разрушению защитных покровов, обуславливают снижение сопротивляемости растений к вредителям и болезням (Гудериан, 1979; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Бабушкина, Луганский, 1990; Третьякова,

Зубарева, 1996; Харук и др., 1996; Забусова, Степень, 2001; Плюснина, 2002; Воронин, Соков, 2005; Павлов, 2006 и др.). По результатам исследований А.С. Плешанова с соавт. (2005), А.С. Плешанова, Т.И. Морозовой (2009), проведенных в темнохвойных лесах в зоне влияния Байкальского ЦБК, сублетальное воздействие поллютантов, снижая устойчивость пихтовых древостоев, служит основной причиной развития в них массовых эпифитотий грибных болезней. При этом особую чувствительность к атмосферным загрязнениям и грибным болезням пихта сибирская проявляет в избыточно увлажненных горных лесах, где ее патогенные микоконсорты отличаются наибольшим видовым разнообразием, среди которых особенно опасны облигатные паразиты, а в определенных условиях – и раневые паразиты. Л.Г. Исаева (2002) указывает на возрастание в техногенно ослабленных насаждениях распространения ксилотрофных грибов – стволовых паразитов. Многие специалисты (Grzywacz, 1973; Domanski, 1978; Гвритишвили, 1982; Аль Дакхил Башар, 1992; Татаринцев, 2002б; Колемасова, 2002; Тобиас, Тихомирова, 2002; Лукмазова, 2015; Фадеев и др., 2015) для насаждений в условиях антропогенной среды отмечают активизацию полупаразитных грибов: *Nectria cinnabarina* Fr., представителей р. *Cytospora* и других видов, вызывающих некрозы ветвей и стволов.

В рекреационных лесах вследствие механического повреждения, нарушения местообитаний и в итоге снижения устойчивости древесных растений возрастает распространенность патогенных грибов, особенно раневых паразитов (Докунина, Романова, 1984; Василяускас, 1991; Ковбаса, 1991). В частности усиливается распространение и вредоносность возбудителей корневых и стволовых гнилей (Вишневская, Стороженко, 1982; Чураков, 1982, 1992, 2000; Шевченко, 1985; Татаринцев, Жупикова, 1997; Колтунов и др., 2007, 2008, 2011; Арефьев, 2015), раковых болезней (Раптунович и др., 1983; Панарина, 1985; Татаринцев, Ефименко, 1996; Татаринцев, 1998; Белов, Белова, 2010). О.Л. Лазарева (2002а), О.Г. Смирнова, А.Н. Смирнов (2015), Д.В. Веселкин с соавт. (2015) повышение активности возбудителей стволовых и корневых гнилей в урбанизированных

лесах связывают с комплексным нарушением условий среды, в частности с изменением физико-химических параметров верхних горизонтов почвы. М.А. Томошевич (2015) отмечает в нарушенных рекреацией лесных ценозах расширение видового состава биоты микромицетов филлосферы и интенсивности развития вызываемых ими болезней.

В тоже время, по данным Е.С. Раптунович с соавт. (1983), А.Д. Панариной (1985) при критическом уровне рекреационного воздействия значительно снижается пораженность сосновых насаждениях корневой губкой. Н.Н. Гаврицкова, Н.Д. Яковлева (2015) к наиболее чувствительным к усилению рекреационной нагрузки видам ксилотрофных макромицетов относят другой распространенный корневой патоген – опенок осенний.

Некоторые компоненты выбросов, в частности вещества, накапливающиеся в тканях растений (коры, хвои), могут оказывать фунгистатическое и даже фунгицидное действие, способствуя подавлению грибных болезней (Барсегян, 2002). Так, исследованиями Е.П. Кузьмичева (1994) установлено, что загрязнение среды, проявляющееся в образовании техногенного налета на ветвях липы, приводит к подкислению субстрата и высокой концентрации ряда химических элементов, синергическое воздействие которых вызывает не только ослабление растения-хозяина, но и ингибирование возбудителя тиростромоза.

В насаждениях, подверженных техногенному воздействию, у патогенных грибов в зависимости от степени удаления относительно источника загрязнения наблюдаются определенные качественные и количественные изменения (Grzywacz, 1973; Domanski, 1978). В зоне наиболее сильного влияния промышленного загрязнения отмечается ограничение развития многих видов грибов. П.В. Гордиенко, М.В. Горленко (1987) установлено угнетение промышленными выбросами грибов рода *Lophodermium*, поражающих хвою, что проявляется в деформации и недоразвитии апотециев. По данным С.В. Шевченко (1985) в рекреационных лесах среди фитопатогенных грибов, поражающих ассимилирующий аппарат, заметно снижается количество и вредоносность видов, имеющих экзофитный мицелий или поверхностные спороношения:

мучнисторосых и ржавчинных грибов, ряда возбудителей пятнистостей. Однако по результатам других исследователей (Воробьева, Томошевич, 2002; Томошевич, Воробьева, 2003, 2005; Томошевич, 2009, 2012; Томошевич, Банаев, 2011; Ищук, 2015; Stankevičiene, 2015) в стрессовых условиях урбоэкосистем микромицеты, поражающие листья древесных растений, достаточно распространены, в том числе представлены видами ржавчинных и мучнисторосых грибов. Последние встречаются на большинстве лиственных пород, часто поражают значительную часть листового аппарата, при этом активно формируют конидиальное спороношение открытого типа. В то же время по данным М.А. Томошевич (2009) среди многочисленных возбудителей пятнистостей листьев, относящихся к несовершенным грибам, преобладают представители с закрытыми и полуоткрытыми конидиомами; меньшую долю составляют виды с незащищенным конидиальным аппаратом, делающим эти грибы весьма чувствительными к условиям окружающей среды. Автор делает заключение, что видовой состав патогенов флоросферы зависит от видового разнообразия древесных растений и состояния объекта озеленения, а степень причиняемого ими вреда вероятнее всего – от времени появления болезни, агрессивности патогена и микроклиматических особенностей объекта.

Действие экстремальных факторов на фитоценозы играет определяющую роль в характере взаимоотношений растений главным образом с факультативными паразитами (Минкевич, 1977; Минкевич и др., 2011). Если в насаждениях, функционирующих в оптимальных экологических условиях, такие представители микобиоты выполняют в основном роль редуцентов, участвуя в ксилолизе древесного опада и отпада, очищении стволов от сучьев, элиминируют отставшие в росте деревья, то при воздействиях, нарушающих в насаждениях гомеостатические механизмы, повышается их паразитическая активность (Татаринцев, 2013б). Так, в лесах, подвергающихся интенсивной хозяйственной деятельности, особенно в сочетании с климатическими аномалиями, возрастает вредоносность корневых гнилей, которые становятся главной причиной очагового усыхания и распада хвойных древостоев во многих регионах (Федоров, 1984,

1991, 2000; Василяускас, 1989; Shaw, Kile, 1991; Rosso, Hansen, 1998; Жигунов и др., 2007; Павлов и др., 2007, 2008а, 2008б, 2009а, 2009в, 2010, 2011; Павлов, 2012; Звягинцев, Волченкова, 2014; Волченкова, Звягинцев, 2015; Селиховкин и др., 2019). В таких лесах изменяется структура и функциональные процессы сообщества в целом и отдельных его составляющих, тем самым ослабляются и утрачиваются многие консортивные связи, нарушаются их баланс и взаимодействие; все это создает возможность для более свободного развития и появления новых агрессивных рас корневых патогенов (Федоров, 2000). С этим же связано значительное распространение и отрицательное значение в насаждениях антропогенно нарушенных территорий большинства выше указанных возбудителей некрозно-раковых болезней. На проявление паразитических свойств у грибов, ранее не считавшихся агрессивными, вследствие антропогенного ослабления древесных растений-хозяев указывают в своих работах Л.Е. Мехоношин, Т.А. Богданова (2002), О.Л. Лазарева, Л.Г. Переведенцева (Лазарева, 2002б), Т.С. Булгаков (2010), М.А. Томошевич (2015) и другие. С экосистемных позиций факультативные паразиты (в частности ксилотрофные грибы биотрофного комплекса), являясь консортами многих древесных растений, выступают весьма важным компонентом лесных биогеоценозов и фактором природного механизма саморегуляции их структуры и строения (Звягинцев, Волченкова, 2014; Павлов, 2014; Стороженко, 2014). Чутко реагируя паразитической активностью на уровень устойчивости растений-хозяев, они проявляют себя в качестве индикаторов состояния дендроценозов (Татаринцев, 2015а).

Весьма важным фактором формирования патогенной микобиоты в насаждениях антропогенных (урбанизированных) территорий является интродукция древесных растений (Проценко, 1963; Горленко, 1974; Strong, Levin, 1975; Исигов, Конопля, 2004; Булгаков, Русанов, 2005; Томошевич, 2009, 2015; Кириченко и др., 2011; Томошевич, Банаев, 2011; Кириченко, Томошевич, 2012 и др.). Вследствие этого может возрастать видовое разнообразие фитопатогенных грибов за счет расширения круга питающих растений и появления в составе

микобиоты ранее не отмечавшихся (инвазивных) видов патогенных грибов (Булгаков, Русанов, 2005; Звягинцев, 2015). Вместе с тем микобиота интродуцированных, как и аборигенных, растений в антропогенно трансформированных растительных сообществах беднее по сравнению с естественными (Булгаков, 2010). По данным Т.С. Булгакова (2010) с растениями-интродуцентами завозятся в основном узкоспециализированные патогены (преимущественно сумчатые и анаморфные, ржавчинные грибы), приуроченные к представителям одного рода растений. По результатам исследований В.П. Искова (1994) у древесных интродуцентов микобиота представлена главным образом видами, специализированными в пределах семейств растений. В состав патогенной микобиоты интродуцентов также входят широкоспециализированные, повсеместно распространенные грибы – многие афиллофороидные грибы, ксилотрофные аскомицеты и анаморфные грибы (Исков, 1994; Булгаков, 2010), а также узкоспециализированные паразиты близкородственных местных растений (Булгаков, 2010). М.А. Томошевич (2015) в насаждениях сибирских городов установила преобладание поражения интродуцентов распространенными аборигенными патогенами, что подтвердило сведения других исследователей (Горленко, 1975, 1987; Земкова, Анпилогова, 1987). По имеющимся данным (Исков, 1994; Исков, Конопля, 2004; Булгаков, 2010; Томошевич, 2015) патогенная биота интродуцентов намного беднее, чем у аборигенных растений; однако вредоносность присутствующих на них возбудителей болезней может быть крайне высокой. При этом виды растений, попадая в новые районы, наиболее сильно поражаются эндемичными патогенами (Горленко, 1975; Минкевич, 1977; Дьяков, 2003). С другой стороны, завезенные с растениями-интродуцентами новые патогенные грибы нередко вызывают эпифитотии в насаждениях аборигенных древесных пород, соответствующих их специализации (Одум, 1986б; Дьяков, 2003; Santini et al., 2013; Звягинцев, 2015).

Ряд исследователей (Исков, 1993а, 1993б, 1994; Исков, Конопля, 2004; Воробьева, 2011; Воробьева и др., 2011) рассматривают особенности формирования комплексов фитопатогенов, в том числе в условиях

антропогенного стресса, исходя из концепции экологической ниши. В.П. Исиков, Н.И. Конопля (2004) все многообразие экологических ниш грибов, встречающихся на древесных растениях, делят по принципу пространственного и временного распределения на шесть групп: органы растений, типы жизненных форм растений, классы возраста растений, их географическое происхождение, категория состояния, условия произрастания. И.Г. Воробьева (2011) на основе многолетних исследований патогенных микромицетов растений делит их экологические ниши на две основные группы: специфические (эволюционно-обусловленные) и неспецифические, формирующиеся под влиянием природных и антропогенных факторов внешней среды. По значимости в жизненном цикле фитопатогенов выделяет ниши первого порядка (обеспечивают размножение и трофические связи микромицетов) и второго порядка (обеспечивают выживание во времени и расселение в пространстве). Видовая представленность сообществ фитопатогенных грибов зависит от количества адекватных их биоэкологии экологических ниш в фитоценозе. Антропогенные воздействия корректируют и даже определяют присутствие фитопатогенов в сообществе, влияя на параметры существующих для них экониш, а также обуславливая устранение (высвобождение) одних экониш и создание новых (Татаринцев, 2013б). Это особенно характерно для городских насаждений, в которых формирование комплексов патогенных грибов в большей степени зависит от ассортимента растений, типа насаждений, посадочного материала, агротехнических мероприятий, проводимых на объектах озеленения (правильная посадка, уход за растениями) и т.д. (Томошевич, 2015).

К числу доминирующих представителей фитопатогенной биоты наряду с грибами относятся бактерии. В дендроценозах наибольшее значение имеют сосудистые и некрозно-раковые бактериозы (Методы мониторинга ..., 2004), среди которых особенно распространена бактериальная водянка (мокрый рак), встречающаяся как на хвойных, так и лиственных породах (Щербин-Парфененко, 1963; Гвоздяк, Яковлева, 1979; Ward, Pong, 1980; Shink et al., 1981; Рыбалко, Гукасян, 1986; Bacterial wetwood ..., 1999; Черпаков, 2011б, 2013; Морозова, 2015

и др.). Сапротрофная сущность и факультативный паразитизм фитопатогенных бактерий позволяет им сохраняться на различных растительных остатках, присутствовать в фитоценозах в виде латентной инфекции (Черпаков, 2015). Очевидно, активизация их патогенности по аналогии с полупаразитными грибами во многом связана с ослаблением питающих растений, в том числе на фоне антропогенного стресса. Очаги расстройства насаждений лиственных пород (березы, осины и др.) бактериальной этиологии периодически отмечаются в различных регионах (Гниненко, Безрученко, 1983; Гниненко, 2002; Смирнов, Котов, 2005; Сидоров, 2009, 2011; Шеховцев, 2009 и др.). Бактериальная водянка рассматривается в числе основных внутриценотических факторов современного усыхания кедрово-пихтовых древостоев на юге Средней Сибири, в Прибайкалье (Воронин и др., 2013, 2015; Морозова, Сурдина, 2013; Белова, 2015; Гродницкая и др., 2015). По данным большинства исследователей активному развитию бактериального поражения способствуют продолжительный дефицит атмосферного увлажнения, повреждение насаждений насекомыми-фитофагами, а также региональные изменения климата, связанные с объектами гидроэнергетики, хроническое техногенное загрязнение. Ю.И. Гниненко, А.М. Жуков (2006) указывают на повышение вредоносности бактериальной водянки в березняках, испытывающих интенсивные пасквальные нагрузки, из-за ослабления и травмирования деревьев. И.Д. Гродницкая с соавт. (2015), В.И. Воронин с соавт. (2015) с этим же связывают интенсивное поражение бактериозом кедрочей, в которых в течение многих лет производился околот деревьев при ореховом промысле.

1.3 Фитопатологические исследования в насаждениях Средней Сибири

На территории рассматриваемого региона изучение патологических процессов в дендроценозах проводилось главным образом применительно к лесным насаждениям наиболее освоенной южной его части.

Первые работы содержали сведения о некоторых особенностях распространения центральной стволовой гнили и её влиянии на выход деловых сортиментов в сосновых древостоях Приангарья (Конев, 1961, 1964, 1982; Мертвищев, 1979), что было продиктовано активизацией лесопромышленного освоения приангарских сосняков, в которых стволовая гниль – главный порок, определяющий их качественное состояние.

Учитывая большое внимание к лесовосстановительным процессам в лесах Средней Сибири, в частности искусственному лесовозобновлению на обширных вырубках, был выполнен ряд исследований (Коссинская, 1967, 1971, 1974; Якименко, 1994; Гродницкая, 1996; Громовых, 2002; Громовых и др., 2005) по установлению и изучению основных представителей фитопатогенной биоты в лесных питомниках с целью разработки мероприятий для контроля болезней сеянцев хвойных пород. Позднее В.А. Сенашева (2009, 2012) дополнила данные о видовом составе патогенных микромицетов, поражающих филлосферу хвойных, роли иной эпифитной микрофлоры в патогенезе болезней хвои в лесопитомниках, а также молодых естественных и искусственных насаждениях южно-таежной подзоны региона. На основе многолетних исследований в расстроенных рубками сосняках Красноярского Приангарья И.Е. Сафроновой (2013) получены достаточно полные сведения об эколого-ценотических особенностях развития на сосновом подросте язвенного рака, вызываемого микромицетом *Biatorella difformis* [Fr.] Vain.

В ряде публикаций (Конев, 1979; Аминев, 1995, 2005; Кондаков, Шиков, 2003) указывается на повсеместное присутствие в сосновых древостоях южной части Красноярского края смоляного рака, приводится общая информация о пораженности болезнью отдельных объектов. Результаты изучения бактериозов хвойных, в частности водянки, в лесах таежной зоны Средней Сибири отражены в монографии Т.М. Рыбалко, А.Б. Гукасяна (1986), которая до настоящего времени является единственной работой, посвященной проблеме бактериальных патологий в дендроценозах региона.

В подтаежных, горнотаежных лесах заповедника «Столбы», расположенных в зоне влияния г. Красноярска, в 70-х годах прошлого столетия выполнен цикл исследований по изучению состояния и причин деградации древостоев *Populus tremula* L. (Прохненко, 1975, 1976, 1977, 1980). В качестве основного фактора, приводящего к прогрессирующему усыханию осинников, по мнению Т.А. Прохненко выступает цитоспоровый некроз, чему благоприятствует близость города (поступление загрязняющих веществ, проникновение споровой инфекции из городских насаждений тополей), низовые пожары.

В последнее десятилетие в лесах юга Средней Сибири под руководством И.Н. Павлова проведены исследования процессов усыхания хвойных древостоев с выявлением приоритетной роли корневых патогенов (Павлов и др., 2007, 2008а, 2008б, 2009а, 2009в, 2010, 2011, 2012; Павлов, 2012, 2014). При этом установлен ряд климатических, эдафо-орографических и ценотических закономерностей в возникновении и затухании очагов корневых гнилей в насаждениях основных лесообразующих пород.

Дополнительно следует отметить оригинальные исследования Е.В. Бажиной, П.И. Аминева (2006, 2007, 2012, 2013) по влиянию некрозно-раковых болезней на морфологию побегов и репродуктивную сферу хвойных пород.

По отношению к дендроценозам урботерриторий региона фитопатологические исследования были проведены лишь в последние годы (Кириченко и др, 2011; Кириченко, Томошевич, 2012; Томошевич, 2015). В насаждениях г. Красноярска изучены особенности формирования, структура биоты микромицетов, паразитирующих на листьях древесных растений, включая местные и интродуцированные виды.

Проведенный анализ литературных источников показал, что многочисленные исследования в лесах, трансформированных деятельностью человека, в основном затрагивают различные аспекты непосредственного влияния антропогенных факторов на отдельные компоненты лесных биогеоценозов, в первую очередь фитоценозов. Следует отметить недостаток работ по оценке сопряженного

воздействия антропогенных и биотических факторов на санитарно-фитопатологическое состояние насаждений в районах интенсивного хозяйственного освоения; изучению эколого-лесоводственных особенностей распространения и развития патологических процессов в древостоях, продуцирующих на антропогенном фоне. На территории Средней Сибири такие исследования имеют весьма неполный, фрагментарный характер. Для насаждений урботерриторий здесь также отсутствуют полные сведения о патогенных факторах, недостаточно изучено влияние городской среды, хозяйственных мероприятий на их санитарно-фитопатологическое состояние. При этом результаты комплексных исследований факторов, определяющих санитарное состояние антропогенно освоенных и большей частью нарушенных насаждений, следует рассматривать в качестве научной основы для разработки системы мероприятий, направленных на повышение их устойчивости и ресурсного потенциала в условиях рассматриваемого региона.

2 РАЙОНЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика районов исследований

Средняя Сибирь – огромный по территориальному охвату, уникальный по природно-климатическим, антропогенным и социально-демографическим условиям регион России (Средняя Сибирь, 1964; Варфоломеев, Стахеев, 2000). По физико-географическому районированию Среднюю Сибирь рассматривают в качестве физико-географической области (Суслов, 1954) или чаще страны (Пармузин, 1964; Физико-географическое ..., 1968; Михайлов, 1977; Чеха, Шапарев, 2004). В определении границ Средней Сибири есть разночтения. Ряд специалистов-географов территорию данного региона в основном ассоциируют со Средне-Сибирским плоскогорьем, определяя ее расположение между реками Енисей и Лена до бассейна р. Алдан, береговой линией морей Карского и Лаптевых, склонами Восточного Саяна и горного пояса Прибайкалья (Суслов, 1954; Пармузин, 1964; Физико-географическое ..., 1968; Снытко, Коновалова, 2005). Коллектив авторов под руководством академика И.П. Герасимова (1964), В.П. Чеха, Н.Я. Шапарев (2004), характеризуя Среднюю Сибирь в границах ее западной (основной) части – Красноярского края, включают в нее всю территорию края, в том числе приенисейскую полосу Западно-Сибирской равнины и центральную часть Алтайско-Саянских гор. Такого видения территории Средней Сибири придерживаемся и мы.

Наши исследования осуществлялись в пределах южной части региона (Красноярского края), расположенной ниже р. Ангары и являющейся наиболее заселенной и хозяйственно освоенной в Восточной Сибири (Средняя Сибирь, 1964; Кошкарлова, Кошкаров, 2007), в том числе Красноярского Приангарья, Красноярской (центральной) группы районов, Минусинской межгорной впадины. Рассматриваемая территория охватывает три основные морфоструктурные области: Средне-Сибирское плоскогорье; Западно-Сибирскую равнину; Алтае-Саянскую горную область (Михайлов, 1977).

2.1.1 Природные условия

Красноярское Приангарье. Территория Красноярского Приангарья тяготеет к нижнему течению р. Ангары и целиком относится к Средне-Сибирскому плоскогорью, являющемуся допалеозойской геологической платформой (Средняя Сибирь, 1964). По С.С. Воскресенскому (1962) в пределах Средне-Сибирского плоскогорья рассматриваемая территория почти полностью расположена в пределах Ангаро-Чунского траппового плато периферийной области Тунгусской синеклизы. На западе этот район граничит с Енисейским кряжем, в понижении которого Ангара положила свою долину; на юго-западе – с Канско-Рыбинско-Усольской впадиной.

Ангаро-Чунское плато довольно сложное по своему рельефу. Широкое развитие пластовых интрузий обусловило порожистость рек, ступенчатость склонов их долин, пластообразность междуречий, бронированных траппами. Приангарское понижение относится исследователями к древней Ангаро-Тасеевской депрессии (Мордовский, 1959; Воскресенский, 1962). Для него характерны наименьшие абсолютные отметки, слабое эрозионное расчленение. Вдоль нижнего широтного участка течения Ангары четко выступает Нижне-Ангарское валообразное поднятие с наименьшими высотами 650-750 м. Оно характеризуется сильным эрозионным расчленением. Чуно-Бирюсинское поднятие занимает промежуточное положение и представляет собой малорасчлененное плато. Крутые обрывистые склоны наблюдаются только по рекам Бирюса, Чуна и их притокам.

Почвообразующие породы по водоразделам представлены глинами и суглинками элювиально-делювиального происхождения. На Приангарском понижении и Канско-Усольской равнине широко распространены рыхлые отложения – бурые, коричнево-бурые глины и суглинки. По долинам рек и по террасам почвообразующие породы представлены щебнистым и галечным древним пролювием и аллювием, а в отдельных местах (по рекам Бирюсе, Чуне, Усолке) имеются крупные массивы береговых песков.

Большая пестрота почвенного покрова Приангарья определяется эрозионно-аккумулятивным типом рельефа и широтной зональностью (Лашинский, 1981). Значительное влияние на формирование и развитие почв оказывает резкая континентальность климата с низкими зимними температурами. Слой сезонной мерзлоты оттаивает постепенно, что способствует появлению устойчивых признаков мерзлотного оглеения (Кириллов, 1963; Горбачев, 1967). В основном представлены дерново-подзолистые и серые лесные длительно-сезонно-мерзлотные глеевые почвы.

Дерново-подзолистые почвы приурочены к плоским дренированным водоразделам, реже к высоким террасам рек, их гранулометрический состав от песков и супесей до средних глин. Для подтипа – подзолистые почвы характерно отсутствие дернового горизонта, невысокое содержание гумуса. Произрастающие на этих почвах сосняки отличаются низкой производительностью. Широко распространены почвы подтипа – дерново-подзолистые, которые по содержанию гумуса и развитию подзолообразовательного процесса включают много разновидностей (Горбачев, 1967). Наибольшим содержанием гумуса характеризуются супесчаные дерново-слабоподзолистые почвы. Более благоприятными лесорастительными свойствами обладают дерново-подзолистые почвы суглинистого и глинистого состава.

Серые лесные почвы, наиболее распространенные в районах Приангарья, встречаются на террасах рек, а также в переходных полосах от равнинных местоположений к повышенным. Подстилающими породами являются илово-пылеватые глины и суглинки. Серые лесные почвы включают два подтипа: темно-серые лесные оподзоленные со вторым гумусовым горизонтом и серые лесные оподзоленные, обладают высоким потенциальным плодородием, хорошими агрофизическими свойствами. Произрастающие на них сосновые древостои являются наиболее производительными (Горбачев, 1967; Лашинский, 1981).

Таковыми же высокими лесорастительными свойствами обладают дерновые лесные почвы, являющиеся местным типом почв Приангарья и включающие несколько подтипов (Кириллов, 1963; Горбачев, 1967). Формируются они на

элювиально-делювиальных карбонатных отложениях, преобладают средние и тяжелосуглинистые разности почв. Дерново-карбонатные почвы распространены под светлохвойными лесами высокой производительности.

По вершинам сопок Чуно-Бирюсинского плато, Нижне-Ангарского поднятия, отрогам Енисейского кряжа значительно распространены горные подзолистые и горные дерновые лесные кислые почвы, по гранулометрическому составу от связанных песков до легких глин (Горбачев, 1967; Лашинский, 1981). На таких щебнистых, маломощных, с небольшим содержанием гумуса почвах чаще формируются темнохвойные леса и их производные. Незначительное распространение имеют торфяно-болотные почвы, встречающиеся по низким террасам, долинам рек и ручьев, на нижних частях покатых склонов.

Региональные особенности климата Красноярского Приангарья определяются в основном закономерностями распределения солнечной радиации, атмосферной циркуляции и состояния подстилающей поверхности. Продолжительность солнечного сияния по многолетним данным составляет 1600-1800 часов, причем на теплый период приходится около 80 % годового количества (Средняя Сибирь, 1964).

Особенностью атмосферной циркуляции в пределах региона считается ее относительная однородность (Агроклиматический справочник ..., 1961; Бадман, 1962). С октября по март район попадает в область азиатского антициклона, который обуславливает очень низкие температуры, малую облачность, слабые ветры и низкую влажность. Азиатский антициклон начинает разрушаться в марте, перестройка барического поля на теплое время года происходит в мае. Июнь-август характеризуются пониженным давлением со значительно большей повторяемостью циклонов (Чеха, Шапарев, 2004). Для осени характерно чередование циклонов и антициклонов и резкое колебание погодных условий.

Температурный режим воздуха подчеркивает резкую континентальность климата района. Среднегодовая температура по всей территории Красноярского Приангарья отрицательная ($-2,3-3,7^{\circ}\text{C}$), с продвижением на юг и запад отмечается ее повышение. Переход температур ниже 0°C приходится на середину, а начало

устойчивых морозов – на конец октября (Средняя Сибирь, 1964; Буторина, 1979). Продолжительность зимнего периода (количество дней с $t^{\circ} < 0$) колеблется в пределах 190-200 дней. Самый холодный месяц – январь с абсолютным минимумом -60°C . Середина второй декады мая, когда среднесуточная температура становится выше $+5^{\circ}\text{C}$, считается началом вегетационного периода. Продолжительность безморозного периода составляет 95-105 дней. Наиболее теплый месяц – июль с величиной абсолютного максимума в пределах $34-38^{\circ}\text{C}$. Континентальность климата Красноярского Приангарья характеризуется значительными амплитудами среднегодовых ($39-46^{\circ}$) и абсолютных температур ($86-96^{\circ}$).

Среднегодовая температура почв региона на глубине до 3-х метров повсеместно положительная. Отрицательная температура почвы на глубине 20-40 см наблюдается с третьей декады ноября по апрель. Более ранним оттаиванием и глубоким прогреванием отличаются песчаные почвы надпойменных террас на вырубках и под пологом сосняков толокнянково-брусничных.

Среднегодовое количество осадков колеблется от 324 до 496 мм, уменьшаясь по мере продвижения к востоку в связи с возрастанием антициклонального режима погоды. Наибольшее количество осадков (до 40 %) выпадает в теплый период, в долине Ангары – в августе (Буторина, 1979). Устойчивый снежный покров образуется в Приангарье в начале второй декады октября. Снег достигает наибольшей высоты в последней декаде февраля, залегание снежного покрова длительное – в среднем 195 дней. Это уменьшает поглощение солнечной радиации весной и осенью. В Красноярском Приангарье среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 71-73 %, достигая наибольших величин в декабре-январе, минимальных – в мае-июне. Число засушливых дней в теплый период и избыточно-увлажненных небольшое – 17-20.

Ветровой режим в регионе определяется сезонной сменой полей давления и местными орографическими условиями, к последним, прежде всего, следует отнести русла широких рек. Преобладают ветры южного, юго-западного и западного направлений (66 %). Среднегодовая скорость ветров 1,8-2,7 м/с.

Растительный покров Красноярского Приангарья отличается господством хвойных лесов, по ландшафтной классификации относящихся к зоне южнотаежных и подтаежных ландшафтов (Чеха, Шапарев, 2004). Последнюю рассматривают также в качестве травяных лесов, которые являются переходной зоной от южной тайги к лесостепи (Средняя Сибирь, 1964; Безруких, 2010). Флористический состав тайги в целом небогат, набор эдификаторов ограничен, и на обширных площадях господствуют монодоминантные сообщества (Растительный покров ..., 1957). Лесистость территории Приангарья 90 %, в лесном покрове преобладают светлохвойные леса с примесью березы (Госдоклад ..., 2015). Жемчужина Красноярского Приангарья – сосняки, отличающиеся сравнительно высокой производительностью (III-IV, реже II бонитета) и высокими качествами древесины (Жуков и др., 1969). Значительно реже распространены еловые и елово-пихтовые леса, к югу и юго-западу достаточно широко распространены березовые и осиновые насаждения. В границах региона выделено восемь хозяйственных групп типов леса: лишайниковая, зеленомошная, разнотравная, крупнотравная, папоротниково-хвощовая, долгомошная, сфагновая и травяно-болотная (Государственный доклад ..., 2019). Преобладают (67 %) разнотравная и зеленомошная группы типов леса.

Красноярская (центральная) группа районов охватывает южно-таежные, подтаежные и лесостепные ландшафты в пределах Западно-Сибирской равнины и Средне-Сибирского плоскогорья (Чеха, Шапарев, 2004). Основная часть территории приходится на Ачинскую, Красноярскую и Канскую островные лесостепи, расположенные в предгорных и межгорных котловинах и разделенные поднятиями Кемчугского нагорья и Южно-Енисейского кряжа, покрытыми травяными лесами (Средняя Сибирь, 1964). Лесостепные котловины характеризуются сложным геологическим строением, развитием карбонатных пород, сильным эрозионным расчленением.

Центральное место занимает Красноярская лесостепь, расположенная на стыке Западно-Сибирской равнины и предгорной равнины Восточного Саяна (Средняя Сибирь, 1964; Безруких, 2010). На юге она ограничена Торгашинским

хребтом и Куйсумскими горами; на востоке – долиной Енисея, на восьми террасах которой раскинулся г. Красноярск. По Г.И. Сергееву (1971) Красноярская лесостепь располагается на стыке трех лесорастительных районов: среднетаежного района темнохвойных лесов, северного Красноярско-Канского лесостепного района и Восточно-Саянского горно-таежного района сосново-кедрово-пихтовых лесов.

Территорию расположения лесостепи по рельефу местности следует разделять на две части: средне-всхолмленную и горную. Первая из них представлена узкой полосой Канско-Ачинской котловины, которая тянется вдоль северного подножия Восточного Саяна. Специфическая черта рельефа этой местности – явно выраженный холмисто-увалистый характер с хорошо выраженными возвышенностями до 500 м, чередующимися с довольно обширными равнинами и котловинами. Горная часть представлена северо-западными отрогами Восточного Саяна, которые служат водоразделами рек Кан, Базаиха и Мана. Для данной территории характерны значительная приподнятость и четко выраженная, сильно пересеченная местность, что проявляется в сочетании невысоких расчлененных хребтов с высокими, относительно выровненными поверхностями (Сергеев, 1971). Географическое положение Красноярской лесостепи, где в непосредственной близости соприкасаются участки сибирских степей и гор Восточного Саяна, обуславливает резко выраженные контрасты всех элементов природной среды – климата, почвы и лесной растительности.

При резкой континентальности климата здесь теплее и суше, чем в таежных районах. Циркуляция атмосферы имеет четко выраженный сезонный характер. Средняя годовая температура положительна (0,3-0,8°C), средняя температура января -16,8°C, июля – 18,2°C. Число дней с температурой выше 10°C составляет 110-120, безморозный период до 120 дней, период с температурами ниже 0°C продолжается 170 дней. Среднее годовое количество осадков – 330-400 мм, из них в теплый период (апрель-октябрь) выпадает 329 мм. Продолжительная зима малоснежна, поэтому почвы промерзают глубже 2 м, что способствует формированию горизонта длительной сезонной мерзлоты (Средняя Сибирь, 1964;

Безруких, 2010). В горной части сильнопересеченный рельеф определяет мозаичную картину залегания и таяния снега. Глубокий снежный покров препятствует здесь промерзанию почвы и тем самым благоприятно воздействует на растительность. Господствуют ветры юго-западного направления, наивысшей силой они обладают в зимний период. Близость гор сказывается в том, что число дней с сильным ветром сравнительно велико. В весенний период интенсивные ветры резко понижают температуру верхнего слоя почвы, что вследствие значительного испарения влаги может вызывать физиологическую сухость почвы (Климат ..., 1982).

В почвенном покрове северных островных лесостепей доминируют серые лесные почвы (светло-серые, серые и темно-серые) и лесостепные черноземы (выщелоченные и обыкновенные), меньшую долю составляют дерново-подзолистые почвы (Средняя Сибирь, 1964; Чеха, Шапарев, 2004). Серые лесные почвы широко распространены на мелкозернисто-щебнистых материнских породах, отличаются небольшой мощностью гумусового горизонта, хорошей сохранностью в профиле второго гумусового горизонта, повышенным содержанием гумуса и поглощенных оснований (Ершов, 1999).

Леса, окружающие лесостепь на ее равнинной части, представлены как сосновыми и сосново-лиственничными, так и темнохвойными травяными и мелкотравно-зеленомошными насаждениями на дерново-подзолистых почвах, являясь переходной полосой от лесостепи к темнохвойной тайге (Лашинский, 1981). Южные и западные предгорные ландшафты подтайги образованы березово-сосновыми и сосново-лиственничными травяными лесами таежного типа. В составе лесов значительное место занимают производные лиственные древостои. И.С. Ильина (1982) для подтаежных ландшафтов указывает на наличие коренных осиново-березовых лесов с хорошо развитым злаково-разнотравным покровом и с участием таежного мелкотравья, которые чередуются с участками суходольных лугов. Северная часть Красноярской лесостепи имеет антропогенное происхождение: до ее освоения территория была покрыта темнохвойными лесами (Кошкарлова, 1986).

Средняя лесистость лесостепной зоны в центральной части Красноярского края 56,6 % (Государственный доклад ..., 2019). При этом леса по площади распределены неравномерно. Так, в пределах зеленой зоны г. Красноярска, при ее средней лесистости 60-65 %, более половины лесов сосредоточено в горной части (Чередникова и др., 1999). В Красноярско-Канской лесостепи этот показатель снижается до 30 % и ниже, и леса произрастают в основном разрозненными массивами, чередующимися с сельхозугодьями и участками степей. На склонах северных экспозиций, в логах и долинах рек встречаются березняки в основном разнотравной серии типов леса на серых лесных почвах. Травяной покров образован видами лесостепного, лугово-лесного и степного разнотравья, имеет черты ксерофитизации. На песках речных террас и на древних аллювиальных отложениях произрастают сосновые боры разнотравной и зеленомошной групп типов леса.

Минусинская межгорная впадина. Представляет собой сложную тектоническую депрессию в границах Алтае-Саянской горной области, ограниченную хребтами Восточного, Западного Саяна и Кузнецкого Алатау, на северо-западе частично открытую в сторону Западно-Сибирской равнины (Средняя Сибирь, 1964; Безруких, 2010). Впадина имеет двухъярусное строение. Верхний её ярус образуют невысокие хребты и кряжи, сложенные коренными породами и имеющие отметки порядка 600-700 м. Кряжи разделяют второстепенные котловины, днища которых образуют нижний ярус высот. Крупнейшая из них – Минусинская котловина имеет форму неправильного эллипса, длинной своей осью вытянутого с юго-запада на северо-восток более чем на 200 км (Суслов, 1954; Средняя Сибирь, 1964). С юга на север котловину почти по малой оси эллипса пересекает р. Енисей на расстоянии около 100 км.

В геологическом отношении Минусинская котловина сложена сравнительно молодыми породами среднепалеозойского возраста, перекрытыми четвертичными отложениями озерно-речного и делювиального происхождения (Эколого-экономическое ..., 2002). Минимальные высоты её, составляющие 240-250 м, приурочены к центральной части и к долине Енисея. На правобережье

преобладают равнинно-холмистые территории, сложенные толщей рыхлых отложений, среди которых поднимаются невысокие плоскогорные возвышенности высотой 500-700 м. Весьма характерны многочисленные массивы бугристо-грядовых песков. Гряды, как правило, вытянуты в широтном направлении и представляют собой перевеянные древние озерно-речные пески. На левобережье преобладают участки низкогорья, пересеченные плоскодонными долинами рек. Рыхлых отложений здесь мало, характерны бессточные впадины и куэстовый рельеф (Средняя Сибирь, 1964).

Минусинская впадина, окруженная горами, характеризуется повышенной континентальностью, что выражается в большой амплитуде температур и малом количестве осадков (Средняя Сибирь, 1964; Эколого-экономическое ..., 2002). Лето в котловине короткое и теплое, часто жаркое. В июле абсолютный максимум температуры воздуха до 40°C. Продолжительность безморозного периода 115 дней, вегетационного – 150 дней. Зима продолжительная и холодная, абсолютный минимум в январе до -53°C. Своеобразным климатическим рубежом, отделяющим в котловине аридные степные ландшафты от более увлажненных восточных (лесостепных), является река Енисей (Чеха, Шапарев, 2004).

В лесостепном поясе среднегодовое количество осадков около 500 мм. За зимний период выпадает до 10 % годового количества осадков, за один летний месяц до 18-20 %. В начале лета дожди носят ливневой характер. Снежный покров держится с первой-начала второй декады ноября около 5 месяцев. Высота снежного покрова увеличивается с юга на север от 25 до 50 см, может достигать 150 см. Относительная влажность воздуха в пределах 42-57 %. Наименьшая влажность воздуха отмечена в мае из-за почти полного отсутствия осадков и быстрого прогрева воздуха. С июня влажность увеличивается, достигая максимума в сентябре-октябре. Преобладают ветры юго-западные и западные со средней скоростью 1,3-2,8 м/с. При большой скорости ветра возникают пыльные бури (Средняя Сибирь, 1964; Эколого-экономическое ..., 2002).

Для Минусинской котловины почвообразующими породами являются упомянутые четвертичные древнеаллювиальные отложения, представленные

песчано-галечниковыми наносами, перекрытыми песками, супесями и лессовидными суглинками. Почвообразующими породами служат также озерно-речные пески, слагающие песчаные дюны, на пониженных формах рельефа – делювиальные глины и тяжелые суглинки (Суслов, 1954; Эколого-экономическое ..., 2002).

Почвы и растительность котловины сменяются с северо-запада на юго-восток по мере увеличения высот. В пониженной части района и основаниях предгорий преобладают обыкновенные и выщелоченные черноземы, к которым приурочена степная растительность (Безруких, 2010). Ближе к горам основной почвенный фон составляют дерново-слабоподзолистые, серые и темные лесные почвы (Эколого-экономическое ..., 2002). Для болотных систем в южной части котловины характерны торфянистые типы почв. Для всех почвенных разностей характерна карбонатность почвообразующих пород, наличие одного или нескольких гумусовых горизонтов от 40 до 120 см. Резко континентальный климат с очень низкими зимними температурами способствует сохранению в течение длительного времени в почвенном профиле слоя сезонного промерзания, в результате чего в нижних горизонтах наблюдается некоторая оглеённость.

Основная лесная растительность отмечается в предгорной лесостепной части котловины. Встречаются березовые и осиновые колки, перемежающиеся с луговой растительностью, небольшие массивы березового леса по северным склонам, балкам и логам (Безруких, 2010). На межозерных и межболотных относительно равнинных приенисейских участках в южной части котловины формируются травяные и травяно-болотные березняки, крупнотравные высокопроизводительные сосняки, преимущественно смешанные с березой (Эколого-экономическое ..., 2002). На правобережных террасах Енисея, на песках с характерным дюнным рельефом, распространены сосновые ленточные боры, которые являются интразональным образованием и своим происхождением обязаны деятельности древних речных систем Енисея и Тубы (Средняя Сибирь, 1964; Государственный доклад ..., 2019). Наиболее производительные типы леса (сосняки грушанковые, разнотравные, мшисто-ягодниковые, мшистые)

формируются на междюнных равнинных участках и пологих склонах северных и восточных экспозиций. На южных и западных склонах дюн с маломощными, песчаными и сухими почвами формируются менее производительные ксерофитного облика сосняки лишайниковые, мелкотравные и мелкотравно-мшистые. В отдельных участках боров наблюдаются процессы перемещения масс песка, выдуваемого ветром с южных безлесных склонов дюн и отлагаемого на их северных склонах и междюнных участках с занесением растущих там деревьев. Такая деятельность ветра также является причиной появления так называемых погребенных почв со вторым гумусовым горизонтом (Эколого-экономическое ..., 2002).

2.1.2 Антропогенные особенности территорий

Освоение Средней Сибири, и в первую очередь её приенисейской части, с богатейшими лесными и иными природными ресурсами началось много сотен лет назад. В результате хозяйственной деятельности, особенно во второй половине XX века, во многих центральных и южных районах региона возникли геоэкологические ситуации, приведшие к сокращению площади земель, занятых лесной растительностью. Особенно ускорился этот процесс после строительства транссибирской железной дороги. Из различных форм воздействия на леса наибольшее негативное влияние оказывают промышленные лесозаготовки, создание территориально-энергетических комплексов и транспортное строительство (Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Безруких, 2010).

Основная лесозаготовительная нагрузка пришлась на ограниченные транспортным освоением площади лесов подзоны южной тайги, расположенные в Приангарье, где лесозаготовки явились важным антропогенным фактором и вызвали широкий спектр социально-экологических последствий (Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Онучин и др., 2014). В начале 60-х годов здесь широко применялись сплошные концентрированные рубки, достигшие к 1990 г. объема более 10 млн. м³. За период с 1966 г. по 1988 г. сплошными рубками в Приангарье пройдено около 500 тыс. га лесов, в том числе вырублено 350 тыс. га сосновых

насаждений (Соколов и др., 1994). В лесопромышленном освоении сосновых лесов Приангарья до начала 90-х годов прошлого столетия важное место занимала прижизненная эксплуатация древостоев подсочкой. В сосняках региона, относящихся по условиям применения технологии подсочки к Северному поясу, установлен 10-летний срок подсочки (Правила подсочки ..., 1987).

Для приенисейской Сибири показатель степени нарушенности земель лесного фонда составляет в среднем 10,3 %. В основных лесозаготовительных районах степень нарушенности варьирует от 15 до 80 %. Показатель до 40 % характерен для территории перспективного освоения лесов в бассейне среднего течения Енисея, Приангарье (Безруких, 2010). В Приангарье на первом месте по нарушенности стоят сосновые леса (более 40 %), на втором – пихтовые и лиственничные. Негативные последствия сведения лесов обусловлены пространственно-временной неравномерностью лесопользования, концентрацией рубок в удобных для лесопромышленных предприятий местах, как правило, уже затронутых предшествующей хозяйственной деятельностью, экологическим несовершенством технологий лесозаготовок (Онучин и др., 2014). В настоящее время сосновые леса в бассейне Ангары представляют собой мозаику лесовосстановительного процесса с пирогенными вариантами молодняков. Здесь особенно ярко наблюдается замещение коренных хвойных лесов на вторичные мелколиственные (Бузыкин, Пшеничникова, 2008; Брюханов, 2009). Сохранились только приречные коренные древостои, а также участки на удалении 100 км и более на север от Ангары. Социально-экономический кризис в России в начале 90-х гг. XX столетия привел к сокращению объемов заготовки древесины, но в последние годы они начали постепенно возрастать (Онучин и др., 2014). Ограничения по рубкам главного пользования на значительной площади лесного фонда привели к увеличению доли перестойных насаждений и, соответственно, к понижению качественного состава леса (Чеха, Шапарев, 2004). В связи с созданием в Приангарье крупных деревообрабатывающих комбинатов следует ожидать очередного этапа активизации заготовки древесины в этом регионе (Онучин и др., 2014).

При освоении Приангарья в долинах Ангары и её притоков возникло достаточно много поселений, около которых имеются очаги земледелия (Средняя Сибирь, 1964). Это явилось дополнительным фактором снижения лесистости южно-таежных лесов вследствие отторжения земель лесного фонда под селитебные зоны, транспортные и энергетические коммуникации, возрастания рекреационного пресса, частоты лесных пожаров. На Приангарье приходится 70-85% лесных пожаров в крае; возникновение более половины из них обусловлено нарушениями населением правил пожарной безопасности, около 30 % – грозowymi разрядами (Чеха, Шапарев, 2004).

В последние десятилетия серьезной проблемой в регионах Сибири стала незаконная рубка леса. Так, согласно данным независимого исследования, проведенного специалистами WWF России, доля древесины неизвестного происхождения на территории Красноярского края в начале XXI столетия составила около 15 % в официальном объеме заготовки (Брюханов, 2009).

Со строительством в регионе четырех гидроэлектростанций были затоплены огромные лесные площади. Только под водохранилища Ангаро-Енисейского каскада ГЭС в последние три десятилетия из состава земель лесного фонда изъято около 1,3 млн. га покрытых лесом площадей (Безруких, 2010). Помимо непосредственного снижения лесистости, объекты гидроэнергетики приводят к трансформации прилегающих лесных экосистем вследствие региональных изменений гидрологических условий, климата.

В пределах лесостепей и примыкающих к ним подтаежных массивах расположен Центрально-Красноярский экономический район. На землях района находится значительная часть сельскохозяйственных угодий края; на его долю приходится производство около 60 % сельскохозяйственной продукции в регионе. При этом большие площади сельхозугодий в прошлом были заняты лесами. Примыкающие к аграрно освоенным землям лесные массивы подвержены сельхозпалам, рекреационным и пастбищным нагрузкам. В последнее десятилетие на значительных площадях заброшенных пахотных земель и пастбищ отмечается обратный процесс зарастания лесной растительностью. Земли лесного

фонда данной части приенисейской Сибири имеют степень нарушенности лесов до 80-90 % при средней в 69 % и входят в зону истощительного лесопользования (Безруких, 2009).

Рассматриваемый район, и особенно Красноярская лесостепь, является наиболее густозаселенной территорией в Красноярском крае. Здесь расположены крупные города, в которых сосредоточены предприятия профилирующих видов экономической деятельности: Ачинск – металлургия, Красноярск – металлургия, энергетика, лесопереработка, Канск – энергетика. Около половины промышленной продукции региона производится в Центрально-промышленном районе. При этом Красноярск и Ачинск после Норильска являются наиболее загрязненными городами в крае (Безруких, 2010; Государственный доклад ..., 2019).

По данным многолетних наблюдений уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Красноярске характеризуется как очень высокий и чрезвычайно высокий. Большее количество выбросов приходится на стационарные источники загрязнения (66,8 %), поставляющие в атмосферу оксид углерода, диоксид серы, сажу, окислы азота и другие компоненты. Основным загрязнителем – Красноярский алюминиевый завод (ОАО «РУСАЛ Красноярск»), который помимо прочих веществ является источником многолетнего загрязнения прилегающих территорий фтором, отличающимся высокой фитотоксичностью. Крупными источниками загрязнения выступают также другие промышленные предприятия краевого центра (ЦБК, химкомбинат «Енисей», АО «Красмаш» и др.), предприятия теплоэнергетики (Экологическое состояние ..., 2009; Государственный доклад ..., 2019). В последние годы в загрязнение города заметно возрос вклад автотранспорта, доля которого в валовых выбросах составляет более 40 %. Кроме приведенных поллютантов автотранспорт – основной источник поступления в окружающую среду тяжелых металлов, канцерогенно опасных бенз(а)пирена и формальдегида (Хлебопрос и др., 2012).

Формирование неблагоприятной экологической обстановки в г. Красноярске во многом определяется особенностями его орографии и метеорологических

условий. При частой повторяемости температурных инверсий (особенно в зимний период) с ослаблением скорости ветра город, в основном располагающийся в котловине (долине Енисея), в течение значительной части года находится в неблагоприятных условиях рассеяния выбросов. Это обстоятельство способствует накоплению высоких концентраций загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы в городе и его окрестностях, что нередко усугубляется туманами, летом – повышенной солнечной активностью (Экологическое состояние ..., 2009; Хлебопрос и др., 2012). Техногенному загрязнению подвергаются не только городские объекты, включая зеленые насаждения селитебных и санитарно-защитных зон, но и естественные лесные экосистемы в пределах зеленой зоны города. Кроме того, пригородные леса являются объектом интенсивного рекреационного лесопользования.

Лесостепные ландшафты Минусинской котловины изначально являются местом древней культуры земледелия и животноводства, что обусловлено сочетанием здесь достаточно плодородных почв с большим количеством тепла (Средняя Сибирь, 1964; Безруких, 2010). За многие годы природа котловины наряду с северными лесостепными ландшафтами существенно изменена сельскохозяйственной деятельностью. В правобережной более облесенной её части находятся г. Минусинск, поселок городского типа Шушенское, село Ермаковское, другие многочисленные селитебные территории сельского типа, связанные сетью дорожно-транспортной инфраструктуры, линиями электропередач. Основные антропогенные факторы, определяющие состояние природных ландшафтов, лесов Минусинской котловины являются: рекреационные нагрузки, антропогенные пожары, ввод в эксплуатацию Саяно-Шушенского гидроузла. Насаждения, приближенные к населенным пунктам, особенно к г. Минусинску, испытывают воздействие техногенных загрязнений, одним из значительных источников которых является Минусинская ТЭЦ. В южной части котловины лесные массивы попадают в зону влияния Саяногорского промышленного комплекса, в частности алюминиевого завода, загрязняющего прилегающие территории фторидами, бенз(а)пиреном, соединениями серы и др.

2.2 Объекты исследований

На территории выше охарактеризованных районов Средней Сибири (рисунок 2.1) объектами исследований явились насаждения (преимущественно лесные), имеющие наибольшее эколого-хозяйственное значение и, как правило, более нарушенные хозяйственной деятельностью. В таблице 2.1 показано их положение в схеме лесорастительного районирования, предложенного И.А. Коротковым (1994).



Рисунок 2.1 – Районы и места исследований: 1 – Красноярское Приангарье; 2 – Красноярская (центральная) группа районов; 3 – Минусинская котловина. Стрелками обозначены места проведения работ.

Таблица 2.1 – Отнесение объектов исследований к ландшафтно-лесорастительным подразделениям (по И.А. Короткову (1994))

Район (объекты) исследований	Таксоны лесорастительного районирования	
	Лесорастительная область (ЛО)	Лесорастительная провинция (ЛП), округ: зона, подзона, высотный пояс
Красноярское Приангарье (<i>сосновые насаждения</i>)	Средне-Сибирская плоскогорная ЛО	Ангаро-Тунгусская ЛП таежных лесов, Приангарский округ: Южнотаежные и подтаежные светлохвойные леса
Красноярская (центральная) группа районов (<i>сосновые, березовые насаждения; зеленые насаждения урботерриторий</i>)		Канско-Красноярско-Бирюсинская ЛП: Лесостепь
Минусинская котловина (<i>сосновые, березовые насаждения</i>)	Западно-Сибирская равнинная ЛО	Зауральско-Енисейская ЛП таежных лесов, округ южно-таежных и подтаежных лесов: Подзона южной тайги и подтайги
	Алтае-Саянская ЛО	Восточно-Саянская ЛП: Подтаежный сосновый, горно-таежный кедровый пояса
		Хакасско-Минусинская ЛП: Лесостепной пояс

В условиях **Красноярского Приангарья** исследования осуществлялись в насаждениях сосны обыкновенной, которая в пределах рассматриваемого района преобладающая и главная лесообразующая порода. Работы выполнялись на территории четырех лесфондодержателей (на рисунке 2.1 стрелками слева на право): Усольского, Дзержинского, Абанского, Невонского лесничеств; в сосняках преобладающих групп типов леса: лишайниковой (включает типы леса: толокнянково-лишайниковый, бруснично-толокнянковый, бруснично-лишайниковый); зеленомошной (зеленомошный, бруснично-зеленомошный, чернично-зеленомошный); разнотравной (зеленомошно-разнотравный, разнотравный, бруснично-разнотравный, осочково-разнотравный, чернично-разнотравный). Обследованием охвачены древостои разного возраста (средневозрастные-перестойные), полноты (0,3-0,9), бонитета (I-IV); различающиеся по лесорастительным условиям (трофности и степени увлажнения почв). Низкая полнота (менее 0,5) у части сосновых древостоев обычно обусловлена ранее проведенными выборочными рубками. По составу

представлены как чистые сосняки, так и с примесью (в сумме до 5 единиц) лиственницы, березы, осины, ели. По целевому назначению доминируют эксплуатационные насаждения, менее представлены сосняки, относящиеся к разным категориям защитных лесов.

Красноярская (центральная) группа районов. Лесные насаждения исследовали на территории шести лесничеств, тяготеющих к краевому центру: Красноярского, Мининского, Маганского, Емельяновского, Большемуртинского и Балахтинского, а также туристско-экскурсионного района (ТЭР) государственного заповедника «Столбы». Изучаемые насаждения относятся к лесостепным и таежным (южно-таежные, подтаежные, горно-таежные) лесам, большей частью располагаются в пределах зеленой зоны г. Красноярска.

Основные работы выполнены в лесостепной части (Красноярская лесостепь) зеленой зоны, где распространены березовые, сосново-березовые насаждения, встречаются небольшие массивы чистых сосняков; преобладают типы леса разнотравной группы. Объектами исследований явились, во-первых, насаждения приближенные к восточной и северо-восточной границам урботерритории, произрастающие в зоне хронического техногенного и рекреационного воздействий: Березовский, Есаульский сосновые боры; колковые березняки, примыкающие к поселкам Березовка, Ермолаево, Есаулово. Во-вторых, в качестве контроля, схожие по лесоводственно-таксационным параметрам насаждения, находящиеся на условно чистом фоне (Погорельский бор, рядом расположенные колковые березняки), фоновые насаждения – сосняки (Юксеевский бор) и березняки лесостепной части Большемуртинского лесничества. В пределах лесостепной части Балахтинского лесничества обследованы березняки рекреационной зоны санатория «Красноярское Загорье».

Объекты исследований в таежных лесах зеленой зоны г. Красноярска – насаждения с преобладанием сосны и березы разнотравных, реже крупнотравного (для березняков) типов леса в предгорной, низкогорной частях северной окраины Восточного Саяна (территории Красноярского, Мининского (Учлесхоз СибГТУ), Маганского лесничеств, ТЭР заповедника «Столбы»).

Наибольшим разнообразием по лесоводственно-таксационным показателям отличаются березовые насаждения. Обследованные березняки варьируют по возрасту (45-100 лет), бонитету (I-IV), в меньшей степени по полноте (0,5-0,8), эдафическим условиям. По составу представлены как чистые березняки, так и с примесью (в сумме до 1-4 единиц) сосны, осины, лиственницы, реже ели, пихты. В таежном поясе древостои смешанного (семенного, порослевого) происхождения, в лесостепной зоне преобладают порослевые березняки. Сосняки характеризуются более выраженной монодоминантностью, достаточно схожими условиями произрастания и однотипным обликом, возраст исследуемых древостоев 60-120 лет. Бонитет пригородных сосняков (Березовский, Есаульский боры), продуцирующих в условиях хронического загрязнения – III, реже IV; в лесных массивах на относительно чистом фоне – I-II.

Городские насаждения исследовали на территории г. Красноярска – наиболее крупной и уникальной по ландшафтному расположению урбоэкосистемы Средней Сибири. Проведено детальное обследование насаждений общего пользования (тополей, вяза мелколистного, лиственницы сибирской), дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

В пределах *Минусинской котловины* основным объектом исследований выступили сосновые боры, объект детальных работ – сосновый массив, расположенный в южной части котловины на водораздельном пологоволнистом пространстве между реками Енисей и Оя (Перовское лесничество ФГБУ «Национальный парк «Шушенский бор»). Исследованием охвачены сосняки на лесных землях и старопахотях, естественного и искусственного происхождения. На территории Перовского лесничества дополнительно изучено состояние менее распространенных березняков.

Во всех районах проведения работ объектами исследований кроме насаждений явились доминирующие представители дендропатогенной биоты, вызываемые ими болезни.

2.3 Методы исследований

За методологическую основу проводимых исследований принят биогеоценотический подход, в частности понимание функциональной роли первичных консументов в лице микроорганизмов и грибов в структуре лесных биогеоценозов; многофакторный анализ при изучении явлений, определяющих состояние насаждений. Схема исследований приведена на рисунке 2. 2.

Выполнение исследований складывалось из ознакомления с отчетными, проектными и картографическими материалами (Проекты организации и ведения лесного хозяйства, лесоустроительные материалы, лесохозяйственные регламенты, санитарные обзоры, планы лесонасаждений и др.), проведения полевых и лабораторных исследований. Основные данные получены в процессе натурных полевых работ, которые включали маршрутные (рекогносцировочные) и детальные обследования насаждений.

Детальное лесопатологическое обследование лесных насаждений проводили, руководствуясь общепринятыми методиками (Мозолевская и др., 1984; Методы мониторинга ..., 2004; Руководство по планированию ..., 2007), на выборочных учетных единицах – пробных площадях (ПП). При размещении пробных площадей использовали правило послойной выборки, сочетание случайного и систематического способов закладки учетных единиц. Это позволило в пределах исследуемых районов охватить наиболее характерные по ландшафтно-лесорастительным условиям участки лесонасаждений; древостои, различающиеся по лесоводственно-таксационным показателям, причинам и степени нарушенности, другим параметрам. Использовали ПП двух типов: прямоугольные и безразмерные по непровешенной ходовой линии. В ПП включали, как правило, не менее 200 стволов основной лесообразующей породы; при доле больных деревьев, отпада более 10 % число деревьев на ПП уменьшали до 100-150. При обследовании сосняков, пораженных корневой губкой с очаговым усыханием деревьев, в ПП включали очаг поражения и зону скрытого заражения до 10 м от границы очага усыхания (Рекомендации ..., 2001).

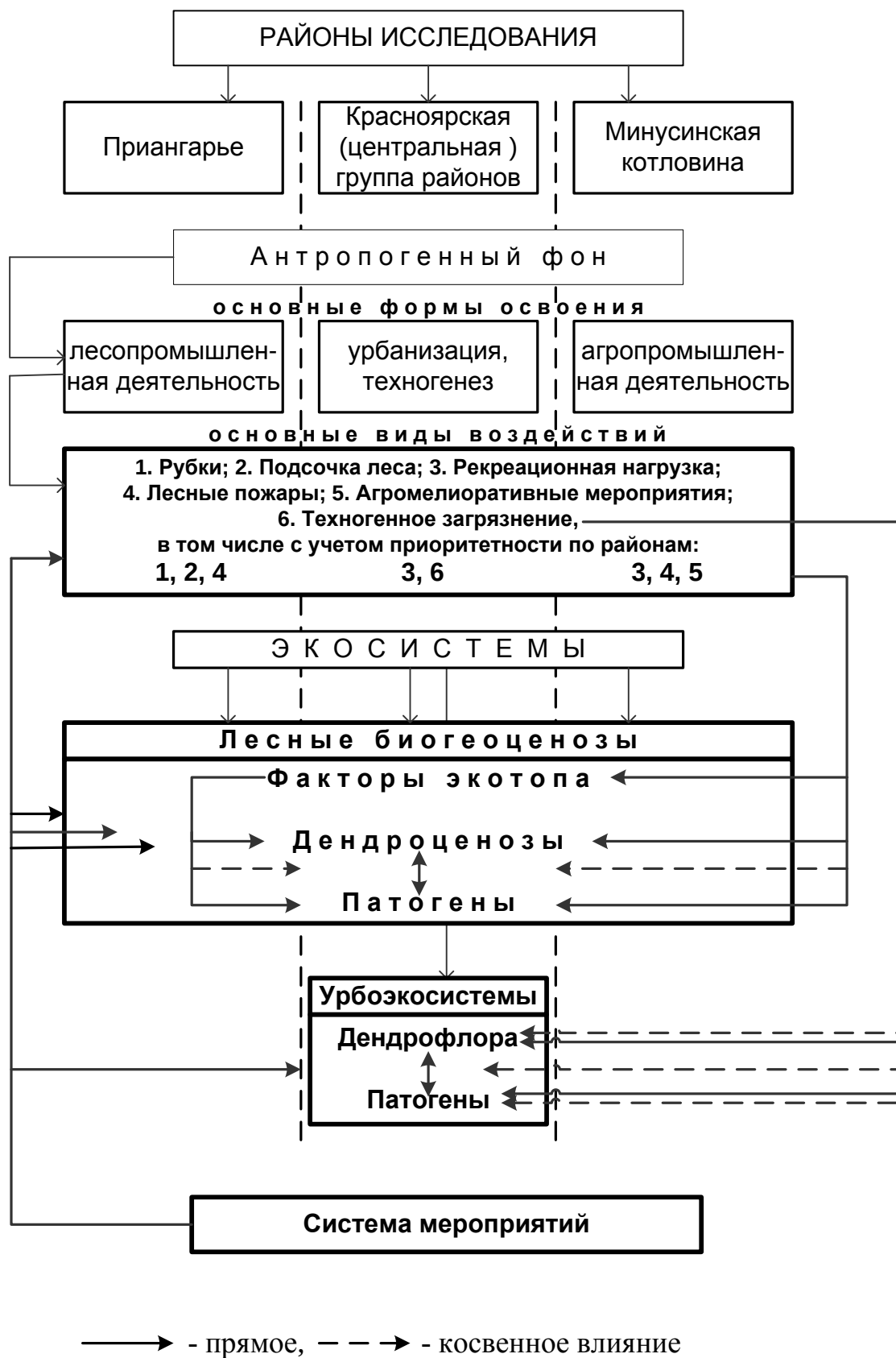


Рисунок 2.2 – Общая схема исследований (жирным – объекты исследований)

Количество учетных единиц, заложенных в исследуемых насаждениях, показано в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Количество пробных площадей при проведении детального лесопатологического обследования

Район исследований	Объекты исследований	Количество ПП
Красноярское Приангарье	Сосняки , в том числе по группам типов леса:	75
	лишайниковая	22
	зеленомошная	27
	разнотравная	26
Красноярская (центральная) группа районов	Сосняки , в том числе по зонам:	28
	лесостепь	17
	таежные леса	11
	Березняки , в том числе по зонам:	31
	лесостепь	15
	таежные леса	16
Минусинская котловина	Сосняки (Шушенский бор),	7
	в том числе по ключевым участкам:	
	1 – естественные на целинных землях	3
	2 – естественные на старопахотных землях	2
	3 – лесные культуры на старопахотных землях	2
	Березняки	5
Всего		146

На пробных площадях делали полное описание насаждений на основе глазомерной и измерительной таксации (Анучин, 1982), материалов последнего лесоустройства. Лесоводственно-таксационная характеристика основной части пробных площадей приведена в Приложении А, Б.

Обследование древостоев производили путем сплошного перечета деревьев по ступеням толщины и категориям состояния. Последние представляют интегральную оценку состояния деревьев по комплексу визуальных признаков (густоте и цвету кроны, наличию и доле усохших ветвей, состоянию коры и др.): 1 – без признаков ослабления; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие; 5 – сухостой, в том числе текущего года и прошлых лет (Руководство по планированию ..., 2007). При перечете фиксировали пораженность деревьев болезнями.

Дополнительно в целях изучения влияния на пораженность сосняков стволовой гнилью рекреационной нагрузки и подсочки в однотипных насаждениях, характеризующихся разным уровнем указанных антропогенных воздействий (три участка насаждений в каждом случае), систематическим способом закладывали пробные площади (в пяти повторностях) с проведением детального перечета деревьев (подробнее описано в разделе 3.3).

На части ПП в сосняках зеленой зоны г. Красноярска (Березовский, Есаульский и Погорельский боры, Учлесхоз СибГТУ) выполнено детальное фитопатологическое обследование подроста, основываясь на существующих в лесоводстве и лесозащите методиках (Побединский, 1966; Воронцов и др., 1991; Методы мониторинга ..., 2004). Для этого в пределах ПП по диагоналям закладывали по 20 учетных площадок размером 2×2 м. В случае равномерного размещения подроста площадки располагали друг от друга через каждые 5 м. При неравномерно-групповом размещении подроста учетные площадки в пределах диагонали закладывали в местах, где встречался подрост. На учетных площадках выполняли сплошной пересчет растений с подразделением их по возрасту и высоте: всходы, самосев, подрост (0,5 – 1 м, 1 – 1,5 м, выше 1,5 м), категориям состояния (здоровые, пораженные болезнями). Степень пораженности болезнями ассимилирующего аппарата оценивали по четырехбалльной шкале: I – поражено до 25 % хвои; II – 26-50 %; III – 51-75 %; IV – более 75 %. В случае поражения подроста язвенным раком различали три, выделенные нами, категории: I (слабое поражение) – язв на стволиках нет, они расположены на побегах и ветвях, часто засмолены; II (среднее) – язвы на стволиках встречаются единично; III (сильное) – на стволиках много открытых язв.

Диагностику отмечаемых на деревьях, подросте инфекционных болезней осуществляли с использованием справочной литературы и определителей (Щербин-Парфененко, 1963; Черемисинов и др., 1970; Журавлев и др., 1979; Каратыгин, 2002; Кузьмичев и др., 2004; Гниненко, Жуков, 2006; Томошевич, 2012; Жуков и др., 2013) по комплексу прямых симптомов: специфические анатомо-морфологические нарушения органов растений (характерные раковые

образования, некрозы коры, наличие определенного типа гнили, истечение экссудата и др.), вегетативные и репродуктивные образования возбудителей (мицелиальные пленки, ризоморфы, плодовые тела и спороношения фитопатогенных грибов и др.), а также косвенных признаков. Так, скрытую стволовую гниль у деревьев в перестойных сосняках (при отсутствии базидиом возбудителя и табачных сучков), устанавливали по совокупности второстепенных признаков, указанных проф. И.И. Журавлевым (1962): старого вида кора с продольными трещинами, большое количество гнилых ветвей на значительном протяжении ствола, плавное искривление ствола. В иных случаях при определении фактической пораженности сосняков стволовой гнилью поправку на скрытую гниль вводили путем анализа состояния ядровой части по кернам древесины, взятым с помощью возрастного бурава на высоте ствола 1,3 м у 10 % деревьев из каждой ступени толщины, пропорционально их представленности на ПП. В сомнительных случаях для дополнительной диагностики болезней, идентификации возбудителей делали фоторегистрацию пораженных объектов (не менее 15 снимков), для болезней ассимилирующих органов – сбор и гербаризацию образцов (не менее 15 экземпляров). При пересчетных работах отмечали также поврежденность деревьев насекомыми-филлофагами, заселенность ксилофагами.

При обследовании рекреационных насаждений оценивали уровень рекреационных нагрузок на биогеоценозы согласно ОСТ 56-100-95 и рекомендациям Н.С. Казанской с соавт. (1977) по пяти стадиям дигрессии лесных насаждений (в исследованных насаждениях дигрессия не превышала IV стадии). Стадии выделялись в зависимости от отношения площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности напочвенного покрова к общей площади обследуемого участка: I стадия дигрессии – ненарушенная лесная подстилка, полный набор характерных для данного типа леса травянистых видов, незначительные тропы, занимающие до 5 % площади; II – лесные тропы занимают 5-10 % площади, начинается вытаптывание подстилки и проникновение опушечных видов под полог; III – выбитые участки занимают 10-15 % всей

площади, мощность подстилки уменьшается, начинается внедрение луговых и сорных видов под полог леса; IV – чередование подроста и подлеска, ограниченных полянами и тропинками, на полянах полностью разрушается подстилка, разрастаются луговые травы, выбитые участки занимают 15-25 % площади.

В насаждениях, пройденных низовым пожаром, определяли его интенсивность по методике В.Е. Романова (1968) в зависимости от высоты нагара, высоты пожарных подсушин на стволах (по замерам у 20 деревьев) и относительному количеству поврежденных деревьев (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Зависимость повреждения древостоя огнем от интенсивности низового пожара

Интенсивность низового пожара	Средняя высота нагара, м	Средняя высота подсушин, м	Количество деревьев с подсушинами, %
Слабая	до 1,0	до 0,8	до 10
Средняя	1,1-2,0	0,9-1,5	11-20
Сильная	2,1 и >	1,5 и >	21 и >

В качестве показателей техногенной нагрузки на пригородные леса использовали количество техногенной пыли, накопление фтора и тяжелых металлов, которые определялись соответственно по Ж. Детри (1975), химическими методами с использованием гостированных методик (Методические указания..., 1995).

В сосняках Шушенского бора, пораженных корневой гнилью, на каждой ПП оценивали параметры эдафотопы. Описание морфологических признаков почв выполняли по почвенным разрезам, заложенным в центре обследуемых площадей (Практикум ..., 1980; Волкова и др., 1987; Шишов и др., 2004). Для лабораторных исследований отбирались образцы почвы (200-300 г) из всех горизонтов

основного разреза, а также дополнительных прикопок по четырем углам ПП. По смешанным образцам высушенной до воздушно-сухого состояния почвы для каждого горизонта устанавливали основные физико-химические показатели, руководствуясь общепринятыми методиками (Аринушкина, 1970; Практикум ..., 1980).

Для выяснения влияния подсочки на развитие стволовой гнили сосны в эксплуатационных сосняках Красноярского Приангарья (Невонское лесничество) были взяты модельные деревья с гнилью, в том числе подсоченные (41 шт.) и неподсоченные (35 шт.). Анализ моделей проводили путем валки, раскряжевки на двухметровые отрубки с замером на пне и верхних торцах каждого отрубка диаметров ствола, гнили I-II и III-IV стадий. Последние определяли по классификации Р. Фалька, приведенной в монографии В. Рипачека (1967). У подсоченных модельных деревьев замеряли ширину и длину карры, определяли среднюю глубину подновок по 15 замерам резов по её диагонали, а также длину окружности ствола на середине карры и ширину заболони дерева (среднее значение из двух замеров ниже и выше карры).

Изучение санитарно-фитопатологического состояния городских насаждений осуществляли на основе маршрутного и детального обследований, руководствуясь рекомендациями М.А. Голосовой (1982). Пробные участки для детального обследования подбирали в различных по экологической обстановке районах города, включая разные типы посадок. Обследованы насаждения на 69 участках, в том числе: лиственницы сибирской (14), тополей (с абсолютным преобладанием тополя бальзамического) (15), вяза приземистого (40). На каждом участке давали полную характеристику насаждениям (тип посадки, близость автомобильных дорог, городских коммуникаций, уровень рекреации и прочие особенности), делали перечет деревьев по ступеням толщины, выше приведенным категориям, исходя из состояния кроны. У деревьев фиксировали повреждения, болезни, которые при наличии выраженных специфических симптомов определяли с идентификацией возбудителей (иных причин) на месте. Диагностику большинства болезней листьев проводили в лабораторных условиях

по собранному гербарному материалу и фотоснимкам, используя вышеуказанную литературу.

Подобные учетные работы проведены в дендрарии Института леса, где в форме сплошной инвентаризации обследованы посадки 91 вида, форм деревьев и кустарников, относящихся к 39 родам, 18 семействам.

Состояние насаждений на изучаемых объектах оценивали через средневзвешенный индекс состояния, который рассчитывали по формуле:

$$K_{\text{ср}} = (P_1 \times K_1 + P_2 \times K_2 + P_3 \times K_3 + P_4 \times K_4 + P_5 \times K_5)/100,$$

где P_i – доля каждой категории состояния, в %; K_i – индекс категории состояния дерева. При $K_{\text{ср}} \leq 1,5$ насаждение относится к здоровым; $1,5 < K_{\text{ср}} \leq 2,5$ – к ослабленным; $2,5 < K_{\text{ср}} \leq 3,5$ – к сильно ослабленным; $3,5 < K_{\text{ср}} \leq 4,5$ – к усыхающим; $K_{\text{ср}} > 4,5$ – к погибшим. Несмотря на рекомендуемый расчет интегральных показателей состояния древостоев через стволочный запас, вполне допускается использовать суммы площадей поперечного сечения стволов на высоте 1,3 м (Алексеев, 1997), что было принято в нашем случае.

Дополнительно определяли жизненное состояние древостоев по методике В.А. Алексеева (1989) путем расчета показателя L (%):

$$L = (100g_1 + 70g_2 + 40g_3 + 5g_4)/\Sigma g,$$

где g_1, g_2, g_3, g_4 – площадь поперечных сечений стволов на высоте 1,3 м соответственно здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и усыхающих деревьев, м^2 ; Σg – сумма площадей поперечных сечений стволов всех деревьев на пробной площади, м^2 . При показателе L 100-80 % жизненное состояние древостоя оценивается как «здоровое»; 79-50 % древостой считается повреждённым (ослабленным); 49-20 % – сильно повреждённым (сильно ослабленным), при 19 % и ниже – полностью разрушенным. Для насаждений урботерриторий аналогичные показатели рассчитывали через число растений (в шт.).

Распространенность болезней (пораженность насаждений) определяли как долю (в %) пораженных деревьев от всего объема (в шт.) выборочной совокупности. Степень поражения самосева и подроста болезнями (развитие болезни) определяли по формуле:

$$R = \Sigma(nb) \times 100 / NK,$$

где R – развитие болезни, %; $\Sigma(nb)$ – сумма произведения числа больных растений (n) на соответствующий балл поражения (b); N – общее количество учтенных растений, шт.; K – высший балл учета принятой шкалы.

Лабораторные исследования включали дополнительную диагностику болезней путем патографического и микроскопического анализа собранных образцов, изучение латентной инфекции *Cytospora chrysosperma* [Pers.] Fr. способом парафинирования тополевых черенков (Гвретишвили, 1982). Некоторые частные аспекты методики исследований отражены в соответствующих разделах.

Современные латинские названия видовых таксонов фитопатогенных грибов приводятся в работе в соответствии с публикацией CABI «Index Fungorum» (<http://www.speciesfungorum.org>).

Обработку полученных в ходе исследований данных осуществляли с использованием статистических методов (Плохинский, 1969; Фалалеев, Смольянов, 1981; Зайцев, 1984; Шмидт, 1984). Соответствие анализируемых выборок нормальному распределению проверяли по критерию Колмогорова-Смирнова (d_{K-S}). При работе с выборками, распределение данных в которых достоверно не отличалось от нормального, использовали преимущественно параметрические методы и критерии: варианты дисперсионного анализа, анализ связи по коэффициенту корреляции Пирсона (r), регрессионный анализ, критерий Стьюдента (t -критерий). Для выборок, не соответствующих нормальному распределению или включающих небольшой объем данных ($n < 10$), применяли непараметрические критерии: сравнительный анализ по критерию Манна-Уитни (U), оценка связи с использованием коэффициентов корреляции Спирмена, Кендалла. Принятый уровень значимости – $p \leq 0,05$. Статистические расчеты проводили с помощью программ CurveExpert 1.3, Microsoft Excel 2010, STATISTICA 10.

3 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНЯКОВ КРАСНОЯРСКОГО ПРИАНГАРЬЯ

3.1 Общая характеристика лесопатологического состояния и пораженности сосняков болезнями

В соответствии с естественными природными условиями на территории Красноярского Приангарья господствуют светлохвойные леса. Многолетняя лесопромышленная эксплуатация и иные антропогенные воздействия привели к трансформации, главным образом сосновых насаждений, однако не изменили общей тенденции преобладания сосны обыкновенной в лесном фонде этой части региона, о чем свидетельствуют данные таблицы 3.1. Наряду с другими хвойными значительна представленность высоковозрастных сосняков, спелые и перестойные древостои по породе составляют более 60 %.

Таблица 3.1 – Представленность лесообразующих пород в лесном фонде Красноярского Приангарья (данные из лесных регламентов Абанского, Богучанского, Гремучинского, Дзержинского, Козинского, Манзенского, Мотыгинского, Невонского, Терянского, Усольского, Хребтовского, Чунского лесничеств)

Породы	Сосна	Лиственница	Ель	Пихта	Береза	Осина	Итого
Лесопокрытая площадь (тыс. га), в том числе спелые и перестойные древостои	3181,2 1938,3	1891,4 1705,5	483,7 370,2	570,0 396,1	1599,2 674,6	580,9 330,0	8306,4 5414,6
В % (числитель – от лесопокрытой площади региона; знаменатель – спелые и перестойные от площади, занятой породой)	<u>38,3</u> <u>60,9</u>	<u>22,8</u> 90,2	<u>5,8</u> 76,5	<u>6,9</u> 69,5	<u>19,2</u> 42,2	<u>7,0</u> 56,8	<u>100</u> 65,2

Согласно лесопатологическому районированию бóльшая часть территории Красноярского Приангарья отнесена к зоне сильной лесопатологической угрозы. По данным Центра защиты леса Красноярского края в 2010-2018 гг. (таблица 3.2) главными причинами ослабления и усыхания лесов рассматриваемой территории явились лесные пожары (в среднем 51,4 % от площади насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью), неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические факторы (19,6 %), повреждения насекомыми (19,3 %).

Таблица 3.2 – Распределение площади насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью по причинам их ослабления и гибели (по 12-ти вышеприведенным лесничествам)

Год	Всего, га	в том числе по причинам ослабления (усыхания), га				
		повреждение насекомыми	болезни леса	неблагоприятные погодные условия и почвенно- климатические факторы	лесные пожары	антропогенные факторы
2010	204555,3	62895,6	12841,3	91720,3	28311,1	8787,0
2011	256961,6	65558,0	15136,5	91705,3	72143,0	12418,8
2012	297049,4	65406,0	15694,7	91819,6	111326,5	12802,6
2013	322568,4	65226,9	17580,0	90193,1	136288,3	13280,1
2014	335644,5	64650,0	17835,2	79778,1	160797,1	12584,1
2015	336862,0	63840,9	18194,8	71899,1	169295,5	13631,7
2016	312575,8	54399,7	19126,2	23742,1	200642,4	14665,4
2017	329223,5	56729,7	18940,4	23689,1	215972,7	13891,6
2018	491175,2	58939,0	15895,3	1094,6	389384,0	25862,3
Среднее	320735,1	61960,6	16804,9	62849,0	164906,7	14213,7

По отчетной информации гибель насаждений (преимущественно в части светлехвойных лесов) от низовых устойчивых и верховых пожаров за рассматриваемый период зафиксирована на площади более 100 тыс. га, что

составило 89 % от общей площади погибших насаждений в Красноярском Приангарье (рисунок 3.1). Ослабление и усыхание деревьев в результате пожаров происходит главным образом из-за повреждения камбия в нижней части ствола, ожога корней, при верховых пожарах – кроны. Послепожарное ослабление сосняков, особенно некоторых типов зеленомошной группы, нередко происходит вследствие заболачивания почв. Следует заметить, что лесные пожары – весьма условно природный фактор, ввиду преобладания пожаров, возникающих по вине человека. Значительно меньшую долю по отчетным данным составили насаждения, погибшие по причине повреждения (поражения) другими факторами.



Рисунок 3.1 – Соотношение площадей насаждений (га), погибших в 2010-2018 гг. в Красноярском Приангарье, по причинам гибели (по данным санобзоров Красноярского центра защиты леса)

Из насекомых в сосняках региона наиболее заметна ценотическая роль ксилофагов, деятельность которых сопряжена с предварительным ослаблением древостоев пожарами, болезнями, антропогенными и другими лимитирующими факторами. В числе видов данной биоэкологической группы доминируют черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* Oliv.), сосновые лубоеды (*Tomicus minor* Hart., *T. piniperda* L.), шестизубый короед (*Ips sexdentatus* Börner), хвойный древесинник (*Trypodendron lineatum* Oliv.). При высокой численности *M.*

galloprovincialis, *Tomicus* sp. на этапе дополнительного питания в кронах жизнеспособных деревьев становятся весомой причиной ослабления сосняков.

Среди антропогенных воздействий существенное влияние на состояние сосновых насаждений оказывает подсочка, которой до середины 90-х годов прошлого столетия были охвачены значительные площади приангарских сосняков (рисунок 3.2).

Регулярно наносимые при подсочке механические повреждения и длительное смолоистечение приводят к физиологическому «истощению» деревьев, дефициту ассимилятов, анатомо-морфологическим нарушениям в стволах (Гаврилов, 1952; Машнина, 1957; Шатерникова 1961; Шульгин 1967; Мельниченко, Вишневская, 1968; Коваленко, 1972; Kolk, Sierota, 1979; Собакинский, 1986; Коновалов, Зарубина, 2011). Снижение жизнедеятельности сосновых насаждений в связи с подсочкой проявляется в дехромации и уменьшении густоты крон деревьев, активном заселении стволовыми вредителями сильно ослабленных экземпляров и последующем их усыхании (рисунок 3.3). Особенно реагируют на отрицательное воздействие подсочки деревья, жизнедеятельность которых уже была понижена, в таких случаях подсочка ускоряет начавшийся процесс ослабления.

Помимо неизбежного отрицательного влияния подсочки на состояние деревьев, неблагоприятная лесопатологическая обстановка в эксплуатируемых древостоях усугубляется несоблюдением правил и технологии подсочки. Так, нами отмечались случаи ввода в подсочку древостоев, ослабленных низовыми пожарами, низкобонитетных насаждений; зауживания межкарровых ремней.

До настоящего времени в Красноярском Приангарье встречаются перестойные ранее подсаживаемые древостои неудовлетворительного санитарного состояния. По данным регионального Центра защиты леса последних лет площадь нарушенных подсочкой сосняков составила здесь в среднем 7263 га, в том числе погибших – 935 га (рисунок 3.4). Они отнесены к сильно ослабленным насаждениям (средневзвешенная категория состояния – 3,2-3,4) с преобладанием древостоев со степенью усыхания 11-40 % от общего запаса.



Рисунок 3.2 – Заподсоченный сосновый древостой
(фото автора)

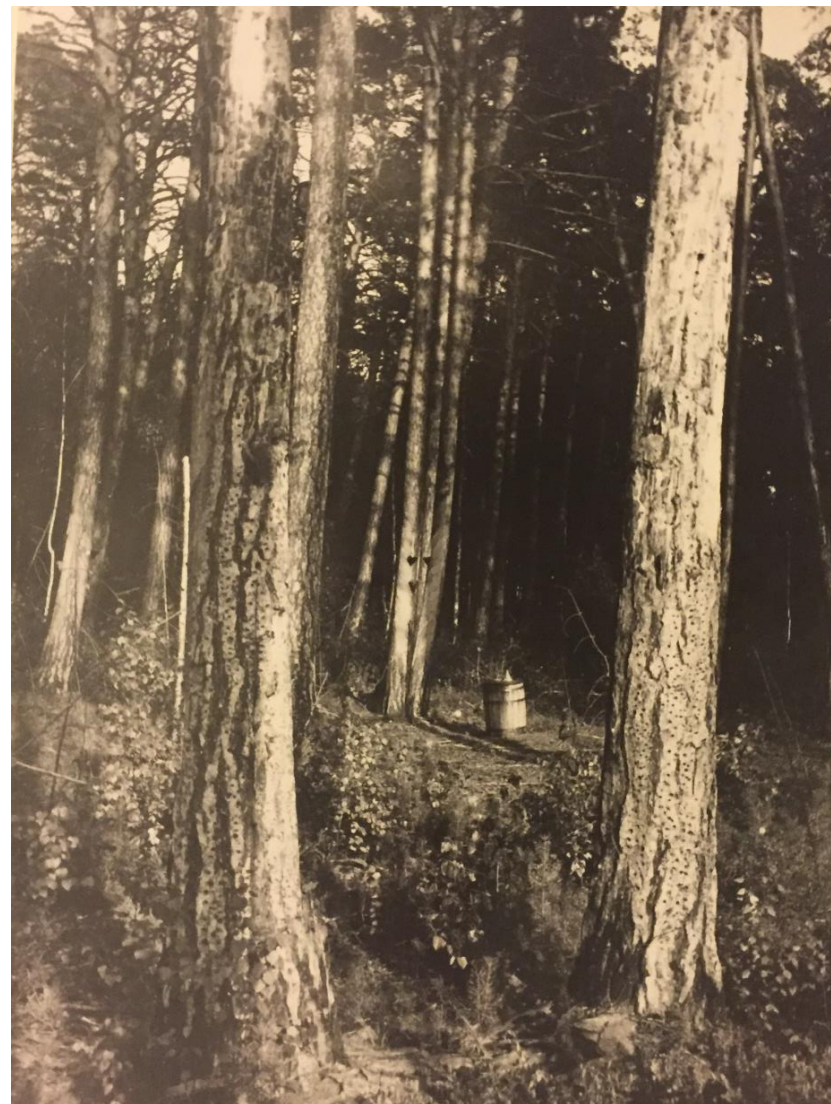


Рисунок 3.3 – Усохшие, отработанные насекомыми-ксилофагами деревья в заподсоченном сосняке
(фото автора)

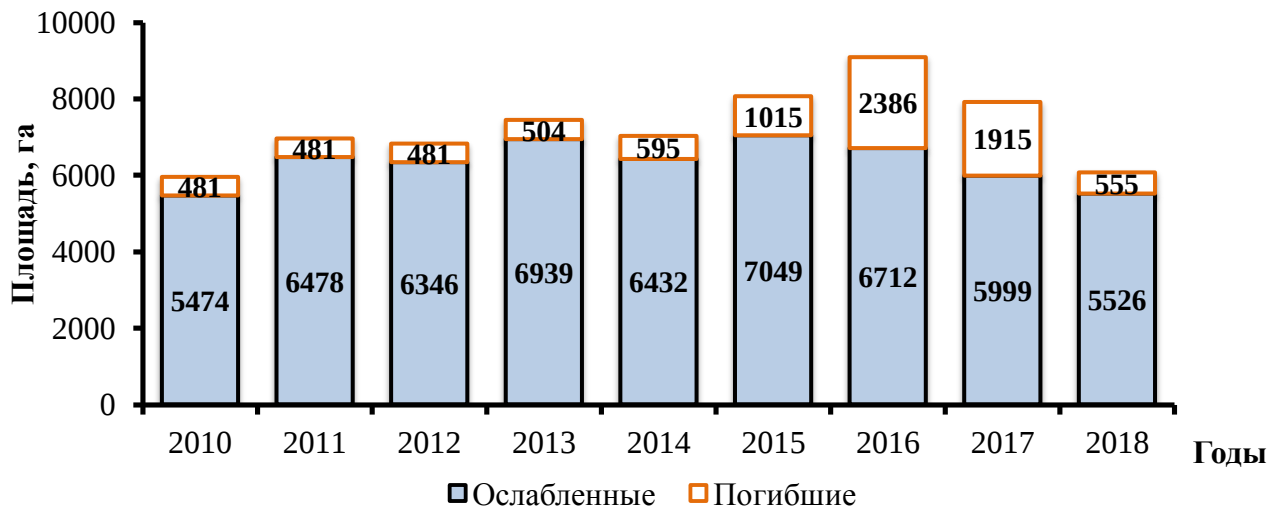


Рисунок 3.4 – Площадь нарушенных подсочкой сосновых древостоев, установленная в 2010-2018 гг. (по данным санобзоров Красноярского центра защиты леса)

Негативными изменениями характеризуется состояние сосняков в зонах активного рекреационного лесопользования (припоселковых, приречных и приозерных массивах). Это объясняется опять же физиологическим ослаблением деревьев в результате нарушения деятельности корневых систем при уплотнении почвы, обнажения и травмирования части поверхностных корней, повреждения нижних частей стволов.

Болезням в ухудшении санитарного состояния насаждений по отчетным данным отводится незначительная роль. Однако ресурсный и восстановительный потенциал приангарских лесов часто зависит от деятельности дендропатогенных организмов. В числе патогенных консортов, выявленных нами в процессе полевых исследований на сосне, доминируют грибы (таблица 3.3), в соответствии с уровнем паразитизма и специализации поражающие деревья (органы, ткани) определенного возраста и состояния.

На подросте, в молодняках преобладают болезни филлоферы (шютте, ценангиоз наряду с другими некрозами, ржавчина), среди которых наиболее губительным для растений, особенно на вырубках, в отдельные годы оказывается снежное шютте. Существенным фактором ослабления и летализации для предварительного и последующего возобновления выступает биаторелловый рак

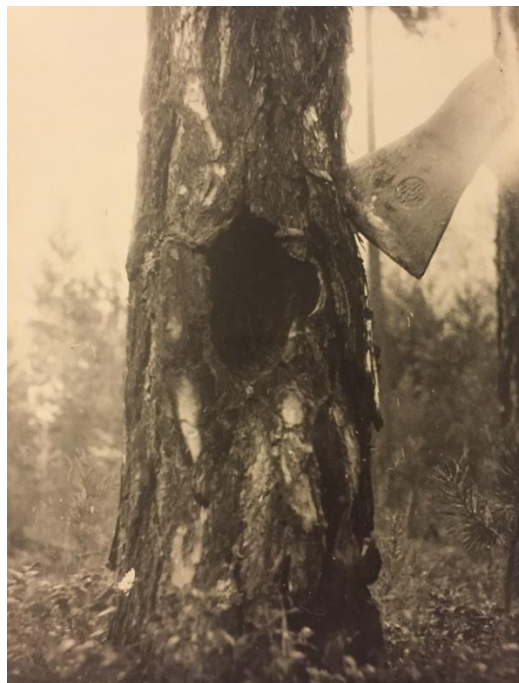
Таблица 3.3 – Инфекционные болезни на сосне

Болезнь (возбудитель)	Объекты поражения
Обыкновенное шютте (<i>Lophodermium pinastri</i> [Schrad.] Chevall.; <i>L. seditiosum</i> Minter, Staley & Millar)	самосев, подрост, молодняки
Снежное шютте (<i>Gremmenia infestans</i> [P. Karst.] Crous (= <i>Phacidium infestans</i> P. Karst.))	подрост (особенно на вырубках)
Серое шютте (<i>Lophodermella sulcigena</i> [Link] Höhn.)	подрост, молодняки
Ржачина хвои (<i>Coleosporium</i> sp.)	то же
Ценангиевый некроз (<i>Cenangium ferruginosum</i> Fr.)	подрост
Биаторелловый рак (<i>Sarea difformis</i> [Fr.] Fr. (= <i>Biatorella difformis</i> [Fr.] Vain.))	подрост, редко взрослые деревья
Смоляной рак (<i>Cronartium flaccidum</i> [Alb. & Schwein.] G. Winter; <i>C. pini</i> [Willd.] Jørst. (= <i>Peridermium pini</i> [Willd.] JC Schmidt & Kunze))	взрослые деревья
Бугорчатый бактериальный рак (<i>Pseudomonas pini</i> Vuil.)	то же
Стволовая гниль (<i>Phellinus pini</i> [Brot.] Pilát)	взрослые деревья, особенно перестойные
Корневая, комлевая бурая гниль (<i>Phaeolus schweinitzii</i> [Fr.] Pat.)	перестойные деревья
Корневая пестрая гниль (<i>Heterobasidion annosum</i> [Fr.] Bref.)	молодняки, взрослые деревья

(рисунок 3.5 а). На обширных вырубках, под пологом примыкающих к ним древостоев, очаги рака на сосновом подросте сопряжены с активным повреждением растений большим сосновым долгоносиком (*Hylobius abietis* L.), на что в своей работе также указывает И.Е. Сафронова (2013).



а



б

Рисунок 3.5 – Биаторелловый рак сосны обыкновенной: а – на подросте; б – на стволе взрослого угнетенного дерева (фото автора)

Взрослые сосновые древостои в своем развитии взаимосвязаны с комплексом патогенных организмов, среди которых основную роль играют виды, осваивающие древесную фитомассу и инициирующие развитие некрозно-раковых и гнилевых болезней. Согласно сведениям краевого Центра защиты леса за 2018 г. 65 % выявленных в лесах Приангарья очагов болезней приходится на болезни некрозно-раковой группы, оставшаяся часть – на стволовые и комлевые гнили.

По материалам наших исследований упомянутый язвенный (биаторелловый) рак, распространенный на молодых растениях, встречается и на взрослых деревьях (рисунок 3.5 б). Как правило, заболевание отмечается в насаждениях на переувлажненных, с застойным режимом увлажнения почвах, в древостоях на северных мезосклонах. Таким образом, наиболее часто поражаются сосняки зеленомошной и долгомошной групп типов леса с условиями произрастания В₃-В₄, в которых распространенность болезни в ярусе эдификатора достигает до 10 %. Пораженные раком деревья сильно отстают в своем росте и развитии и относятся соответственно к низшим классам Крафта. К возрасту 80-100 лет такие

экземпляры обычно уходят в отпад, поэтому в спелых и перестойных древостоях деревья с раковыми язвами – единичны.



Рисунок 3.6 – Бугорчатый рак на стволе сосны (фото автора)

могут возникать загнивающие полости. На состояние деревьев данный бактериоз не оказывает заметного влияния, может являться причиной снижения выхода деловых сортиментов из пораженных стволов.

Наиболее типичное и распространенное раковое заболевание основного эдификатора светлохвойных лесов Красноярского Приангарья – смоляной рак (рисунок 3.7), вызываемый узкоспециализированными ржавчинными грибами. Смоляной рак в рассматриваемом регионе выступает одним из основных биотических факторов, приводящих в сосняках к патологическому отпаду; категория состояния пораженных раком деревьев (K_{cp}) – от сильно ослабленных (2,6) до усохших (5-6).

Среди гнилевых болезней доминируют стволовые гнили, которые при своей экологической целесообразности, в эксплуатационных лесах причиняют хозяйственный ущерб. Основным инициатором прижизненной деструкции ядровой древесины в стволах сосны является трутовый гриб *Phellinus pini* (сосновая губка) (рисунок 3.8). К возрасту спелости практически все сосновые

В условиях Приангарья на сосне обыкновенной повсеместно, но на немногочисленных деревьях отмечается бугорчатый рак (распространенность до 5 %); о его присутствии в сосняках региона ранее не упоминалось. Бугорчатый рак, относящийся к гиперпластическим бактериозам, распознается по характерным свилевато-желвакообразным более или менее крупным наростам в подкроновой части ствола (рисунок 3.6), образующимся иногда по несколько штук. Внутри наростов



Рисунок 3.7 – Усыхающая сосна, пораженная смоляным раком (фото автора)



Рисунок 3.8 – Плодовое тело сосновой губки на пораженном стволовой гнилью дереве (фото автора)

древостои Приангарья в той или иной степени оказываются пораженными стволовой гнилью от сосновой губки, которая становится ведущим фактором, снижающим качественное состояние сосняков, в старовозрастных древостоях при значительных ветровых нагрузках – причиной накопления гнилевого ветролома. По нашим исследованиям потери древесины при раскряжевке стволов пораженных гнилью деревьев составляют 40-75 % (Татаринцев, 1996а). Раньше Г.И. Конев (1982) установил, что потери деловой древесины от центральной стволовой гнили в перестойных приангарских сосняках – в среднем 42 м³/га.

Значительно реже встречается корневая гниль, возбудителями которой выступают два афиллофороидных гименомицета (таблица 3.3). Корневая губка (*H. annosum*) элиминирует отдельные ослабленные деревья в основном в молодняках и средневозрастных древостоях, куртины усыхания образуются очень редко. По данным лесопатологических обследований насаждений сосны III-XI

классов возраста доля деревьев с признаками поражения корневой губкой составила в среднем 2,0 %. Максимальное поражение зафиксировано в сосняке разнотравном IV класса возраста – 18,9 %. В лесах Приангарья данный патоген образует плодовые тела исключительно редко, на протяжении полевых исследований нами ни разу не были обнаружены базидиомы гриба. У больных экземпляров отмечается изреживание кроны вследствие опадения старой хвои, в кроне преобладает молодая укороченная хвоя в виде кисточек. Нередко, особенно в низкополнотных насаждениях, деревья с пораженной корневой системой падают под действием ветра. В таких случаях обнажаются корни, с характерными желваками, которые образованы частицами почвы, склеенными вытекающей смолой. Древесина корней имеет волокнисто-ситовую гниль. Анализ таких ветровальных стволов позволяет говорить, что гниль от корневой губки локализуется только в корнях и очень редко выходит на пень.

Другой возбудитель корневой гнили – *Ph. schweinitzii* (трутовик Швейница) встречается преимущественно в старовозрастных сосняках, его характерные плодовые тела обнаруживаются у стволов деревьев в местах поверхностного залегания корней. Средняя распространенность гриба по всем типам леса составляет 3,6 %. Наибольший процент пораженных деревьев выявлен в сосняке зеленомошном IX класса возраста – 28,6 %. Гриб вызывает бурую трещиноватую гниль древесины корней, нередко заходит в ядровую часть ствола до высоты 1,5-2,0 м. В насаждениях приурочен к деревьям из числа средних и крупных; при значительной степени поражения корней состояние деревьев сильно ухудшается, они часто подвержены ветровалу. Присутствие трутовика Швейница – один из признаков возрастной деструкции и отпада деревьев в старовозрастных сосняках.

В сосняках, в значительной степени и неоднократно поврежденных низовыми пожарами, когда у многих деревьев в комлевой части имеются пожарные подсушины, встречается бурая напенная гниль, чаще не связанная с деятельностью *Ph. schweinitzii*. Такого рода гниль, по утверждению С.И. Ванина (1931), относится к гнилям смешанной этиологии. Неоднократно поврежденная огнем древесина отмирает на определенную глубину и подвергается действию

воздуха и влаги, которые производят физические и химические изменения древесины, выражающиеся в выщелачивании и растворении веществ, содержащихся в клетках, а также и самих клеточных стенок. Затем обнаженная рана подвергается воздействию сапротрофных грибов и бактерий, так что в дальнейшем происходит уже типичный процесс гниения под их влиянием. Гниль в первую очередь охватывает ядровую часть, заходит в заболонь. В развитии раневой гнили активное участие принимает окаймленный трутовик (*Fomitopsis pinicola* [Sw.] P. Karst.), являющийся основным деструктором отпада в сосновых древостоях (рисунок 3.9).



а

б

Рисунок 3.9 – Базидиомы *F. pinicola* на сухобочине ослабленного дерева (а), на сухостое (б) (фото автора)

Распространенность бурой напенной гнили в сосняках, поврежденных низовыми пожарами, составляет в среднем 18,1%, есть случаи когда гниль обнаруживается в насаждении у более чем 1/3 деревьев, особенно на тех участках, где происходит послепожарное переувлажнение почв. От уровня пня гниль поднимается вверх по стволу на высоту 0,5-1,5 м. Такие деревья являются потенциальным гнилевым ветроломом.

Анализ лесопатологической ситуации и комплекса болезней в качестве первоочередных объектов фитопатологического мониторинга в сосняках Красноярского Приангарья выдвигает смоляной рак и центральную стволовую

гниль, в значительной мере определяющих современное состояние и продуктивность эдификатора. В связи с этим возникает необходимость более детального изучения эколого-лесоводственных особенностей пораженности сосняков данными болезнями в условиях рассматриваемой лесопокрытой территории.

3.2 Эколого-лесоводственные особенности пораженности сосняков смоляным раком и стволовой гнилью

Смоляной рак

Смоляной (пузырчатый) рак, вызываемый облигатными паразитами – ржавчинными грибами *Cronartium* sp. и *Peridermium* sp., относится к числу наиболее известных и вредоносных заболеваний на представителях рода *Pinus* в хвойных лесах северного полушария, в связи с чем является объектом мониторинга и исследований во многих странах (Moricca et al., 1996; Федоров, Ярмолович, 2000, 2002, 2004; Kaitera, 2000; Гниненко, 2002; Hui-quan et al., 2003; Davis, Meyer, 2004; Zambino et al., 2005; Ramsfield, Vogler, 2010; Zhang et al., 2010; Wulff et al., 2012; Ozkazanc, Maden, 2013 и др.). Симптоматическое название болезни связано с появлением на коре в местах поражения ветвей и стволов подтеков смолы вследствие разрушения клеток смоляных ходов в заболонной древесине, куда патогены заходят по сердцевинным лучам из флоэмы, а также эциоспороношения возбудителей в виде пузыревидных образований. На *Pinus sylvestris* L. смоляной рак (иначе рак-серянка), вызываемый филогенетически связанными с ней *C. flaccidum* и *C. pini*, встречается в пределах всего ареала, о чем свидетельствуют многочисленные публикации (Гусева, 1957; Сергеева, Воронцов, 1958; Пашков, 1967; Драчков, 1972; Жуков, 1978; Синадский, 1983; Чураков, 1983, 1986; Алферова, 1986; Защита леса ..., 1988; Васьков, Алексеев, 1991; Маслов, Петерсон, 2002 и др.).

В результате проведенного нами обследования выявлено повсеместное распространение рака-серянки в сосняках Красноярского Приангарья

(Татаринцев, Аминев, 2014). Масштабы поражения насаждений неравнозначны: от присутствия единичных больных деревьев до поражения более 25 % древостоя (таблица 3.4). Очаговое поражение сосняков раком (больных деревьев $\geq 10\%$) установлено на 12-ти пробных площадях из 65-ти, что составляет 18 % случаев. При этом преобладают очаги со слабой степенью пораженности древостоев (доля больных деревьев 10-20 %), очаги со средней степенью поражения (распространенность болезни 21-30 %) составили 25 %. Только на двух ПП (сосняки разнотравные, возраст (лет) – 69 и 83) не установлено больных деревьев.

Таблица 3.4 – Пораженность сосняков смоляным раком

Распространенность болезни, %	
$M \pm m^*$	крайние варианты
Лишайниковая группа типов леса ($n=13, d_{K-S}=0,148 (p>0,05)$)	
$11,4 \pm 2,0$	1,9 – 28,2
Зеленомошная группа типов леса ($n=24, d_{K-S}=0,186 (p>0,05)$)	
$4,2 \pm 0,6$	0,4 – 12,7
Разнотравная группа типов леса ($n=26, d_{K-S}=0,239 (p<0,05)$)	
$4,8 \pm 0,9$	0 – 16,5
По всему массиву данных ($n=63, d_{K-S}=0,195 (p<0,05)$)	
$6,0 \pm 0,7$	0 – 28,2

* здесь и далее – среднее значение со стандартной ошибкой

Как видно, распространенность болезни в исследуемых сосняках характеризуется значительным варьированием, что ранее указывалось и для других регионов (Драчков, 1972; Чураков, 1983; Васьков, Алексеев, 1991; Федоров, Ярмолович, 2004). Обусловлено это разнородностью условий произрастания насаждений в пределах достаточно обширной лесной территории, влиянием многочисленных, нередко трудно учитываемых, факторов на развитие патологического процесса и распространение болезни.

Условия произрастания (лесорастительные условия) определяются комплексом климатических, геологических, орографических и гидрологических

параметров конкретных участков поверхности суши и в структуре лесного биогеоценоза заложены в особенностях эдафотопы, гидротермических и иных показателях, составляющих экотоп. В свою очередь они определяют характер лесной растительности, организацию и функционирование других компонентов лесных биоценозов и взаимоотношений между ними, в том числе между древесными породами и их патогенными консортами. Лесорастительные условия находят свое отражение в таких лесоводственных показателях как тип леса, тип условий произрастания, бонитет. Имеющиеся данные по влиянию лесорастительных условий на поражаемость сосняков смоляным раком немногочисленны и достаточно противоречивы. По данным Н.И. Федорова, В.А. Ярмоловича (2004) в условиях Беларуси наибольшей пораженностью раком характеризуются насаждения на высокопродуктивных свежих почвах, в сосняках же, произрастающих в крайних по увлажнению условиях (очень сухие и мокрые) на малоплодородных почвах, зараженность смоляным раком снижается. А.А. Маслов, Ю.В. Петерсон (2002) отмечают последовательное снижение зараженности серянкой при переходе от сосняков на относительно сухих почвах к насаждениям на свежих и далее на переувлажненных почвах. На подобную тенденцию указывает и Б.П. Чураков (1983), сравнивая распространенность болезни в бору-брусничнике и бору-черничнике. Исследованиями В.Н. Драчкова (1972), выполненными в североевропейских лесах, не выявлено достоверной зависимости пораженности сосны раком-серянкой от условий местопроизрастания.

В соответствии с полученными данными (таблица 3.4) в Красноярском Приангарье заметно большей пораженностью смоляным раком отличаются сосняки лишайниковой группы типов леса, тяготеющие к более сухим условиям произрастания и малогумусированным песчаным (супесчаным) почвам. В насаждениях этой группы распространенность болезни достигает очаговых масштабов в половине случаев, включая пораженность древостоя более 20 %. Насаждения зеленомошной и разнотравной групп типов леса, обычно приуроченные к наиболее оптимальным для сосны лесорастительным условиям, в

среднем поражены серянкой в равной степени; при этом доля пораженных деревьев в них редко превышает 10 %. Достоверность обсуждаемых различий в пораженности смоляным раком сосновых насаждений основных групп типов леса подтверждена результатами тестирования с использованием критерия Манна-Уитни (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Оценка различий по пораженности смоляным раком между сосняками основных групп типов леса

Сравниваемые выборки	U	p -уровень
лишайниковая-зеленомошная	46	$< 0,05$
лишайниковая-разнотравная	63	$< 0,05$
зеленомошная-разнотравная	290	$> 0,05$

Несмотря на очевидную взаимосвязь понятий «тип леса» и «тип условий произрастания», полностью их отождествлять некорректно. В пределах одного и того же типа лесорастительных условий может быть несколько типов леса; в то же время каждому типу леса может быть присущ свой особый комплекс почвенно-климатических условий (Мелехов, 1976). Рассматриваемым группам типов леса сосновых насаждений Приангарья, каждая из которых включает ряд близких типов леса, соответствует определенная мозаика лесорастительных условий, прежде всего эдафических.

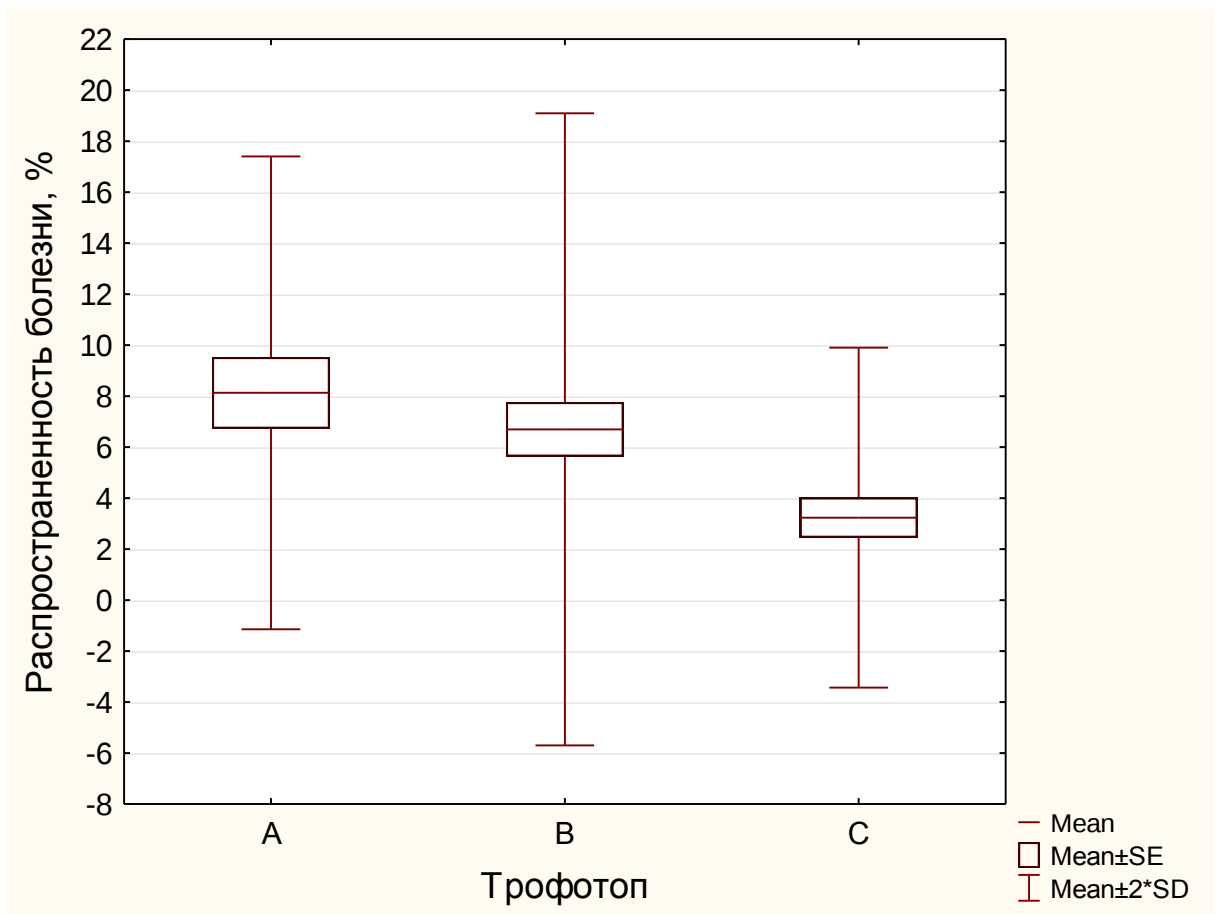
Для характеристики почвенных условий лесных, в частности лесопокровных, земель нередко используют эдафическую сетку П.С. Погребняка - Д.В. Воробьева, в соответствии с которой условия местопроизрастания характеризуются по грациям трофогенного и гигрогенного рядов. Первый отражает различия в количестве питательных веществ почвы с грациями по мере повышения почвенного плодородия А-D (Мелехов, 1976). Гигрогенный ряд отражает повышение степени увлажнения почвы от 0 до 5. Типы условий произрастания для сосняков района исследований в большинстве случаев по трофности почв

укладываются в градации А, В, С, по степени их увлажнения – сухие (1), свежие (2), влажные (3). Согласно приведенным графикам (рис. 3.10) в рамках указанных градаций отмечается тренд снижения пораженности изучаемых сосняков смоляным раком по мере повышения плодородия и степени увлажнения почв. При этом сравнительный анализ применительно к исследуемым выборкам показал значимые различия в пораженности болезнью между сосняками, произрастающими на наиболее плодородных почвах в сравнении с иными градами трофотоп; на сухих почвах относительно свежих и влажных (таблица 3.6). Таким образом, в условиях Приангарья повышенной распространенностью рака-серянки отличаются сосняки, характеризующиеся типом условий местопроизрастания А₁-В₁.

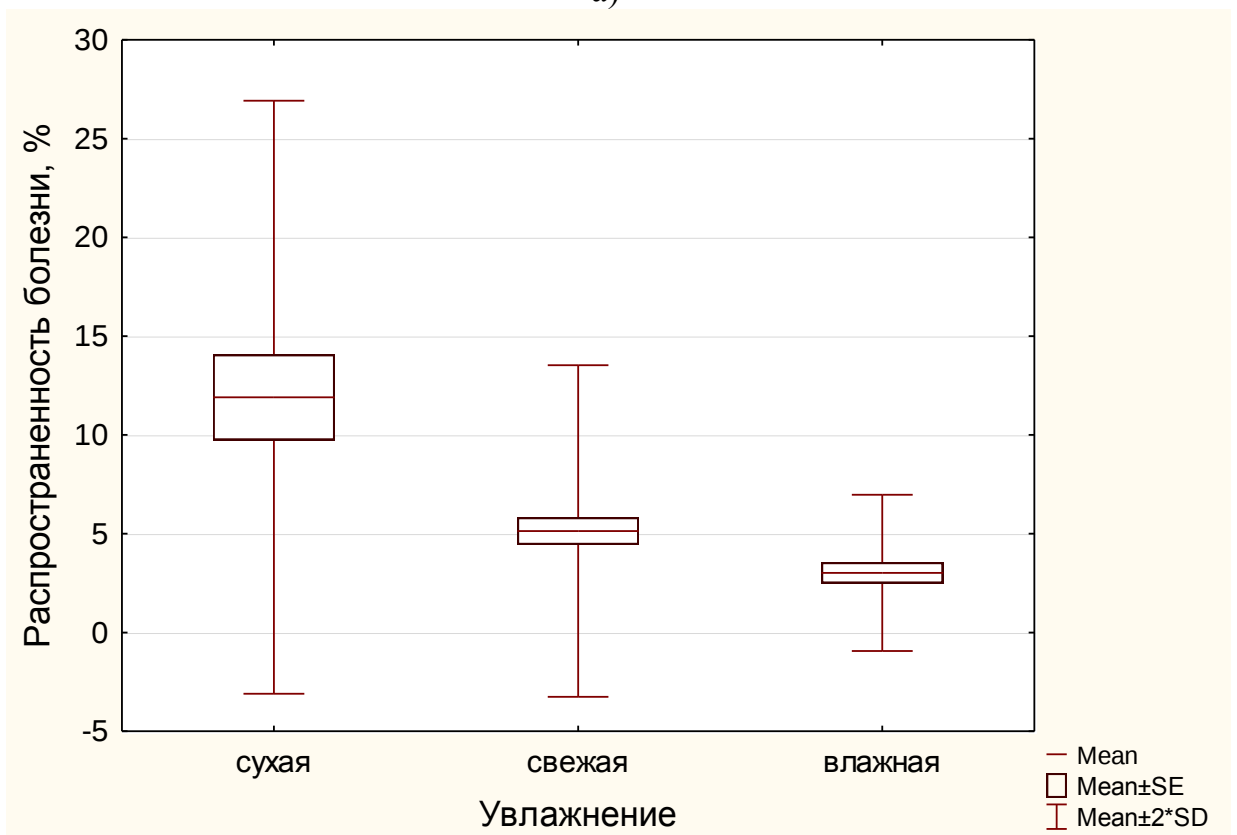
Таблица 3.6 – Оценка различий в пораженности смоляным раком между сосняками разных градаций эдафотоп

Сравниваемые выборки (<i>n</i>)	<i>U</i>	<i>p</i> -уровень
по трофности		
А (11) – В (34)	130	> 0,05
А (11) – С (18)	29	< 0,05
В (34) – С (18)	171	< 0,05
по степени увлажнения		
сухая (12) – свежая (37)	86	< 0,05
сухая (12) – влажная (14)	14	< 0,05
свежая (37) – влажная (14)	180	> 0,05

Объяснение выявленной зависимости пораженности сосняков смоляным раком от лесорастительных условий очевидно следует искать в биоэкологических особенностях патогенов, растения-хозяина и специфике их взаимоотношений. В Красноярском Приангарье, несмотря на известную неоднородность, в целом



а)



б)

Рисунок 3.10 – Пораженность сосняков смоляным раком в грациях эдафотоп: а) трофности, б) степени увлажнения почвы

складываются оптимальные условия произрастания для сосны обыкновенной, вследствие чего она формирует здесь достаточно продуктивные древостои. Учитывая облигатный паразитизм ржавчинных грибов – возбудителей смоляного рака, они не требуют предварительного ослабления растений и способны поражать в насаждении любые деревья, включая совершенно здоровые, лучшие экземпляры (Воронцов, 1971; Драчков, 1972; Чураков, 1983, 1986; Васьков, Алексеев, 1991 и др.), тогда как для факультативных сапротрофов и паразитов предварительное ослабление растений-хозяев становится важным, часто решающим фактором для начала патологического процесса (Минкевич и др., 2011). Варьирование распространенности рака-серянки в зависимости от лесорастительных условий главным образом определяется прямым или косвенным влиянием параметров среды на возбудителей болезни: возможность их присутствия в фитоценозе, активность споруляции и заражения деревьев. На сухих, малоплодородных почвах формируются и продуцируют сосняки с бедным по видовому составу живым напочвенным покровом (лишайниковой группы типов леса), в котором отсутствуют возможные промежуточные хозяева для гриба *C. flaccidum* в лице представителей родов *Vincetoxicum*, *Pedicularis*, *Impatiens*, *Verbena* и др. Возбудителем смоляного рака здесь выступает только однохозяинный ржавчинный гриб *C. pini*, осуществляющий заражение эциоспорами непосредственно от дерева к дереву, что обеспечивает относительно быстрое распространение инфекции и нередко групповое поражение деревьев. Кроме того, возбудители рака-серянки отличаются свето- и теплолюбием (Гусева, 1957; Воронцов, 1971; Чураков, 1986; Васьков, Алексеев, 1991; Аминев, 1995; Белов, Белова, 2012 и др.); очевидно в соответствующих условиях патогены более активно развиваются в тканях растения-хозяина и формируют обильное эциоспороношение, что определяет повышенное распространение болезни. В этом отношении как раз более удачные гидротермические условия для развития патогенов и распространения болезни складываются в сосняках, произрастающих на сухих почвах, с более теплым микроклиматом.

Сосновые древостои, формирующиеся в различных экологических условиях, в процессе своего развития характеризуются неоднородностью по ряду таксационных показателей. При изучении пространственно-временной динамики санитарного и лесопатологического состояния насаждений представляет интерес установление взаимосвязи показателей проявления патологических процессов с количественными параметрами лесных насаждений. В связи с этим проведен анализ связи распространенности смоляного рака с таксационными характеристиками сосновых древостоев (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Корреляция между распространенностью смоляного рака (P) и таксационными показателями древостоя (коэффициенты корреляции: числитель – Спирмена, знаменатель – Кендалла), $n = 63$

Показатель	P , %	Доля сосны в составе	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Бонитет	Полнота
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	<u>0,549</u> 0,439	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	<u>0,518</u> 0,368	<u>0,383</u> 0,296	1	-	-	-	-
Средний диаметр, см	<u>0,174</u> 0,122	<u>-0,108</u> -0,086	<u>0,525</u> 0,377	1	-	-	-
Средняя высота, м	<u>0,126</u> 0,082	<u>-0,166</u> -0,132	<u>0,578</u> 0,421	<u>0,731</u> 0,578	1	-	-
Бонитет	<u>0,456</u> 0,345	<u>0,576</u> 0,519	<u>0,544</u> 0,420	<u>-0,174</u> -0,133	<u>-0,285</u> -0,228	1	-
Полнота	<u>-0,429</u> -0,331	<u>-0,171</u> -0,141	<u>-0,480</u> -0,392	<u>-0,617</u> -0,463	<u>-0,449</u> -0,346	<u>-0,082</u> -0,069	1

выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$)

В результате установлена достоверная зависимость пораженности сосняков смоляным раком от их возраста, полноты, бонитета и доли участия сосны в составе древостоя. Распространенность болезни повышается с увеличением

возраста и снижением полноты насаждений, на что указывали ряд исследователей в других регионах (Гусева, 1957; Сергеева, Воронцов, 1958; Конев, 1979; Чураков, 1983, 1986; Васьков, Алексеев, 1991; Федоров, Ярмолович, 2004). По данным А.А. Маслова и Ю.В. Петерсона (2002) процент зараженных серянкой деревьев в сосняках является относительно постоянной величиной для каждого типа леса вследствие сбалансированности процессов заражения и отпада деревьев от рака. С результатами исследований данных авторов можно вполне согласиться, если учесть, что объектами явились сосняки в пределах одной возрастной группы (приспевающие) и в расчет пораженности включались только сырораствующие больные деревья за минусом усыхающих и усохших пораженных экземпляров. По нашему мнению общая пораженность сосняков смоляным раком в линейке насаждений разных возрастных групп с возрастом повышается вследствие накопления инфекции и хронического развития болезни особенно в высоковозрастных древостоях при условии отсутствия выборочных санитарных рубок.

Повышенную распространенность болезни в низкополнотных разреженных сосняках связывают с вышеотмеченным отношением возбудителей к свету и температуре окружающей среды. По наблюдениям В.Г. Сергеевой, А.И. Воронцова (1958) в таких условиях болезнь на зараженных деревьях развивается в несколько раз интенсивнее, что приводит к более быстрой их гибели. Выявленная нами прямая связь процента пораженных деревьев с классом бонитета насаждений вполне согласуется с ранее рассмотренным повышенным распространением серянки в сосняках лишайниковой группы, произрастающих в менее продуктивных лесорастительных условиях.

В большей степени поражаются раком чистые по составу сосняки. Распространенность болезни снижается при повышении доли участия в составе других пород – лиственницы, березы, осины, реже ели. К аналогичному выводу пришли Н.И. Федоров и В.А. Ярмолович (2004), по их данным в лесах Беларуси доля участия сосны в составе насаждений – один из основных факторов, определяющих развитие очагов смоляного рака.

Определенный запас споровой инфекции, ее анемохорное распространение и облигатный паразитизм патогенов обеспечивает вероятность поражения смоляным раком в пределах сосновых древостоев большего или меньшего числа изначально жизнеспособных особей. При этом представленность в пораженной части ценопопуляции различных по морфометрическим параметрам деревьев в значительной степени соответствует общему строению древостоя. В этом отношении показательны диаграммы распределения деревьев по диаметру, приведенные для пробных площадей с пораженностью сосняков раком-серянкой $\geq 10\%$ (рисунок 3.11). Тем не менее, в насаждениях разнотравной группы проявляется определенный сдвиг количества больных деревьев в сторону диаметров ниже среднего (ПП Д12, Д23, Д24). Это обусловлено присутствием здесь в качестве основного возбудителя болезни разнохозяйинного ржавчинного гриба *C. flaccidum*, для которого характерен вектор вертикального переноса инфекции (базидиоспор) от травянистых растений - промежуточных хозяев гриба к кронам сосен, в результате чего в первую очередь заражаются мелкоствольные деревья. В сосняках зеленомошной и тем более лишайниковой групп, где доминирует однохозяйинный возбудитель рака (*C. pini*), развивающийся по неполному циклу, наличие значительного количества эциоспор в слое расположения крон определяет заражение деревьев разного размера.

Стволовая гниль

Стволовая ядровая пестрая гниль, вызываемая *Phellinus pini* (сосновая губка) – распространенное явление в древостоях сосны обыкновенной, реже других хвойных пород, встречающееся повсеместно в умеренной зоне северного полушария (Orloś, Henryk, 1960; Пармасто, 1967; Mann, 1967; Степанова, 1969; Aufaess, 1980; Cervinkoňa, 1980 и др.). На территории бывшего СССР это гнилевое заболевание отмечено в сосняках Европейской части (Куда, 1926; Кандалинская, 1928; Ванин, 1931; Усков, 1959; Шемякин, 1960; Федоров, 1963; Михалевич, 1968; Иванчиков, 1974; Ежов, 1998; Стороженко, 2002, 2003), Урала (Ванин, 1929,

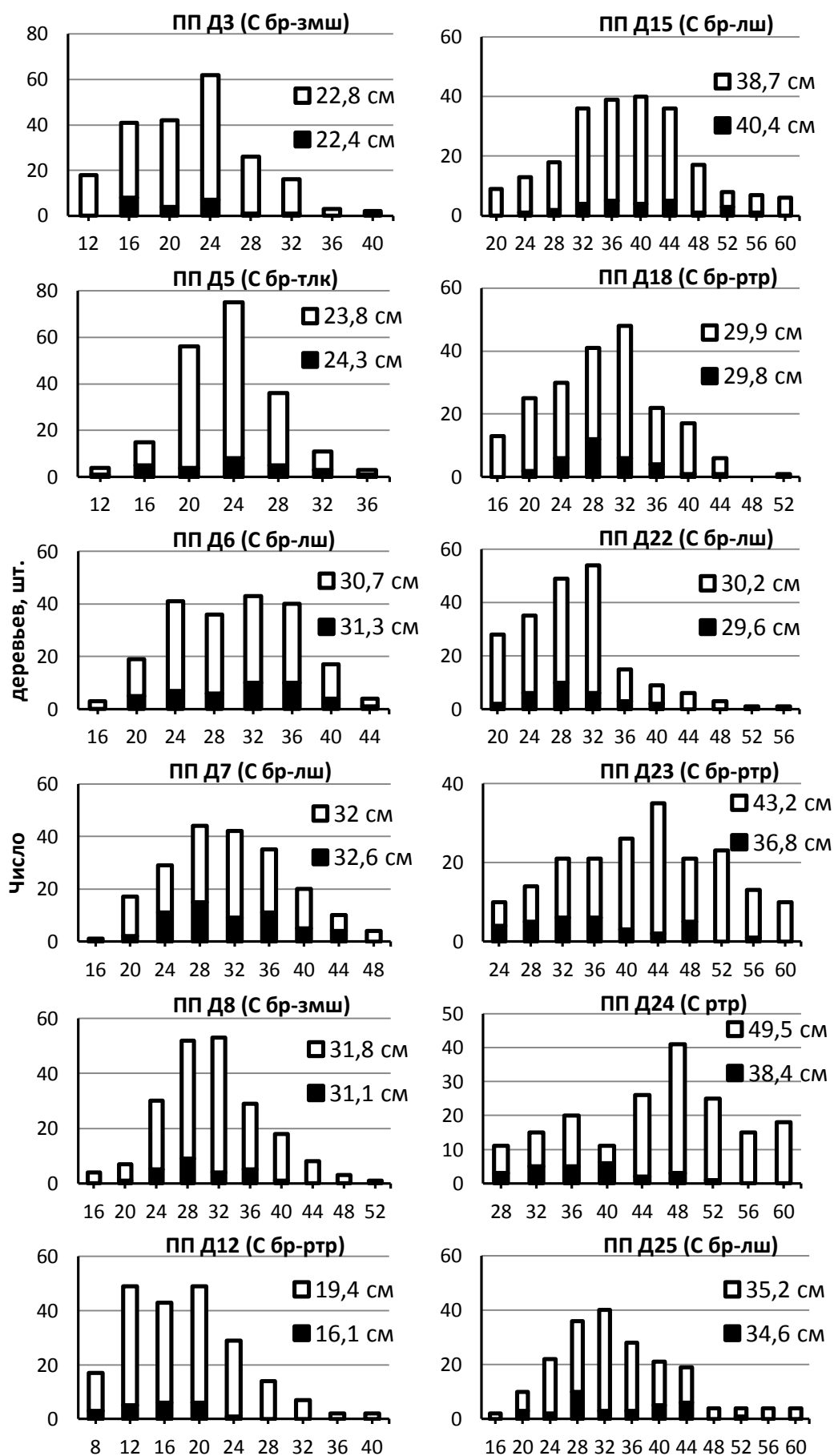


Рисунок 3.11 – Распределение по ступеням толщины (см) и средний диаметр пораженных серянкой (темный цвет), всех (светлый цвет) деревьев

1944; Синадский, 1953; Картавенко, 1960; Смирнова, 1968; Смирнова, Завьялова, 1977, Соколова, 1981), регионов Сибири (Акиндинов и др., 1967; Жуков, 1978, 1980; Конев, 1979; Чураков, 1987; Чураков, Кандрашкин, 2009), причем, более часто встречается в северных районах по сравнению с южными (Пармасто, 1967).

Нашими исследованиями (Татаринцев, 1995, 2015б, 2016) установлена значительная пораженность приангарских сосняков центральной стволовой гнилью, которая в рамках полученного материала составила в среднем 38 % и характеризуется высоким варьированием (таблица 3.8), на что ранее указывали ряд специалистов в других регионах (Синадский, 1953; Федоров, 1963 и др.). Такая изменчивость изучаемого явления обусловлена опять же представленностью объектов, различающихся по лесорастительным условиям, таксационным параметрам, другим показателям и экологическим факторам.

Таблица 3.8 – Пораженность сосняков стволовой гнилью

Распространенность болезни, %	
$M \pm m$	крайние варианты
Лишайниковая группа типов леса ($n=22, d_{K-S}=0,145 (p>0,05)$)	
$31,1 \pm 3,3$	0 – 51,4
Зеленомошная группа типов леса ($n=27, d_{K-S}=0,106 (p>0,05)$)	
$37,6 \pm 3,4$	4,4 – 70,0
Разнотравная группа типов леса ($n=26, d_{K-S}=0,103 (p>0,05)$)	
$44,2 \pm 3,6$	14,9 – 75,0
По всему массиву данных ($n=75, d_{K-S}=0,047 (p>0,05)$)	
$38,0 \pm 2,1$	0 – 75,0

По вопросу влияния условий произрастания на поражаемость сосняков стволовой гнилью имеются весьма разноречивые указания. По данным

Ю.В. Синадского (1953), Н.Т. Картавенко (1960), Л.В. Любарского (1963), М.А. Венценосцева (1967) наблюдается повышение распространенности гнили при продвижении от более сухих типов леса к более влажным. А.М. Жуков (1982) отмечает, что степень зараженности сосняков сосновой губкой мало зависит от конкретных типов леса, однако очаги гнили чаще встречаются в местах с повышенной влажностью. А.А. Иванчиков (1974) говорит о наибольшей пораженности сосны стволовой гнилью в сухих условиях произрастания. Ряд авторов (Левин, 1959; Усков, 1959; Федоров, 1963; Мертвищев, 1979; Чураков, 1987) указывают на повышенную распространенность сосновой губки в сосняках, произрастающих на богатых с оптимальным режимом увлажнения почвах, с ухудшением условий произрастания (к сухим и переувлажненным) пораженность деревьев стволовой гнилью уменьшается. В.К. Смирнова (1955), О.Н. Ежов (1998) находят, что распространенность гнили не зависит от лесорастительных условий.

Лесорастительные условия определяют характер растительного сообщества по всем его компонентам, включая особенности сложения древостоя (эдификатора лесного биоценоза) и живого напочвенного покрова, по которым согласно классификации В.Н. Сукачева идентифицируются типы леса. В связи с этим тип леса в известной степени является показателем соответствующих условий произрастания. Выяснение динамики зараженности сосняков стволовой гнилью в зависимости от типов леса имеет не только научный, но и практический интерес, так как по словам В.Н. Сукачева «однородность свойств компонентов биогеоценозов и свойств биогеоценозов в целом, объединяемых в один тип требует при одинаковых экономических условиях применения и однородных лесохозяйственных мероприятий» (цит. по И.С. Мелехову, 1976, стр. 18).

Первоначальная информация, приведенная в таблице 3.8, не позволяет достаточно объективно судить о различиях в степени пораженности стволовой гнилью приангарских сосняков основных групп типов леса. Это связано с непропорциональной представленностью в пределах указанных групп сведений по древостоям разного возраста, имеющего решающее значение в пораженности их гнилью. В соответствии со средневзвешенными по возрасту данными

отмечается повышение пораженности сосняков стволовой гнилью в последовательности групп типов леса, приведенной на рисунке 3.12.

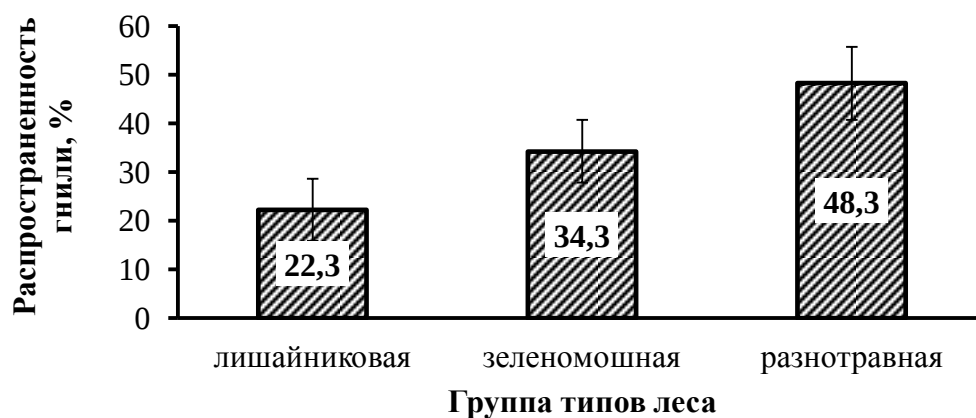


Рисунок 3.12 – Средневзвешенная (по возрасту) пораженность сосняков гнилью

Учитывая незначительный объем выборок средневзвешенных значений ($n = 6$), достоверность различий в распространности гнили по лесотипологическим группам оценивалась по критерию Манна-Уитни (таблица 3.9). Распространенность стволовой гнили значимо выше в сосняках разнотравной группы типов леса относительно лишайниковой группы.

Таблица 3.9 – Оценка различий по пораженности стволовой гнилью между сосняками основных групп типов леса

Сравниваемые выборки	U	p -уровень
лишайниковая-зеленомошная	10	$> 0,05$
лишайниковая-разнотравная	5	$< 0,05$
зеленомошная-разнотравная	11	$> 0,05$

Как отмечалось ранее под лесорастительными условиями, наряду с другими слагаемыми экотопа, чаще понимают эдафические условия, которые характеризуются по грациям трофогенного (градации почвенного плодородия) и гигрогенного (градации по степени увлажнения почв) рядов. При рассмотрении

средневзвешенных по возрасту значений распространенности стволовой гнили в пределах указанных градаций эдафотопов (рисунок 3.13) с оценкой достоверности различий сравниваемых совокупностей (таблица 3.10) отмечается значимо бо́льшая пораженность гнилью сосняков, соответствующих градации максимального почвенного плодородия и среднего увлажнения (в сравнении с эдафотопом минимального плодородия и увлажнения).

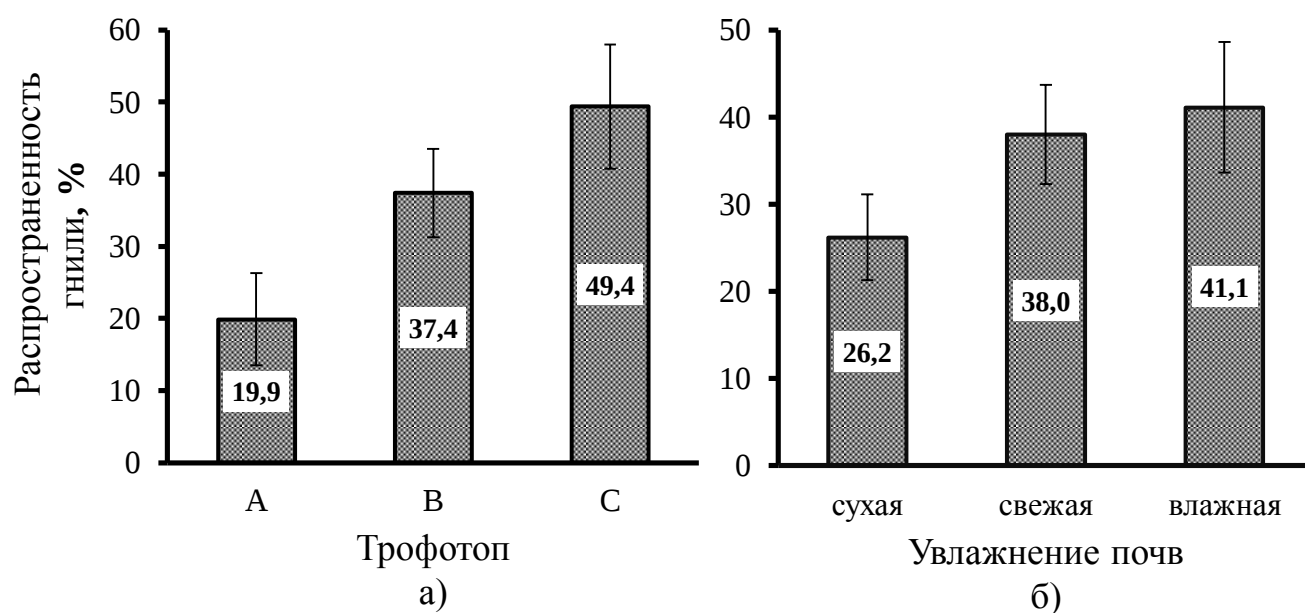


Рисунок 3.13 – Зависимость пораженности сосняков стволовой гнилью от эдафических условий: а) трофности, б) степени увлажнения почвы

Таблица 3.10 – Оценка различий в пораженности стволовой гнилью между сосняками разных градаций эдафотопов

Сравниваемые выборки	<i>U</i>	<i>p</i> -уровень
1	2	3
по трофности (<i>n</i> = 6)		
А – В	8	> 0,05
А – С	4	< 0,05
В – С	10	> 0,05

Окончание таблицы 3.10

1	2	3
по степени увлажнения ($n = 5$)		
сухая – свежая	2	$< 0,05$
сухая – влажная	4	$> 0,05$
свежая – влажная	11	$> 0,05$

Усматриваемая некоторыми авторами (Колесников, Любарский, 1963; Братусь, 1969; Мертвищев, 1979 и др.) динамика распространения сосновой губки в насаждениях в зависимости от рельефа находится в непосредственной связи с особенностями лесных биогеоценозов, формирующихся в пределах определенных элементов макро- и мезорельефа. Так, в большей степени стволовая гниль распространена в древостоях, расположенных на террасах и переходных полосах от равнинных местоположений к повышенным, к которым обычно приурочены наиболее плодородные серые лесные почвы. На таких элементах рельефа и соответствующих почвах произрастают сосняки разнотравной группы. В меньшей степени поражаются сосняки, произрастающие на плоских водоразделах или других сходных элементах рельефа, в пределах которых складываются лесорастительные условия, характерные для сосняков лишайниковой группы типов леса. Влияния микрорельефа на зараженность сосняков сосновой губкой не прослеживается. По мнению В.Г. Стороженко (1974) грибы, поражающие деревья диффузным характером (что можно сказать о возбудителях стволовой гнили), слабо реагируют на подобные рельефные изменения.

Таким образом, лесорастительные условия оказывают влияние на пораженность сосняков стволовой гнилью. Стволовая гниль наиболее распространена в сосняках разнотравной группы типов леса, произрастающих в пределах соответствующих элементов макрорельефа в лучших эдафических условиях: на плодородных с оптимальным режимом увлажнения почвах. При объяснении такой закономерности мы склонны придерживаться точки зрения В.П. Романовского с соавт. (1973), согласно которой бóльшая подверженность

поражению сосновой губкой деревьев с интенсивным ростом (как правило произрастающих в лучших условиях) обусловлена крупнослойной и рыхлой древесиной, характеризующейся в отличие от мелкослойной древесины пониженными процентом поздней составляющей и содержанием смолистых веществ, предохраняющих ее от биоразрушения. В то же время деревья с высокой энергией роста в целом имеют повышенный обмен веществ, в том числе высокий уровень окислительно-восстановительных процессов. Очевидно, приоритетное значение в устойчивости сосны к поражению стволовой гнилью имеют факторы структурного иммунитета.

Конкретные дендроценозы характеризуются рядом таксационных показателей, отражающих соответственно возрастному этапу и условиям произрастания особенности их строения, параметры и соотношение накопленной биомассы, которые в свою очередь обуславливают возможность и активность прижизненной деструкции в древостоях стволовой древесины под действием ксилотрофных грибов. К настоящему времени вопросы, связанные с динамикой распространения стволовой гнили в сосняках в зависимости от лесотаксационных показателей, достаточно изучены. Тем не менее, разноречивыми остаются указания по зависимости пораженности сосняков гнилью от полноты, диаметра древостоя; в большинстве случаев отсутствует оценка зависимости распространенности гнили от комплекса таксационных показателей. Следует также учитывать значение рассмотрения этого вопроса в региональном аспекте, так как полученные результаты можно успешно использовать для лесохозяйственной практики в условиях определенной территории.

В целях определения связи распространенности центральной стволовой гнили с таксационными показателями древостоев проведен парный корреляционный анализ, как в рамках всего исходного материала, так и в пределах основных групп типов леса, учитывая их влияние на пораженность сосняков гнилью (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Корреляция между распространенностью стволовой гнили (P) и таксационными показателями древостоя (коэффициент корреляции Пирсона)

Показатель	P , %	Доля сосны в составе	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Бонитет	Полнота
1	2	3	4	5	6	7	8
Лишайниковая группа типов леса ($n = 22$)							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	0	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,861	0	1	-	-	-	-
Средний диаметр, см	0,722	0	0,775	1	-	-	-
Средняя высота, м	0,667	0	0,749	0,624	1	-	-
Бонитет	0,313	0	0,199	0,105	-0,306	1	-
Полнота	-0,496	0	-0,505	-0,761	-0,518	-0,022	1
Зеленомошная группа типов леса ($n = 27$)							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	0,322	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,757	0,130	1	-	-	-	-
Средний диаметр, см	0,538	0,159	0,705	1	-	-	-
Средняя высота, м	0,621	-0,036	0,752	0,833	1	-	-
Бонитет	0,410	0,499	0,235	-0,130	-0,251	1	-
Полнота	-0,249	-0,002	-0,180	-0,191	-0,254	-0,014	1
Разнотравная группа типов леса ($n = 26$)							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	0,063	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,766	0,352	1	-	-	-	-

Окончание таблицы 3.11

Средний диаметр, см	0,781	-0,110	0,674	1	-	-	-
Средняя высота, м	0,896	-0,077	0,696	0,824	1	-	-
Бонитет	0,062	0,495	0,315	-0,181	-0,139	1	-
Полнота	-0,401	-0,087	-0,403	-0,607	-0,473	0,158	1
По всему массиву данных ($n = 75$)							
P, %	1	-	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	-0,054	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,610	0,348	1	-	-	-	-
Средний диаметр, см	0,679	-0,188	0,513	1	-	-	-
Средняя высота, м	0,747	-0,159	0,588	0,719	1	-	-
Бонитет	-0,047	0,574	0,403	-0,228	-0,332	1	-
Полнота	-0,335	-0,036	-0,319	-0,547	-0,350	-0,003	1

выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$)

В результате анализа во всех случаях установлена высокая связь распространенности стволовой гнили с возрастом древостоя. При этом по мере увеличения возраста отмечается закономерное повышение зараженности сосняков сосновой губкой. Этот факт является очевидным и установлен многими исследователями, занимавшимися изучением стволовой гнили сосны (Синадский, 1953, 1983; Картавенко, 1960; Конев, 1961, 1979; Венценосцев, 1967; Смирнова, 1968; Романовский и др., 1973; Ежов, 1998; Чураков, Кандрашкин, 2009 и др.).

На основе парного регрессионного анализа для насаждений основных групп типов леса получен ряд математических моделей, отражающих характер изменения пораженности сосняков стволовой гнилью в зависимости от среднего возраста древостоя. Оптимальной формой аппроксимации обсуждаемой зависимости являются уравнения вида: $y = a + b \ln x$. Графики зависимости

распространенности гнили от среднего возраста древостоя с соответствующими уравнениями регрессии для приангарских сосняков приведены на рисунке 3.14.

В условиях Красноярского Приангарья первые деревья, имеющие стволовую гниль от сосновой губки, появляются в сосняках, начиная с III класса возраста (в среднем в пределах 50 – 60-ти лет). Это связано, во-первых, с дифференциацией древесины в стволах деревьев к этому возрасту на заболонную и ядровую; оформившееся ядро становится подходящим объектом для развития сосновой губки. Во-вторых, в этом возрасте в древостое более или менее энергично идет процесс очищения стволов от сучьев, в результате чего нижние ветви отмирают и обламываются, «открывая ворота» для проникновения сосновой губки в ядровую часть ствола. При этом гниль имеет исключительно скрытый характер развития (базидиомы возбудителя на стволах отсутствуют), доля пораженных деревьев не превышает 5-10 %, однако в сосняках разнотравной группы уже может достигать до 20 % и более. В дальнейшем отмечается достаточно резкое нарастание зараженности насаждений гнилью в среднем до 120-160-летнего возраста. На этом этапе повышение распространенности стволовой гнили объясняется наличием у деревьев большого количества отмирающих и обломанных сучьев, являющихся местом проникновения инфекции, вследствие продолжающегося очищения стволов и естественного изреживания древостоя. Кроме того, массовое поражение сосны гнилью в этот период совпадает с интенсивным ядрообразованием у деревьев (Романовский и др., 1973). По данным В.П. Романовского с соавт. (1973) периодом наиболее интенсивного образования ядра у сосны является возраст между 100-140 годами. При этом число слоев и процент площади ядра сосны не зависит от условий произрастания (типа леса, бонитета) и диаметра ствола; основным фактором является возраст. Периоду интенсивного ядрообразования предшествует резкое падение прироста по диаметру в возрасте 100-120 лет. Вторичное существенное уменьшение ширины годичных слоев приурочено к возрасту 150 – 160 лет. С.П. Арефьев (1990), исследуя гнилевые болезни сосны сибирской в лесах среднетаежного Прииртышья, также указывает на интенсивную поражаемость кедра гнилями в период неблагоприятного сдвига

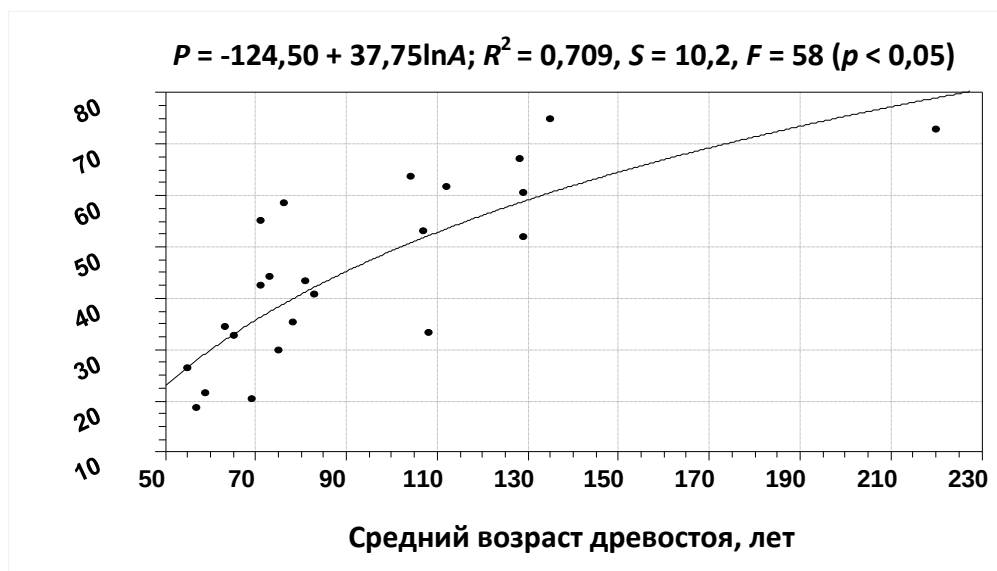
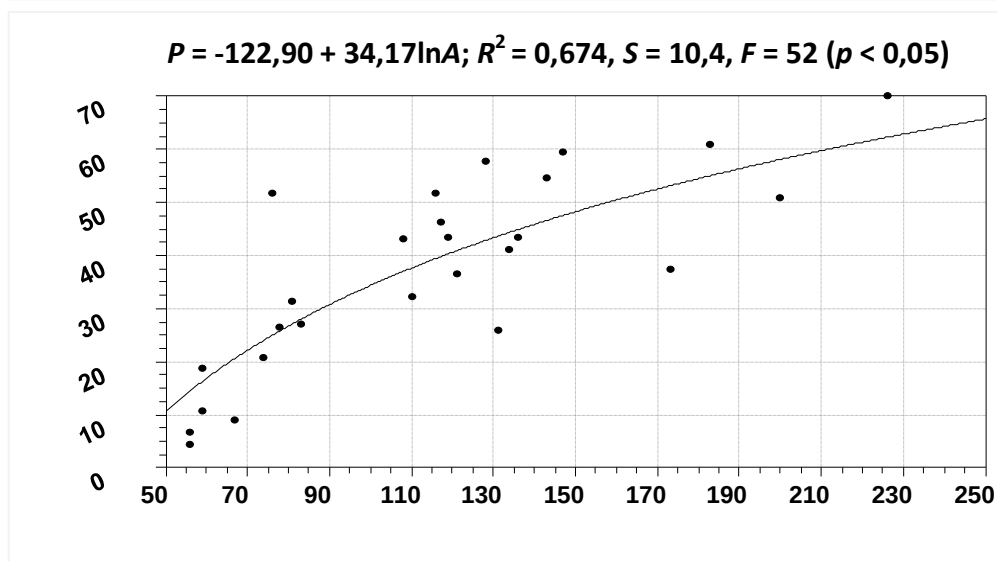
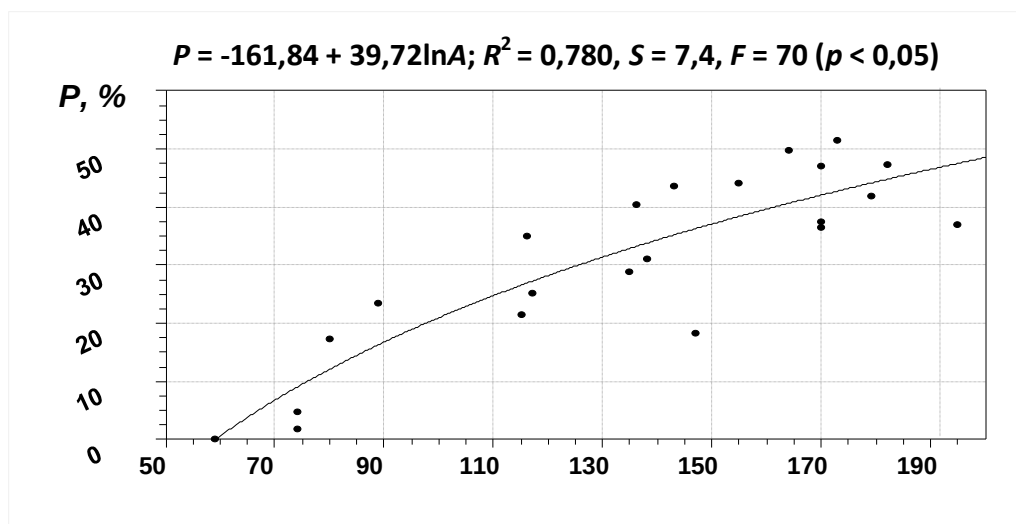


Рисунок 3.14 – Зависимость распространенности стволовой гнили (P) от возраста древостоя (A) для сосняков: а) – лишайниковой ($A = 60-200$ лет), б) – зеленомошной ($60-250$ лет), в) – разнотравной ($50-230$ лет) групп типов леса

соотношения физиологически активной биомассы дерева и всей накопленной биомассы, заключенной преимущественно в ядровой древесине. Этот сдвиг находит свое отражение в снижении текущего радиального прироста и увеличении доли ядровой древесины.

С возраста 140-160 лет процесс нарастания пораженности стволовой гнилью идет относительно медленно и в основном за счет накопления в древостое инфекции в виде появляющихся плодовых тел возбудителя. В сосняках Приангарья пораженность стволовой гнилью практически достигает своего максимума к возрасту 200 лет. В дальнейшем, по мере разрушения древостоя, нередко отмечается снижение распространенности болезни вследствие отпада деревьев (гнилевого ветролома).

На основе корреляционного анализа установлена также прямая связь распространенности стволовой гнили со средним диаметром древостоя, как по всему исходному материалу, так и в пределах групп типов леса (таблица 3.11). Повышенная распространенность сосновой губки в сосняках, где преобладают толстомерные деревья, связана с большей их подверженностью грибному поражению из-за особенностей анатомо-морфологического строения древесины, в частности ядровой, процент которой у толстомерных деревьев выше (Габрилавичус, 1978), а также плохого очищения стволов от сучьев. Безусловно, зависимость пораженности сосняков стволовой гнилью от среднего диаметра древостоя опосредована влиянием условий произрастания, определяющих величину радиального прироста, и возраста древостоя. Моделирование динамики пораженности сосняков стволовой гнилью с использованием доступного для измерения параметра (аргумента) – среднего диаметра древостоя перспективно для принятия хозяйственных решений в эксплуатационных лесах Красноярского Приангарья. Уравнения регрессии (вида $y = a + b \ln x$; $y = a + bx$), наиболее удачно аппроксимирующие рассматриваемую зависимость по группам типов леса, с соответствующим графическим её отображением приведены на рисунке 3.15.

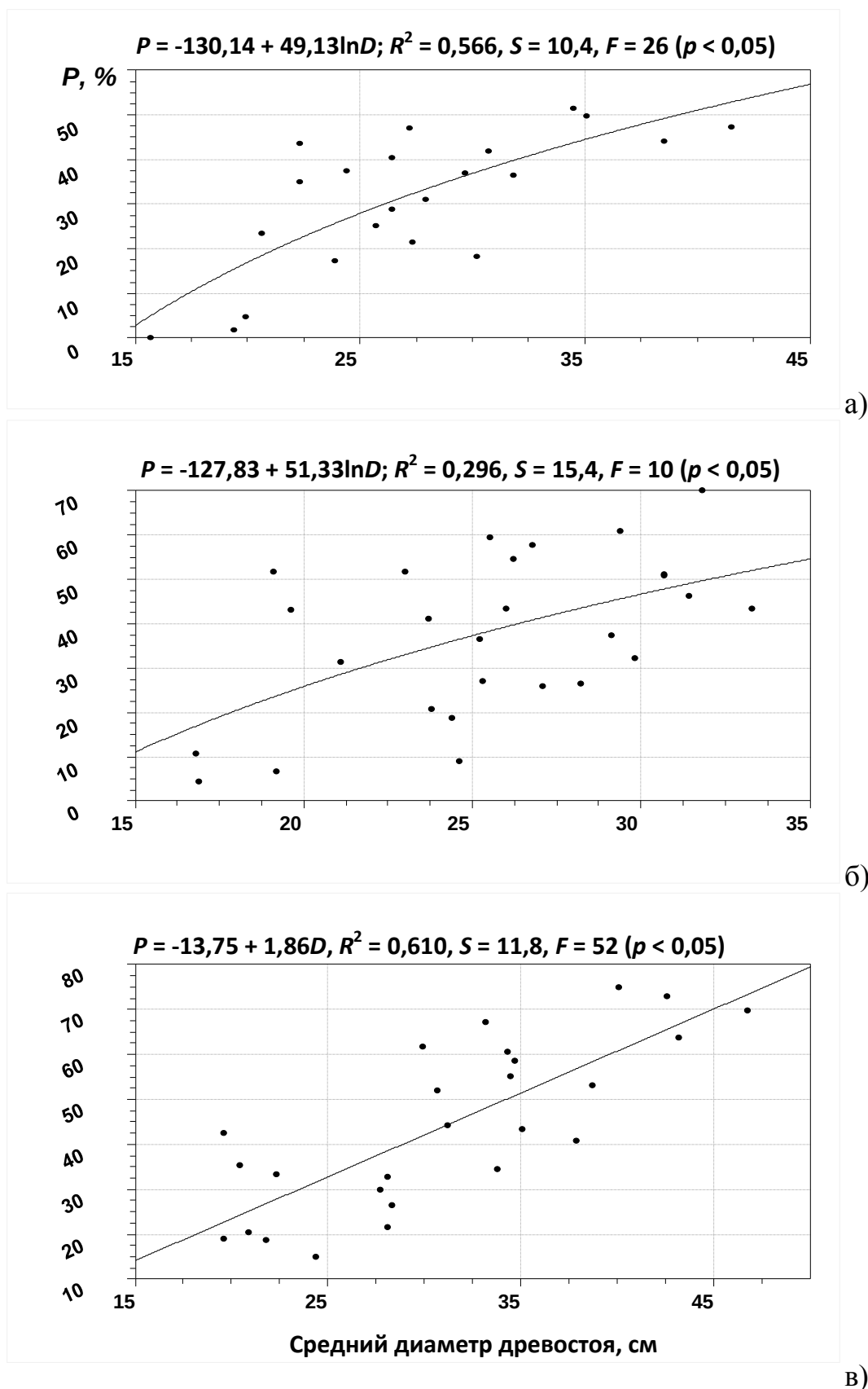


Рисунок 3.15 – Зависимость распространенности стволовой гнили (P) от среднего диаметра древостоя (D) для сосняков: а) – лишайниковой ($D = 16-39$ см), б) – зеленомошной (17-33 см), в) – разнотравной (20-47 см) групп типов леса

Связь пораженности сосняков гнилью с классом бонитета неоднозначна. Так, если в пределах всего исходного материала (без учета типа леса) и разнотравной группы типов леса, отличающейся сравнительно стабильной продуктивностью (обычно I-II класс бонитета), достоверной связи распространенности сосновой губки с бонитетом не обнаружено, то в пределах лишайниковой и зеленомошной групп типов леса отмечается достоверная связь этих показателей (коэффициенты корреляции соответственно – 0,313 и 0,410 (при $p < 0,05$)). Таким образом, в пределах последних групп типов леса в большей степени поражены стволовой гнилью низкопроизводительные древостои.

Парный корреляционный анализ в большинстве случаев (за исключением зеленомошной группы типов леса) показал достоверную умеренную обратную связь распространенности стволовой гнили с полнотой древостоя (таблица 3.12). Повышенная зараженность гнилью низкополнотных сосняков может быть связана с плохим очищением стволов от сучьев, на что в свое время указывали Л.В. Любарский (1963), А.А. Иванчиков (1974), А.М. Жуков (1978, 1982). На наш взгляд, зависимость пораженности сосняков центральной стволовой гнилью от полноты достаточно сложная и во многом определяется возрастом, средним диаметром древостоя и антропогенными воздействиями.

В целях получения адекватных математических моделей, отражающих зависимость распространенности стволовой гнили от ряда лесотаксационных показателей, нами проведен множественный регрессионный анализ по всем вариантам группировки данных. Для сосняков лишайниковой и зеленомошной групп типов леса итогом таких расчетов явились выше приведенные уравнения зависимости распространенности гнили от среднего возраста древостоя. Итоговое уравнение, включающее наиболее значимые факторы, для сосняков разнотравной группы имеет вид:

$$P = -257,79 + 18,15\ln A + 70,84\ln H \quad (R = 0,925, S = 7,3, F = 68 \text{ (} p < 0,05\text{)}),$$

для сосняков в рамках всего исходного материала:

$$P = 0,10A + 1,96H - 28,45Pl \quad (R = 0,959, S = 12,1, F = 278 \text{ (} p < 0,05\text{)}),$$

где P – распространенность стволовой гнили, %; A – средний возраст древостоя, лет; H – средняя высота древостоя, м; Pl – относительная полнота древостоя.

В сосновом насаждении поражение деревьев центральной стволовой гнилью подчинено определенной закономерности и находится в связи с диаметром деревьев, на что в своих работах указывали С.И. Ванин (1929), В.П. Драверт (1929), В.Н. Братусь (1956), Н.И. Федоров (1963), Г.И. Конев (1964), В.К. Смирнова (1968), А.М. Жуков (1978). Для установления внутриценотических закономерностей поражения деревьев разного диаметра, нами проанализированы данные по четырем пробным площадям, заложенным в спелых и перестойных сосняках основных групп типов леса. Согласно диаграммам, приведенным на рисунке 3.16, в части древостоя, образуемой пораженными сосновой губкой деревьями, в целом сохраняется свойственное лесным насаждениям распределение деревьев по диаметру, что согласуется с результатами исследований ряда других авторов (Драверт, 1929; Братусь, 1956; Федоров, 1963; Конев 1964; Смирнова, 1968). В целях статистического сравнения рассматриваемых рядов распределения в пределах каждой пробной площади был рассчитан критерий λ (Колмогорова-Смирнова) (Фалалеев, Смольянов, 1981). В результате анализа для насаждений на трех пробных площадях (ПП Д1, Д15, Д17) не установлено достоверных различий между сравниваемыми рядами распределения деревьев по ступеням толщины внутри всего древостоя и его части, пораженной гнилью: расчетные значения критерия $\lambda \leq$ его критического значения, соответствующего первому уровню доверительной вероятности (0,95). Однако на ПП Д13 зафиксировано достоверное различие между сравниваемыми совокупностями, что связано с отсутствием пораженных деревьев в низких ступенях толщины. Таким образом, можно заключить, что в насаждениях сосны обыкновенной сосновая губка обычно поражает деревья из разных ступеней толщины, пропорционально доле их участия в составе ценопопуляции с определенной тенденцией преобладания крупномерных экземпляров.

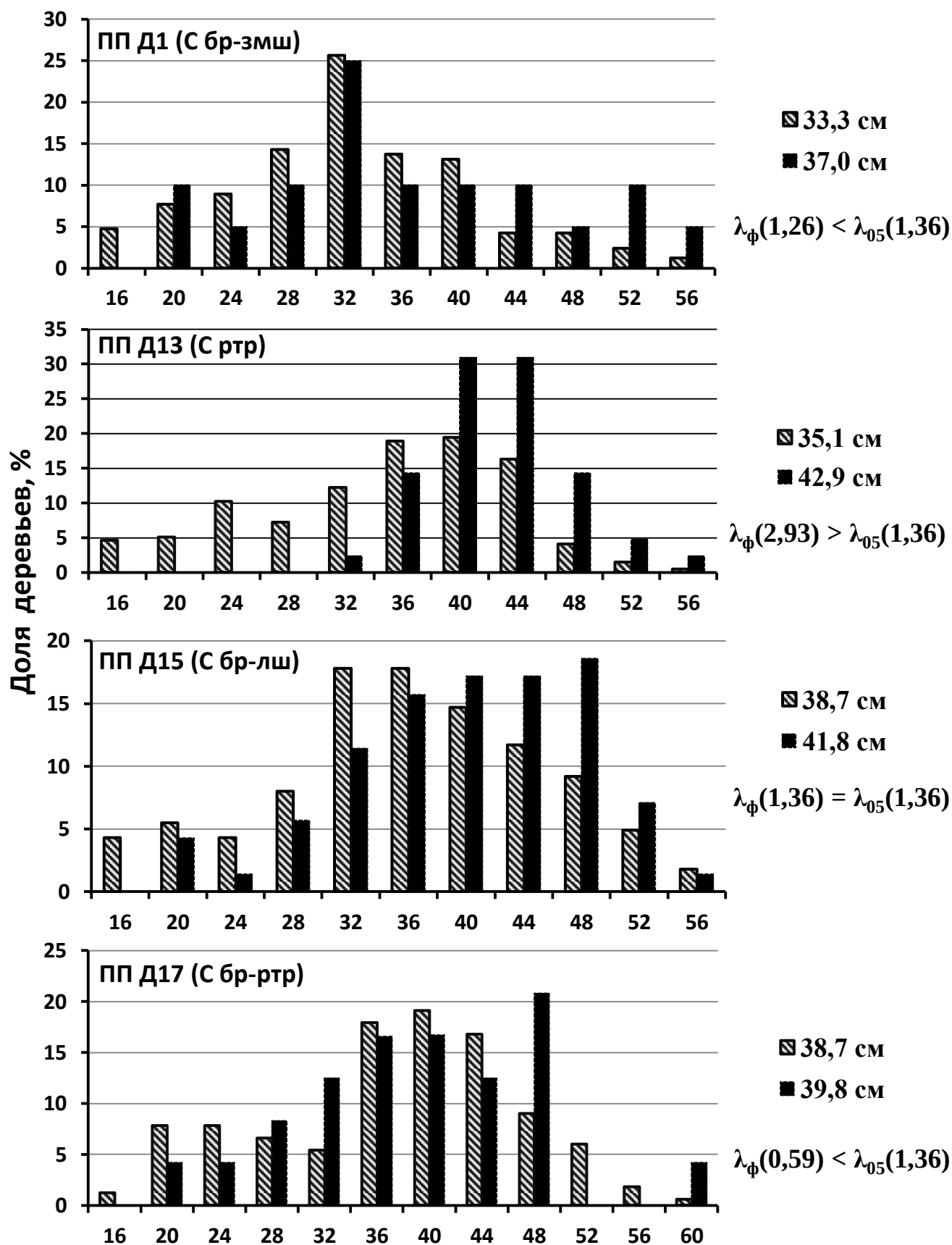


Рисунок 3.16 – Распределение по ступеням толщины (см) и средний диаметр пораженных стволовой гнилью (темный цвет) и всех деревьев

3.3 Влияние антропогенных факторов на пораженность сосняков стволовой гнилью

Как отмечалось ранее, светлохвойные леса Красноярского Приангарья в течение последнего полувекового периода подвержены активному хозяйственному освоению, в связи с чем, современное их состояние в значительной степени обусловлено антропогенными факторами. Последние, воздействуя на компоненты лесных экосистем, часто определяют характер взаимоотношений эдификатора с патогенными консортами, включая дереворазрушающие грибы биотрофного комплекса. В этом отношении представляет интерес изучение влияния антропогенных факторов на поражаемость приангарских сосняков центральной стволовой гнилью, тем более что имеющиеся в специальной литературе сведения по этому вопросу немногочисленны и часто не подтверждены фактическими данными.

Важнейшим фактором, определяющим санитарное состояние сосновых насаждений Красноярского Приангарья, являются низовые пожары, возникающие преимущественно по вине человека. По мнению ряда авторов (Колесников, Любарский, 1963; Кашин, 1968; Иванчиков, 1974; Жуков, 1978; Kovachevic, 1979; Минкевич и др., 1983 и др.) пожары являются одной из причин увеличения зараженности древостоев дереворазрушающими грибами, среди которых отмечаются и возбудители ядровых гнилей. Б.П. Колесников, Л.В. Любарский (1963) объясняют это тем, что низовые пожары понижают сопротивляемость деревьев к грибному заражению и способствуют появлению открытых ран в нижней части стволов. Однако влияние низовых пожаров на состояние сосны не всегда однозначно и зависит от степени охвата стволов огнем, длительности термического воздействия, возраста и параметров повреждаемых деревьев. И.С. Мелехов с соавт. (1980) указывают на относительную устойчивость сосны обыкновенной к воздействию огня вследствие того, что живые клетки луба, камбия и заболони, особенно у взрослых крупномерных деревьев, защищены толстым слоем корки. У таких деревьев в годичных слоях под термическим

воздействием повышается процент поздней древесины и количество смоляных ходов. По этой причине наружные слои древесины, подвергшиеся действию огня, в первые послепожарные годы отличаются устойчивостью к гниению (Кривицких, 1994). Очевидно, основная причина возможного повышения зараженности сосняков, пройденных низовыми пожарами, ксилотрофными грибами – наличие на стволах деревьев глубоких пожарных подсушин, обнажающих ядровую древесину. С течением времени такие обнаженные участки ядра подвергаются комплексному воздействию абиотических факторов, сапротрофной микофлоры, вызывающей бурую напенную гниль. При отсутствии активного антагонистического влияния сапротрофных грибов через них может проникать в ствол и сосновая губка, вызывающая центральную стволовую гниль (Татаринцев, 1996б).

С целью выяснения влияния низовых пожаров на распространенность стволовой гнили в сосновых насаждениях района исследований в объеме всего исходного материала ($n = 75$) проведен дисперсионный анализ. При этом был организован двухфакторный комплекс, в котором кроме градаций по основному фактору (интенсивность низового пожара), были предусмотрены градации по возрастным группам древостоя, учитывая влияние возраста на поражаемость сосняков гнилью, а также на степень реакции деревьев на огневое воздействие (Савченко, 1981).

На основании результатов анализа (таблица 3.12) можно говорить о сильном (46%) и достоверном влиянии возраста на распространенность стволовой гнили, что является вполне очевидным. Влияние низового пожара на результативный признак очень слабое (5%), тем не менее, достоверное ($F_{\text{факт.}} = F_{05}$). Сочетание воздействия факторов еще на 14% усиливает наблюдаемый результат. Повышение пораженности древостоев гнилью по мере увеличения интенсивности огневого воздействия наиболее четко просматривается в средневозрастных сосняках. В этом возрасте (40- 80 лет) деревья чувствительны к низовым пожарам вследствие незначительной толщины корки, предохраняющей клетки луба, камбия и заболони от отрицательных воздействий. По данным А.Г. Савченко (1981) у таких

деревьев в результате низовых пожаров уменьшается ширина годовичных слоев и процент поздней древесины, резко нарушается жизнедеятельность. При интенсивном воздействии наиболее вероятно появление глубоких подгаров в комлевой части стволов. Все это способствует заражению деревьев сосновой губкой (Татаринцев, 1996б).

Таблица 3.12 – Дисперсионный анализ влияния интенсивности низового пожара (А) и возраста древостоя (В) на распространенность стволовой гнили

Факторы	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	Степень влияния, %	F-критерий	
					$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
А	3	12,7	4,2	4,9	2,7	2,7
В	3	121,4	40,5	46,4	26,0	2,7
АВ	9	35,7	4,0	13,6	2,6	2,0
Случайные факторы и ошибки	59	92,0	1,56	35,1		
Все факторы		261,8		100		

В южной части Красноярского Приангарья весомым антропогенным фактором, влияющим на состояние значительных площадей лесных насаждений, выступает рекреационное лесопользование, выражающееся в эпизодическом сезонном пребывании людей в лесу, а также стационарном использовании насаждений (базы отдыха, зоны отдыха вдоль рек и вокруг озер). Высокие рекреационные нагрузки приводят к дигрессии насаждений, создают условия для подъема численности популяций ряда видов насекомых-дендрофагов и фитопатогенных организмов (Татаринцев, Аминев, 1989, 1995).

Для изучения влияния рекреационного воздействия на пораженность сосняков стволовой гнилью в лесном массиве (10С, бруснично-толокнянковый, VIII-IX класс возраста, бонитет – III, полнота – 0,4-0,6), примыкающем к озеру Маслеево (Дзержинское лесничество), в разноудаленных от береговой полосы частях, было заложено 15 учетных площадей (25×50 м, по пять для трех уровней дигрессии). В результате проведенного обследования на каждой учетной единице была определена распространенность стволовой гнили (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Распространенность (%) стволовой гнили в рекреационных сосняках

ПП	Стадии рекреационной дигрессии		
	I-II	III	IV
1	33,4	23,8	44,9
2	39,7	35,7	43,5
3	33,5	44,3	45,5
4	27,3	38,8	39,9
5	40,5	34,7	45,8
$M \pm m$	$34,9 \pm 2,4$	$35,5 \pm 3,4$	$43,9 \pm 1,1$
U (p -уровень)	$\longleftarrow 11 (> 0,05) \longrightarrow$ $\longleftarrow 2 (< 0,05) \longrightarrow$ $\longleftarrow 1 (< 0,05) \longrightarrow$		

Отмечается повышение пораженности сосняков гнилью по мере возрастания рекреационной нагрузки. При этом различия в распространенности болезни оказались значимыми на рубеже III-IV стадий дигрессии, который считается границей естественной устойчивости лесного биогеоценоза к рекреации (Казанская и др., 1977). К аналогичным результатам в своих исследованиях пришли Б.П. Чураков (1982), С.В. Шевченко (1985).

Еще один антропогенный фактор, определяющий санитарное состояние сосняков Приангарья – подсочка, особенно в случае длительной эксплуатации древостоев с применением агрессивных стимуляторов смолы выделения. При фитопатологических обследованиях подсоченных насаждений основное внимание уделялось общему состоянию древостоя, степени заселения деревьев деревоокрашивающими и сапротрофными грибами, снижающими качество древесины в месте расположения карр (Ванин, Кочкина, 1934; Соколов, Баженова, 1954; Картавенко, 1960 и др.). Вопрос, связанный с влиянием подсочки на распространение и развитие стволовой гнили сосны практически не изучен,

имеются лишь отрывочные указания на возможное повышение пораженности сосняков гнилью вследствие эксплуатации их подсочкой (Жуков, 1978, 1982).

Исследование влияния подсочки на поражаемость сосняков стволовой гнилью выполнено нами в условиях Невонского лесничества на трех участках сосновых насаждений бруснично-зеленомошного типа, характеризующихся близкими таксационными показателями (9С1Л-10С, VII-IX класс возраста, полнота – 0,7-0,8, бонитет – III-IV) и различным уровнем эксплуатации древостоев подсочкой. В пределах каждого из сравниваемых участков на пяти равномерно заложенных учетных площадях (25×50 м) определена распространенность деревьев, пораженных центральной стволовой гнилью (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Пораженность сосняков стволовой гнилью (%) на участках с разным уровнем воздействия подсочки

ПП	Неподсоченный древостой (контроль)	Подсачивается в течение восьми лет	Подсачивался шесть лет + четыре года после вывода из подсочки
1	36,9	54,5	44,7
2	40,3	46,5	51,3
3	42,8	45,2	51,9
4	39,6	50,4	59,1
5	46,3	43,7	52,5
$M \pm m$	$41,2 \pm 1,6$	$48,1 \pm 2,0$	$51,9 \pm 2,3$
U (p -уровень)	$\longleftarrow 2 (< 0,05) \longrightarrow$ $\longleftarrow 7 (> 0,05) \longrightarrow$ $\longleftarrow 1 (< 0,05) \longrightarrow$		

Многолетняя подсочка сосновых древостоев значительно влияет на распространенность стволовой гнили в сторону ее повышения, что показано в результате сравнительного анализа данных по критерию Манна-Уитни. Более высокая пораженность стволовой гнилью подсоченных древостоев связана с тем,

что, во-первых, зеркало карры может выступать дополнительным местом раневого инфицирования деревьев базидиоспорами сосновой губки. Это возможно в том случае, когда покрывающая места ранений смола выветривается, и на каррах появляются трещины, заходящие в ядровую древесину. По нашим наблюдениям растрескивание карр происходит на пятый-седьмой год подсочки, а с применением стимуляторов смолы выделения и при нарушении технологии вздымки даже раньше. Во-вторых, подсочка, приводя к изменениям в строении древесины (по крайней мере, в зоне зеркала карры) и в физиолого-биохимических процессах, протекающих в дереве, уменьшает естественную устойчивость сосны к поражению сосновой губкой. Эффект нарастания числа пораженных гнилью деревьев отмечается в насаждениях, выведенных из подсочки и остающихся на корню (при сравнении данных по второму и третьему участкам), однако сравнительная оценка не выявила значимых различий в пораженности гнилью на последних участках.

Подсочка, оказывающая отрицательное воздействие на физиологическое состояние деревьев, не только способствует повышению распространенности стволовой гнили, но, очевидно, в первую очередь влияет на развитие гнили в стволах, ускоряя дереворазрушающий процесс, вызываемый сосновой губкой. Подобное предположение вытекает из ряда литературных данных, на которых еще раз следует заострить внимание.

Как известно, при подсочке из ствола изымается какая-то часть заболонной древесины, которая тем больше, чем дольше дерево подсаживается. Заболонная же древесина у растущих деревьев выполняет важные физиологические функции и оказывает существенное влияние на состояние дерева (Габрилавичус, 1978). По данным А.Н. Шатерниковой (1961) регулярно наносимые в процессе подсочки на стволах ранения, нарушающие водопроводящую систему сосны, через два-четыре года приводят к полному отмиранию заболони в месте расположения зеркала карры. В других участках ствола, в том числе выше карр, нарушается деятельность камбия, снижается прирост древесины в основном за счет снижения ширины поздней части годичного слоя (Шатерникова, 1961; Пилипенко, 1967;

Дрочнев, Бестемьянников, 1968 и др.), отличающейся большим содержанием смолистых веществ и большей устойчивостью к гниению. Вследствие этого у деревьев сосны наблюдается заметное уменьшение ширины заболони, то есть уменьшается резервуар с запасами воды. Таким образом, в стволах подсачиваемых деревьев идет усиленное ядрообразование, особенно в пределах зеркала карры и в прилегающих участках ствола. Чрезмерное истечение смолы, выполняющей в растении защитную функцию, приводит к ослаблению деревьев (что наиболее характерно для длительной подсочки), снижает их устойчивость к неблагоприятным факторам, в том числе к гнилям (Судачкова и др., 1990). Из сказанного следует, что многолетняя подсочка приводит к ослаблению ряда факторов пассивного и активного иммунитета сосны к поражению центральной стволовой гнилью. Кроме того, через трещины, появляющиеся на зеркале карры вследствие выветривания смолы и подсыхания древесины, может дополнительно осуществляться газообмен между возбудителем гнили (при наличии таковой в стволе) и окружающим воздухом, что способствует дереворазрушающему процессу.

С целью проверки высказанной гипотезы о влиянии подсочки на развитие центральной стволовой гнили сосны, нами проанализирована группа пораженных гнилью модельных деревьев, взятых в спелых и перестойных сосняках зеленомошной группы типов леса. Из них часть взята в подсоченных насаждениях (при сроке подсочки не менее четырех лет), другая часть деревьев подобрана в однотипных насаждениях, незатронутых подсочкой. В качестве показателей развития гнили использовали протяженность и максимальный диаметр гнили. Причем, учитывая очевидную связь абсолютных значений данных параметров с таксационными показателями деревьев (соответственно с высотой и диаметром ствола) при сравнительном анализе использовали их относительные значения. Средние значения относительных параметров гнили, приведенные в таблице 3.15, указывают на тенденцию более интенсивного ее развития в стволах подсоченных сосен, достоверность которой подтверждена сравнительной оценкой по t -критерию.

Таблица 3.15 – Показатели развития гнили в стволах подсоченных ($n = 41$) и контрольных ($n = 35$) деревьев (по $d_{K-S}p > 0,05$)

Варианты деревьев	Относительная протяженность гнили, %		t -критерий
	$M \pm m$	крайние варианты	
Подсоченные	$48,6 \pm 3,4$	8,0 – 84,8	$t_{\text{факт}} (2,3)$ $> t_{05} (2,0)$
Неподсоченные (контроль)	$36,6 \pm 3,9$	7,7 – 84,5	

Окончание таблицы 3.15

Варианты деревьев	Относительный наибольший диаметр гнили, %		t -критерий
	$M \pm m$	крайние варианты	
Подсоченные	$70,3 \pm 2,1$	38,7 – 98,1	$t_{\text{факт}} (3,2)$ $> t_{05} (2,0)$
Неподсоченные (контроль)	$60,0 \pm 2,4$	36,3 – 94,0	

Очевидно, что влияние подсочки на физиологическое состояние сосны и развитие центральной стволовой гнили, обусловленное повреждением жизненно важных заболонных слоев древесины, зависит от степени ее воздействия на дерево (иначе нагрузки). По утверждению И.И. Орлова (1959) жизнедеятельность подсачиваемых деревьев зависит не столько от оголения стволов по окружности, сколько от глубины систематически наносимых подновок. Исходя из важной роли водного режима дерева при подсочке, нарушение которого в той или иной степени отражается на его жизнедеятельности и смолопродуктивности, под нагрузкой на дерево, по мнению автора, следует понимать количество заболонной древесины, извлеченной из ствола и выраженной в объемной мере. При этом объемная нагрузка находится как произведение между шириной, длиной карры (за один или несколько сезонов эксплуатации) и средней глубиной подновок. Учитывая такую биологическую особенность сосны, как различная величина заболони у разных экземпляров, для более полного определения действительного воздействия подсочки на дерево необходимо делать поправку на ширину

заболони, деля объемную нагрузку на значение последней. В результате этого находится так называемый коэффициент воздействия подсочки на дерево.

Для установления зависимости развития стволовой гнили от интенсивности воздействия подсочки на древесный организм, нами проведен парный корреляционный анализ связи между коэффициентом воздействия подсочки на дерево, который был рассчитан по вышеприведенной методике для каждого анализируемого ствола, и параметрами гнили (таблица 3.16). В результате установлена достоверная прямая умеренная связь относительного развития гнили по диаметру с интенсивностью воздействия подсочки. Связи развития гнили по длине ствола с рассматриваемым показателем не обнаружено.

Таблица 3.16 – Связь параметров стволовой гнили с коэффициентом воздействия подсочки на дерево, $n = 41$

Параметры гнили	r	p -уровень
Относительная протяженность, %	0,009	$> 0,05$
Относительный наибольший диаметр, %	0,448	$< 0,05$

Таким образом, подсочка оказывает стимулирующее воздействие на поражение сосны центральной стволовой гнилью, что наиболее существенно проявляется в развитии гнили по диаметру ствола, при этом с увеличением интенсивности воздействия подсочки на дерево закономерно возрастает относительный диаметр гнили.

Выводы

1. В составе лесного покрова Красноярского Приангарья, претерпевшего значительную антропогенную трансформацию, преобладают сосновые насаждения, несмотря на основную лесопромышленную нагрузку, выпавшую на них за предшествующий полувековой период. По официальным данным основным ослабляющим фактором для светлохвойных лесов региона,

относящихся к зоне сильной лесопатологической угрозы, выступают лесные пожары, в меньшей степени – болезни, насекомые-дендрофаги и иные, в том числе антропогенные факторы.

2. В сосняках, более чем на 60 % представленных спелыми и перестойными древостоями, среди выявленных патологий в слое эдификатора наибольшее ценотическое и хозяйственное значение имеют смоляной рак (серянка) и стволовая гниль, которые становятся причиной ослабления деревьев, накопления патологического отпада (сухостоя, гнилевого ветролома), в эксплуатационных сосняках – ухудшения качественных характеристик отдельных деревьев и древостоев.

3. Смоляным раком значительней поражаются низкобонитетные сосняки лишайниковой группы, распространенность болезни возрастает по градиенту снижения плодородия и степени увлажнения почв, видового разнообразия растений в напочвенном покрове, что повышает вероятность присутствия однохозяйного возбудителя рака, распространяющегося непосредственно от дерева к дереву. Пораженность раком-серянкой возрастает с повышением доли участия сосны в составе, снижением полноты и взрослением древостоя. Исходя из выявленных эколого-лесоводственных закономерностей, в развитии смоляного рака определяющими являются факторы, прямо или косвенно влияющие на возбудителей болезни – облигатных паразитов (микроспоридиумов р. *Cronartium*): возможность их присутствия в фитоценозе, активность споруляции, накопления инфекции и заражения деревьев.

4. Для развития центральной стволовой гнили решающее значение имеет состояние растения-хозяина (соотношение биомассы ядровой и заболонной древесины, строение древесины, доля ее поздней составляющей), наличие путей проникновения инфекции в ядровую часть ствола (сучковые раны и отмирающие сучья, глубокие поранения стволов). Это объясняет значимое повышение пораженности сосняков гнилью в следующей последовательности групп типов леса: лишайниковая → разнотравная, по мере оптимизации условий

произрастания для сосны. При этом распространенность гнили имеет прямую связь с возрастом, диаметром и высотой древостоя, обратную – с его полнотой.

5. В пределах древостоев стволовой гнилью и смоляным раком обычно поражаются деревья из разных ступеней толщины, пропорционально доле их участия в строении древостоев с определенной тенденцией преобладания соответственно крупномерных и мелкоствольных экземпляров. Последнее для смоляного рака характерно в разнотравных сосняках.

6. В результате интенсивного рекреационного воздействия, многолетней подсочки в сосняках заметно повышается распространенность стволовой гнили вследствие физиологического ослабления деревьев и активного их раневого заражения базидиоспорами сосновой губки. Длительная подсочка ускоряет в стволах дереворазрушающий процесс, с увеличением объемной нагрузки при вздымке возрастает относительный диаметр гнили. Дополнительным фактором увеличения пораженности сосняков стволовой гнилью являются низовые пожары, особенно в случае появления у многочисленных деревьев глубоких подгаров.

4 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ КРАСНОЯРСКОЙ ГРУППЫ РАЙОНОВ

Леса рассматриваемой территории, относящиеся большей частью к зеленой зоне г. Красноярска, являются объектом многолетнего экологического мониторинга. Наиболее сложная и развитая часть экологического мониторинга в отношении лесов – лесопатологический мониторинг (Методы мониторинга ..., 2004), включающий фитопатологические наблюдения. Однако до настоящего времени не дана комплексная санитарно-фитопатологическая оценка лесным насаждениям, тяготеющим к урботерриториям и являющимся наиболее трансформированными в регионе. В соответствии с лесорастительными условиями, естественной и антропогенной динамикой лесного покрова, а также рекреационным значением основными объектами мониторинга на территории Красноярской группы районов выступают лесные биогеоценозы, в которых роль эдификаторов выполняют сосна (*Pinus silvestris* L.) и береза (*Betula pendula* Roth.).

4.1 Оценка санитарного состояния сосновых и березовых насаждений

Сосновые насаждения

Состояние лесного биогеоценоза в первую очередь определяется состоянием эдификатора сообщества. В связи с чем, о санитарном состоянии насаждений судят по соотношению особей разных категорий (классов) состояния, параметрам и характеру накопления отпада в пределах ценопопуляций лесообразующих пород. Сведения о соотношении сумм площадей поперечного сечения стволов (далее – запаса) деревьев разных категорий состояния, полученные в результате обследования пригородных сосняков (таблица 4.1), уже в первом приближении позволяют говорить о худшем состоянии насаждений, испытывающих длительные антропогенные воздействия, в сравнении с сосновыми древостоями, произрастающими на относительно чистом фоне. Так в части сравниваемых лесостепных боров в опытных сосняках зеленой зоны деревья, не имеющие

признаков видимого ослабления, составляют от общего запаса в среднем не более 55 %, тогда как в контроле (Юксеевский бор) относительный запас таких деревьев около 80 %. Доля ослабленных и сильно ослабленных деревьев в контрольном сосняке в среднем 22 %; в пределах опытных насаждений – 42-81%.

Таблица 4.1 – Показатели санитарного состояния сосняков

Лесной массив	ПП	Распределение деревьев по категориям состояния, % от Σg					Средний диаметр, см	
		без призн. ослабл.	ослабл.	сильно ослабл.	отпад		элемента леса	отпада
					текущий	общий		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Таежные леса								
Сосняки Караульного лесничества Учлесахоза СибГТУ	1	45,9	52,3	1,6	0,2	0,2	30,9	16,0
	2	67,3	25,2	2,5	3,3	5,0	37,4	28,6
	3	63,1	30,7	3,7	1,9	2,5	36,0	23,9
	4	31,2	33,0	29,5	5,7	6,3	31,8	20,1
	5	83,8	14,9	0,5	0,4	0,8	38,7	25,7
	среднее	58,3	31,2	7,5	2,3	3,0		
Сосняки ТЭР г/з-ка «Столбы»	1	42,1	41,6	12,1	3,1	4,2	27,5	11,7
	2	38,6	31,9	21,6	5,3	7,9	26,6	16,4
	3	39,6	31,2	22,6	6,5	6,6	27,9	16,1
	4	27,9	45,8	20,0	3,6	6,3	32,6	23,1
	5	21,5	48,8	22,0	6,2	7,7	26,3	17,0
	6	40,1	38,0	12,6	6,0	9,3	29,7	20,7
	среднее	34,9	39,6	18,5	5,1	7,0		
Лесостепь								
Березовский бор	1	-	21,8	67,1	9,2	11,1	19,8	17,0
	2	27,8	57,9	13,8	0,4	0,5	36,3	10,6
	3	0,6	34,2	55,0	10,2	10,2	45,9	42,3
	4	19,2	44,9	31,6	4,1	4,3	19,0	11,8
	5	28,7	57,0	12,5	0,9	1,8	43,8	37,8
	6	12,4	57,4	27,5	2,7	2,7	44,3	14,9
	7	11,8	71,7	16,5	-	-	43,3	-
	среднее	14,4	49,3	32,0	3,9	4,4		

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Есауль- ский бор	1	44,4	44,8	8,9	1,1	1,9	33,2	30,2
	2	47,2	46,6	3,6	1,6	2,6	34,4	33,0
	3	30,0	52,4	11,1	6,5	6,5	38,0	37,2
	среднее	40,5	47,9	7,9	3,1	3,7		
Погорель- ский бор	1	56,6	32,4	8,1	2,9	2,9	35,7	32,6
	2	35,3	46,4	10,8	1,3	7,5	28,4	24,5
	3	75,5	18,2	5,2	0,4	1,1	32,0	17,2
	4	49,3	35,7	12,0	1,8	3,0	27,6	17,6
	среднее	54,2	33,2	9,0	1,6	3,6		
Юксеев- ский бор	1	80,8	15,2	2,9	0,7	1,1	26,3	14,6
	2	77,1	21,8	1,0	0,1	0,1	35,8	16,0
	3	75,3	23,1	1,5	0,1	0,1	42,6	19,9
	среднее	77,7	20,0	1,8	0,3	0,5		

В течение формирования и существования лесного дендроценоза по тем или иным причинам происходит отпад деревьев. При этом под общим отпадом мы понимаем абсолютный или относительный запас усыхающих, усохших в текущем году (свежий сухостой) и в прошлые годы (старый сухостой) деревьев, а также запас ветровала и бурелома. Вполне нормальным явлением считается появление конкурентного отпада, который связан с внутри- и межвидовой конкуренцией растений при формировании древостоя. Известно, что наиболее интенсивно конкурентный отпад деревьев происходит в молодняках, хотя продолжение этого процесса отмечается и в древостоях более старшего возраста. В этом случае отмирают менее жизнеспособные, мелкоствольные экземпляры. Другой отпад – патологический происходит в древостое под действием лимитирующих факторов. В первую очередь это действие вредителей, инфекционных болезней; сюда же можно отнести отпад, связанный с пирогенным фактором, рекреационной нагрузкой и техногенным загрязнением. Патологический отпад часто затрагивает средние и крупноствольные деревья (высших классов Крафта). Таким образом, о характере отпада, в известной степени можно судить, сравнивая средний диаметр деревьев, отнесённых к отпаду, со средним диаметром древостоя (элемента леса) (см. таблицу 4.1).

На основе распределения запаса деревьев по классам состояния произведена интегральная оценка состояния сосновых древостоев на изучаемых объектах, как отмечалось ранее, по двум методикам: через средневзвешенный индекс состояния (K_{cp}) и по методике В.А. Алексеева (1989) – посредством расчета показателя жизненного состояния L (таблица 4.2). В первом случае в расчет индекса состояния наряду с живыми деревьями включен сухостой, что, по мнению В.А. Алексеева (1989) «при определении санитарного состояния леса вполне правомерно». При определении жизненного состояния древостоя включение сухостоя в расчет показателя L не совсем уместно, ввиду нулевой жизненности усохших деревьев. Несмотря на отнесение древостоев в соответствии с известными градациями расчетных показателей к определенному варианту состояния, что вызывает некоторые сомнения в различии состояния сосняков на разных участках, абсолютные значения показателей указывают на большие или меньшие различия в санитарном и жизненном состоянии исследуемых боров.

Таблица 4.2 – Интегральная оценка состояния сосняков

Лесной массив	ПП	Через средневзвешенный индекс		По методике В.А. Алексеева (1989)	
		K_{cp}	состояние	L , %	состояние
1	2	3	4	5	6
Таежные леса ($n=11$, K_{cp} : $d_{K-S}=0,181$ ($p>0,05$), L : $d_{K-S}=0,217$ ($p>0,05$))					
Сосняки Караульного лесничества Учлесхоза СибГТУ	1	1,6	ослабленный	85,8	здоровый
	2	1,5	здоровый	87,6	здоровый
	3	1,5	здоровый	86,6	здоровый
	4	2,1	ослабленный	66,4	ослабленный
	5	1,2	здоровый	93,1	здоровый
Сосняки ТЭР г/з-ка «Столбы»	1	1,8	ослабленный	76,1	ослабленный
	2	2,0	ослабленный	69,7	ослабленный
	3	2,0	ослабленный	70,8	ослабленный
	4	2,1	ослабленный	68,1	ослабленный
	5	2,2	ослабленный	64,7	ослабленный
	6	1,9	ослабленный	72,0	ослабленный
В среднем по зоне		$1,81 \pm 0,10$	ослабленный	$76,44 \pm 3,01$	ослабленный

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
Лесостепь (n (без контроля)=14, K_{cp} : $d_{K-S}=0,195$ ($p>0,05$), L : $d_{K-S}=0,166$ ($p>0,05$))					
Березовский бор	1	2,9	сильно ослабл.	42,5	сильно ослабл.
	2	1,9	ослабленный	73,8	ослабленный
	3	2,8	сильно ослабл.	47,0	сильно ослабл.
	4	2,2	ослабленный	63,4	ослабленный
	5	1,9	ослабленный	73,7	ослабленный
	6	2,2	ослабленный	63,7	ослабленный
	7	2,0	ослабленный	68,6	ослабленный
Есаульский бор	1	1,7	ослабленный	79,4	ослабленный
	2	1,6	ослабленный	81,3	здоровый
	3	1,9	ослабленный	71,4	ослабленный
Погорельский бор	1	1,6	ослабленный	82,6	здоровый
	2	2,0	ослабленный	71,9	ослабленный
	3	1,3	здоровый	90,3	здоровый
	4	1,7	ослабленный	79,2	ослабленный
Юксеевский бор (контроль)	1	1,4	здоровый	88,0	здоровый
	2	1,2	здоровый	92,8	здоровый
	3	1,3	здоровый	91,8	здоровый
В среднем по зоне (без контроля)		$1,98 \pm 0,12$	ослабленный	$70,63 \pm 3,53$	ослабленный
t -критерий		$t_{факт} (1,1) < t_{05} (2,1)$		$t_{факт} (1,2) < t_{05} (2,1)$	

Отмечаются несколько лучшие средние показатели состояния у сосняков, приближенных к западной и юго-западной окраинам города, произрастающих на приречных траптовых плато и по склонам южной экспозиции в пределах таежной (подтаежной) зоны. Однако статистически достоверных различий в состоянии таежных и лесостепных сосновых ценозов не установлено (по обоим показателям $t_{факт} < t_{05}$).

Состояние лесных дендроценозов зависит от целого комплекса, часто сопряженных экологических факторов как эндогенной, так и экзогенной природы. Если санитарная и лесопатологическая обстановка в насаждениях, функционирующих на относительно чистом фоне, большей частью обусловлена

эндогенными (животные-фитофаги, фитопатогенные организмы) и природными экзогенными факторами (экстремальные погодные-климатические явления, природные лесные пожары), то для насаждений, приближенных к крупным промышленным городам, очевидно, определяющими являются экзогенные факторы антропогенной природы. Последние в целом дестабилизируют состояние лесных ценозов, часто являясь причиной их деградации, а также изменяют характер консортивных связей в сообществах, где ядром выступают породы-эдификаторы.

Как отмечено ранее, насаждения зеленой зоны г. Красноярска испытывают рекреационные нагрузки и находятся под влиянием техногенного загрязнения. Степень воздействия этих факторов на разных объектах различна в зависимости от расположения насаждений относительно преобладающего направления ветров, удаленности от города и автомагистралей.

Рекреационные нагрузки на лесные экосистемы как следствие различных форм рекреационного лесопользования вполне очевидны для территорий с высокой плотностью населения. Значительный уровень их воздействия обуславливает дигрессию биогеоценозов, в частности фитоценозов. Признаки рекреационных нагрузок и дигрессии проявляются на всех уровнях организации фитоценозов, в том числе в негативном изменении состояния древостоев. В исследуемых сосновых массивах в зависимости от их доступности и рекреационной привлекательности рекреационная дигрессия варьирует от $< I$ до IV стадии. При этом по градиенту повышения рекреационного воздействия отмечается закономерное ухудшение состояния древостоев, особенно заметное в полосе II-IV стадий, о чем свидетельствуют средние значения интегральных показателей (рисунок 4.1). Статистическая значимость влияния рассматриваемого фактора (степень влияния 56 %) на состояние сосняков подтверждена результатами дисперсионного анализа (таблица 4.3).

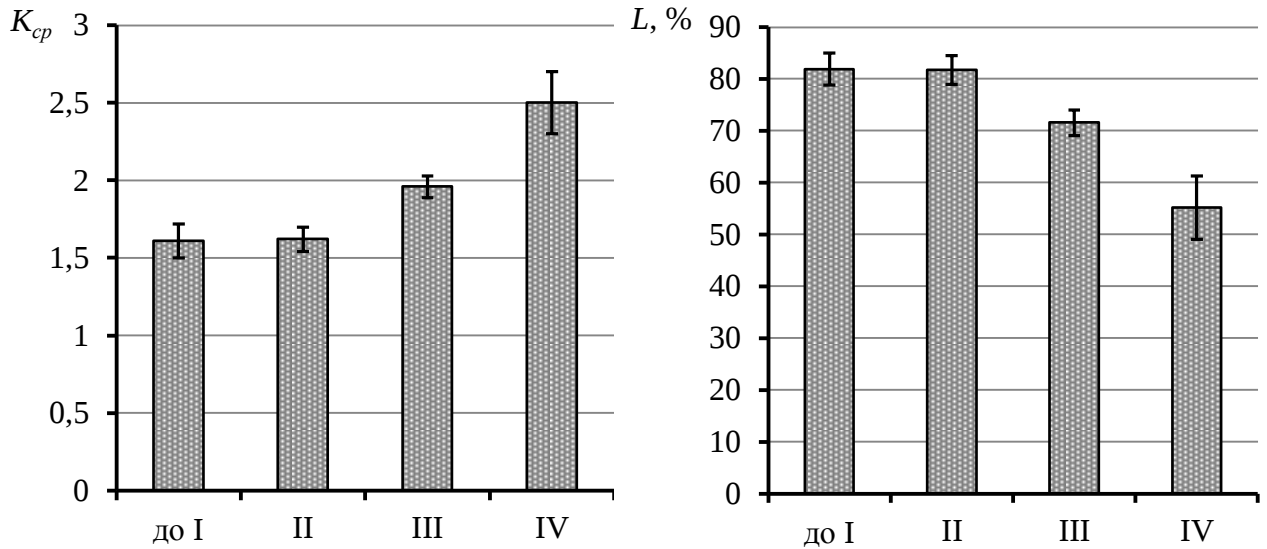


Рисунок 4.1 – Показатели состояния сосняков по стадиям рекреационной дигрессии

Таблица 4.3 – Дисперсионный анализ влияния рекреационной нагрузки на жизненное состояние сосняков

Факторы	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Рекреационная дигрессия	3	2420,0	806,7	55,9	10,2	0,0002
Случайные факторы и ошибки	24	1906,8	79,4	44,1		
Все факторы		4326,8		100		

Высокая рекреационная нагрузка повышает вероятность возникновения в пригородных лесах антропогенных лесных пожаров, которые оказывают ощутимое влияние на их текущее санитарное состояние. В таежных (подтаежных) сосняках, занимающих относительно крутые скалистые склоны с маломощными почвами, когда у деревьев формируется поверхностная корневая система, низовые пожары высокой интенсивности приводят к значительному отпаду (ветровалу) деревьев вследствие возникновения обширных подсушин, глубоких подгаров и повреждения огнем корней. Такое явление установлено нами на территории туристско-экскурсионного района (ТЭР) заповедника «Столбы», где пирогенный

фактор выступает одной из основных причин неудовлетворительного санитарного и жизненного состояния сосновых древостоев (ПП 2-5).

По влиянию хронического техногенного загрязнения и рекреационного воздействия на состояние пригородных сосняков наиболее показательны данные, полученные для боров лесостепной зоны. Из сравниваемых сосновых массивов наихудшим состоянием характеризуется Березовский бор, расположенный в 10 км от города в направлении основного ветрового переноса пылевых и газообразных загрязнителей предприятий правобережья г. Красноярска. Общий отпад в насаждениях бора составляет в среднем 4,4 % (таблица 4.1). При этом следует учитывать текущую санитарную вырубку усыхающих и усохших деревьев в этом припоселковом лесном массиве. На территории бора значительна доля сильно ослабленных деревьев, которые можно квалифицировать как потенциальный отпад. В совокупности с общим отпадом они составляют в среднем более 35 %. Санитарное состояние в разных частях Березовского бора неравнозначно. Худшее состояние отмечается в насаждениях окраин бора (особенно восточных), принимающих максимальное количество атмосферных поллютантов и испытывающих значительные рекреационные нагрузки, часто в сочетании с пасквальными (ПП 1, 3). Фактический общий отпад составляет здесь более 10 %, а в совокупности с потенциальным отпадом приближается к 70-80 %; относительный запас деревьев, не имеющих признаков ослабления не превышает 0,6 % (таблица 4.1). В пределах Березовского бора, и особенно в наиболее неблагополучных его частях, усыханию наряду с тонкомером подвержены деревья средних и крупных ступеней толщины. В связи с этим средние диаметры деревьев в части отпада (тем более с учетом сильно ослабленных экземпляров) и древостоя часто близки и относятся к одной ступени толщины. Следовательно, в насаждениях Березовского бора кроме естественного (конкурентного) происходит активный патологический отпад, особенно в местах интенсивных антропогенных нагрузок. На фоне хронического загрязнения и высокой рекреации в сосняках Березовского бора в перспективе следует ожидать дальнейшего накопления патологического отпада.

По санитарной обстановке в лучшем положении находятся сосновые насаждения Есаульского и Погорельского боров, состояние которых по ряду анализируемых показателей (таблица 4.1) заметно лучше в сравнении с Березовским бором, но в то же время хуже относительно контрольного объекта (Юксеевского бора). Тем не менее, среди них несколько худшим состоянием отличается Есаульский бор, который наряду с рекреационной нагрузкой, имеющей место во всех пригородных сосняках, испытывает определенный уровень техногенного загрязнения. Последнее обусловлено расположением бора на относительно близком расстоянии от промышленных зон города (предприятия правобережья, КрАЗ) в направлении преобладающих ветров, что дополнительно усугубляется его нахождением в долине р. Енисей, по которой происходит «коридорное» перемещение от города загрязненных воздушных масс. В Есаульском бору в сравнении с сосняками Погорельского бора меньший относительный запас деревьев без признаков ослабления (40,5 % против 54,2 %), а также отмечается значительная доля патологического отпада в части общего отпада – средний диаметр отпада близок к среднему диаметру древостоя.

Рассматриваемые различия в санитарном и жизненном состоянии сравниваемых лесостепных сосняков, обусловленные главным образом уровнем антропогенных воздействий в соответствии с расположением насаждений относительно территории крупного промышленного города, становятся более очевидными при сопоставлении данных, приведенных в таблице 4.4 и на рисунке 4.2. По градиенту снижения степени антропогенной напряженности, определяемой техногенным загрязнением со стороны предприятий промышленности и теплоэнергетики, многочисленного автотранспорта, рекреационной нагрузкой, закономерно улучшается состояние исследуемых сосняков, о чем свидетельствуют значения показателя их жизненного состояния (L). Статистическая значимость этой тенденции установлена при сравнении Березовского и Погорельского боров, наиболее разнящихся по показателям антропогенных нагрузок.

Таблица 4.4 – Показатели антропогенных нагрузок на сосновые насаждения в зоне влияния г. Красноярска (Экологическое состояние ..., 2009)

Показатели	Берёзовский бор	Есаульский бор	Погорельский бор
<u>Техногенное загрязнение:</u>			
- содержание микроэлементов ($\sum \text{Pb, Zn, V, Cr, F}$) на поверхности хвои, мг/м^2 , в т.ч. фтора;	29,7* / 41,1** 4,0 / 13,2	27,9 / 38,4 2,4 / 9,6	4,5 / 31,2 - / -
- содержание микроэлементов ($\sum \text{Pb, Zn, V, Cr, F}$) в хвое древостоя (навстречная часть), мг/кг сух. массы, в т.ч. фтора;	25,4 20,0	6,5 2,0	4,2 -
- содержание водорастворимого фтора в лесной почве, мг/кг ;	25,0	21,0	1,6
<u>Рекреационные нагрузки,</u> стадии дигрессии	III-IV	II-III	до I-III

Примечание: * - древостой; ** - подрост.

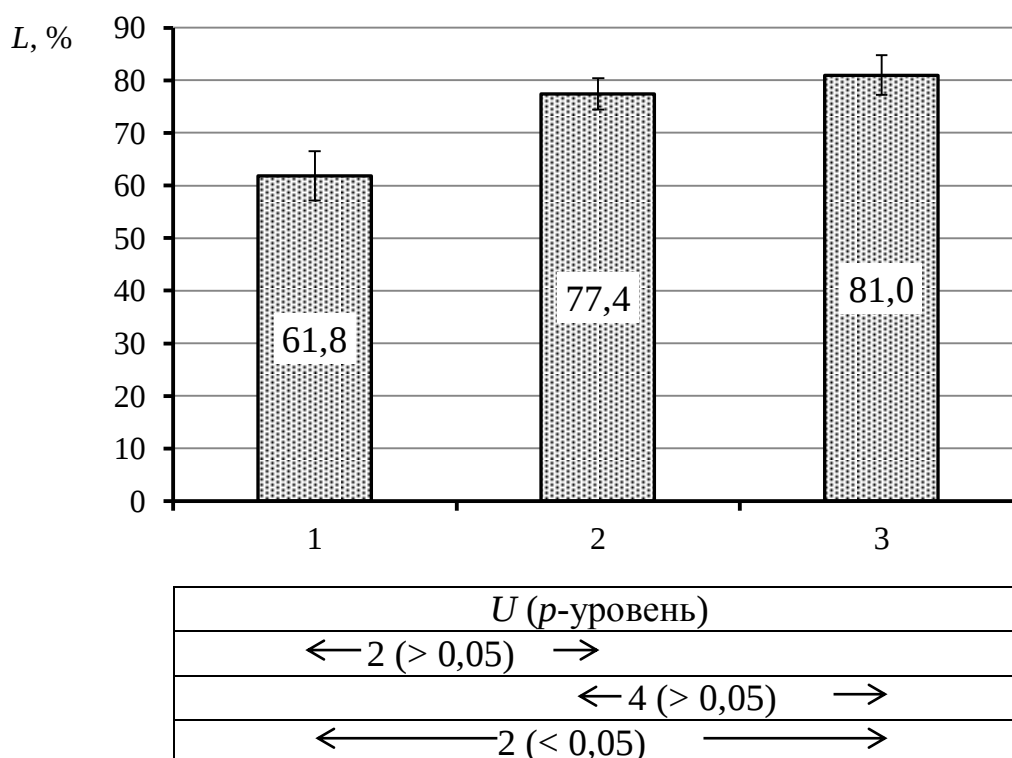


Рисунок 4.2 – Жизненное состояние насаждений лесостепных боров: 1 – Березовский бор; 2 – Есаульский бор; 3 – Погорельский бор

Обсуждение неоднозначного состояния насаждений в разных частях Березовского бора, испытывающего наибольший антропогенный стресс, подкрепляется соотношением количественных показателей техногенного загрязнения и интегральных показателей состояния сосняков на пяти учетных единицах (ПП) (таблица 4.5). Налицо более негативное влияние техногенного загрязнения на опушечные части бора, особенно с наветренной стороны, обращенной к промышленным зонам города.

Таблица 4.5 – Техногенные нагрузки и интегральная оценка состояния насаждений Березовского бора

ПП	Техногенные нагрузки		Показатели состояния сосняков	
	количество техногенной пыли в снежном покрове, г/м ²	сумма микроэлементов на поверхности хвои, мг/м ²	$K_{\text{ср}}$	L , %
1 (наветренная часть)	160	75,4	2,9	42,5
2	90	21,9	1,9	73,8
3 (подветренная часть)	70	38,6	2,8	47,0
4	50	нет данных	2,2	63,4
5	50	нет данных	1,9	73,7

ПП 2, 4, 5 заложены в центральных частях бора

Морфологические признаки патологического состояния и ослабления деревьев в рассматриваемом бору, интенсивно проявляющиеся в его наиболее стрессируемых участках – снижение прироста, укороченная бледно-зеленая хвоя, ее частичный или полный некроз, изреженность крон, наличие суховершинности. Такие признаки появляются вследствие длительного контакта ассимилирующего аппарата с атмосферными загрязнителями, поступления к корням водорастворимых токсикантов с талой и дождевой водой при ее инфильтрации; уплотнения почвы, приводящего к нарушению аэрации корневых систем и минерального питания растений.

Внешние признаки неблагополучного состояния деревьев отражают изменения хода протекающих в них внутренних процессов: фотосинтеза, дыхания, новообразования клеток и сопровождаются нарушениями развития и структуры тканей в стволах деревьев (Экологическое состояние ..., 2009). В результате комплексных исследований в лесах зеленой зоны г. Красноярска, выполненных совместно с сотрудниками ИЛ СО РАН, установлено, что на фоне хронических техногенных и рекреационных нагрузок в стволах сосны обыкновенной снижаются активность и продолжительность деления клеток камбия, как следствие существенно уменьшается ширина годичных приростов (Скрипальщикова и др., 2009; Стасова и др., 2009; Экологическое состояние ..., 2009). При этом в пределах последних сокращается содержание поздних трахеид, уменьшаются их размеры и толщина стенок клеток поздней древесины, происходит снижение соотношения ксилемных и флоэмных клеток, образованных камбием за сезон. В наиболее нарушенных древостоях наветренных опушек пригородных боров (Березовский и Есаульский боры) зафиксировано усиленное образование специфических элементов в стволовой древесине: травматических смоляных ходов и трабекул (там же).

Березовые насаждения

В Красноярском крае насаждения с преобладанием березы занимают 14,8 % покрытой лесом площади, уступая лишь лиственничникам (Государственный доклад ..., 2019). Увеличение площадей березняков в последние десятилетия происходит вследствие формирования производных насаждений на многочисленных вырубках и гарях в хвойных таежных и подтаежных лесах. Коренные березняки на территории края характерны для южной полосы подтаежных ландшафтов Западно-Сибирской равнины, а также для лесостепных ландшафтов, где они встречаются в виде перелесков и колков (Ильина, 1982; Чеха, Шапарев, 2004). В южной части Красноярского края березовые насаждения наиболее распространены. Так в лесничествах Красноярской группы районов березняки составляют 17-53 % от общей площади покрытых лесом земель

(таблица 4.6). Здесь они продуцируют на фоне разного уровня антропогенных воздействий (рекреационная и пасквальная нагрузка, техногенное загрязнение), в определенной степени влияющих на их состояние. Наряду с сосняками наибольший антропогенный прессинг испытывают березовые насаждения, примыкающие к г. Красноярску.

Таблица 4.6 – Представленность березняков в лесах Красноярской группы районов (данные из лесных регламентов)

Лесничества	Покрытые лесом земли		
	всего, га	в том числе березняки	
		га	%
Балахтинское	3902	1134	29,1
Большемуртинское	368163	149572	40,6
Емельяновское	214190	62210	29,0
Красноярское	28201	5637	20,0
Маганское	60630	25606	42,2
Мининское	60263	9998	16,6
Сухобузимское	141871	74941	52,8

По результатам проведенного обследования состояние березняков в районе исследований в целом характеризуется как удовлетворительное, о чем свидетельствуют данные о соотношении деревьев разных классов состояния в пределах дендроценозов (таблица 4.7) и значения интегральных показателей их санитарного и жизненного состояния (таблица 4.8).

По классификации А.И. Воронцова с соавт. (1991) березовые насаждения относятся к I (жизнеспособные), реже II (с нарушенной жизнеспособностью) классам биологической устойчивости. В последнем случае степень нарушения устойчивости слабая – текущий отпад по запасу не превышает 5 %. Средний индекс состояния для березняков составил $1,58 \pm 0,03$, показатель жизненного состояния – $83,0 \pm 1,0$ %. Следует отметить, что по всем критериям состояние

Таблица 4.7 – Показатели санитарного состояния березняков

Лесфондо- держатель	ПП	Распределение деревьев по категориям состояния, % от Σg					Средний диаметр, см	
		без призн. ослабл.	ослабл.	сильно ослабл.	отпад		элемента леса	отпада
					текущий	общий		
Таежные леса								
Краснояр- ское лес-во (ю-в часть)	1	21,5	64,9	7,3	1,0	6,3	17,7	13,3
	2	23,9	65,7	7,5	0,4	2,8	23,7	18,4
	3	40,9	51,6	4,7	1,8	2,7	21,3	11,0
Маган- ское лесни- чество	4	61,7	33,8	1,6	0,3	2,9	29,4	20,5
	5	61,8	34,5	2,7	-	1,0	24,2	14,6
	6	67,2	25,2	4,8	1,3	2,8	26,8	21,4
Мининское лесничество	7	75,7	23,7	0,2	-	0,4	31,9	28,1
	8	67,8	26,4	5,4	0,4	0,4	32,8	28,1
	9	68,2	26,7	1,8	2,7	3,3	30,8	28,6
	10	60,5	25,2	5,8	2,7	6,5	34,6	29,4
	11	57,6	39,6	2,4	-	0,4	34,0	21,6
	12	40,7	50,6	4,0	1,6	4,7	40,4	47,6
	13	36,5	50,2	4,1	0,5	9,2	31,4	26,9
	14	55,0	32,1	4,9	0,4	8,0	32,4	31,8
	15	71,4	23,3	2,1	2,7	3,2	26,2	18,7
	16	45,7	41,1	5,1	1,5	8,1	26,9	19,6
Лесостепь								
Балах- тинское лесничество	17	57,2	33,8	5,7	1,4	3,3	29,0	21,6
	18	53,7	39,0	3,8	1,3	3,5	25,6	16,5
	19	45,6	45,0	6,2	1,1	3,2	22,8	15,1
Б-Муртин- ское лесни- чество	20	45,8	37,4	6,6	3,5	10,2	19,0	12,1
	21	50,8	33,9	8,1	1,3	7,2	18,5	14,5
	22	57,8	35,2	4,0	1,2	3,0	20,7	10,1
Емельянов- ское лесничество	23	76,8	17,7	2,9	0,5	2,6	22,1	12,6
	24	67,4	28,2	1,5	1,1	2,9	25,3	17,8
	25	67,5	27,0	3,1	1,4	2,4	21,3	10,8
	26	68,0	23,1	6,3	0,9	2,6	21,2	10,8
	27	65,1	27,0	4,2	2,3	3,7	16,4	9,6
Краснояр- ское лес-во (восточная часть)	28	52,3	39,3	5,4	1,1	3,0	15,4	10,2
	29	70,5	22,2	4,3	0,2	3,0	14,2	8,8
	30	68,9	24,2	4,5	1,1	2,4	17,0	10,4
	31	59,8	27,6	4,8	1,9	7,8	17,0	12,6

Таблица 4.8 – Интегральная оценка состояния березняков

Лесофондо- держатель	ПП	Через средневзвешенный индекс		По методике В.А. Алексеева (1989)	
		K_{cp}	состояние	$L, \%$	состояние
Таежные леса ($n=16, K_{cp}: d_{K-S}=0,203 (p>0,05), L: d_{K-S}=0,222 (p>0,05)$)					
Красноярское лесничество (ю-в часть)	1	2,0	ослабленный	69,9	ослабленный
	2	1,9	ослабленный	73,1	ослабленный
	3	1,7	ослабленный	79,0	ослабленный
Маганское лесничество	4	1,5	здоровый	86,0	здоровый
	5	1,4	здоровый	87,1	здоровый
	6	1,4	здоровый	86,9	здоровый
Мининское лесничество	7	1,3	здоровый	92,4	здоровый
	8	1,4	здоровый	88,5	здоровый
	9	1,4	здоровый	87,6	здоровый
	10	1,7	ослабленный	80,4	здоровый
	11	1,5	здоровый	86,3	здоровый
	12	1,8	ослабленный	77,8	ослабленный
	13	1,9	ослабленный	73,3	ослабленный
	14	1,7	ослабленный	79,4	ослабленный
	15	1,4	здоровый	88,6	здоровый
	16	1,8	ослабленный	76,6	ослабленный
В среднем по зоне		$1,61 \pm 0,06$	ослабленный	$82,06 \pm 1,68$	здоровый
Лесостепь ($n=15, K_{cp}: d_{K-S}=0,166 (p>0,05), L: d_{K-S}=0,144 (p>0,05)$)					
Балахтинское лесничество	17	1,6	ослабленный	83,2	здоровый
	18	1,6	ослабленный	82,5	здоровый
	19	1,7	ослабленный	79,6	здоровый
Б-Муртинское лесничество	20	1,7	ослабленный	77,4	ослабленный
	21	1,8	ослабленный	77,8	ослабленный
	22	1,5	здоровый	84,0	здоровый
Емельяновское лесничество	23	1,3	здоровый	90,4	здоровый
	24	1,4	здоровый	87,7	здоровый
	25	1,4	здоровый	87,6	здоровый
	26	1,5	здоровый	86,7	здоровый
	27	1,5	здоровый	85,8	здоровый
Красноярское лесничество (восточная часть)	28	1,6	ослабленный	82,0	здоровый
	29	1,4	здоровый	87,8	здоровый
	30	1,4	здоровый	87,7	здоровый
	31	1,7	ослабленный	81,1	здоровый
В среднем по зоне		$1,54 \pm 0,04$	здоровый	$84,09 \pm 1,03$	здоровый
t-критерий		$t_{факт} (1,1) < t_{05} (2,1)$		$t_{факт} (1,0) < t_{05} (2,1)$	

древостоев этой породы заметно лучше состояния пригородных сосняков, которые менее устойчивы к рекреационным нагрузкам и техногенному загрязнению (Протопопов, Кузьмина, 1988). Тем не менее, около половины площадей березняков представлены ослабленными древостоями с индексом состояния 1,6-2,0. В насаждениях, особенно таежной зоны, нередко отмечается патологический отпад, затрагивающий лучшую часть ценопопуляций, в связи с чем средний диаметр в части отпада близок (даже превышает) к среднему диаметру древостоя (таблица 4.7). Не смотря на несколько лучшие показатели состояния у лесостепных березняков, статистически значимых различий в состоянии насаждений двух лесорастительных зон не установлено: по средним значениям интегральных показателей $t_{\text{факт}} < t_{05}$ (таблица 4.8). Не установлено также достоверных различий в состоянии семенных и порослевых насаждений березы: по средневзвешенному индексу состояния ($K_{\text{ср}} - t_{\text{факт}} (0,01) < t_{05} (2,1)$); по показателю жизненного состояния ($L - t_{\text{факт}} (0,3) < t_{05} (2,1)$).

Исследуемые березняки произрастают в пределах освоенной территории, в связи с чем, значительная их часть испытывает влияние антропогенных факторов, степень воздействия которых на насаждения зависит от их расположения относительно населенных пунктов, промышленных зон и автомагистралей. Среди представленных объектов наибольшие антропогенные нагрузки, включая хроническое техногенное загрязнение, по аналогии с сосновыми массивами, принимают на себя березняки лесостепной зоны, приближенные к восточной промышленной окраине Красноярска (насаждения между поселками Березовка и Есаулово) при преобладании ветров западных румбов (Экологическое состояние ..., 2009). В таблице 4.9 приведены количественные параметры техногенных нагрузок и состояния древостоев для указанных насаждений (ПП 28-31) и для контрольного насаждения, расположенного на условно чистом фоне (около 40 км на север от города).

Таблица 4.9 – Техногенные нагрузки и состояние пригородных березняков

ПП	Источники загрязнения	Техногенные нагрузки		Показатели состояния древостоев			
		техногенная пыль, г/кг абс. сухой массы	общий фтор в смытых листьях, мг/кг	сильно ослабленные деревья, %	отпад (усыхающие деревья, сухостой), %	индекс состояния ($K_{ср}$)	показатель жизненного состояния L , %
28	ТЭЦ-3, КрАЗ	4,8	21,9	5,4	3,0	1,6	82,0
29	ТЭЦ-3, КрАЗ	7,9	22,0	4,3	3,0	1,4	87,8
30	ТЭЦ-3, КрАЗ	8,2	36,0	4,5	2,4	1,4	87,7
31	Предприятия правобережья города	12,0	15,6	4,8	7,8	1,7	81,1
23 (контроль)	Вне основного направления выбросов	1,6	8,5	2,9	2,6	1,3	90,4

Как видно приведенные показатели антропогенного загрязнения пригородных березняков в разы выше в сравнении с контрольным фитоценозом. Многолетнее аэротехногенное загрязнение рассматриваемых насаждений в первую очередь влияет на физиолого-биохимические процессы и анатомическое строение тканей деревьев. Так установлено, что длительное воздействие промышленных выбросов, содержащих техногенную пыль и токсичные металлы, приводит к снижению годичных приростов ксилемы в стволах *B. pendula*, увеличению числа лучей и сосудов, уменьшению диаметра последних (Стасова и др., 2011, 2013).

По интегральным морфологическим показателям ($K_{ср}$, L) состояние древостоев, подверженных хроническому загрязнению, несколько хуже в сравнении с контролем (таблица 4.9). Однако выполненный по алгоритмам Н.А. Плохинского (1969) дисперсионный анализ с индивидуальным подходом к учетным единицам (ПП) не выявил в выборочном комплексе значимого влияния техногенной нагрузки на жизненное состояние березняков (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа влияния техногенного загрязнения на состояние пригородных березняков

Фактор	Степень влияния, %	<i>F</i> -критерий	<i>p</i> -уровень
Техногенная пыль	0,4	2,1	> 0.05
Общий фтор	0,5	1,6	> 0.05

На территории Красноярской группы районов насаждения с преобладанием березы, наряду с сосняками, подвержены наибольшей рекреационной нагрузке. Уровень рекреационной дигрессии в изучаемых березняках в соответствии с вышеприведенными градациями варьирует от начальных признаков перегрузки насаждений (I стадия) вследствие сезонной добывательской и бивачной рекреации в достаточно удаленных от населенных пунктов массивах до критического нарушения (IV стадия) в пригородных лесах. В сравнении с сосняками отмечается незначительное снижение показателей состояния березняков по мере повышения рассматриваемого антропогенного воздействия (рисунок 4.3). Тем не менее, по результатам дисперсионного анализа, выполненного в рамках всего исходного по породе материала ($n = 31$), установлено относительно невысокое, но значимое влияние рекреации на состояние березовых древостоев (таблица 4.11).

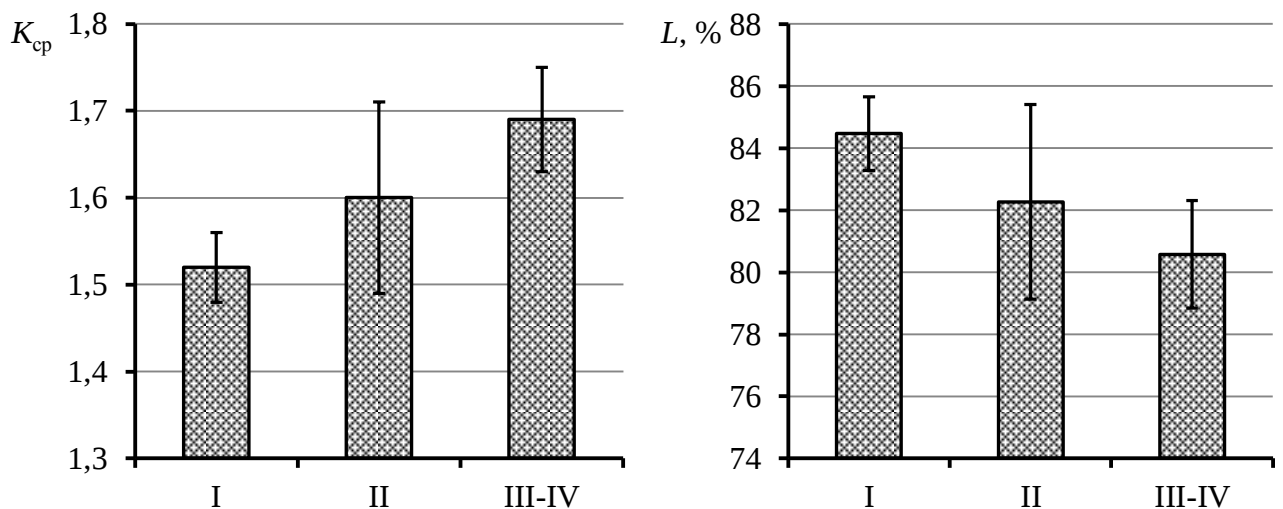


Рисунок 4.3 – Показатели состояния березняков по стадиям рекреационной дигрессии

Таблица 4.11 – Дисперсионный анализ влияния рекреационной нагрузки на состояние березняков

Факторы	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Рекреационная дигрессия	3	0,27	0,09	25,1	3,0	0,05
Случайные факторы и ошибки	27	0,82	0,03	74,9		
Все факторы		1,09		100		

4.2. Фитопатологическое состояние сосновых насаждений

Фитопатологическое состояние лесных насаждений с экологических позиций следует рассматривать как результат взаимодействия ценопопуляций, фитоценозов с рядом лимитирующих (патологических), часто сопряженных, факторов, проявляющийся в нарушении жизненных функций, снижении биомассы и элиминации определенного количества особей лесообразующих видов. В разрезе лесного мониторинга это отдельная составляющая комплексной оценки состояния лесных экосистем, продуцирующих в конкретных условиях и временной период. Оценка фитопатологического состояния насаждений предполагает выявление доминирующих представителей патогенной биоты, установление показателей проявления вызываемых ими болезней с учетом эколого-лесоводственных факторов.

Среди инфекционных патологий, выявленных в сосняках Красноярской группы районов (Татаринцев, 2001, 2002а, 2012а; Татаринцев, Скрипальщикова, 2018), преобладают микозы, представленные в соответствии со специализацией возбудителей достаточно тривиальным для сосны перечнем болезней хвои, некрозно-раковых и гнилевых болезней (таблица 4.12). При этом видовое ядро патогенной биоты, ассоциированной с эдификатором рассматриваемых лесных биогеоценозов, большей частью схоже с таковым в сосняках Красноярского Приангарья (см. таблицу 3.3).

Таблица 4.12 – Инфекционные болезни в сосновых насаждениях

Название болезни	Возбудитель (уровень паразитизма)	Объект поражения	
		древостой	подрост
Обыкновенное шютте	<i>Lophodermium pinastri</i> [Schrad.] Chevall.; <i>L. seditiosum</i> Minter, Staley & Millar (факультативные сапротрофы)	-	+
Снежное шютте	<i>Gremmenia infestans</i> [P. Karst.] Crous (= <i>Phacidium infestans</i> P. Karst.) (факультативный сапротроф)	-	+
Серое шютте	<i>Lophodermella sulcigena</i> [Link] Höhn. (факультативный сапротроф)	-	+
Ржавчина хвой	<i>Coleosporium</i> sp. (облигатные паразиты)	-	+
Пожелтение хвой	<i>Cyclaneusma minus</i> [Butin] DiCosmo, Peredo & Minter (= <i>Naemocyclus minor</i> Butin.) (факультативный сапротроф)	-	+
Ценангиевый некроз	<i>Cenangium ferruginosum</i> Fr. (факультативный паразит)	-	+
Нектриевый некроз	<i>Thyronectria cucurbitula</i> [Tode] Jaklitsch & Voglmayr (= <i>Nectria cucurbitula</i> [Tode] Fr.) (факультативный паразит)	-	+
Биаторелловый рак	<i>Sarea difformis</i> [Fr.] Fr. (= <i>Biatorella difformis</i> [Fr.] Vain.) (факультативный сапротроф)	+	+
Смоляной рак	<i>Cronartium flaccidum</i> [Alb. & Schwein.] G. Winter; <i>C. pini</i> [Willd.] Jørst. (= <i>Peridermium pini</i> [Willd.] Lév.) (облигатные паразиты)	+	+
Бугорчатый бактериальный рак	<i>Pseudomonas pini</i> Vuil. (факультативный сапротроф)	+	-
Стволовая гниль	<i>Phellinus pini</i> [Brot.] Pilát (факультативный сапротроф)	+	-
Корневая гниль	<i>Heterobasidion annosum</i> [Fr.] Bref. (факультативный сапротроф)	+	-
	<i>Armillaria mellea</i> sensu lato (факультативный паразит)	+	-

В числе болезней *ценозообразующего компонента – древостоя* доминирует стволовая гниль (таблица 4.13), распространенность которой достоверно выше в таежных (подтаежных) сосняках ($17,3 \pm 2,9$ %) в сравнении с лесостепными борами ($2,8 \pm 0,9$ %): $U = 3,5$ ($p < 0,05$). Минимальной пораженностью стволовой гнилью отличаются Березовский и Есаульский боры, характеризующиеся наибольшими антропогенными нагрузками.

Таблица 4.13 – Показатели проявления болезней сосновых древостоев (числитель – распространенность болезни, %; знаменатель – средневзвешенный индекс состояния пораженных деревьев)

Лесной массив	ПП (K_{cp})	Болезнь			
		язвенный рак	рак-серянка	бугорчатый рак	стволовая гниль
1	2	3	4	5	6
Таежные леса					
Сосняки Караульного лесничества Учлесхоза СибГТУ	1 (1,6)	4,0 / 2,0	1,8 / 2,5	-	11,9 / 1,8
	2 (1,5)	-	3,7 / 3,2	-	42,9 / 1,7
	3 (1,5)	-	1,0 / 3,8	1,5 / 1,4	21,4 / 1,6
	4 (2,1)	-	-	-	15,3 / 2,5
	5 (1,2)	-	-	0,6 / 1,2	14,4 / 1,5
	среднее (1,6)	0,8 / 2,0	1,3 / 3,2	0,4 / 1,3	21,2 / 1,8
Сосняки ТЭР г/з-ка «Столбы»	1 (1,8)	2,3 / 2,3	0,8 / 3,0	-	9,5 / 2,0
	2 (2,0)	0,6 / 3,0	2,5 / 3,8	0,6 / 3,0	12,5 / 3,0
	3 (2,0)	1,6 / 2,0	1,6 / 2,5	0,8 / 1,0	7,9 / 2,0
	4 (2,1)	1,3 / 2,5	2,0 / 4,7	1,3 / 2,5	13,8 / 2,0
	5 (2,2)	8,6 / 3,2	4,3 / 4,1	0,6 / 3,0	17,6 / 2,0
	6 (1,9)	5,3 / 1,8	4,4 / 4,4	1,8 / 1,5	23,5 / 2,5
	среднее (2,0)	3,3 / 2,5	2,6 / 3,8	0,9 / 2,2	14,1 / 2,2
Лесостепь					
Березовский бор	1 (2,9)	-	1,0 / 4,5	1,0 / 3,0	-
	2 (1,9)	0,5 / 2,0	-	-	-
	3 (2,8)	-	-	2,5 / 2,8	5,8 / 2,9
	4 (2,2)	-	-	-	-
	5 (1,9)	-	1,2 / 6,0	0,6 / 3,0	-
	6 (2,2)	-	-	5,3 / 2,0	-
	7 (2,0)	-	-	4,4 / 2,3	8,1 / 1,9
	среднее (2,3)	0,1 / 2,0	0,3 / 5,2	2,0 / 2,6	2,0 / 2,4

Окончание таблицы 4.13

1	2	3	4	5	6
Есауль- ский бор	1 (1,7)	1,2 / 2,0	0,6 / 3,0	1,2 / 2,0	-
	2 (1,6)	1,4 / 1,7	2,9 / 3,8	0,5 / 1,0	6,4 / 2,0
	3 (1,9)	-	4,8 / 3,9	-	-
	среднее (1,7)	0,9 / 1,8	2,8 / 3,6	0,6 / 1,5	2,1 / 2,0
Погорель- ский бор	1 (1,6)	0,5 / 2,0	2,0 / 4,3	-	-
	2 (2,0)	0,4 / 3,0	2,6 / 5,0	-	-
	3 (1,3)	-	1,4 / 2,3	-	9,9 / 1,8
	4 (1,7)	-	2,4 / 5,0	0,5 / 1,0	7,9 / 1,8
	среднее (1,6)	0,2 / 2,5	2,1 / 4,2	0,1 / 1,0	4,4 / 1,8
Юкеев- ский бор (конт- роль)	1 (1,4)	4,3 / 1,9	-	-	-
	2 (1,2)	0,6 / 2,0	-	-	3,6 / 1,0
	3 (1,3)	1,3 / 1,5	-	-	5,2 / 1,4
	среднее (1,3)	2,1 / 1,8	-	-	2,9 / 1,2

Учитывая однотипность исследуемых сосняков (относятся к одной группе типов леса – разнотравной) и, главное, возрастное сходство представленных древостоев, установленные тенденции в пораженности их стволовой гнилью можно объяснить следующим. Во-первых, общая черта лесостепных боров – формирование и продуцирование в виде небольших массивов, удаленных от основных лесных территорий, что вероятно послужило изначальной причиной невысокой концентрации в таких насаждениях базидиоспор *Phellinus pini*. Кроме того, более аридные условия (в сравнении с таежной зоной) лимитируют здесь формирование и активность споруляции немногочисленных базидиом возбудителя стволовой гнили. Очевидно, все это определяет невысокий инфекционный фон инициатора гнили в лесостепных борах относительно таежных сосняков. Во-вторых, вследствие хронического антропогенного стресса в сосновых массивах лесостепной зоны, особенно приближенных с подветренной стороны к крупным источникам промышленного загрязнения (Березовский и Есаульский боры), в деревьях происходят физиолого-биохимические и анатомические изменения. Последние помимо ранее приведенных метрических и структурных нарушений в годичных приростах проявляются в снижении относительного объема тяжелой (осевой) паренхимы (Экологическое состояние

..., 2009), клетки которой содержат вещества фенольной природы, обеспечивающие конститутивную защиту растений от повреждений вредителями (Berryman, 1988). В тоже время, как уже отмечалось, в насаждениях Березовского бора, подверженных сопряженным техногенным и рекреационным нагрузкам, зафиксировано усиленное образование смоляных ходов и присутствие трабекул в древесине стволов (Экологическое состояние ..., 2009), которые могут выступать биохимическим и структурным барьером для развития мицелия *P. pini*. Роль стволовой гнили в ослаблении деревьев минимальна, средневзвешенный индекс состояния пораженных особей сопоставим с общим состоянием ценопопуляций сосны (таблица 4.13).

Одним из основных факторов патологической летализации деревьев в пригородных сосняках выступает смоляной рак (средневзвешенный индекс состояния больных деревьев 3,2-5,2). Однако распространенность рака-серянки наряду с другими болезнями некрозно-раковой группы не превышает 5 %, не оказывая существенного влияния на древостой.

В структуре таежных сообществ юга Сибири заметную роль играют макромицеты-корневые патогены: от элиминации ослабленных, отставших в росте деревьев с деструкцией древесного опада до группового и даже куртинного усыхания значительной части дендроценоза, включая господствующие деревья. С конца прошлого столетия в подтаежных лесах зеленой зоны г. Красноярска отмечается очаговое (групповое) усыхание высокополнотных сосняков на старопахотных землях (рисунок 4.4) в результате воздействия корневой губки, что первоначально при отсутствии базидиом гриба нами было диагностировано по ряду косвенных признаков (засмоление и скипидарный запах древесины корней, развитие ситовидно-волокнистой корневой гнили). Последующие исследования с выделением чистых культур патогена из древесины пораженных корней подтвердили определяющую роль корневой губки (*Heterobasidion annosum*) в очаговом усыхании насаждений сосны (Павлов и др., 2010). Рассматриваемый процесс обусловлен снижением устойчивости сосняков к патогену вследствие ценотических причин: высокая густота древостоя, депрессия

ростовых процессов в молодом возрасте при отсутствии активной дифференциации и своевременного конкурентного отпада; а также климатических факторов: снижение количества осадков в течение ряда лет при одновременном росте температуры приземного слоя (там же). При этом очаги формируются на участках с маломощными легкими менее плодородными почвами.



Рисунок 4.4 – Накопление сухостоя и валежа вследствие группового усыхания деревьев в сосняках на старопахотных землях (Караульное лесничество Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева: квартал 51, выделы 10-12) (фото автора)

Другой корневой патоген – *Armillaria mellea* s. l. в наиболее посещаемых подтаежных сосняках зеленой зоны обнаружен нами на отдельных усохших



Рисунок 4.5 – Ризоморфы опенка на стволе сухостоя (фото автора)

деревьях по характерным ризоморфам в комлевой части стволов (рисунок 4.5). Деятельность грибов комплекса *A. mellea* s. l. в условиях рассматриваемых лесов выходит за рамки элиминации отдельных представителей дендроценозов. И.Н. Павловым с соавт. (2012) представлены материалы, свидетельствующие о возникновении здесь очагового усыхания хвойных насаждений (с преобладанием сосны обыкновенной), инициированного *Armillaria*

borealis Marxm. & Korhonen. Очаги усыхания выявлены в местах эдафической аномалии: маломощные, кислые с повышенной влажностью почвы, отличающиеся большим содержанием глинистой фракции (там же). Причем отмечено, что после гибели части деревьев в пределах очагов образование текущего отпада остановилось, а состояние и прирост оставшихся деревьев начал улучшаться. Это указывает на стабилизирующую ценотическую роль опенка (как, впрочем, и корневой губки), которая проявляется в оптимизации структуры лесного фитоценоза соответственно параметрам биотопа.

Весьма важный компонент лесных фитоценозов – *молодое поколение лесообразующих пород, представленное всходами, самосевом и подростом*. Достаточное количество благонадежного разновозрастного подроста является условием успешного естественного возобновления и показателем стабильного функционирования и устойчивости лесных биогеоценозов. В лесных массивах, продуцирующих на фоне антропогенных воздействий, подрост наряду с живым напочвенным покровом наиболее уязвим, и выступает одним из индикаторов нарушенности лесных экосистем. Недостаточная численность, неудовлетворительное состояние подроста в пригородных сосняках связаны с высокими рекреационными нагрузками и значительным поступлением в насаждения аэрополлютантов (Зубарева, 1993; Рунова, 1999; Татаринцев, Скрипальщикова, 2003; Цветков, Киришева, 2004; Павлов, 2006; Экологическое состояние ..., 2009; Ерохина, Пшеничникова, 2010). При многолетнем техногенном загрязнении появление всходов и самосева может снижаться вследствие угнетения репродуктивной сферы деревьев (Ставрова, 1990; Аникеев, 1997 и др.). Кроме того, в лесных фитоценозах появление и развитие подроста нередко лимитируют факторы эндогенной природы: высокая сомкнутость полога, густой подлесок и травяно-кустарничковый ярус, животные-фитофаги, фитопатогенные организмы. Роль последних в лесах, длительно подвергающихся техногенным и рекреационным нагрузкам, в большинстве случаев недооценивается, однако в череде сопряженных лимитирующих факторов

инфекционные болезни могут стать решающей причиной ослабления и гибели растений (Татаринцев, Скрипальщикова, 2011).

Комплекс основных болезней, выявленных на подросте в изучаемых сосновых насаждениях, приведен в таблице 4.12. Фитопатогенные консорты молодых растений представлены микромицетами, поражающими хвою, а также вызывающими некрозно-раковое поражение ветвей и стволиков. О встречаемости и вредоносности микозов на сосновом подросте можно судить по показателям их проявления (таблица 4.14). Больше разнообразие болезней (соответственно фитопатогенов) отмечается в подтаежных сосняках (Караульное лесничество), что вероятно связано с разнородностью биотопов этих лесов, их меньшей антропогенной трансформацией в сравнении с лесостепными биогеоценозами.

По представленности преобладают болезни хвои, составляющие в установленном патоконплексе 56 %. Однако основная часть патологий этой группы имеет невысокие показатели проявления. Обыкновенное шютте (возбудители – *Lophodermium* sp.) встречается на самосеве, молодом подросте главным образом в лесостепных борах, поражение отдельной ювенильной хвои не представляет угрозы для растений (рисунок 4.6 а). Распространенность снежного шютте (рисунок 4.6 б) не превышает 5 %, при этом приводит к критической дефолиации и сильному ослаблению отдельных растений в ценопопуляциях подроста. Болезнь приурочена преимущественно к подтаежным соснякам, в которых высокий снежный покров и более поздний его сход весной обеспечивают оптимальные гидротермические условия для подснежного развития возбудителя (*Gremmenia infestans*).

Ржавчина хвои (колеоспориоз), обнаруживаемая в начале вегетации по созревшим эциям (рисунок 4.6 в), а также болезнь пожелтения хвои установлены на единичных растениях в отдельных сосновых массивах. Последняя болезнь (возбудитель – плодосумчатый гриб *Cyclaneusma minus*), выявленная нами на самосеве и молодом подросте в Погорельском бору, относится к числу малоизученных болезней молодняков и взрослых насаждений хвойных видов

Таблица 4.14 – Показатели проявления болезней на подросте в сосняках зеленой зоны г. Красноярск:
числитель – распространенность (%); знаменатель – развитие (%) (для всех выборок: $n = 20$, по $d_{K-S} p > 0,05$)

Сосновый массив	ПП	обыкн. шютте	снежное шютте	серое шютте	ржавчина хвой	пожелтение хвой	целангиоз*	нектриоз	смоляной рак	язвенный рак
Сосняки Караульного лесничества Учлесхоза СибГТУ	1	единично	$\frac{4,6 \pm 1,7}{2,6 \pm 1,1}$	$\frac{27,6 \pm 3,7}{9,0 \pm 1,5}$	единично	-	$\frac{44,7 \pm 2,7}{20,5 \pm 1,8}$	-	единично	$\frac{22,5 \pm 2,1}{10,4 \pm 2,1}$
	2	-	$\frac{5,2 \pm 1,9}{1,7 \pm 0,6}$	$\frac{46,3 \pm 5,2}{14,6 \pm 1,5}$	-	-	$\frac{26,3 \pm 3,0}{12,3 \pm 1,8}$	-	-	$\frac{19,1 \pm 3,4}{11,6 \pm 1,9}$
	3	-	$\frac{2,9 \pm 1,3}{1,5 \pm 0,7}$	$\frac{17,7 \pm 4,1}{5,1 \pm 1,3}$	-	-	$\frac{34,1 \pm 2,4}{16,7 \pm 1,7}$	единично	единично	$\frac{41,7 \pm 3,8}{31,8 \pm 3,1}$
	5	единично	$\frac{4,0 \pm 1,5}{2,2 \pm 1,0}$	$\frac{28,2 \pm 3,2}{7,7 \pm 1,0}$	-	-	$\frac{26,3 \pm 3,2}{10,5 \pm 1,6}$	-	-	$\frac{38,0 \pm 2,2}{22,5 \pm 2,0}$
Березовский бор	3	$\frac{38,8 \pm 4,1}{9,7 \pm 1,5}$	-	$\frac{28,2 \pm 2,4}{7,4 \pm 0,7}$	-	-	$\frac{11,0 \pm 2,1}{4,3 \pm 1,0}$	-	-	$\frac{9,1 \pm 0,9}{5,9 \pm 0,7}$
Есаульский бор	1	$\frac{2,8 \pm 1,1}{1,2 \pm 0,3}$	-	$\frac{43,8 \pm 6,1}{15,0 \pm 1,7}$	-	-	$\frac{72,4 \pm 5,1}{48,8 \pm 3,1}$	-	-	$\frac{66,7 \pm 4,5}{36,2 \pm 2,8}$
	2	$\frac{13,4 \pm 2,0}{3,4 \pm 0,9}$	-	$\frac{29,5 \pm 3,3}{7,4 \pm 1,1}$	-	-	$\frac{30,2 \pm 2,3}{24,8 \pm 1,9}$	единично	-	$\frac{14,8 \pm 1,6}{7,4 \pm 1,9}$
	3	$\frac{11,6 \pm 1,8}{3,6 \pm 1,0}$	-	$\frac{50,0 \pm 3,9}{13,3 \pm 1,3}$	-	-	$\frac{59,6 \pm 4,9}{34,5 \pm 3,5}$	-	-	$\frac{48,5 \pm 3,6}{23,9 \pm 2,3}$
Погорельский бор	2	$\frac{7,0 \pm 1,3}{3,0 \pm 0,9}$	-	$\frac{74,0 \pm 3,9}{31,8 \pm 2,5}$	-	единично	$\frac{63,0 \pm 4,3}{31,0 \pm 2,8}$	-	-	$\frac{50,0 \pm 3,3}{39,0 \pm 2,6}$
	3	$\frac{6,6 \pm 1,2}{1,8 \pm 0,2}$	единично	$\frac{71,3 \pm 4,0}{27,9 \pm 2,6}$	единично	единично	$\frac{50,8 \pm 3,7}{30,7 \pm 3,0}$	-	-	$\frac{54,9 \pm 1,9}{44,3 \pm 3,2}$
	4	$\frac{5,8 \pm 1,3}{1,4 \pm 0,1}$	-	$\frac{88,3 \pm 5,0}{39,1 \pm 2,7}$	единично	единично	$\frac{35,0 \pm 2,4}{16,7 \pm 1,9}$	-	-	$\frac{46,6 \pm 3,0}{37,9 \pm 2,4}$

*здесь и в таблице ниже – в сочетании с некрозом иной этиологии

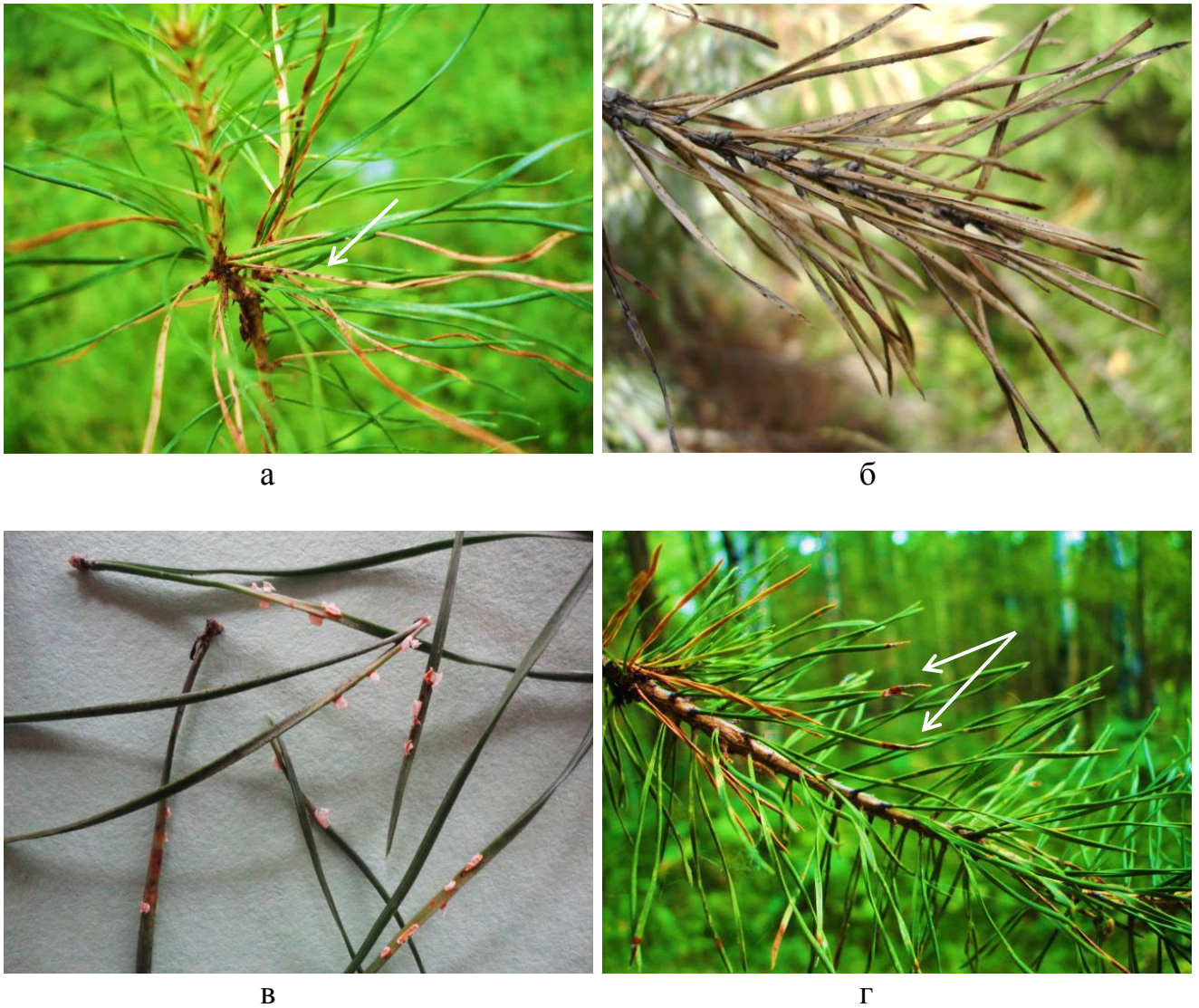


Рисунок 4.6 – Болезни хвои соснового подроста: а – пораженная обыкновенным шютте хвоя с апотециями возбудителя на самосеве; б – хвоя, пораженная снежным шютте с зачатками апотециев *G. infestans*; в – ржавчина хвои сосны (на хвое эции *Coleosporium* sp.); г – поражение верхних частей хвои подроста серым шютте (возб. *Lophodermella sulcigena*) (фото автора)

(Сенашова, 2012; Жуков и др., 2013); основные диагностические признаки микоза: полное пожелтение хвои, которая затем приобретает более темный (коричневатый) цвет, и главное – формирование по всей длине хвои желтых плоских аском (апотециев) длиной до 0,5 мм, выходящих наружу через разрывы эпидермиса (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 – Болезнь пожелтения хвои (возб. *C. minus*) на сосне обыкновенной: а – внешний вид пораженной хвои; б – апотеции возбудителя на хвое (фото по А.М. Жукову и др. (2013))

Среди патологий филлосферы подроста высокими показателями проявления характеризуется серое шютте (таблица 4.14). Однако даже при большом количестве у растений пораженной болезнью хвои, значительная площадь её поверхности продолжает продуцировать, так как отмирает обычно верхняя часть хвоинок (рисунок 4.6 г). Патологическая дефолиация происходит лишь в случаях критического их поражения и усыхания.

В соответствии с количественными показателями болезней наибольшей вредоносностью отличаются патогены, осваивающие древесные ткани и вызывающие некрозы (в частности ценангиоз) и язвенный (биаторелловый) рак (таблица 4.14). Данные болезни поражают ослабленный подрост в условиях чрезмерного затенения, заражению и развитию способствуют механические поранения, повреждения ветвей и стволиков долгоносиками.

Нектриевый некроз и смоляной рак имеют весьма ограниченное распространение на подросте. Смоляной рак, выявленный в подтаежных сосняках на единичных молодых растениях, становится причиной их скоротечного усыхания (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Смоляной рак на стволике усохшего соснового подроста (фото автора)

Инфекционные болезни молодого поколения в исследуемых сосняках встречаются на растениях разных возрастных категорий – всходах, самосеве и подросте (таблица 4.15). При этом разнообразие болезней и показатели их проявления имеют определенную динамику в онтогенезе молодых деревьев сосны.

На всходах (растения в возрасте до 1 года) отмечаются только болезни хвои (серое и обыкновенное шютте). На самосеве (2-5 лет) повышаются разнообразие и показатели проявления болезней ассимилирующего аппарата; поселяются патогены, поражающие древесные ткани и вызывающие некрозно-раковые болезни. Распространенность последних на самосеве сосны незначительна; так встречаемость ценангиоза и язвенного рака не превышает 2 %.

Таблица 4.15 – Распространенность (числитель) и развитие (знаменатель) болезней по возрастным группам молодого поколения, % (по данным в лесостепных борах)

Болезни	Возрастные группы		
	всходы	самосев	подрост
Серое шютте	21,0 / 5,0	55,2 / 17,3	57,7 / 21,8
Обыкновенное шютте	7,1 / 2,2	28,6 / 9,4	6,3 / 1,7
Снежное шютте	-	+	+
Ржавчина хвои	-	-	+
Пожелтение хвои	-	+	+
Ценангиевый некроз	-	1,8 / 1,4	59,3 / 33,0
Нектриевый некроз	-	-	+
Биаторелловый рак	-	+	62,2 / 38,7

+ встречается на единичных растениях

На подросте шести лет и старше отмечается весь спектр выявленных болезней, возбудители которых нередко развиваются на растениях совместно в определенных сочетаниях, вызывая их комплексное поражение. Показатели проявления болезней на таких растениях достигают максимальных значений, вследствие чего значительная часть подроста (более 50 %) переходит в категорию усыхающих.

В пригородных лесах, продуцирующих на антропогенном фоне, формирование патогенной биоты, активность отдельных её представителей и вредоносность вызываемых болезней находятся в определенной зависимости от хронического техногенного загрязнения, которому в пределах лесного фитоценоза наиболее подвержен нижний ярус. Последнее в полной мере относится к подросту, что подтверждается данными таблицы 4.4. В исследуемых борах степень загрязнения хвои биологически активными и высокотоксичными для растений соединениями свинца, цинка, ванадия, молибдена, хрома и фтора на подросте в 1,4-7 раз(а) выше, чем в кронах деревьев основного полога. Это обусловлено гравитационным осаждением поллютантов, поступлением их в нижние ярусы фитоценозов с осадками и преобладанием подпологового проникновения ряда химических веществ от многочисленного автомобильного транспорта. Загрязнение растений фитотоксичными микроэлементами, накопление их водорастворимых соединений в тканях хвои заметно выше в насаждениях Березовского бора в сравнении с Есаульским и тем более Погорельским бором. В последнем сосновом массиве, расположенном на значительном расстоянии к северу от города (при преобладании ветров западных румбов), загрязнение растений наиболее токсичными соединениями фтора не зафиксировано.

Сопоставление графической информации, приведенной для исследуемых лесостепных боров (рисунки 4.9, 4.10), различающихся по уровню антропогенных нагрузок, с оценкой достоверности различий по *t*-критерию свидетельствует о тенденции повышения распространенности и развития доминирующих микозов

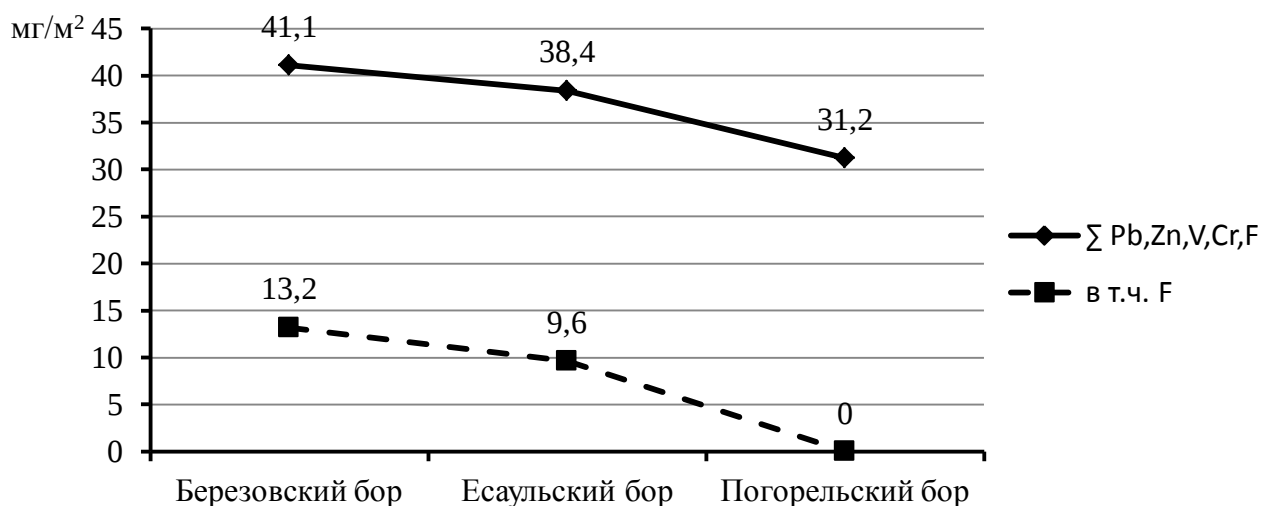
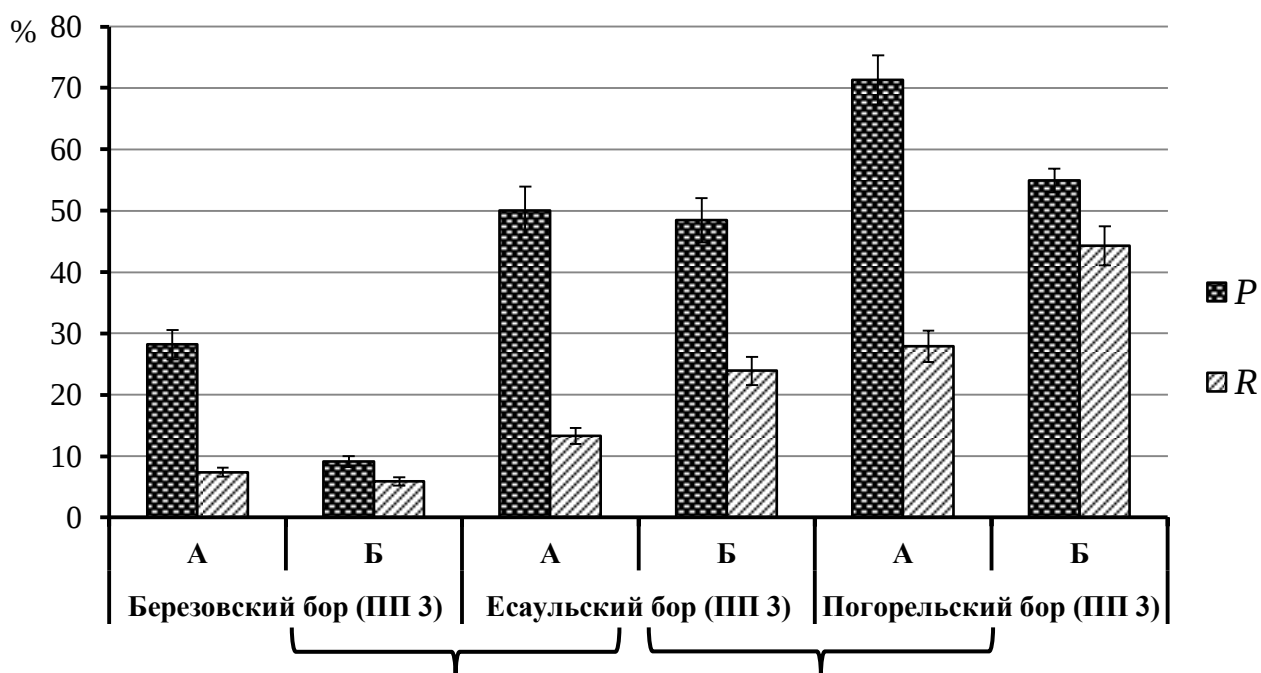


Рисунок 4.9 – Содержание фитотоксичных микроэлементов на хвое соснового подроста в пригородных борах



А	P	$t_{\text{факт}} (4,8) > t_{05} (2,1)$	$t_{\text{факт}} (3,5) > t_{05} (2,1)$
	R	$t_{\text{факт}} (4,4) > t_{05} (2,1)$	$t_{\text{факт}} (4,4) > t_{05} (2,1)$
Б	P	$t_{\text{факт}} (10,7) > t_{05} (2,1)$	$t_{\text{факт}} (1,5) < t_{05} (2,1)$
	R	$t_{\text{факт}} (7,2) > t_{05} (2,1)$	$t_{\text{факт}} (5,4) > t_{05} (2,1)$

Рисунок 4.10 – Показатели проявления (P – распространенность, R – развитие) болезней подроста: А – серое шютте; Б – биаторелловый рак

на подросте по градиенту снижения его загрязнения наиболее фитотоксичными микроэлементами, включая фтор. Данный факт указывает на вероятное ингибирование паразитической активности фитопатогенных грибов, инициирующих болезни соснового подроста, токсическими веществами техногенных выбросов, которые помимо значительного поверхностного загрязнения молодых растений активно аккумулируются в тканях их коры и хвои (Черненкоова, 2004). Кроме того, накопление на поверхности растений техногенной пыли может препятствовать инфицированию патогенами, проникающими через устья, другие естественные пути, что в частности характерно для болезней хвои. Выявленная закономерность согласуется с результатами исследований Е.П. Кузьмичева (1994), А.Х. Барсегян (2002).

Очевидно, накопление микотоксичных веществ в снежном покрове является одним из факторов, лимитирующих в наиболее загрязненных лесостепных сосняках (Березовский и Есаульский боры) пораженность подроста снежным шютте. Это связано с повышенной уязвимостью возбудителя болезни (*G. infestans*) при развитии в толще снега: формирование экзофитного мицелия; созревание и раскрытие плодовых тел (апотециев) при течении болезни по сибирскому типу.

4.3 Фитопатологическое состояние березняков

В составе патогенной биоты березовых насаждений наиболее представлены микромицеты, различающиеся по уровню паразитизма и связанные в своем развитии с филлосферой деревьев разного возраста. Выявленные болезни ассимилирующего аппарата (таблица 4.16, рисунок 4.11) встречаются в березняках повсеместно, при этом активно проявляются во второй половине - последней трети вегетации при сочетании оптимальных положительных температур и относительно высокой влажности воздуха, что обеспечивается увеличением количества выпадающих осадков. Однако их вредоносность незначительна, в ряде случаев они могут ослаблять молодняки, подрост

вследствие уменьшения физиологически активной поверхности листового аппарата и преждевременной дефолиации растений по причине некроза паренхимной ткани листьев, формирования на них мицелия и спороношений возбудителей.

Таблица 4.16 – Инфекционные болезни в березовых насаждениях

Название болезни	Возбудитель (уровень паразитизма)	Объект поражения	
		древостой	подрост
Черная пятнистость листьев	<i>Atopospora betulina</i> [Fr.] Petr. (факультативный сапротроф)	+	+
Оливковая (темно-коричневая) пятнистость листьев	<i>Ophiognomonia intermedia</i> [Rehm] Sogonov (факультативный сапротроф)	+	+
Бурая пятнистость листьев	<i>Cylindrosporium betulae</i> Davis, <i>Marssonina betulae</i> [Lib.] Magnus (факультативные сапротрофы)	+	+
		-	+
Мучнистая роса листьев	<i>Erysiphe ornata</i> [U. Braun] U. Braun & S. Takam. <i>Phyllactinia guttata</i> [Wallr.] Lév. (облигатные паразиты)	-	+
		+	+
Пузырчатка (курчавость) листьев	<i>Taphrina betulae</i> [Fuckel] Johanson (облигатный паразит)	+	+
Бактериальная водянка	<i>Erwinia multivora</i> Scz.-Parf. (факультативный сапротроф)	+	-
Стволовая гниль	<i>Fomitopsis pinicola</i> [Sw.] P. Karst.; <i>F. betulina</i> [Bull.] B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai; <i>Fomes fomentarius</i> [L.] Fr.; <i>Inonotus obliquus</i> [Fr.] Pilát; <i>Phellinus igniarius</i> [L.] Quél.; (факультативные сапротрофы, паразиты)	+	-
		+	-
Корневая гниль	<i>Armillaria mellea</i> sensu lato (факультативный паразит)	+	-

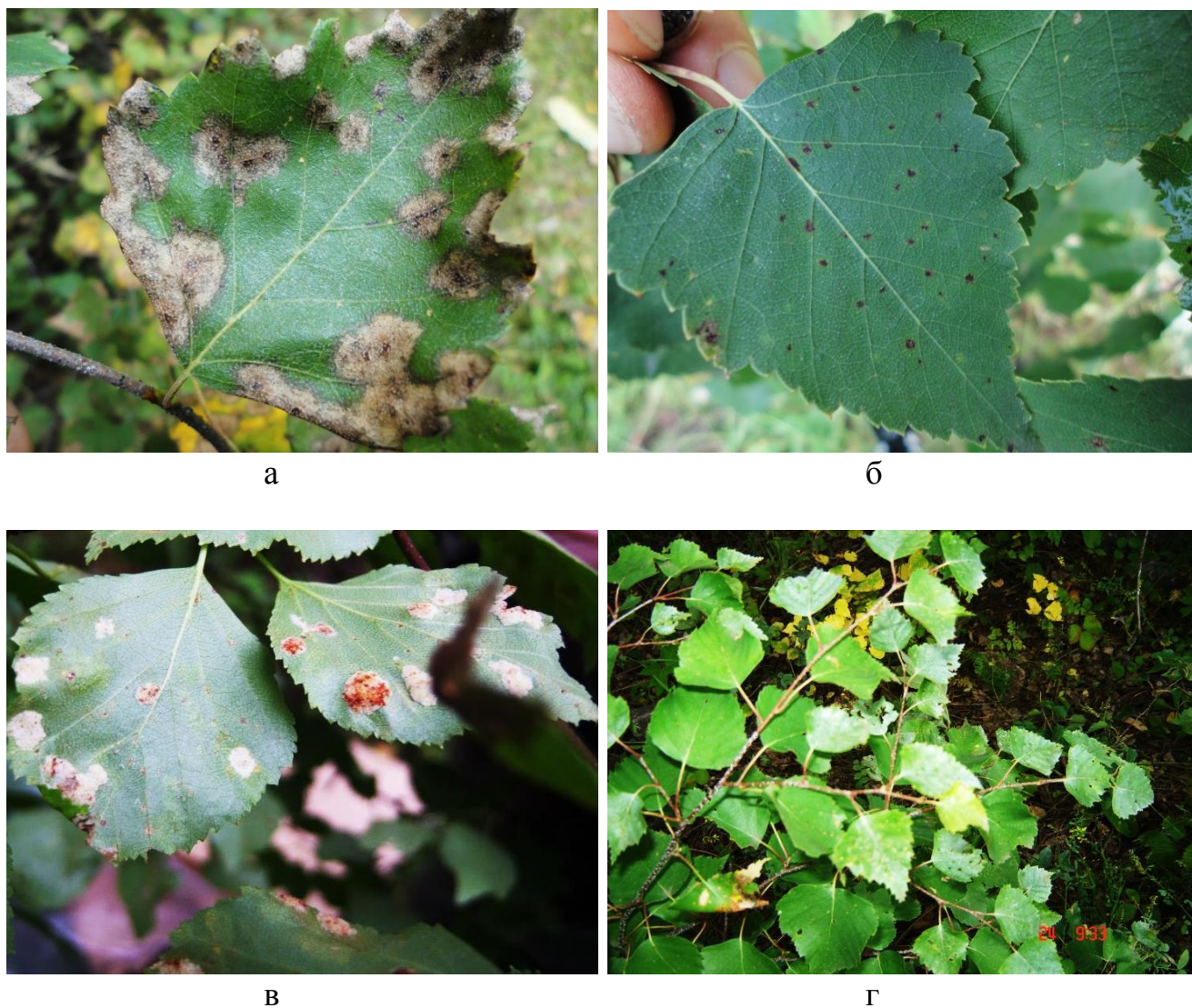


Рисунок 4.11 – Болезни листьев на березе: а – оливковая пятнистость; б – бурая пятнистость (возб. *C. betulae*); в – курчавость листьев (с обратной стороны листовых пластин налет сумчатого спороношения возбудителя); г – листья с признаками поражения мучнистой росой (белесый налет, состоящий из экзофитного мицелия и анаморфы гриба *E. ornate*) (фото автора)

Более значимы патогенные консорты, осваивающие элементы древесной фитомассы и вызывающие некрозно-раковые и гнилевые болезни березы (Татаринцев, 2013а; Татаринцев, Скрипальщикова, 2015).

4.3.1 Эколого-лесоводственные особенности пораженности березняков бактериальной водянкой

На березе болезнь, вызываемая *Erwinia multivora*, была обнаружена и описана А.Л. Щербин-Парфененко с коллегами (1963, 1975) в лесах Северного Кавказа, где послужила причиной массового усыхания этой породы в чистых и смешанных насаждениях. В середине 70-х годов прошлого столетия крупная эпифитотия бактериальной водянки охватила березняки Зауралья, юга Западной Сибири и Северного Казахстана (Гниненко, Безрученко, 1983). Очаги болезни регулярно возникали здесь и в течение последующих лет (Гниненко, 2002; Савенкова, Загыпарова, 2012). Большие площади болезни в последние десятилетия отмечены в березняках Калужской области (Смирнов, Котов, 2005), Брянской области (Сидоров, 2009, 2011); очаги усыхания березы от водянки выявлены в Бузулукском бору (Шеховцев, 2009). В лесах Средней Сибири бактериальная водянка была установлена и описана только в насаждениях хвойных пород (Рыбалко, Гукасян, 1986), в которых она причислена к наиболее вредоносным заболеваниям. В южной части данного региона, где береза (*Betula pendula* Roth.) является одним из основных лесообразователей, в начале столетия нами отмечены случаи поражения насаждений этой породы в лесах зеленой зоны г. Красноярска (Экологическое состояние..., 2009). Позднее маршрутные обследования показали повышение распространения болезни в березняках.

В результате детального обследования березовых насаждений на обширной территории, тяготеющей к г. Красноярску, нами (Татаринцев, 2014в) в большинстве случаев установлено очаговое поражение древостоев бактериальной водянкой (распространенность болезни 10-38 %): на 17-ти пробных площадях из 31; пораженные деревья не обнаружены только на одной ПП (таблица 4.17).

По нашим наблюдениям в очагах бактериальной водянки березы встречаются два типа проявления болезни – некроз и раковые язвы. Первоначально происходит развитие мокрого некроза, при котором древесина ствола, отмирающие ткани луба насыщаются жидкостью, темнеют и имеют характерный кислый запах вследствие процессов бактериального брожения; из-за активного

Таблица 4.17 – Пораженность (*P*) березняков бактериальной водянкой

ПП	<i>P</i> , %	ПП	<i>P</i> , %	ПП	<i>P</i> , %	ПП	<i>P</i> , %	ПП	<i>P</i> , %
Таежные леса		7	12,1	15	7,5	20	18,1	28	0,6
<i>n</i> =16, <i>d_{K-S}</i> =0,164 (<i>p</i> >0,05)		8	12,5	16	18,0	21	8,7	29	1,0
1	2,3	9	15,2	<i>M</i> ± <i>m</i>	13,9±2,1	22	8,2	30	4,4
2	5,5	10	19,2	Лесостепь		23	0	31	0,6
3	6,9	11	13,4	<i>n</i> =15, <i>d_{K-S}</i> =0,140 (<i>p</i> >0,05)		24	7,2	<i>M</i> ± <i>m</i>	8,0±1,6
4	12,4	12	20,3	17	13,0	25	10,1	Весь массив	
5	8,3	13	38,4	18	20,4	26	10,7	<i>n</i> =31, <i>d_{K-S}</i> =0,092 (<i>p</i> >0,05)	
6	14,8	14	15,7	19	9,8	27	7,7	<i>M</i> ± <i>m</i>	11,1±1,4

газообразования на коре появляются трещины, через которые выступает экссудат красновато-коричневого цвета (рисунок 4.12 а, б). Позже такие слизистые подтеки становятся черными. Некротизация наружных частей ствола сопровождается поражением проводящих структур, вследствие чего листва измельчается и имеет желтоватый оттенок, крона изреживается, появляются сухие ветви. В дальнейшем в местах активного некроза после гибели камбиального слоя вокруг возникших язв нарастает каллусная ткань, что приводит к образованию раковых ран с рваными краями (рисунок 4.12 в). Подобные проявления бактериальной водянки на березе, связанные с деятельностью *E. multivora*, ранее описаны другими специалистами (Гниненко, Жуков, 2006; Черпаков, 2011а). Развитие болезни обычно сопровождается появлением водяных побегов (рисунок 4.12 г), формирующихся ниже усыхающей кроны по всей длине ствола. Из-за значительного обводнения древесных тканей у пораженных водянкой деревьев зимой на стволах часто появляются морозобойные трещины (рисунок 4.12 д).

Значительное варьирование распространенности болезни в березняках рассматриваемой территории (таблица 4.17) обусловлено влиянием комплекса факторов, определяющих устойчивость деревьев к патогену на индивидуальном и



Рисунок 4.12 – Симптомокомплекс бактериальной водянки на березе: а – подтеки экссудата на стволе пораженного дерева; б – разрыв коры в местах развития мокрого некроза; в – образование раковых ран; г – обильные водяные побеги на больном дереве; д – морозобойная трещина на стволе пораженного дерева (фото автора)

ценотическом уровнях, возможность передачи и проникновения бактериальной инфекции, интенсивность развития патологического процесса. По данным В.А. Сидорова (2009) очаги бактериальной водянки в насаждениях березы приурочены к слабо дренированным ландшафтам, на территории более дренированных отмечаются преимущественно по пониженным элементам рельефа. Ю.И. Гниненко, А.М. Жуков (2006), напротив, указывают на бóльшую поражаемость березняков по водоразделам и на склонах южных экспозиций, на южных опушках древостоев. По сведениям приведенных специалистов развитию очагов болезни способствует засуха, ослабление насаждений вследствие пасквальной нагрузки и повреждения насекомыми-филлофагами. Для рассматриваемой территории Средней Сибири нами установлено, что распространенность бактериальной водянки березы выше в таежных лесах в сравнении с лесостепью. В пределах первых наибольшая пораженность насаждений выявлена на террасах склонов южной (ПП 10 – 19,2 %; ПП 12 – 20,3 %) и юго-восточной экспозиции (ПП 13 – 38,4 %).

Обследованные березняки произрастают на свежих и влажных почвах, которые наиболее типичны для древостоев этой породы в районе исследований. Усреднение данных о распространенности болезни в рамках лесорастительных зон с учетом степени увлажнения почв позволяет говорить о более интенсивном поражении насаждений на влажных почвах (рисунок 4.13). Выявленные закономерности подтверждены результатами двухфакторного дисперсионного анализа (таблица 4.18). Показано значимое влияние на распространенность болезни обоих показателей лесорастительных условий, взаимодействие факторов не оказывает влияния на показатель-отклик. Учитываемые факторы и их взаимодействие объясняют около 30 % дисперсии распространенности изучаемого заболевания в березняках района исследований. Высокая доля дисперсии (72 %), приходящейся на случайные факторы и ошибки, объясняется изучением сильно варьирующего признака (распространенности болезни) на большой лесопокрытой площади, отличающейся многообразием экологических

факторов эндогенной и экзогенной природы, которые в разной степени могут оказывать влияние на поражаемость березняков водянкой.

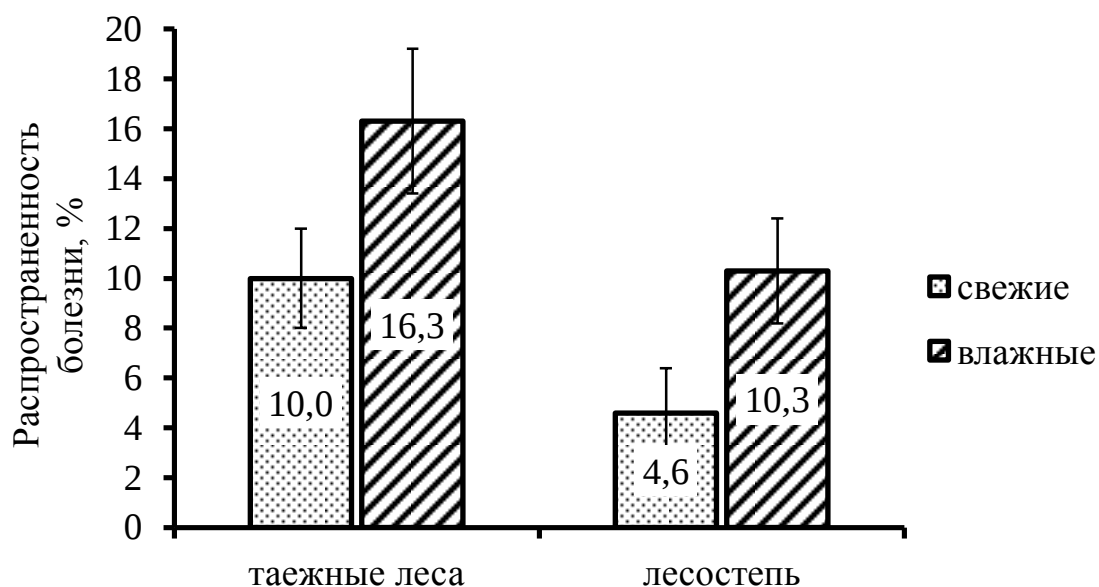


Рисунок 4.13 – Зависимость пораженности березняков бактериальной водянкой от степени увлажнения почв

Таблица 4.18 – Дисперсионный анализ влияния лесорастительных условий на распространённость бактериальной водянки

Факторы	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Средние квадраты	Степень влияния, %	F-критерий	p-уровень
Лесорастительная зона	1	234,4	234,4	13,1	4,9	0,04
Увлажнение почв	1	264,3	264,3	14,8	5,5	0,03
Взаимодействие факторов	1	0,8	0,8	0,1	0,02	0,90
Случайные факторы и ошибки	27	1292,6	47,9	72		
Все факторы		1792,1		100		

Лесорастительные и главным образом эдафические условия (трофность, режим увлажнения почв) определяют ростовые процессы у деревьев, продуктивность древостоев, что находит свое отражение в градациях бонитероочной шкалы. В результате проведенного корреляционного анализа установлена достоверная обратная связь распространённости бактериальной

водянки с бонитетом насаждений (таблица 4.19), следовательно, в большей степени поражаются болезнью высокопродуктивные березняки.

Приведенные данные, указывающие на наибольшую вероятность возникновения очагов бактериоза в насаждениях, произрастающих на достаточно богатых, влажных почвах, согласуются с результатами исследований В.А. Сидорова (2009) в березняках Брянской области, который объясняет это влиянием лесорастительных условий на строение и механические свойства древесины березы.

Таблица 4.19 – Корреляция между распространенностью бактериальной водянки (P) и таксационными показателями древостоя (коэффициент корреляции Пирсона)

Показатели	P , %	Доля березы в составе	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Бонитет	Полнота
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Доля березы в составе	-0,297	1	-	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,675	-0,292	1	-	-	-	-
Средний диаметр, см	0,657	-0,241	0,914	1	-	-	-
Средняя высота, м	0,684	-0,354	0,866	0,896	1	-	-
Бонитет	-0,513	0,271	-0,448	-0,564	-0,808	1	-
Полнота	0,443	-0,275	0,026	0,074	0,224	-0,240	1

выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$)

В соответствии с приведенными коэффициентами корреляции (таблица 4.19) распространенность болезни увеличивается с повышением возраста (соответственно – средней высоты, среднего диаметра), полноты насаждений. Очевидно, в высокополнотных насаждениях происходит более успешная передача

бактериальной инфекции, и создаются благоприятные микроклиматические условия для развития патогена.

В целях получения уравнения зависимости распространенности бактериальной водянки от совокупности таксационных показателей древостоев (с учетом их взаимной корреляции) проведен множественный регрессионный анализ. Итоговое уравнение, включающее наиболее значимые параметры, имеет вид:

$$P = 0,17A - 4,30B + 12,24Pl \ (R = 0,927, S = 5,3, F = 57 \ (p < 0,05)),$$

где P – распространенность водянки, %; A – средний возраст древостоя, лет; B – класс бонитета; Pl – относительная полнота древостоя.

Значительные площади изучаемых березняков продуцируют на фоне определенного уровня антропогенных нагрузок, к числу которых относится рекреационное воздействие, проявляющееся в различной степени дигрессии насаждений. Уровень рекреационного воздействия на пробных участках варьирует от I стадии (отсутствие признаков нарушения лесного биогеоценоза) до IV стадии дигрессии (значительная нарушенность) (см. раздел 4.1). Вероятное влияние рекреационной нагрузки, ослабляющей древостой, на поражение березняков бактериальной водянкой в выборочном комплексе не установлено: связь распространенности болезни с уровнем рекреации характеризуется $r = -0,151$; $p > 0,05$.

При анализе распределения деревьев по ступеням толщины на пробных площадях, заложенных в возникших очагах с распространенностью бактериальной водянки более 15 % (таблица 4.20), отмечается поражение деревьев из разных ступеней толщины соответственно их представленности в древостое. При этом бóльшая доля пораженных экземпляров в насаждении приходится на средние ступени, средний диаметр деревьев с признаками болезни близок к среднему диаметру древостоя. Выявленная тенденция расходится с данными В.А. Сидорова (2009), который установил, что в очагах бактериальной

водянки березы оказываются пораженными в основном тонко- и крупномерные деревья, уклонившиеся в развитии от основной массы средних экземпляров.

Таблица 4.20 – Распределение пораженных деревьев по ступеням толщины, %

ПП	Ступени толщины, см												
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
9			12,9	12,9	16,1	32,3	12,9	12,9					
10		2,6	2,6	28,2	20,5	12,8	2,6	17,9	7,7	5,1			
12		5,6	5,6	2,8	2,8	5,6	11,1	11,1	8,3	13,9	16,7	11,1	5,4
13	2,2	6,5	13,0	4,3	17,4	26,2	17,4	6,5	4,3	2,2			
14		9,4	6,2	6,2	18,8	21,8	9,4	18,8	9,4				
16		6,1	27,3	27,3	9,1	12,1	12,1	3,0	3,0				
18	7,0	20,9	18,6	20,9	14,0	9,3	7,0	2,3					
20	26,5	47,1	20,6	2,9	2,9								

с заливкой – ступень толщины, соответствующая среднему диаметру древостоя;
с границей – ступень толщины, соответствующая среднему диаметру больных деревьев

На обследованной территории в очагах водянки основная часть больных деревьев относится к категориям ослабленные и сильно ослабленные, средневзвешенный индекс их состояния $2,18 \pm 0,09$ (1,6 – 3,1). При этом состояние пораженной части ценопопуляции заметно хуже общего состояния древостоя (рисунок 4.14), что подтверждается сравнительной оценкой выборочных совокупностей по критерию Манна-Уитни в пределах учетных единиц (ПП) с пораженностью водянкой $> 15\%$: $U = 0,5$ ($p < 0,05$). Худшим состоянием

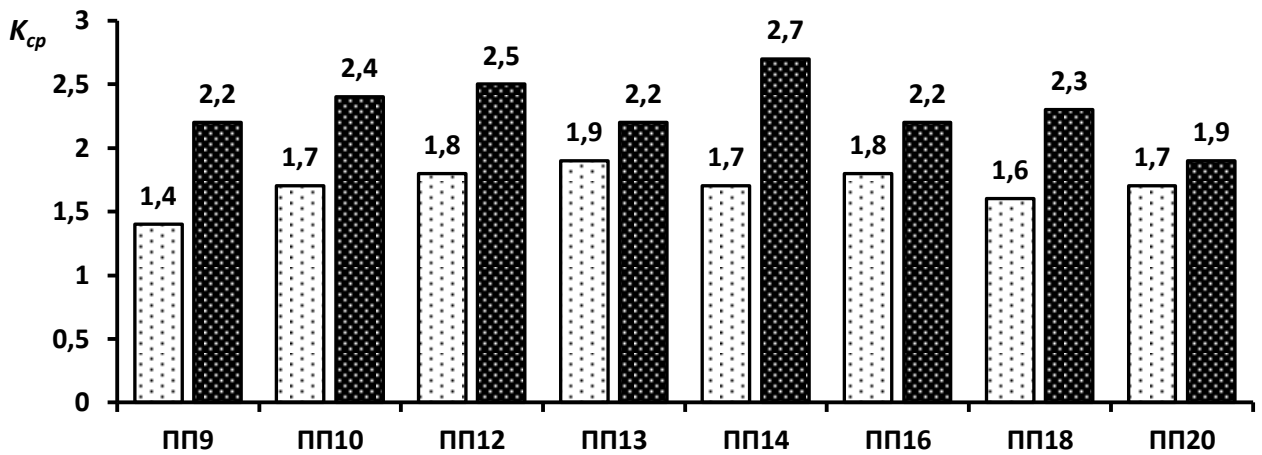


Рисунок 4.14 – Состояние пораженных деревьев (темный цвет) и всего древостоя (светлый цвет) в очагах бактериальной водянки (распространенность > 15 %)

характеризуются деревья, отстающие в своем развитии (низких классов Крафта), имеющие на стволах значительные некрозы и раковые язвы (некрозно-раковая форма болезни).

По материалам обследования проявляется определенное ухудшение состояния насаждений с повышением распространенности бактериального поражения (рисунок 4.15). Однако достоверной связи санитарного состояния

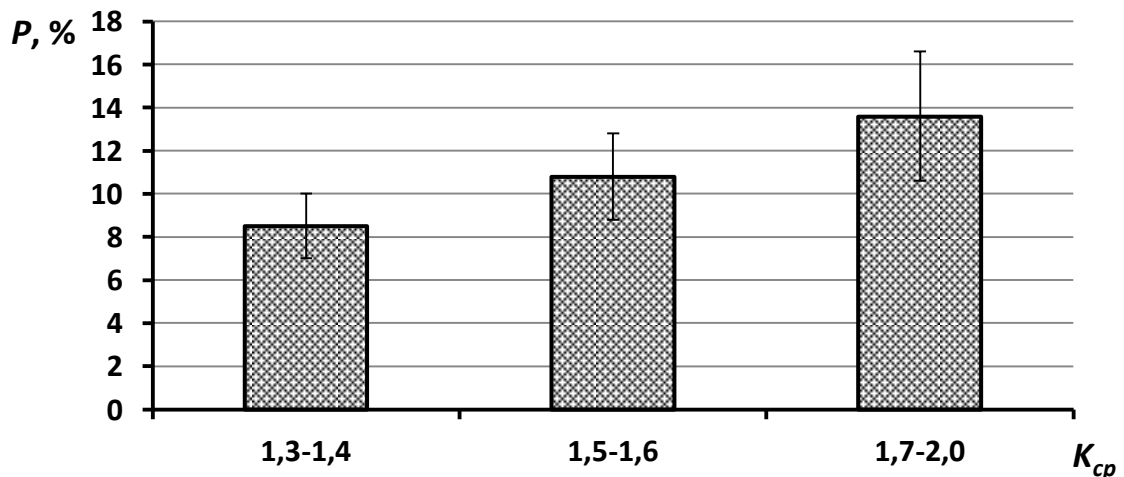


Рисунок 4.15 – Соотношение индекса состояния древостоя с распространенностью (P) бактериальной водянки

березняков (средневзвешенного индекса состояния древостоев) с пораженностью водянкой (распространенностью болезни) не установлено: $r = 0,295$; $p > 0,05$. Это является подтверждением наличия в березняках района исследований большей

частью формирующихся очагов болезни. Учитывая хронический характер течения патологического процесса (Гниненко, Жуков, 2006), можно ожидать повышения распространения и вредоносности бактериальной водянки; при этом возникновение эпифитотий наиболее вероятно в насаждениях, испытывающих стрессирующие воздействия (критическое объедание крон насекомыми-филлофагами, техногенное загрязнение, низовые пожары и др.), особенно на фоне неблагоприятных погодно-климатических условий.

4.3.2 Эколого-лесоводственные особенности пораженности березняков гнилями

Результатом деятельности ряда полупаразитных представителей ксиломикомплекса в березняках является развитие стволовой гнили (таблица 4.16, рисунок 4.16), которая понижает товарность древостоев и приводит к накоплению гнилевого ветролома. Проникновение дереворазрушающих грибов в стволы происходит посредством спор через поранения (сухобочины, морозобойные трещины, подгары), у порослевых деревьев – преимущественно мицелиально-комлевым путем из материнского пня.

Пораженность березовых древостоев стволовой гнилью в среднем не превышает 10 %, но может достигать более 20 % (таблица 4.21). Распространенность гнили достоверно выше в насаждениях порослевого происхождения в сравнении с семенными березняками, что подтверждается сравнительной оценкой выборочных средних по *t*-критерию и является вполне объяснимым фактом. Порослевые березняки подвержены стволовым (комлевым) гнилям с молодого возраста, причем преобладающая их часть встречается в лесостепной зоне, где на протяжении многих лет в древостоях, доступных для лесопользования, осуществлялась заготовка древесины для нужд местного населения с последующим их вегетативным восстановлением. Корреляционный анализ, выполненный по всем вариантам группировки данных, не выявил значимой связи распространенности гнили с лесоводственно-таксационными



Рисунок 4.16 – Доминирующие возбудители стволовой гнили на березе: а – базидиомы *Fomitopsis pinicola* на усыхающем дереве; б – *Fomes fomentarius* на ослабленном дереве; в – стерильная форма (чага) гриба *Inonotus obliquus*; г – плодовое тело *Phellinus igniarius* (фото автора)

Таблица 4.21 – Распространенность стволовой гнили, %

По всему массиву ($n=31$, $d_{K-S}=0,188$ ($p<0,05$))	В березняках разного происхождения		t -критерий
$\frac{7,8 \pm 0,9^*}{0,7-24,6^{**}}$	преимущественно семенного ($n=13$ $d_{K-S}=0,100$ ($p>0,05$))	$\frac{5,0 \pm 0,7}{0,7-9,1}$	$t_{\text{факт}} (3,3) >$ $t_{05} (2,1)$
	преимущественно порослевого ($n=18$, $d_{K-S}=0,211$ ($p>0,05$))	$\frac{9,8 \pm 1,2}{3,0-24,6}$	

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

показателями березняков (таблица 4.22), что лишний раз указывает на антропогенную трансформацию насаждений.

Таблица 4.22 – Корреляция между распространенностью стволовой гнили (P) и таксационными показателями древостоя (коэффициент корреляции Пирсона)

Показатель	P , %	Увлажнение почвы	Доля сосны в составе	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Бонитет
Преимущественно семенного происхождения							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Увлажнение почвы	0,279	1	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	0,409	0,471	1	-	-	-	-
Средний возраст, лет	0,090	-0,249	-0,329	1	-	-	-
Средний диаметр, см	0,064	-0,056	-0,329	0,864	1	-	-
Средняя высота, м	0,047	0,102	-0,498	0,756	0,848	1	-
Бонитет	-0,060	-0,501	0,306	-0,160	-0,392	-0,718	1
Полнота	-0,084	0,525	-0,092	0,292	0,036	0,174	-0,505
Преимущественно порослевого происхождения							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Увлажнение почвы	0,388	1	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	-0,196	-0,350	1	-	-	-	-
Средний возраст, лет	-0,147	-0,016	-0,267	1	-	-	-
Средний диаметр, см	-0,007	0,113	-0,193	0,933	1	-	-
Средняя высота, м	0,139	0,163	-0,307	0,892	0,912	1	-
Бонитет	-0,432	-0,236	0,254	-0,446	-0,552	-0,780	1
Полнота	0,146	0,502	-0,335	0,040	0,020	0,162	-0,097
По всему массиву							
P , %	1	-	-	-	-	-	-
Увлажнение почвы	0,142	1	-	-	-	-	-
Доля сосны в составе	-0,018	-0,076	1	-	-	-	-
Средний возраст, лет	-0,246	-0,010	-0,292	1	-	-	-
Средний диаметр, см	-0,139	0,124	-0,241	0,914	1	-	-
Средняя высота, м	-0,129	0,225	-0,354	0,866	0,896	1	-
Бонитет	-0,066	-0,377	0,271	-0,448	-0,564	-0,808	1
Полнота	-0,010	0,515	-0,275	0,026	0,074	0,224	-0,240

выделены значимые коэффициенты корреляции ($p < 0,05$)

Данные о распределении деревьев по ступеням толщины в насаждениях (порослевого происхождения) с распространенностью гнили более 10 % указывают в основном на хаотичное без какой-либо выраженной внутриценотической закономерности поражение стволовой гнилью деревьев разного диаметра (рисунок 4.17). Подобное обусловлено заражением деревьев от материнских пней при вегетативном возобновлении и главное через случайно возникающие на стволах поранения вследствие выборочных рубок, рекреационного воздействия и пасквальных нагрузок.

Развитие стволовой гнили в березняках приводит к ослаблению пораженных деревьев, что достоверно проявляется как в древостоях семенного, так и порослевого происхождения (таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Оценка влияния стволовой гнили на состояние березняков

Градации по происхождению	K_{cp} (числитель – для пораженной части древостоя; знаменатель – для всего древостоя)	t-критерий
преимущественно семенного ($d_{K-S}=0,266/0,196$ ($p>0,05$))	$\frac{1,94 \pm 0,09}{1,58 \pm 0,06}$	$t_{факт} (3,3) > t_{05} (2,1)$
преимущественно порослевого ($d_{K-S}=0,186/0,159$ ($p>0,05$))	$\frac{1,96 \pm 0,10}{1,58 \pm 0,04}$	$t_{факт} (3,4) > t_{05} (2,1)$

В патологическом отпаде деревьев в березняках принимает участие *Armillaria mellea* s.l., вызывающий токсигенное поражение и загнивание древесины корней. Однако в отличие от насаждений хвойных пород на территории Сибири, в которых опенок выступает одной из основных причин куртинного усыхания и даже распада древостоев (Павлов и др., 2007, 2009в), в березняках патоген вызывает единичное, реже групповое усыхание деревьев (рисунок 4.18 а), обычно элиминируя предварительно ослабленные экземпляры. Очевидно, береза проявляет определенную устойчивость к опенку, подтверждением чему явился один из объектов обследования в подтаежной зоне

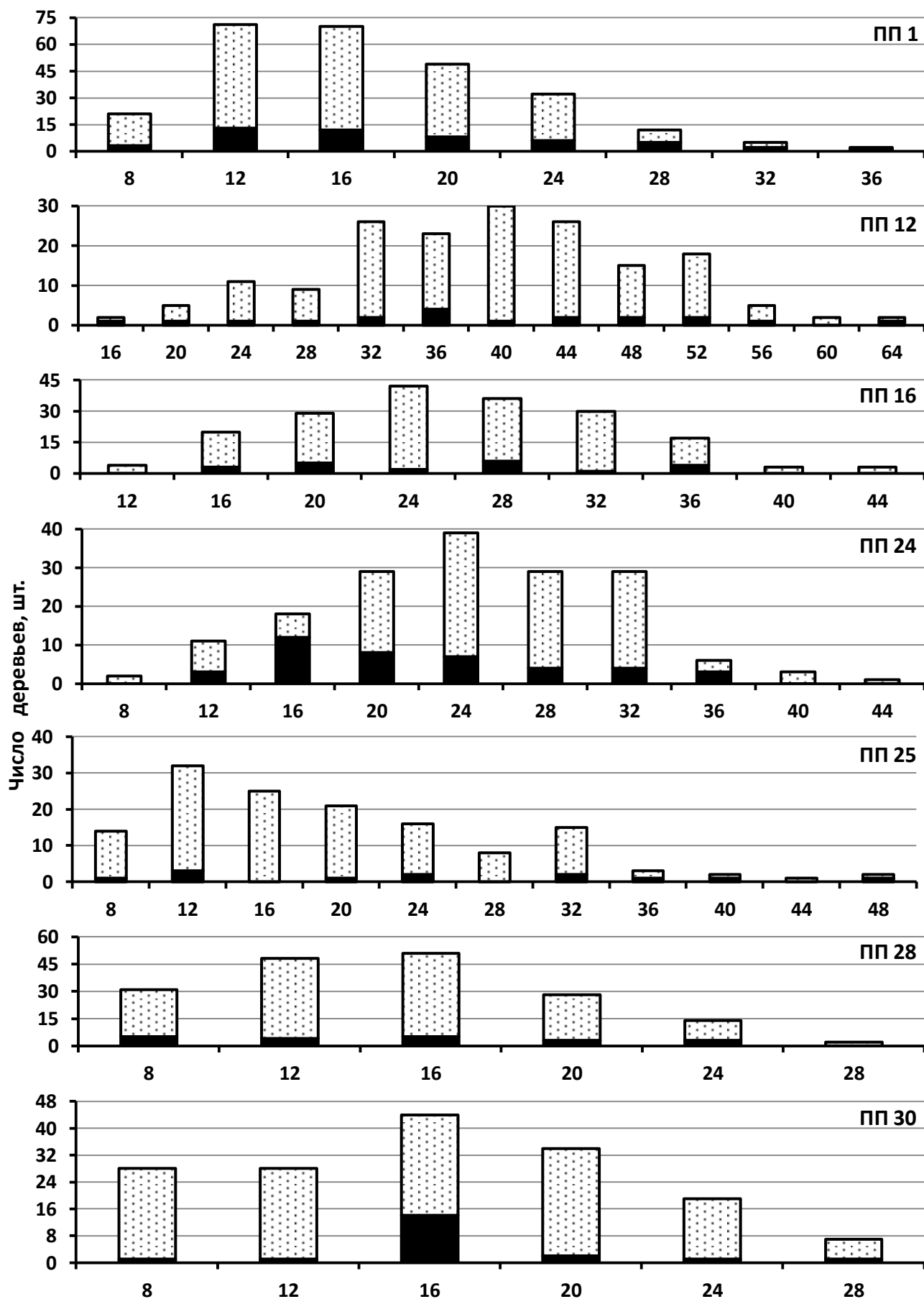


Рисунок 4.17 – Распределение по ступеням толщины (см) пораженных стволовой гнилью (темный цвет) и всех (светлый цвет) деревьев



Рисунок 4.18 – Последствия деятельности *Armillaria mellea* s.l. в березняках:
а – образование «окон» в результате группового усыхания деревьев; б –
выпадение осины из состава смешанного древостоя вследствие поражения
корневой гнилью (фото автора)

(ПП 15, Мининское лесничество). В насаждении был выявлен очаг корневой гнили (возб. *A. mellea* s.l.), в результате поражения из состава древостоя практически полностью выпала осина (изменение формулы состава: 5Б4Ос1С → 8Б2С+Ос) (рисунок 4.18 б). Лишь у единичных ослабленных берез в области корневых лап была отмечена инвазия опенка, при этом на момент обследования индекс состояния насаждения составил 1,4, показатель жизненного состояния – 88,6 %.



Рисунок 4.19 – Гнилевой ветролом из числа пораженных водянойкой деревьев (фото автора)

Развитие гнилевых болезней нередко сопряжено с поражением деревьев бактериальной инфекцией. В березняках подтаежной зоны совместная или последовательная «атака» со стороны бактерии *Erwinia multivora* и корневого патогена *A. mellea* s.l. обычно становится

причиной группового усыхания деревьев. Проникновение ксилотрофных грибов через морозобоины, раковые раны в стволы пораженных бактериальной водянкой деревьев приводит к их интенсивному прогниванию и образованию гнилевого ветролома (рисунок 4.19).

Выводы

1. На территории Красноярской группы районов, отличающейся разнообразием лесорастительных условий и породного состава лесов, наиболее освоены и трансформированы лесостепные и подтаежные насаждения, в которых доминируют сосна обыкновенная и береза повислая. Сосняки представлены коренными преимущественно чистыми по составу древостоями, березняки – производными, в меньшей степени коренными древостоями семенного и порослевого происхождения.

2. В соответствии с интегральной оценкой состояние сосняков зеленой зоны является ослабленным вне зависимости от лесорастительных условий. Уровень нарушенности сосновых ценозов определяется главным образом интенсивностью и длительностью антропогенных воздействий: техногенного загрязнения и рекреационных нагрузок. Состояние древостоев закономерно ухудшается (до утраты устойчивости) по мере приближения к урботерриториям, особенно к промышленным зонам по фронту преобладающих ветров; в пределах отдельных массивов – от центральных частей к опушкам (особенно наветренным).

3. Санитарное и жизненное состояние березняков в лесах Красноярской группы районов в целом оценивается как удовлетворительное; тем не менее, около половины их площадей, приближенных к урботерриториям, являются ослабленными. Состояние пригородных насаждений достоверно ухудшается с повышением рекреационной нагрузки, влияние техногенного загрязнения незначительно.

4. В составе патогенной биоты сосновых дендроценозов преобладают грибы, осваивающие в соответствии с уровнем своей специализации растения (органы, ткани) различного возраста и состояния. На деревьях основного полога выявлены

типичные раковые и гнилевые болезни, среди которых доминирует стволовая гниль; её распространенность достоверно выше в подтаежных сосняках в сравнении с лесостепными борами, что очевидно обусловлено различиями в запасах инфекции и изменениями в строении древесных тканей в антропогенно нарушенных древостоях лесостепи. В сосняках подтаежной зоны отмечается активизация ценотической роли корневых патогенов, проявляющейся в оптимизации структуры древостоя соответственно параметрам биотопа.

5. Патогенные консорты соснового подроста представлены микромицетами, инициирующими поражение филлосферы, некрозно-раковые болезни ветвей и стволиков; доминируют полупаразиты, осваивающие растительные ткани по некротрофному типу. Большим разнообразием болезней отличаются сосняки подтаежной зоны; в онтогенезе растений (всходы → самосев → подрост) количество и показатели проявления микозов повышаются. Выявлена тенденция повышения пораженности подроста болезнями по градиенту снижения уровня техногенного загрязнения насаждений, что указывает на вероятное ингибирование фитопатогенных грибов компонентами выбросов.

6. В березняках повсеместно встречается бактериальная водянка, масштабы поражения которой варьируют от единичных деревьев до появления очагов. Наиболее поражены березняки в таежных, подтаежных лесах; высокобонитетные насаждения, произрастающие на богатых, влажных почвах. Распространенность болезни нарастает с повышением возраста и полноты древостоев, не зависит от уровня рекреационной нагрузки. При развитии очагов водянки поражаются деревья разного диаметра пропорционально их представленности. Учитывая повышение распространенности и вредоносности данного генерализованного бактериоза, в березняках региона его следует относить к основным патологическим факторам.

7. В освоении древесной фитомассы в березняках участвует комплекс ксилотрофных грибов, среди которых установлены полупаразитные виды, вызывающие гнилевые болезни. В насаждениях таежной зоны поражение корней вызывает *A. mellea* s. l., что приводит к единичному, реже групповому усыханию

обычно ослабленных деревьев. Результатом деятельности ряда трутовых грибов – раневых паразитов является развитие стволовой гнили, снижающей качественное и санитарное состояние древостоев. Распространенность гнили достоверно выше в порослевых березняках, где может достигать более 20 %. Накопление патологического отпада усугубляется при сопряженном развитии гнилей и бактериальной водянки.

5 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

5.1 Общая характеристика санитарного и лесопатологического состояния насаждений

Минусинская котловина, являясь крупнейшей частью сложной геологической системы на юге Средней Сибири, включает степные и лесостепные ландшафты. При этом, как отмечалось, основная лесная растительность присутствует главным образом в предгорной лесостепной части котловины, где по аналогии с расположенными севернее островными лесостепями произрастают березовые, реже осиновые, лесные массивы преимущественно колкового типа, а также сосняки. Последние на территории Минусинской котловины представлены уникальными ленточными борами, которые сформировались по песчаным древнеаллювиальным отложениям и занимают около 65 тыс. га; принадлежат к особо ценным лесам, выполняя многосторонние экологические функции: климаторегулирующие, почвозащитные и иные. В борах встречаются насаждения I-V классов бонитета, что при схожести климатических условий объясняется разнообразием почвенного покрова, в том числе в пределах поперечного сечения боровых лент (Каленская и др., 2010).

Современное состояние лесных насаждений Минусинской котловины в значительной степени определяется антропогенным освоением рассматриваемой территории. Высокий антропогенный стресс испытывают массивы, наиболее доступные для посещения людьми, это в первую очередь рекреационные леса зеленой зоны г. Минусинска, Перовского лесничества ФГБУ «Национальный парк «Шушенский бор». В связи с созданием Саянского ТПК рекреационные нагрузки на леса Минусинской котловины за последние 20 лет увеличились почти в два раза (Грибов, Анюшин, 2004). С проведением работ по организации контролируемого туризма на территории НП «Шушенский бор» число мест

отдыха в период 1998-2005 гг. возросло в 8 раз, количество организованных посетителей – в 28 раз (рисунок 5.1) (Каленская и др., 2010).

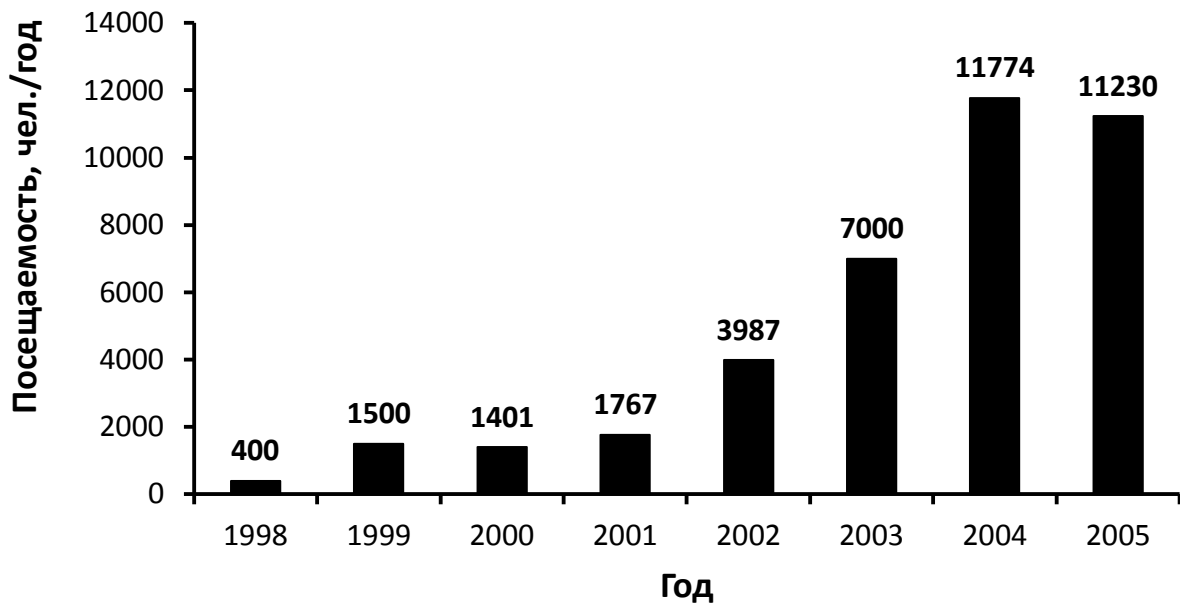


Рисунок 5.1 – Посещаемость национального парка «Шушенский бор» (Каленская и др., 2010)

Рекреационные нагрузки становятся причиной нарушения лесных экосистем, выражающиеся в определенной дигрессии фитоценозов, ослаблении древостоев. В сосняках национального парка, примыкающих к п. Шушенское, рекреационная дигрессия насаждений в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия варьирует от I до V стадии (таблица 5.1). К значительным нарушениям лесных фитоценозов, особенно в пределах припоселковых боров, приводит возрастающая в последние годы бездорожная транспортная рекреация (рисунок 5.2).

Высокая рекреационная нагрузка при увеличении доли неорганизованных и несанкционированных форм рекреации, ежегодно возникающие весенние сельхозпалы в сочетании с высоким классом природной пожарной опасности обуславливают повышенную горимость насаждений Минусинской котловины. Так, частота лесных пожаров в равнинной (лесостепной) части НП «Шушенский бор» по сравнению с горной выше от 2 до 11 раз (Каленская и др., 2010).

Таблица 5.1 – Распределение сосняков Шушенского бора по стадиям рекреационной дигрессии (по материалам лесоустройства 2010 года)

Подразделения насаждений	Площадь	
	га	в % от общей площади сосняков
Сосняки лесничества	2531,6	100
Рекреационные насаждения, в том числе по стадиям дигрессии:	2531,6	100
I стадия	1139,3	45,0
II стадия	1088,3	43,0
III стадия	256,1	10,1
IV стадия	44,4	1,8
V стадия	3,5	0,1



Рисунок 5.2 – Следы бездорожной транспортной рекреации (фото автора)

По понятным причинам основные данные о горимости лесов и влиянии пожаров на лесные фитоценозы накоплены по отношению к наиболее ценным в регионе сосновым борам. Преобладание высокополнотных одноярусных сосняков, в частности в пределах Шушенского бора, без развитого подроста и подлеска препятствует развитию пожаров в верховые (Каленская и др., 2010). После беглых низовых пожаров слабой силы усыхают мелкоствольные деревья, причем более интенсивно на склонах северных экспозиций; наибольший процент

отпада отмечается после устойчивых пожаров на крутых южных и западных склонах песчаных дюн преимущественно из числа деревьев крайних ступеней толщины (там же).

По сводкам Центра защиты леса Красноярского края на территории Минусинского лесничества лесные пожары в последнее десятилетие явились главной причиной ослабления и усыхания насаждений (таблица 5.2): в среднем 91 % от общей площади лесов с нарушенной и утраченной устойчивостью в 2009-2018 гг. пришелся на гари. С этим же фактором обычно связывают ежегодное накопление большей части площадей погибших насаждений (по крайней мере до 2016 года). С начала текущего столетия наиболее губительными для минусинских ленточных боров оказались весенние пожары 2007 года, когда огнем было уничтожено около 9 тыс. га реликтовых сосняков (рисунок 5.3).

Таблица 5.2 – Площадь насаждений (га) с нарушенной и утраченной устойчивостью по причинам их ослабления и гибели в Минусинском лесничестве

Год	Всего	в том числе по причинам ослабления (усыхания)	
		лесные пожары	неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические факторы
2009	2321,1 (672,1)	2321,1 (672,1)	-
2010	1880,2 (78,3)	1880,2 (78,3)	-
2011	1440,7 (212,6)	1355,9 (202,0)	84,8 (10,6)
2012	1475,8 (128,1)	1392,3 (128,1)	83,5
2013	1370,4 (66,2)	1285,1 (66,2)	85,3
2014	1400,2 (2,2)	1316,6 (1,7)	83,6 (0,5)
2015	1409,6 (5,2)	1326,1 (5,2)	83,5
2016	448,2	364,7	83,5
2017	454,1 (0,1)	364,9	89,2 (0,1)
2018	445,1 (5,8)	341,3	103,8 (5,8)

в скобках – площадь погибших насаждений в текущем году



Рисунок 5.3 – Последствия лесных пожаров 2007 года в Минусинских ленточных борах (фото автора)

Ослабление и усыхание древостоев вследствие пожаров приводит к концентрации и значительному повышению численности насекомых-ксилофагов. Доминирующие виды этой биоэкологической группы в послепожарных сосняках Минусинских боров: шестизубый короед (*Ips sexdentatus* Börner), серый длинноусый усач (*Acanthocinus aedilis* L.) (рисунок 5.4), синяя сосновая златка



Рисунок 5.4 – Заселение деревьев насекомыми-ксилофагами на гари: а – следы освоения сосны шестизубым короедом (входные отверстия, обильная буровая мука); серый длинноусый усач на стволе усыхающего дерева (фото автора)

(*Phaenops cyaneus* F.), синий сосновый рогохвост (*Sirex juvencus* L.), черный сосновый усач (*Monochamus galloprovincialis* Oliv.), сосновые лубоеды (*Tomicus minor* Hart., *T. piniperda* L.). Стволовые вредители ускоряют процесс отмирания деревьев, снижают качество древесины, заготавливаемой при проведении санитарных рубок, а такие виды как *M. galloprovincialis*, *Tomicus* sp. в процессе дополнительного питания выступают фактором первичного ослабления примыкающих к гарям сосняков.

Огневое воздействие стимулирует образование плодовых тел (апотециев) плодосумчатого макромикета *Rhizina undulate* Fr., которые в большом количестве обнаруживались на гарях в Минусинских ленточных борах в первые два года после пожаров 2007 г. По данным И.Н. Павлова с соавт. (2008б) воздушно-сухая масса апотециев на некоторых участках достигала 57 кг/га. *R. undulate*, как потенциальный корневой патоген, может стать серьезным лимитирующим фактором для естественного и искусственного возобновления сосны.

Маршрутное и выборочное детальное обследование длительно не горевших березовых насаждений, выполненные нами в южной части Минусинской котловины, указывают на их удовлетворительное состояние. По интегральной оценке жизненное состояние ценопопуляции березы является здоровым, отпад накапливается преимущественно из числа деревьев низких ступеней толщины и по запасу не превышает 5 % (текущий отпад < 1 %) (таблица 5.3).

Фитопатологическую обстановку в березняках определяют типичные для этой породы в условиях Средней Сибири стволовая гниль и бактериальная водянка, приводящие деревья к ослаблению, на что указывают значения средневзвешенного индекса состояния в части пораженных экземпляров (таблица 5.4) относительно состояния всего древостоя (таблица 5.3). При незначительной распространенности болезней, особенно стволовой гнили, пораженность березняков бактериальным мокрым раком (водянкой) в условиях повышенного почвенного увлажнения (ПП 1, 4) достигает очаговых значений (более 10 %), что подтверждает ранее отмеченные закономерности по развитию очагов данного бактериоза.

Таблица 5.3 – Показатели санитарного состояния березняков (по материалам детального обследования на территории Перовского лесничества НП «Шушенский бор»)

ПП	Состав (возраст), тип леса	Распределение деревьев по категориям состояния, % от запаса					$K_{cp} / L, \%$	Средний диаметр, см	
		без призн. ослабл.	ослабл.	сильно ослабл.	отпад			элемента леса	отпада
					текущий	общий			
1	9Б(63)1С, разнотравно-осочковый	59,4	27,0	9,9	0,5	3,7	1,6/82	18,8	12,5
2	7Б(83)3С, орляково-крупнотравный	60,4	34,6	2,4	0,4	2,6	1,5/86	32,3	26,9
3	10Б(63)+Ос, разнотравный	54,3	35,0	8,1	0,8	2,6	1,6/82	20,7	11,7
4	9Б(63)1С, разнотравно-осочковый	48,2	45,0	5,2	0,2	1,6	1,6/82	19,6	13,9
5	9Б(68)1С, осочково-разнотравный	73,3	23,0	1,6	0,3	2,1	1,3/91	23,9	13,9

Таблица 5.4 – Показатели проявления болезней в березняках
(числитель – распространенность болезни, %; знаменатель – средневзвешенный индекс состояния пораженных деревьев)

ПП	1	2	3	4	5
Бактериальная водянка (мокрый рак)	12,5 / 2,3	7,6 / 1,8	4,3 / 2,0	16,6 / 2,2	8,3 / 2,3
Стволовая гниль	2,0 / 3,0	4,4 / 1,6	-	3,8 / 2,0	2,8 / 2,3

Наибольшую тревогу вызывает санитарное состояние сосняков, в которых помимо накопления пиrogenного отпада отмечается возрастающее усыхание деревьев, не связанное с последствиями лесных пожаров. Подобные процессы в последние десятилетия характеризуют состояние лесов во многих частях

бореальной зоны. Так, интенсифицировалось усыхание в хвойных лесах Северной Америки, на территории стран Западной Европы (Жигунов и др., 2007). В границах России усыханием охвачены ельники Северо-Западной зоны (Неволин и др., 2005; Жигунов и др., 2007), елово-пихтовые леса на Дальнем Востоке (Козин, 2013), катастрофический характер приобретает усыхание хвойных насаждений в условиях Сибири (Бажина, 2010; Павлов и др., 2008б, 2011). Данное явление обусловлено сопряженным воздействием на лесные дендроценозы комплекса эндогенных и экзогенных (природных и антропогенных) экологических факторов. В сфере внутриценотических отношений одной из основных, часто решающих, причин усыхания хвойных древостоев оказывается воздействие корневых патогенов (Федоров, 2000; Жигунов и др., 2007; Павлов и др., 2008б, 2011; Татаринцев, 2015а).

К концу прошлого столетия вследствие поражения корневой гнилью, а также повреждения ветровалом, пожаром, проведения санитарных рубок Минусинские ленточные боры пострадали на площади 28 тыс. га (Buzykin et al., 2000; Бузыкин, Пшеничникова, 2001). На наличие очагов гнилевых болезней с преобладанием очагов корневой гнили в лесах Минусинского лесничества указывают данные Красноярского центра защиты леса (рисунок 5.5). Кроме гнилевых поражений в сосняках рассматриваемого региона нами установлен патологический отпад единичных деревьев с признаками смоляного рака.



Рисунок 5.5 – Площади очагов по группам болезней в насаждениях Минусинского лесничества

Специальные исследования, проведенные под руководством проф. И.Н. Павлова (Павлов и др., 2008а, 2009а), показали существенную роль корневой гнили в расстройстве естественных и искусственных насаждений ленточных боров. Выявлены возбудители гнили, установлены закономерности формирования очагов поражения в зависимости от лесорастительных условий. В продолжение изучения данной проблемы нами проведены исследования в сосняках Перовского лесничества ФГБУ «Национальный парк «Шушенский бор», расположенных единым массивом в южной части Минусинской котловины (Татаринцев и др., 2015).

5.2 К вопросу пораженности сосняков корневой гнилью

Нарушение санитарного состояния сосняков в межгорных котловинах на юге Средней Сибири к настоящему времени проявляется в групповом, нередко куртинном усыхании древостоев. Признаки этой проблемы в сосняках Шушенского бора обнаруживались с середины 80-х годов прошлого столетия в виде единичного, реже группового патологического отпада деревьев в отдельных его частях. Причина усыхания была не ясна вплоть до начала следующего десятилетия, когда на свежем сухостое начали обнаруживать плодовые тела предположительно корневой губки, что позволило говорить о развитии очагов корневой гнили. Этот диагноз подтвержден нами на основе прямых и косвенных признаков: характерное куртинное усыхание деревьев с образованием прогалин; наличие у отдельных усохших деревьев в области корневой шейки базидиом патогена, интенсивное их развитие на корнях при дополнительной стимуляции плодообразования (рисунок 5.6); пестрая ситовая гниль древесины пораженных корней. Наиболее вероятный возбудитель корневой гнили в сосняках Шушенского бора – *Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref., относящийся к комплексу *H. annosum* s.l. (корневая губка), который был идентифицирован раньше в схожих Минусинских ленточных борах (Павлов и др., 2008а).



Рисунок 5.6 – Плодовые тела *Heterobasidion annosum* – основной признак корневой гнили в сосняках: а – образование базидиом у корневой шейки в толще лесной подстилки; б – активное образование базидиом на корнях пораженного дерева после дополнительной стимуляции (раскопка корней с прикрытием мхом) (фото автора)

Многочисленные исследования, результаты которых отражены в отечественной и зарубежной литературе (Алексеев, 1969; Смоляк, 1979; Федоров, 1984, 1991; Негруцкий, 1986; Василяускас, 1989; *Heterobasidion annosum* ..., 1998; Heydeck, 2000; Korhonen, 2004 и др.), характеризуют корневую губку как наиболее опасного и вредоносного возбудителя корневой гнили насаждений хвойных пород. Существует расхожее мнение, подтвержденное исследованиями ряда специалистов, что наибольший ущерб корневая губка приносит в лесных культурах, особенно созданных на старопахотных землях (Алексеев, 1969; Василяускас, 1989; Артюховский, 2000; Heydeck, 2000). Изучение современного состояния Шушенского бора на основе анализа материалов лесоустройства и маршрутного обследования показало наличие различных по масштабам очагов корневой гнили практически во всех частях соснового массива. Поражение корневой губкой отмечается в естественных насаждениях и лесных культурах разного возраста, произрастающих как на старопахотных, так и лесных землях, что согласуется с данными И.Н. Павлова с соавт. (2008а) по соснякам

Минусинских ленточных боров и подчеркивает общую специфику островных и ленточных боров Минусинской котловины.

На момент лесоинвентаризации 1998 года площадь пораженных выделов в сосняках Перовского лесничества приближалась к 185 га, что составило 8,1 % от всей площади насаждений по породе (таблица 5.5). При последующем лесоустройстве в 2010 году относительная площадь пораженных выделов увеличилась более чем в 3,5 раза и уже достигала 30 %. По результатам лесоинвентаризации преобладала слабая степень поражения сосновых насаждений, площади с сильной степенью поражения лесоустроителями не выявлены. Приведенная информация несколько занижает настоящие масштабы пораженности Шушенского бора корневой губкой. Маршрутные наблюдения в 2014 году выявили присутствие очагов усыхания, в том числе с сильной степенью поражения, на около 40 % площади сосняков. Таким образом, в сосновых борах южной части Минусинской котловины, корневая гниль приобрела масштабы прогрессирующей эпифитотии.

Таблица 5.5 – Пораженность сосняков корневой губкой (по материалам лесоустройства)

Год	Площадь сосняков, га	Пораженность корневой губкой			
		общая, га / % от площади сосняков	в том числе по степени поражения, га / % от пораженной площади		
			слабая	средняя	сильная
1998	2259	183,9 / 8,1	181,6 / 98,8	2,3 / 1,2	-
2010	2422	725,3 / 30,0	684,2 / 94,3	41,1 / 5,7	-

Повышение вирулентности и агрессивности корневых патогенов, являющихся факультативными паразитами, интенсификацию вызываемого ими патологического процесса связывают главным образом с ослаблением древесных растений под действием различных стрессовых факторов (Алексеев, 1969;

Федоров, 1984; Rosso, Hansen, 1998; Shaw, Kile, 1991). В связи с этим исследуемая проблема – следствие и свидетельство нарушения устойчивости сосняков. В основе такого нарушения в первую очередь лежат современные изменения погоднo-климатических показателей. Для территории Минусинской впадины за последние десятилетия это выразилось в тренде роста температуры приземного воздуха, увеличении продолжительности теплого периода, максимальной скорости ветра (Павлов и др., 2009а). Последнее наряду с вывалом деревьев повышает вероятность механического повреждения корней, что способствует распространению корневой гнили. Аридизация климата, формирующая стрессовые условия для изучаемых сосняков, усугубляется нарушением гидрологической обстановки в регионе вследствие антропогенной деятельности: создание Саяно-Шушенского гидроузла с заполнением крупного водохранилища и уменьшением стока р. Енисей; агро-мелиоративные мероприятия, строительство дорог, приведшие к значительному сокращению гидрологической сети, снижению уровня грунтовых вод. Определенное негативное влияние на состояние сосняков Шушенского бора оказывают выбросы Саяногорского алюминиевого завода, содержащие весьма фитотоксичные фториды.

Отмечаемое на территории бора мозаичное распределение очагов корневой гнили, охвативших различные по происхождению сосновые ценозы, и наличие непораженных участков насаждений, очевидно обусловлено неоднородностью параметров биотопа (мезорельефа, почвенных условий), и как следствие различной устойчивостью сосняков к воздействию корневой гнили.

Детальные исследования, выполненные нами на трех ключевых участках (таблица 5. 6), различающихся категорией земель и происхождением сосняков, с закладкой в пределах каждого 2-3 ПП, в том числе в очагах поражения (усыхания) и в непораженных (контрольных) насаждениях, позволили установить некоторые эдафо-орographicкие особенности в формировании очагов корневой гнили.

На *первом участке* (естественные сосняки разнотравно-зеленомошные на серых почвах) очаги поражения (ПП 1, 3) сформировались на пониженных элементах мезорельефа (высота над уровнем моря соответственно 285 м, 292 м)

Таблица 5.6 – Лесоводственно-таксационная характеристика учетных единиц

Ключевой участок	ПП	Состав, тип леса	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га
1 – естественные сосняки на целинных землях (кв. 27, выд. 2, 3)	1	10С, разнотравно-зеленомошный	79	25	35,3	I	0,8	320
	2*	10С, разнотравно-зеленомошный	79	25	38,5	I	0,8	320
	3	6С4Б, разнотравно-зеленомошный	79	25	34,7	I	0,8	320
2 – естественные сосняки на старопашотных землях (кв. 18, выд. 26)	14	10С+Б, разнотравный	67	26	32,4	Ia	1,0	420
	15*	10С+Б, разнотравный	67	26	32,8	Ia	1,0	420
3 – лесные культуры на старопашотных землях (кв. 10, выд. 28)	5	10С, мертвопокровный	51	20	21,1	I	1,0	310
	6*	10С, мертвопокровный	51	20	23,2	I	1,0	310

Здесь и ниже в таблицах * – непораженное насаждение (контроль)

относительно непораженного насаждения (ПП 2), расположенного на возвышенности (301 м) между ними. Почвенный профиль на трех площадях однотипен и характеризуется схожей мощностью субэлювиального горизонта (BEL), глубиной залегания материнской породы (рисунок 5.7 а). Обращает на себя внимание маломощный слой подстилки в очагах, что связано с усыханием источников ее накопления, а самое главное – заметно большая мощность серогумусового горизонта (AY) в сравнении с контролем. Очевидно,

концентрация влаги и более мощный гумусовый горизонт в мезопонижениях определяют активное развитие мицелия корневой губки и формирование преобладающей части биомассы корней деревьев в верхних горизонтах, что провоцирует развитие патологического процесса.

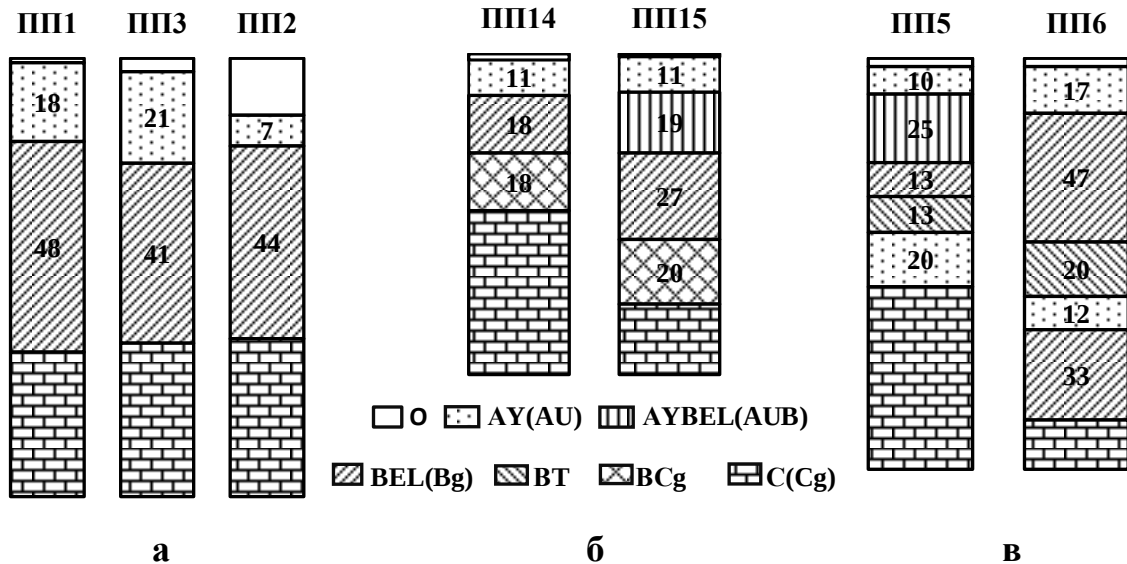


Рисунок 5.7 – Строение почвенных профилей на участках (цифрами – мощность горизонтов, см; в скобках – горизонты почв на 2-ом участке): **а – 1-ый ключевой участок:** серая (ПП 1, 3 – очаги; ПП 2 – контроль); **б – 2-ой ключевой участок:** темногумусовая глеевая (ПП 14 – очаг; ПП 15 – контроль); **в – 3-ий ключевой участок:** дерново-слабоподзолистая (ПП 5 – очаг; ПП 6 – контроль)

Почвы под насаждениями на старопашотных площадях: **второй участок** – естественные сосняки разнотравные; **третий участок** – искусственные сосняки мертвопокровные, характеризуются более сложным строением за счет, во-первых, наличия переходных горизонтов, во-вторых, второго серогумусового (AY') и субэлювиального (BEL') горизонтов вследствие процесса перевевания почв и антропогенной трансформации почвенного покрова (рисунок 5.7 б, в). Последнее установлено в строении почвенных профилей на ПП третьего участка. В обоих случаях при относительной орографической однородности территорий, действующие очаги корневой гнили приурочены к местам с маломощными

почвами, где устойчивость деревьев снижена из-за развития поверхностной корневой системы.

В результате лабораторных исследований почвенных образцов определен ряд показателей, характеризующих верхние почвенные горизонты в пределах учетных площадей (таблица 5.7). По гранулометрическому составу почвы под изучаемыми сосняками не отличаются большим разнообразием и в основном относятся к разным градациям суглинка, в связи с чем, данный показатель не может рассматриваться в качестве значимого в патогенезе корневой гнили.

Таблица 5.7 – Показатели почв (числитель – горизонт АУ (AU), знаменатель – горизонт ВЕЛ (Bg))

Ключевой участок	ПП	Гранулометрический состав	Физико-химические свойства						Органи-ческие компоненты	
			pH		гидролитическая кислотность	сумма обменных оснований	емкость поглощения	степень насы- щенности ос- нованиями, %	гумус, %	углерод, %
			водное	солевое						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	<u>средн сугл.</u> тяж. сугл.	<u>5,1</u> 6,0	<u>4,2</u> 5,4	7,5	10,2	17,8	57,3	5,03	2,92
	2*	<u>средн. сугл.</u> средн. сугл.	<u>6,2</u> 6,1	-	2,6	12,8	15,4	83,1	2,53	1,47
	3	<u>легк. сугл.</u> средн. сугл.	<u>5,2</u> 5,8	<u>4,7</u> 5,0	3,6	9,0	12,6	71,4	5,75	3,34
2	14	<u>тяж. сугл.</u> тяж. сугл.	<u>5,5</u> 6,3	<u>5,2</u> -	4,8	12,0	16,8	71,4	6,60	3,83
	15*	<u>легк. сугл.</u> глина	<u>5,6</u> 6,0	<u>4,6</u> 5,0	5,6	11,2	16,8	66,7	7,13	4,14

Окончание таблицы 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	5	<u>легк. сугл.</u> легк. сугл.	<u>5,5</u> 5,2	<u>5,0</u> 4,5	2,2	6,0	8,2	73,2	1,07	0,62
	6*	<u>легк. сугл.</u> супесь	<u>5,6</u> 5,5	<u>5,0</u> 4,6	2,2	5,0	7,2	69,4	1,03	0,60

Установлено, что актуальная кислотность почв (особенно в пределах гумусового горизонта) выше в очагах корневой губки в сравнении с непораженными насаждениями. Эта закономерность наиболее выражена для естественных сосняков на целинных землях (первый ключевой участок), где в очагах по горизонту АУ: $pH_{\text{вод.}} = 5,1-5,2$ против $pH_{\text{вод.}} = 6,2$ в контрольном насаждении. Приведенные тенденции подтверждаются и значениями гидролитической кислотности в части гумусового горизонта. Это согласуется с имеющимися сведениями о лучшем росте грибницы корневой губки в условиях слабокислой среды (Алексеев, 1969).

На первом ключевом участке выявлено также большее содержание гумуса (углерода) в почве под очагами корневой гнили (ПП 1, 3) относительно контроля (ПП 2), что дополняет выше приведенную информацию о приуроченности очагов поражения в естественных сосняках на целинных землях к местам с более мощным серогумусовым горизонтом. Подобной тенденции не установлено для сосняков на старопахотных землях (второй и третий ключевые участки). Вероятно роль органического компонента (гумуса) особенно важна для первичной резервации и накопления в почве инокулюма корневой губки, учитывая приоритетность ее сапротрофного развития. По мнению А.М. Анкудинова (1951) богатая гумусом почва способствует повышению вирулентности корневого патогена. В тоже время по данным Н.В. Катичевой (1965), И.Н. Павлова с соавт. (2010) интенсивнее поражены корневой губкой с образованием очагов куртинного усыхания сосновые насаждения в менее плодородных условиях. Такие противоречия могут быть связаны с происхождением насаждений, природой

почвенной органики, спецификой микрофлоры почв (в том числе антагонистической к корневой губке) в конкретных лесорастительных условиях.

О влиянии корневой гнили на санитарное состояние сосняков можно судить по данным, приведенным в таблице 5.8. В локальных очагах болезни происходит активное накопление патологического отпада, который по запасу составляет более 30 % (достигает 60 %), представлен усыхающими, усохшими на корню (текущий и старый сухостой) и ветровальными деревьями. Последняя категория пополняется в основном из числа средних и крупных пораженных деревьев, особенно активно при повышении разреженности полога. Большинство локальных очагов в Шушенском бору относится к категориям возникающие и действующие (включая учетные единицы), что подтверждается присутствием текущего отпада (до 30 %).

Таблица 5.8 – Показатели санитарного состояния сосняков

Ключевой участок	ПП	Распределение деревьев по категориям состояния, % от общего запаса					Средневзв. индекс состояния
		без призн. ослабл.	ослабл.	сильно ослабл.	отпад		
					текущий	общий	
1	1	34,7	14,7	4,2	15,0	46,4	3,1
	2*	85,2	14,1	-	-	0,7	1,2
	3	20,9	16,3	3,0	14,9	59,8	3,6
2	14	50,8	3,5	7,9	2,1	37,8	2,7
	15*	93,5	3,2	-	1,2	3,3	1,2
3	5	36,4	7,1	7,0	30,3	49,5	3,2
	6*	88,7	11,0	0,3	-	-	1,1

Из диаграмм, показанных на рисунке 5.8, следует, что в очагах болезни поражаются деревья разного диаметра с большим или меньшим уклоном в сторону низких ступеней толщины. Это согласуется с данными других исследователей (Алексеев, 1969; Павлов и др., 2009а) и указывает на

первоначальное патогенное воздействие корневой губки на деревья сосны, ослабленные внутриценотическим давлением, слаборазвитые и отставшие в росте. Именно эта часть древостоя обеспечивает повышение паразитических свойств корневых патогенов, что следует учитывать при проведении лесохозяйственных мероприятий. В длительно действующих («зрелых») очагах распределение деревьев по ступеням толщины в части отпада в значительной степени соответствует начальному строению древостоя по диаметру (ПП 1, 3).

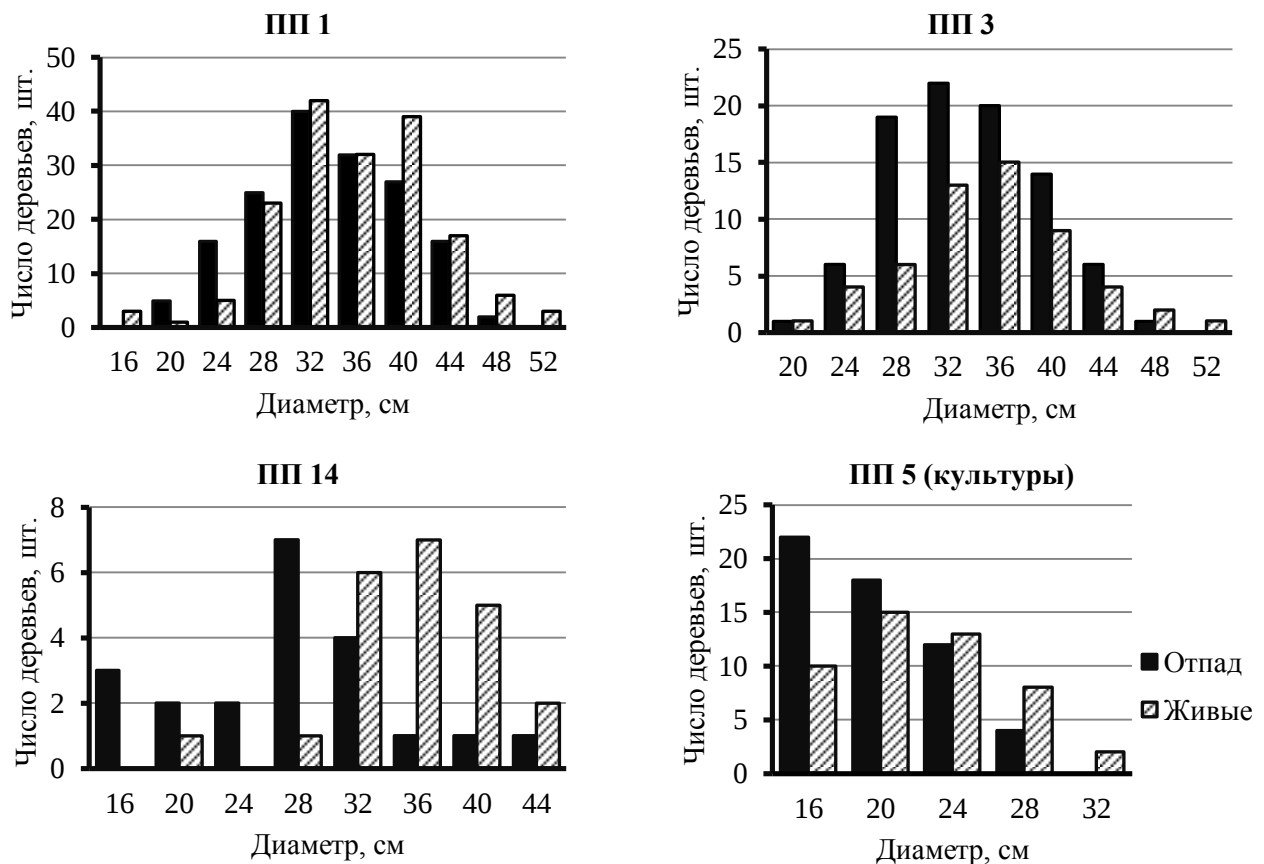


Рисунок 5.8 – Распределение деревьев по диаметру в очагах корневой гнили

Очаги корневой губки обозначают себя появлением прогалин, зарастающих травянистой растительностью из числа видов луговых сообществ, кустарниками. Позже затухающие очаги корневой гнили с усыханием основной части коренного древостоя зарастают устойчивыми к корневой губке смешанными молодняками с преобладанием березы (рисунок 5.9). Имеющийся в очагах сосновый подрост

(главным образом по периферии) до 15 % также поражен корневой губкой (рисунок 5.10).



а



б

Рисунок 5.9 – Изменение состава фитоценоза в очагах усыхания: а – замещение лесных растений в напочвенном покрове сорно-луговыми видами; б – зарастание прогалин молодняками с преобладанием мелколиственных пород (фото автора)



Рисунок 5.10 – Пораженный корневой губкой подрост (фото автора)

В разреженных губкой древостоях возникают очажки поражения подроста снежным шютте вследствие появления благоприятных условий для развития возбудителя болезни – *Gremmenia infestans*: высокий снежный покров зимой, его быстрый прогрев весной (рисунок 5.11).



Рисунок 5.11 – Поражение подроста снежным шютте в разреженном корневой губкой древостое (фото автора)



Рисунок 5.12 – Признаки заселения текущего отпада (комлевая часть деревьев) большим еловым лубоедом в очагах корневой гнили (фото автора)

Большинство очагов усыхания на территории Шушенского бора сопровождается большой еловый лубоед (*Dendroctonus micans* [Kug.]), заселяя до 20 % отмирающих, пораженных корневой губкой деревьев (рисунок 5.12). Учитывая потенциальную опасность этого ксилофага для сосняков, особенно для культур с нарушенной устойчивостью (Коломиец, Богданова, 1999), данный вид

должен являться объектом лесопатологического мониторинга в борах Минусинской котловины.

Сосняки Перовского лесничества примыкают к п. Шушенское и являются объектом активного рекреационного лесопользования, приводящего к определенному уровню дигрессии насаждений. В связи с чем, представляет интерес анализ пораженности сосняков корневой гнилью с учетом степени рекреационного воздействия (стадии дигрессии насаждений). Приведенные данные (таблица 5.9), полученные из материалов последней лесоинвентаризации и маршрутного обследования насаждений, свидетельствуют о тенденции повышения поражения сосняков корневой губкой по мере возрастания рекреационной нагрузки, особенно на рубеже III-IV стадий дигрессии насаждений. Отмечаемое при высокой антропогенной нагрузке уплотнение лесной почвы, уменьшение ее порозности и воздухоемкости (аэробности) (Динамика ..., 2006) переносится корнями сосны хуже, чем мицелием корневой губки (Алексеев, 1969). Такое угнетение корневых систем наряду с их механическим травмированием и нарушением микрофлоры в пределах ризосферы становится причиной снижения устойчивости деревьев к возбудителю корневой гнили в нарушенных рекреацией лесах.

Таблица 5.9 – Пораженность рекреационных сосняков корневой гнилью в зависимости от стадий рекреационной дигрессии

Стадии дигрессии	Площадь, га	Пораженность корневой губкой		
		общая, га / % от площади по стадиям дигрессии	в том числе по степени поражения, га / % от пораженной площади	
			слабая	средняя
1	2	3	4	5
I	1139,3	152,3 / 13,4	144,0 / 94,6	8,3 / 5,4
II	1088,3	402,3 / 37,0	386,6 / 96,1	15,7 / 3,9
III	256,1	84,0 / 32,8	81,6 / 97,1	2,4 / 2,9

Окончание таблицы 5.9

1	2	3	4	5
IV	44,4	19,9 / 44,8	8,1 / 40,7	11,8 / 59,3
V	3,5	-	-	-

Однако деятельность корневой губки не установлена в насаждениях критического уровня дигрессии (V стадия). Очевидно, весьма значительное уплотнение, снижение гумусированности и порозности почвы достигает лимитирующего эффекта и для развития грибного мицелия.

Выводы

1. Длительное освоение лесостепных ландшафтов Минусинской котловины (расширение селитебных территорий, развитие агропромышленного комплекса) обусловило значительное антропогенное воздействие, прежде всего выборочных рубок, рекреационной нагрузки и лесных пожаров, на продуцирующие здесь лесные насаждения, включая уникальные ленточные боры. Лесные пожары в борах ежегодно выступают основным экзогенным фактором накопления площадей древостоев с нарушенной и утраченной устойчивостью, создают условия для повышения численности насекомых-ксилофагов, активного плодообразования у макромицета *Rhizina undulate*, представляющего потенциальную угрозу для последующего возобновления.

2. Санитарное и лесопатологическое состояние насаждений с преобладанием березы удовлетворительное. В березняках патологический отпад единичных деревьев связан с развитием стволовых гнилей и бактериальной водянки (мокрого рака). Пораженность древостоев указанным бактериозом в условиях повышенного почвенного увлажнения достигает более 10 %.

3. Ведущим эндогенным (биотическим) фактором современного нарушения экосистем Минусинских ленточных боров является корневая губка (*Heterobasidion annosum*), деятельность которой проявляется в групповом и куртинном усыхании древостоев сосны. Исследования, выполненные в сосняках

Шушенского бора (южная часть Минусинской котловины), позволили установить следующее:

- корневая гниль приобрела масштабы прогрессирующей эпифитотии, охватив более 30 % площади бора: очаги поражения обнаружены в древостоях естественного и искусственного происхождения, произрастающих на разных категориях земель; проблема обусловлена снижением устойчивости насаждений с сопряженным повышением паразитической активности корневой губки вследствие комплекса экологических факторов: аридизации климата, усугубляющейся нарушением гидрологической обстановки из-за создания Саяно-Шушенского гидроузла, агромелиоративных мероприятий и строительства дорог; выборочных рубок и усиления ветровой нагрузки, атмосферного загрязнения со стороны Саяногорского алюминиевого завода;

- локальные очаги корневой гнили возникают в пределах биотопов, сочетающих условия для активного развития мицелия корневой губки и (или) формирования поверхностной корневой системы у деревьев: по пониженным элементам мезорельефа, с более увлажненными, плодородными почвами, на старопахотных землях – главным образом на маломощных почвах с неглубоким залеганием материнской породы; корневая губка предпочитает слабокислые почвы, что наиболее проявляется в естественных сосняках на лесных землях.

- вероятность и степень поражения сосняков корневой гнилью возрастает при повышении рекреационной нагрузки до уровня максимального угнетения мицелия корневой губки в уплотненной почве;

- в возникающих очагах корневая губка в основном заселяет мелкоствольные деревья, наличие значительного конкурентного отпада в древостое обеспечивает накопление инокулюма и возрастание вирулентности и агрессивности патогена; в действующих очагах поражаются и усыхают деревья всех ступеней толщины, значительная доля подроста, что приводит к образованию прогалин, зарастающих луговыми травами, кустарниками, устойчивыми к корневой губке смешанными молодняками;

- в очагах усыхания создаются условия для поражения подроста снежным шютте, повышения численности большого елового лубоеда, заселяющего текущий отпад и являющегося потенциально опасным вредителем для искусственных сосновых молодняков.

6 САНИТАРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАСАЖДЕНИЙ УРБОТЕРРИТОРИЙ

Поселенческое и промышленное освоение сибирских регионов обусловило возникновение и последующее расширение здесь урботерриторий. На современном этапе процессы урбанизации еще более активизировались. Неотъемлемой биотической составляющей городских экосистем (урбоэкосистем) являются зеленые насаждения, которые призваны выполнять весьма важные экологические функции: средообразующие, санитарно-гигиенические, рекреационные и эстетические. К настоящему времени насаждения большинства сибирских городов включают фрагменты сильно трансформированных лесных фитоценозов, главным образом в пределах лесопарковых зон, различные варианты искусственных насаждений общего, ограниченного и специального пользования. На территории Средней Сибири относительно большим разнообразием характеризуются насаждения в г. Красноярске, что связано с его расположением на стыке лесостепи, подтаежных и горно-таежных лесов, интенсификацией работ по введению в озеленение ряда успешно интродуцированных древесных пород. С учетом коллекций ботанических садов и дендрариев ассортимент древесных растений в озеленении города представлен более 400 видами и разновидностями (Лоскутов, 1993, 2009). Однако основной состав древесных растений в Красноярске в настоящее время включает ограниченное число аборигенных и натурализовавшихся видов, по М.А. Томошевич (2015) наиболее часто в насаждениях города встречаются 26 видов древесных растений. При этом зеленые насаждения г. Красноярска представляют собой совокупность парковых, линейных, дворовых, санитарно-защитных территорий, не обеспечивающих формирование благоприятной экологической обстановки в различных зонах города (Авдеева, 2008).

Продуктивность, функциональный потенциал насаждений урботерриторий определяется комплексом экологических факторов, многие из которых выступают в качестве лимитирующих, вызывая у растений болезненное состояние.

Многофакторность санитарно-фитопатологического состояния зеленых насаждений в условиях городской среды проявляется в прямом и косвенном, часто сопряженном, влиянии на древесные растения таких факторов, как негативные эдафические условия, высокий уровень техногенного загрязнения, механическое травмирование, экстремальные погодно-климатические параметры и конечно патогены, вызывающие инфекционные болезни растений.

Учитывая вышесказанное, нами на территории г. Красноярска проведены исследования по изучению санитарно-фитопатологического состояния насаждений, включающие оценку их санитарного состояния, установление комплекса болезней древесных растений, их вредоносности (Татаринцев, 1997, 1999, 2000, 2010, 2012б; Татаринцев, Аминев, 2002 и др.). Исследованиями охвачены насаждения разного назначения и эколого-хозяйственного фона.

6.1 Санитарное состояние и патогенная биота насаждений интродукционных хозяйств

Интродукционные хозяйства (ботанические сады, дендрарии) представляют собой места сосредоточения на ограниченной территории многих видов древесных растений разного географического происхождения и служат подходящими объектами для сравнительного анализа санитарного и фитопатологического состояния последних, изучения особенностей формирования на них патогенной биоты. В нашем случае в качестве объекта исследований выбран дендрарий Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Татаринцев, 2014а), который, располагаясь в пределах урботерритории (г. Красноярск), среди аналогичных хозяйств в южной части Средней Сибири наиболее подвержен влиянию условий городской среды.

Санитарное состояние посадок основных видов и форм древесных растений в дендрарии (91 вид, в том числе около 80 % интродуценты), оцениваемое по средневзвешенному индексу состояния ($K_{\text{ср.}}$), варьирует от здорового до сильно ослабленного (индекс состояния от 1,0 до 3,4) (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Оценка санитарного состояния посадок древесных растений

Происхождение	Семейство	Вид	Состояние по K_{cp}
1	2	3	4
Европа	Крыжовниковые – Grossulariaceae	Смородина альпийская – <i>Ribes alpinum</i> L.	1,0 (здоровое)
	Маслиновые – Oleaceae	Сирень обыкновенная – <i>Syringa vulgaris</i> L.	1,9 (ослабл.)
	Липовые – Tiliaceae	Липа мелколистная – <i>Tilia cordata</i> Mill.	1,6 (ослабл.)
	Кленовые – Aceraceae	Клен татарский – <i>Acer tataricum</i> L.	1,0 (здоровое)
		Клен остролистный – <i>A. platanoides</i> L.	1,4 (здоровое)
	Калиновые – Viburnaceae	Калина Гордовина – <i>Viburnum lantana</i> L.	1,0 (здоровое)
	Розоцветные – Rosaceae	Кизильник цельнокрайний – <i>Cotoneaster integerrimus</i> Medic.	1,8 (ослабл.)
		Роза сизая – <i>Rosa glanca</i> Pourret.	2,0 (ослабл.)
		Рябина обыкновенная – <i>Sorbus aucuparia</i> L.	1,5 (здоровое)
		Рябинник Линдлея – <i>Sorbaria lindleyana</i> Maxim.	1,0 (здоровое)
		Спирея иволистная – <i>Spiraea salicifolia</i> L.	3,0 (сильно ослабл.)
	Барбарисовые – Berberidaceae	Барбарис обыкновенный – <i>Berberis vulgaris</i> L.	2,4 (ослабл.)
	Буковые – Fagaceae	Дуб черешчатый – <i>Quercus robur</i> L.	1,7 (ослабл.)
	Ивовые – Salicaceae	Ива ломкая (ф. шаровидная) – <i>Salix fragilis (sferica)</i> L.	1,8 (ослабл.)
		Ива превосходящая – <i>S. excelsior</i> S.G. Gmel.	1,5 (здоровое)
		Тополь белый – <i>Populus alba</i> L.	1,6 (ослабл.)
		Тополь берлинский – <i>P. berolinensis</i> Dipp.	2,0 (ослабл.)
	Ильмовые – Ulmaceae	Вяз шершавый – <i>Ulmus glabra</i> Huds.	1,2 (здоровое)
Средняя Азия	Розоцветные – Rosaceae	Боярышник алтайский – <i>Crataegus altaica</i> Lge.	3,3 (сильно ослабл.)
		Рябинник древовидный – <i>Sorbaria arborea</i> C.K. Schneid.	1,5 (здоровое)
		Спирея городчатая – <i>Spiraea crenata</i> L.	3,0 (сильно ослабл.)
		Спирея трехлопастная – <i>S. trilobata</i> L.	1,4 (здоровое)

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
Средняя Азия	Барбарисовые – Berberidaceae	Барбарис монетовидный – <i>Berberis nummularia</i> Bge.	2,6 (сильно ослабл.)
		Барбарис разноножковый – <i>B. heteropoda</i> Schrenk.	1,4 (здоровое)
	Ивовые – Salicaceae	Тополь белый (ф. пирамидальный) – <i>Populus alba (pyramidalis)</i> L.	2,4 (ослабл.)
	Крушиновые – Rhamnaceae	Жестер слабительный – <i>Rhamnus cathartica</i> L.	1,8 (ослабл.)
Сибирь	Сосновые – Pinaceae	Лиственница сибирская – <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	2,4 (ослабл.)
		Ель сибирская – <i>Picea obovata</i> Ledeb.	1,2 (здоровое)
	Барбарисовые – Berberidaceae	Барбарис сибирский – <i>Berberis sibirica</i> Pall.	2,5 (ослабл.)
	Березовые – Betulaceae	Береза повислая – <i>Betula pendula</i> Roth.	1,4 (здоровое)
		Ольха серая – <i>Alnus incana</i> Moench.	1,4 (здоровое)
	Бобовые – Fabaceae	Карагана колючая – <i>Caragana spinosa</i> Dc.	1,5 (здоровое)
		Карагана кустарниковая – <i>C. frutex</i> C. Koch.	1,0 (здоровое)
	Ивовые – Salicaceae	Ива прутовидная – <i>Salix viminalis</i> L.	2,3 (ослабл.)
		Тополь черный – <i>Populus nigra</i> L.	1,2 (здоровое)
	Калиновые – Viburnaceae	Калина обыкновенная – <i>Viburnum opulus</i> L.	2,0 (ослабл.)
	Кизиловые – Cornaceae	Дерен белый – <i>Cornus alba</i> L.	1,0 (здоровое)
	Лоховые – Elaeagnaceae	Облепиха крушиновая – <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	2,9 (сильно ослабл.)
	Розоцветные – Rosaceae	Кизильник блестящий – <i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	1,3 (здоровое)
		Кизильник черноплодный – <i>C. melanocarpus</i> Lodd.	1,2 (здоровое)
		Боярышник кроваво-красный – <i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	2,0 (ослабл.)
		Роза колючейшая – <i>Rosa spinosissima</i> L.	2,0 (ослабл.)
		Сибирка алтайская – <i>Sibiraea altaiensis</i> Schneid.	2,0 (ослабл.)
		Черемуха обыкновенная – <i>Padus avium</i> Jilib.	1,2 (здоровое)
		Яблоня Палласа – <i>Malus pallasiana</i> Juz.	2,0 (ослабл.)

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
Дальний Восток	Маслиновые – Oleaceae	Сирень амурская – <i>Syringa amurensis</i> Rupr	1,6 (ослабл.)
		Сирень мохнатая – <i>S. villosa</i> Vahl.	1,4 (здоровое)
		Сирень венгерская – <i>S. josikaea</i> Jacq.f.	1,4 (здоровое)
		Форзиция яйцевидная – <i>Forsythia ovata</i> Nakai.	1,6 (ослабл.)
		Ясень маньчжурский – <i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr.	1,0 (здоровое)
	Вересковые – Ericaceae	Рододендрон даурский – <i>Rhododendron dauricum</i> L.	2,4 (ослабл.)
	Кленовые – Aceraceae	Клен Гиннала – <i>Acer ginnala</i> Maxim.	2,1 (ослабл.)
		Клен мелколистный – <i>A. mono</i> Maxim.	1,2 (здоровое)
	Калиновые – Viburnaceae	Калина Саржента – <i>Viburnum sargentii</i> Koehne.	1,3 (здоровое)
	Розоцветные – Rosaceae	Абрикос маньчжурский – <i>Armeniaca mandschurica</i> Maxim.	2,3 (ослабл.)
		Абрикос сибирский – <i>A. sibirica</i> L.	2,7 (сильно ослабл.)
		Боярышник зеленомясый – <i>Crataegus chlorosarca</i> Maxim.	1,4 (здоровое)
		Боярышник Максимовича – <i>C. Maximowiczii</i> Scheid.	1,6 (ослабл.)
		Боярышник перисто-надрезанный – <i>C. pinnatifida</i> Bge.	1,2 (здоровое)
		Боярышник Шредера – <i>C. Schroederi</i> Ledeb.	1,2 (здоровое)
		Вишня войлочная – <i>Cerasus tomentosa</i> Wall.	3,4 (сильно ослабл.)
		Вишня железистая – <i>C. glandulosa</i> Lois.	2,0 (ослабл.)
		Груша уссурийская – <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	1,0 (здоровое)
		Принцепия китайская – <i>Prinsepia sinensis</i> Kom.	1,3 (здоровое)
		Роза морщинистая – <i>Rosa rugosa</i> Thunb.	1,5 (здоровое)
		Спирея японская – <i>Spiraea japonica</i> L.	3,0 (сильно ослабл.)
		Спирея длиннопочечная – <i>S. longigemmis</i> Maxim.	3,0 (сильно ослабл.)
		Спирея nipпонская – <i>S. nipponica</i> Maxim.	3,1 (сильно ослабл.)
		Черемуха Мака – <i>Padus Maakii</i> Kom.	2,1 (ослабл.)

Окончание таблицы 6.1

1	2	3	4
Дальний Восток	Розоцветные – Rosaceae	Яблоня сливолистная – <i>Malus prunifolia</i> Borkh.	2,3 (ослабл.)
	Березовые – Betulaceae	Лещина разнолистная – <i>Corylus heterophylla</i> Fisch.	1,3 (здоровое)
	Буковые – Fagaceae	Дуб монгольский – <i>Quercus mongolica</i> Fisch.	1,3 (здоровое)
	Ореховые – Juglandaceae	Орех маньчжурский – <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	1,6 (ослабл.)
	Ивовые – Salicaceae	Ива ложнолинейная (Шверина) – <i>Salix Schwerini</i> E.L.Wolf.	2,2 (ослабл.)
	Ильмовые – Ulmaceae	Вяз приземистый – <i>Ulmus pumila</i> L.	2,3 (ослабл.)
	Крушиновые – Rhamnaceae	Жестер даурский – <i>Rhamnus dahurica</i> Pall.	1,8 (ослабл.)
	Крыжовниковые – Grossulariaceae	Смородина красивая – <i>Ribes pulchellum</i> Turcz.	1,6 (ослабл.)
Северная Америка	Сосновые – Pinaceae	Ель колючая – <i>Picea pungens</i> Engelm.	1,5 (здоровое)
	Березовые – Betulaceae	Береза бумажная – <i>Betula papyrifera</i> Marshall.	1,5 (здоровое)
	Ивовые – Salicaceae	Тополь бальзамический – <i>Populus balsamifera</i> L.	1,4 (здоровое)
	Кизиловые – Cornaceae	Дерен отпрысковый – <i>Cornus stronifera</i> Muchx.	1,7 (ослабл.)
	Кленовые – Aceraceae	Клен голый – <i>Acer glabrum</i> Torr.	1,0 (здоровое)
	Крыжовниковые – Grossulariaceae	Смородина золотая – <i>Ribes aureum</i> Pursh.	1,5 (здоровое)
	Лоховые – Elaeagnaceae	Шефердия серебристая – <i>Shepherdia argentea</i> Nutt.	2,1 (ослабл.)
	Маслиновые – Oleaceae	Сирень Престона – <i>Syringa prestoniae</i> Me Ketvey.	1,0 (здоровое)
		Ясень пенсильванский – <i>Fraxinus pennsylvanica</i> March.	1,3 (здоровое)
	Розоцветные – Rosaceae	Вишня Бессея – <i>Cerasus Besseyi</i> Sok.	1,0 (здоровое)
		Ирга колосистая – <i>Amelanchier spicata</i> C.Koch.	2,3 (ослабл.)
		Ирга обильноцветущая – <i>A. florida</i> Lindl.	1,0 (здоровое)
		Пузыреплодник головчатый – <i>Physocarpus capitatus</i> Ktze.	1,3 (здоровое)
		Пузыреплодник калинолистный – <i>P. opulifolius</i> Maxim.	1,4 (здоровое)

В соответствии с диаграммой, приведенной на рисунке 6.1, растения разного географического происхождения по градиенту повышения значения индекса состояния расположились следующим образом: североамериканского происхождения → европейского, сибирского, дальневосточного происхождения → среднеазиатского происхождения. Значимо лучшим состоянием отличаются растения, завезенные из Северной Америки ($K_{\text{ср}} = 1,0-2,3$) в сравнении с представителями среднеазиатской дендрофлоры, характеризующейся худшим состоянием ($K_{\text{ср}} = 1,4-3,3$): $t_{\text{факт}}(2,6) > t_{05}(2,3)$; $U = 20$ ($p < 0,05$).

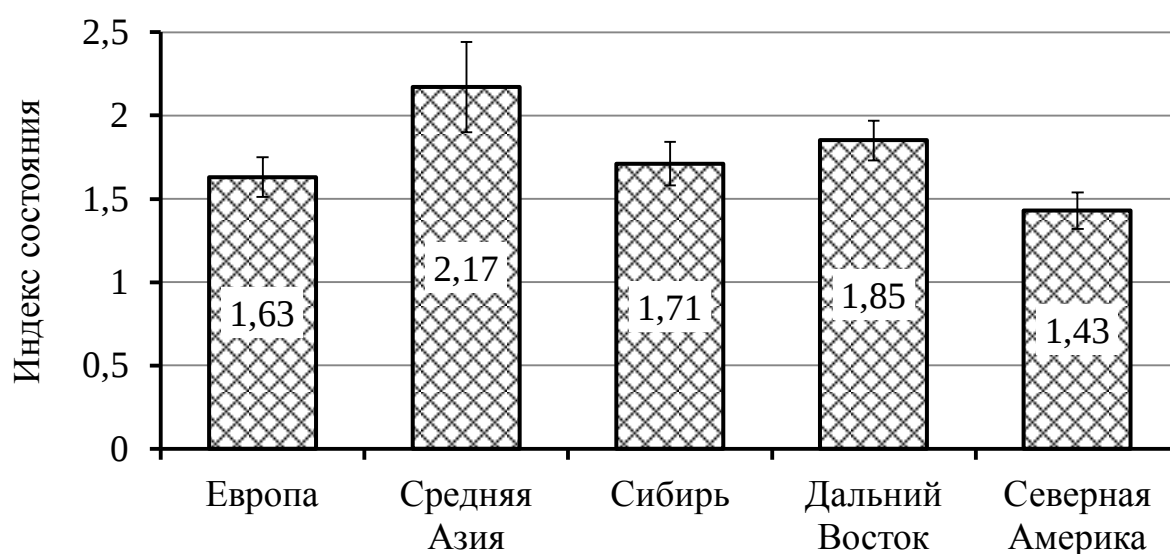


Рисунок 6.1 – Состояние посадок древесных растений разного географического происхождения

Повидовой анализ состояния древесных растений показал полное отсутствие признаков ослабления (дехромиции и патологической потери листьев, усыхания ветвей) у следующих видов: *Fraxinus mandshurica*, *Syringa prestoniae*, *Acer glabrum*, *Viburnum lantana*, *Cerasus Besseyi*, *Ribes alpinum*, *Cornus alba*, *Caragana spinosa*. Максимальным ослаблением характеризуются: *Larix sibirica*, *Crataegus altaica*, *Cerasus tomentosa*, *Spiraea crenata*, *S. longigemmis*, *S. japonica*, *S. nipponica*, *S. salicifolia*, *Hippophae rhamnoides*, *Ulmus pumila*.

К факторам, лимитирующим жизнедеятельность и продуктивность растений в насаждениях дендрария, относятся экстремальные погодно-климатические

условия, в незначительной степени антропогенные загрязнения, главным образом насекомые-филлофаги и патогенные организмы, поражающие листовой аппарат, вызывающие некрозно-раковые болезни.

Среди инфекционных патологий наибольшим разнообразием характеризуются болезни филлосферы грибной этиологии. В период исследований выявлен 31 вид микромицетов, осваивающих листья, в том числе: 5 видов мучнисторосяных грибов, по одному виду из числа тафриновых (вызывает деформацию листьев), ржавчинных и сажистых грибов, остальные 23 вида в основном анаморфные грибы – возбудители различных пятнистостей листьев (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Болезни листьев

Тип болезни	Возбудитель	Поражаемая порода
1	2	3
Мучнистая роса	<i>Podosphaera clandestina</i> [Wallr.] Lév.	<i>Crataegus altaica</i>
	<i>Erysiphe trifolii</i> Grev.	<i>Caragana frutex</i>
	<i>Erysiphe alphitoides</i> [Griffon & Maubl.] U. Braun & S. Takam.	<i>Quercus robur</i>
	<i>Erysiphe adunca</i> [Wallr.] Fr.	<i>Populus balsamifera</i> <i>P. nigra</i>
	<i>Podosphaera pannosa</i> [Wallr.] de Bary.	<i>Rosa rugosa</i>
Ржавчина	<i>Melampsora laricis-populina</i> Kleb.	<i>Populus balsamifera</i> <i>P. nigra</i>
Чернь листьев	<i>Leptoxylum fumago</i> [Woron.] R.C. Srivast.	<i>Berberis heteropoda</i>
		<i>Cerasus Besseyi</i>
		<i>Pyrus ussuriensis</i>
		<i>Quercus robur</i>
		<i>C. frutex</i>
		<i>Tilia cordata</i>
Деформация листьев	<i>Taphrina betulae</i> [Fuckel] Johanson	<i>Betula pendula</i>
Пятнистости	<i>Kabatiella berberidis</i> [Cooke.] CG Shaw & Arx	<i>Berberis vulgaris</i> <i>B. heteropoda</i> <i>Berberis sibirica</i>
	<i>Cylindrosporium betulae</i> Davis	<i>Betula pendula</i>
	<i>Ophiognomonium intermedia</i> [Rehm] Sogonov	

Окончание таблицы 6.2

1	2	3
Пятнистости	<i>Marssonina betulae</i> [Lib.] Magnus	<i>Betula papyrifera</i>
	<i>Entomosporium thuemenii</i> [Cooke] Sacc.	<i>Crataegus altaica</i>
	<i>Septoria crataegicola</i> Bondartsev & Tranzschel	<i>Crataegus Maximowiczii</i>
	<i>Phyllosticta sorbi</i> Westend.	<i>Sorbus aucuparia</i>
	<i>Coryneum sorbi</i> Peck	
	<i>Rosisphaerella rosicola</i> [Pass.] U. Braun, C. Nakash., Videira & Crous	<i>Rosa</i> sp.
	<i>Cladosporium variabile</i> [Cooke] GA de Vries	
	<i>Venturia martianoffiana</i> [Thüm.] Y. Zhang ter & JQ Zhang	<i>Populus alba</i>
	<i>Venturia radiosa</i> [Lib.] Ferd. & CA Jørg.	
	<i>Gloeosporium populi-nigrae</i> Gonz. Frag.	<i>Populus balsamifera</i> <i>P. nigra</i>
	<i>Mycosphaerella populi</i> [Auersw.] J. Schröt.	
	<i>Cladosporium syringae</i> [Oudem.] Montem.	<i>Syringa josikaea</i> <i>S. villosa</i> <i>S. prestoniae</i>
	<i>Septoria crataegi</i> J. Kickx.	<i>Crataegus sanguinea</i>
	<i>Septoria Didyma</i> Fuckel	<i>Salix Schwerini</i>
	<i>Septogloeum ulmicola</i> [Biv.] El. & Ohl	<i>Ulmus glabra</i>
	<i>Mycosphaerella ulmi</i> Kleb.	
	<i>Mycosphaerella pomi</i> [Pass.] Lindau	<i>Malus prunifolia</i>
	<i>Blumeriella jaapii</i> (Rehm) Arx	<i>Padus avium</i>
	<i>Polystigma fulvum</i> Pers. ex DC.	
	<i>Mycosphaerella millegrana</i> [Cooke] J. Schröt.	<i>Tilia cordata</i>
	Коричневая пятнистость*	<i>Juglans mandshurica</i>
	Красная пятнистость*	<i>Spiraea longigemmis</i>
	Красноватая пятнистость*	<i>Cerasus tomentosa</i>
Мозаика	Вирусная инфекция	<i>Cornus alba</i>

* – возбудитель болезни не определен

Подавляющее большинство патогенов листьев – факультативные сапротрофы и облигатные паразиты с узкой филогенетической специализацией на

уровне вида, рода или семейства растений-хозяев. Исключение составляет *L. fumago*, являющийся сапротрофом, при наличии сахаристых выделений на поверхности листьев, обычно после повреждения насекомыми-лимфофагами (тли, цикадки), заселяет их, формируя сажистый налет (чернь) (рисунок 6.2). Деятельность этого гриба отмечена на шести видах древесных растений из пяти семейств.



Рисунок 6.2 – Сажистый гриб *L. fumago* на листьях: а – барбариса разноножкового; б – вишни Бессея; в – груши уссурийской; г – дуба черешчатого; д – караганы кустарниковой; е – липы мелколистной (фото автора)

Из 18 ботанических семейств, имеющих в дендрарии, микромицетами оказалось освоено 10 (56 %) (таблица 6.3). Лидером по количеству возбудителей микозов листьев выступает семейство Rosaceae, включающее максимальное число таксонов более низких рангов; на уровне рода – р. *Populus*. Следует отметить, что доля пораженных видов наиболее значительна (61%) среди представителей местной арборифлоры (сибирские и натурализовавшиеся виды), с ними же ассоциировано и наибольшее число видов микромицетов (22), что согласуется с данными других исследователей (Исиков, 1994; Исиков, Конопля, 2004; Булгаков, 2010; Томошевич, 2015). Максимальное число патогенов (4) установлено на местных видах *Populus balsamifera*, *P. nigra*, на листьях которых они нередко развиваются совместно.

Таблица 6.3 – Число видов микромицетов (в скобках) на листьях представителей разных таксонов растений

Семейство	Род	Виды
Барбарисовые	Барбарис (2)	<i>Berberis heteropoda</i> (2), <i>B. vulgaris</i> (1), <i>B. sibirica</i> (1)
Березовые	Береза (4)	<i>Betula pendula</i> (3), <i>B. papyrifera</i> (1)
Бобовые	Карагана (2)	<i>Caragana frutex</i> (2)
Буковые	Дуб (2)	<i>Quercus robur</i> (2)
Ивовые	Ива (1)	<i>Salix Schwerini</i> (1)
	Тополь (6)	<i>Populus balsamifera</i> (4), <i>P. nigra</i> (4), <i>P. alba</i> (2)
Ильмовые	Вяз (2)	<i>Ulmus glabra</i> (2)
Липовые	Липа (2)	<i>Tilia cordata</i> (2)
Маслиновые	Сирень (1)	<i>Syringa prestoniae</i> (1), <i>S. villosa</i> (1), <i>S. josikaea</i> (1)
Ореховые	Орех (1)	<i>Juglans mandshurica</i> (1)
Розоцветные	Боярышник (4)	<i>Crataegus altaica</i> (2), <i>C. Maximowiczii</i> (1), <i>C. sanguinea</i> (1)
	Вишня (2)	<i>Cerasus Besseyi</i> (1), <i>C. tomentosa</i> (1)
	Груша (1)	<i>Pyrus ussuriensis</i> (1)
	Роза (3)	<i>Rosa rugosa</i> (3), <i>R. spinosissima</i> (2)
	Рябина (2)	<i>Sorbus aucuparia</i> (1), <i>S. sibirica</i> (1)
	Таволга (1)	<i>Spiraea longigemmis</i> (1)
	Черемуха (2)	<i>Padus avium</i> (2)
	Яблоня (1)	<i>Malus prunifolia</i> (1)

Вредоносность листовых инфекций определяется характером воздействия возбудителей на паренхимную ткань, возрастным состоянием и реакцией растений на их развитие, временем поражения и степенью освоения ассимилирующего аппарата в течение вегетации.

По характеру патологического воздействия и в связи с интенсивным развитием в период активной вегетации наиболее вредоносны возбудители мучнистой росы, ржавчины листьев. Мучнисторосые грибы развиваются на молодых листьях, побегах текущего прироста и даже генеративных органах, на которых в течение вегетации формируют экзофитный мицелий и анаморфу в виде серовато-белого налета (рисунок 6.3); часто приводят к подсыханию и отмиранию пораженных частей. К концу вегетации на больных листьях на поверхности мицелия развивается сумчатая стадия возбудителя – мелкие округлые темного цвета аскосы (клейстотеции). Однако в ряде случаев телиоморфа не формируется, на что также указывала М.А. Томошевич (2015). Активному поражению мучнистой росой восприимчивых к болезни растений способствует интенсивная их обрезка, особенно в живых изгородях, провоцирующая нарастание молодой зеленой фитомассы.



а



б

Рисунок 6.3 – Мучнистая роса на листьях: а – дуба черешчатого; б – розы морщинистой (фото автора)

Листовая ржавчина, установленная на *Populus balsamifera*, *P. nigra*, проявляется с первой-второй декады июля, особенно активно в августе образованием золотистого налета урединиоспороношения, осенью – темно-бурого телиоспороношения (рисунок 6.4). Развитие болезни зависит от гидротермических условий. Так, если в относительно засушливое лето 2012 года отмечалось единичное поражение листьев, то в вегетацию 2013 года, отличающуюся более влажной погодой, зафиксирована эпифитотия болезни с поражением в кронах свыше 75 % листьев. При этом отдельные деревья проявили индивидуальную устойчивость к ржавчине.



Рисунок 6.4 – Признаки ржавчины листьев тополя: а – обильное урединиоспороношение *Melampsora laricis-populina* с обратной стороны листьев; б – урединио- и телиоспороношение на листьях в конце вегетации (фото автора)

Широко представленные в насаждениях дендрария пятнистости листьев проявляются в виде некротических пятен различной формы, размеров и окраски. На фоне таких пятен большинство микромицетов формируют конидиомы. Пятнистости появляются на листьях обычно на последних этапах вегетации (август-сентябрь), в связи с чем, на состояние растений оказывают незначительное лимитирующее влияние. В ряде случаев развиваются в середине вегетации, уменьшая физиологически активную площадь филлосферы, при

значительном поражении могут приводить к патологической дефолиации, особенно на фоне засушливой погоды.

К установленным некрозно-раковым болезням относятся поражения стволов и ветвей, характеризующиеся отмиранием тканей коры, камбия, заболонных слоев древесины. Некротизация часто сопровождается формированием язв, вздутий, мокнущих ран (рисунок 6.5). Возбудителями болезней этой группы выступают полупаразитные грибы, бактерии, патогенное воздействие которых нередко сопряжено с повреждением деревьев экстремальными температурами, их механическим травмированием.



а

б

в

Рисунок 6.5 – Некрозно-раковые болезни в насаждениях дендрария: а – бактериальная водянка на тополе берлинском; б – ствол тополя белого (ф. пирамидальный) с признаками опухолево-язвенного рака; в – ступенчатый рак на клене остролистном (фото автора)

Патогенез некрозно-раковых болезней в отличие от болезней листьев, протекающих в пределах вегетации и затрагивающих лишь часть зеленой фитомассы, обычно характеризуется многолетней динамикой со случаями системного поражения растений. Их итогом является частичное или полное усыхание древесных пород. В этом отношении показательны данные, приведенные в таблице 6.4, которые позволяют судить о вредоносности основных некрозно-раковых болезней, выявленных в насаждениях дендрария.

Таблица 6.4 – Оценка вредоносности некрозно-раковых болезней

Болезнь, возбудитель	Поражаемое растение	Состояние насаждения ($K_{\text{ср}}$)	Показатели болезни	
			P , %	индекс состояния больных растений
Бактериальная водянка <i>Erwinia</i> sp.	<i>Betula pendula</i>	1,4	2,1	2,0
	<i>Betula</i> sp. (гибридная)	2,9	33,3	4,2
	<i>Alnus incana</i>	1,4	9,1	2,5
	<i>Populus berolinensis</i>	2,0	30,0	3,3
	<i>Salix viminalis</i>	2,3	33,3	3,8
	<i>Armeniaca mandschurica</i>	2,3	53,3	2,4
Опухолево-язвенный рак <i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Populus alba (pyramidalis)</i>	2,4	87,5	2,6
	<i>Populus balsamifera</i>	1,4	5,4	3,3
Ступенчатый рак <i>Neonectria ditissima</i> [Tul. & C. Tul.] Samuels & Rossman	<i>Acer platanoides</i>	1,4	4,8	2,0
	<i>Sorbus aucuparia</i>	1,6	18,7	2,2
	<i>Tilia cordata</i>	1,6	2,5	2,0
Тиростромоз (стигминиоз) <i>Thyrostroma compactum</i> [Sacc.] Höhn.	<i>Ulmus pumila</i>	2,9	80,0	3,2

Как видно, распространенность (P) болезней этой группы в посадках варьирует от 2 % до 88 %. По санитарной оценке состояние пораженных насаждений от относительно здоровых ($K_{\text{ср}} = 1,4$) до сильно ослабленных ($K_{\text{ср}} =$

2,9); при этом состояние в части больных растений варьирует от ослабленных (2,0) до практически усыхающих (4,2). Заметно большей вредоносностью отличаются бактериозы: водянка или мокрый рак, особенно на гибридной березе, тополе берлинском, иве прутовидной и опухолево-язвенный рак на тополях, а также заболевание грибной этиологии – тиростромоз на вязе приземистом. Последнее заболевание в условиях Сибири ранее не отмечалось.

Помимо приведенных болезней в насаждениях дендрария имеют место повреждения, наносимые растениям энтомовредителями, главным образом филлофагами. Результатом деятельности насекомых-фитофагов в первую очередь является механическое изъятие определенной части биомассы растений. К патогенным факторам следует относить воздействие галлообразующих насекомых, приводящее к гипертрофии тканей листьев, побегов, вегетативных почек. Наибольшим патологическим эффектом отличается деятельность лиственничной почковой галлицы (*Dasyneura laricis* F. Lw.), которая, повреждая вегетативные почки у лиственницы сибирской, приводит к образованию вместо пучков хвои галл (терат) (рисунок 6.6 а). В посадках лиственницы



Рисунок 6.6 – Последствия деятельности лиственничной почковой галлицы: а – свежие и старые галлы (тераты) на ветвях; б – сильное ослабление деревьев лиственницы сибирской (фото автора)

последствием такого повреждения является подсыхание ветвей, во многих случаях значительное ухудшение состояния деревьев (рисунок 6.6 б).

6.2 Санитарно-фитопатологическое состояние насаждений общего пользования

В городских насаждениях общего пользования (парковые, внутридворовые, придорожные) видовой состав патогенов на древесных растениях в целом схож с таковым, установленным на тех же видах в насаждениях дендрария. В числе микромицетов, развивающихся на листьях, дополнительно установлены возбудитель ржавчины листьев тополя белого – *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst., мучнисторосяные грибы на барбарисе обыкновенном – *Erysiphe berberidis* DC., сирени – *E. syringae* Schwein., черемухе обыкновенной – *Podosphaera tridactyla* (Wallr.) De Bary, на повсеместно произрастающем клене ясенелистом (*Acer negundo* L.) – *Sawadaea tulasnei* (Fuckel) Homma (рисунок 6.7 а-д).

Мучнисторосяные грибы активнее развиваются и поражают листья в уличных насаждениях, что обусловлено регулярной обрезкой деревьев и кустарников, особенно в придорожных посадках (в частности тополя бальзамического – рисунок 6.7 е), живых изгородях и бордюрах, а также менее увлажненными условиями, благоприятными для рассматриваемых микромицетов.

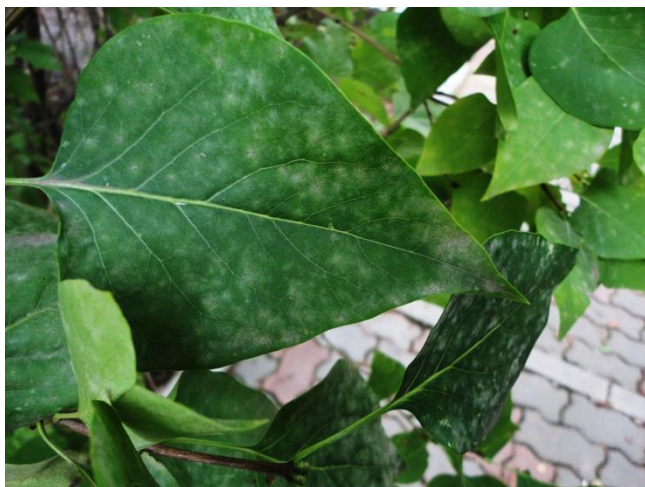
Санитарное состояние древесных растений, их взаимоотношения с патогенными организмами в насаждениях общего пользования, функционирующих в «эпицентре» городской среды, в значительной степени зависят от антропогенных факторов: уровня загрязнения, хозяйственных мероприятий и других. Несомненно, основным лимитирующим фактором, непосредственно влияющим на все компоненты городской биоты, выступает техногенное загрязнение, источники которого: предприятия промышленности, теплоэнергетики, многочисленный автомобильный транспорт. Видимым результатом воздействия загрязняющих веществ на древесные растения в пик вегетации становятся характерные некрозы ассимилирующего аппарата: краевой



а



б



в



г



д



е

Рисунок 6.7 – Некоторые микозы листьев в зеленых насаждениях города: а – ржавчина листьев тополя белого; поражение мучнисторосяными грибами листьев барбариса обыкновенного (б), сирени венгерской (в), черемухи обыкновенной (г), клена ясенелистного (д), тополя бальзамического (е) (фото автора)

некроз листьев, некроз типа «рыбий скелет» (рисунок 6.8). Негативные антропогенные факторы определяют взаимоотношения растений главным образом с полупаразитными консортами (обычно возбудители некрозно-раковых болезней), которые наиболее чутко реагируют на состояние растения-хозяина.



Рисунок 6.8 – Некроз листьев сирени (а), клена ясенелистного (б) вследствие загрязнения атмосферы техногенными выбросами (фото автора)

Для более детального изучения санитарного и фитопатологического состояния насаждений урботерриторий с учетом антропогенных воздействий в качестве тестовых объектов выбраны насаждения общего пользования (Татаринцев, 2000, 2010, 2012б; Татаринцев, Аминев, 2002): лиственницы сибирской, вяза приземистого, тополя бальзамического, которые в условиях Средней Сибири широко используются в посадках селитебных и санитарно-защитных зон городов (рисунок 6.9).

По материалам проведенного обследования (таблицы 6.5, 6.6) в соответствии с методикой и классификацией В.А. Алексеева (1989) установлено в среднем ослабленное состояние насаждений исследуемых пород. Тем не менее, более высоким показателем жизненного состояния (L) характеризуются посадки вяза ($78,2 \pm 2,8$ %) и тополя ($73,9 \pm 3,1$ %) в сравнении с лиственницей ($65,4 \pm 3,2$ %). Отмечаемое по породам варьирование состояния насаждений на разных учетных

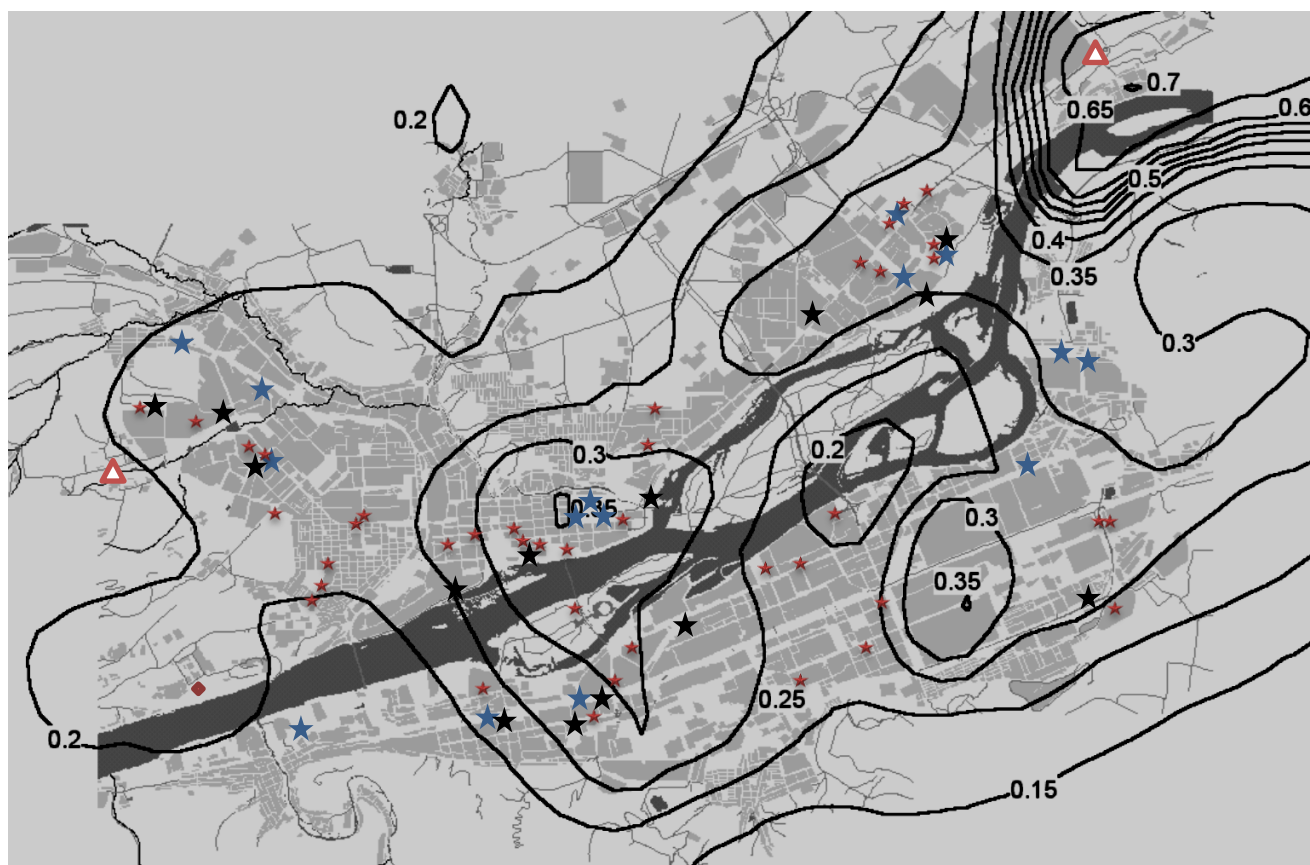


Рисунок 6.9 – Расположение учетных единиц в насаждениях общего пользования на карте суммарного техногенного загрязнения почвы и снежного покрова г. Красноярска, выраженного в условных единицах (Хлебопрос и др., 2012):

★ - лиственницы сибирской; ★ - тополя бальзамического; ★ - вяза приземистого. Дополнительно: ◆ - дендрарий ИЛ СО РАН; ▲ - места взятия образцов с деревьев тополя бальзамического для лабораторного эксперимента

единицах обусловлено влиянием комплекса, в том числе ранее приведенных, экологических факторов.

Таблица 6.5 – Показатели санитарного состояния посадок лиственницы сибирской

№ пробн. уч-ка	Уровень загрязнения (усл. ед.) тип насаждений	Распределение деревьев по категориям состояния, %				Показатель жизненного состояния (L), %
		без призн. ослабления	ослабл.	сильно ослабл.	отпад	
1	2	3	4	5	6	7
1	0,2-0,25, придорожн.	13,4	82,3	4,3	-	73
2	0,2-0,25, рекреацион.	56,1	41,7	2,2	-	86

Окончание таблицы 6.5

1	2	3	4	5	6	7
3	0,2-0,25, рекреацион.	27,9	53,2	17,7	1,2	72
4	более 0,25, рекреацион.	11,2	38,4	44,8	5,6	56
5	более 0,25, придорожн.	10,4	43,1	44,8	1,7	59
6	более 0,25, придорожн.	2,8	6,5	72,9	17,8	37
7	более 0,25, придорожн.	17,1	61,0	20,7	1,2	68
8	более 0,25, придорожн.	6,7	32,8	54,6	5,9	52
9	более 0,25, рекреацион.	32,0	56,7	8,2	3,1	75
10	0,2-0,25, рекреацион.	21,8	73,5	4,5	0,6	75
11	более 0,25, придорожн.	10,2	51,0	38,8	-	61
12	более 0,25, рекреацион.	6,2	90,7	3,1	-	71
13	более 0,25, придорожн.	17,3	48,1	34,6	-	65
14	более 0,25, придорожн.	27,5	32,5	40,0	-	66

Таблица 6.6 – Показатели санитарного состояния посадок вяза приземистого, тополя бальзамического

№ пробн. уч-ка	Уровень загрязнения (усл. ед.) тип насаждений	Обрезка (+ - есть; - - нет)	Распределение деревьев по категориям состояния, %				Показатель жизненного состояния (L), %
			без призн. ослабления	ослабл.	сильно ослабл.	отпад	
1	2	3	4	5	6	7	8
вяз приземистый							
1	0,30-0,35, придорожн.	—	14,3	57,2	21,4	7,1	63
2	0,30-0,35, придорожн.	+	95,2	4,8	-	-	99
3	0,30-0,35, рекреацион.	—	2,7	72,9	22,9	1,5	63
4	0,30-0,35, рекреацион.	—	33,3	33,3	27,4	6,0	68
5	0,30-0,35, придорожн.	—	25,0	44,3	27,1	3,6	67

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8
6	0,30-0,35, рекреацион.	–	3,1	18,8	43,7	34,4	36
7	0,30-0,35, рекреацион.	–	62,5	25,0	9,4	3,1	84
8	0,25-0,30, придорожн.	+	69,0	31,0	-	-	91
9	0,30-0,35, рекреацион.	–	37,5	18,7	37,5	6,3	66
10	0,30-0,35, рекреацион.	–	-	63,3	18,2	18,2	53
11	0,25-0,30, придорожн.	–	8,8	15,0	28,7	47,5	32
12	0,25-0,30, придорожн.	+	60,0	36,3	3,7	-	87
13	0,30-0,35, придорожн.	+	93,2	6,8	-	-	98
14	0,30-0,35, придорожн.	+	96,8	3,2	-	-	99
15	0,30-0,35, рекреацион.	–	16,7	45,8	37,5	-	64
16	0,25-0,30, рекреацион.	–	62,8	30,2	2,3	4,7	85
17	0,15-0,25, придорожн.	+	95,1	4,9	-	-	98
18	0,15-0,25, придорожн.	–	37,9	34,5	24,1	3,5	72
19	0,30-0,35, придорожн.	+	55,3	40,7	4,0	-	85
20	0,15-0,25, придорожн.	+	92,9	7,1	-	-	98
21	0,15-0,25, придорожн.	–	64,0	27,0	4,5	4,5	85
22	0,15-0,25, придорожн.	–	34,2	31,5	23,7	10,6	66
23	0,15-0,25, придорожн.	+	63,3	36,7	-	-	89
24	0,15-0,25, придорожн.	+	84,8	13,1	2,1	-	95
25	0,15-0,25, придорожн.	+	100	-	-	-	100
26	0,15-0,25, придорожн.	+	100	-	-	-	100
27	0,15-0,25, рекреацион.	–	19,2	50,0	30,8	-	66
28	0,30-0,35, придорожн.	–	46,7	30,0	23,3	-	77
29	0,30-0,35, рекреацион.	–	25,0	59,1	15,9	-	73

Продолжение таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8
30	0,25-0,30, придорожн.	—	23,3	53,3	16,7	6,7	68
31	0,15-0,25, придорожн.	—	14,6	46,3	39,1	-	63
32	0,15-0,25, придорожн.	—	3,3	33,4	60,0	3,3	50
33	0,15-0,25, придорожн.	—	23,1	38,5	30,8	7,6	63
34	0,25-0,30, придорожн.	—	40,0	50,0	10,0	-	79
35	0,15-0,25, рекреацион.	—	46,9	46,9	6,2	-	82
36	0,15-0,25, придорожн.	—	78,1	18,7	3,2	-	93
37	0,15-0,25, рекреацион.	+	76,9	23,1	-	-	93
38	0,25-0,30, рекреацион.	+	100	-	-	-	100
39	0,25-0,30, придорожн.	—	39,1	43,5	17,4	-	78
40	0,15-0,25, рекреацион.	+	100	-	-	-	100
тополь бальзамический							
1	0,15-0,20, придорожн.	—	31,4	64,3	-	4,3	77
2	0,20-0,25, придорожн.	—	44,6	48,2	1,8	5,4	79
3	0,20-0,25, придорожн.	+	56,7	37,0	2,9	3,4	84
4	0,20-0,25, придорожн.	—	73,1	25,5	1,4	-	92
5	0,20-0,25, рекреацион.	—	68,4	25,5	4,1	2,0	88
6	0,25-0,30, придорожн.	+	34,8	48,1	3,3	13,8	70
7	0,25-0,30, придорожн.	+	51,1	30,1	5,7	13,1	74
8	0,30-0,35, придорожн.	+	43,5	39,0	7,6	9,8	74
9	0,30-0,35, придорожн.	—	43,2	22,1	23,0	11,7	68
10	0,30-0,35, рекреацион.	+	44,1	19,4	5,4	31,1	61
11	0,30-0,35, придорожн.	+	61,7	26,7	4,4	7,2	82
12	0,30-0,35, придорожн.	—	66,1	21,0	8,6	4,3	84

Окончание таблицы 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8
13	0,30-0,35, рекреацион.	+	29,5	31,8	0,7	38,0	54
14	0,30-0,35, рекреацион.	–	32,1	50,0	8,9	9,0	71
15	0,30-0,35, рекреацион.	+	11,0	39,5	27,5	22,0	50

Насаждения лиственницы

На жизненное состояние насаждений лиственницы заметное негативное влияние оказывает техногенное загрязнение, о чем свидетельствует усреднение значений интегрального показателя L с учетом расположения учетных единиц (пробных участков насаждений) по зонам суммарного загрязнения территории города (рисунок 6.10). Выявленная тенденция достоверна, что подтверждено результатами сравнительного анализа: $U = 2,5$ ($p < 0,05$).



Рисунок 6.10 – Жизненное состояние насаждений лиственницы по зонам суммарного техногенного загрязнения

Обследованные нами насаждения в общем можно свести к двум вариантам: рядовые придорожные и рекреационные (внутридворовые, в парках, скверах). Указанные типы посадок отличаются не только схемой расположения деревьев, но и ценотическими особенностями, а также действием внешних факторов, создающих экологический фон. Большой стресс испытывают придорожные

посадки по причине интенсивного загрязнения со стороны автомобильного транспорта и худших эдафических условий (нарушение почвенной аэрации вследствие значительной площади твердого покрытия). Очевидно, это объясняет значимо лучшее состояние рекреационных насаждений лиственницы относительно придорожных посадок (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Жизненное состояние насаждений лиственницы разного типа

Тип насаждения	Показатель жизненного состояния (L), %	U (p -уровень)
Придорожные ($n = 8$)	$\frac{60,1 \pm 4,0^*}{37-73^{**}}$	8 (< 0,05)
Рекреационные ($n = 6$)	$\frac{72,5 \pm 4,0}{56-86}$	

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

В насаждениях лиственницы состояние деревьев не зависит от их диаметра (рисунок 6.11 а), текущее накопление отпада происходит из числа экземпляров разного размера (диаметра). При этом общий тренд распределения деревьев по диаметрам в части отпада в целом соответствует морфометрической структуре

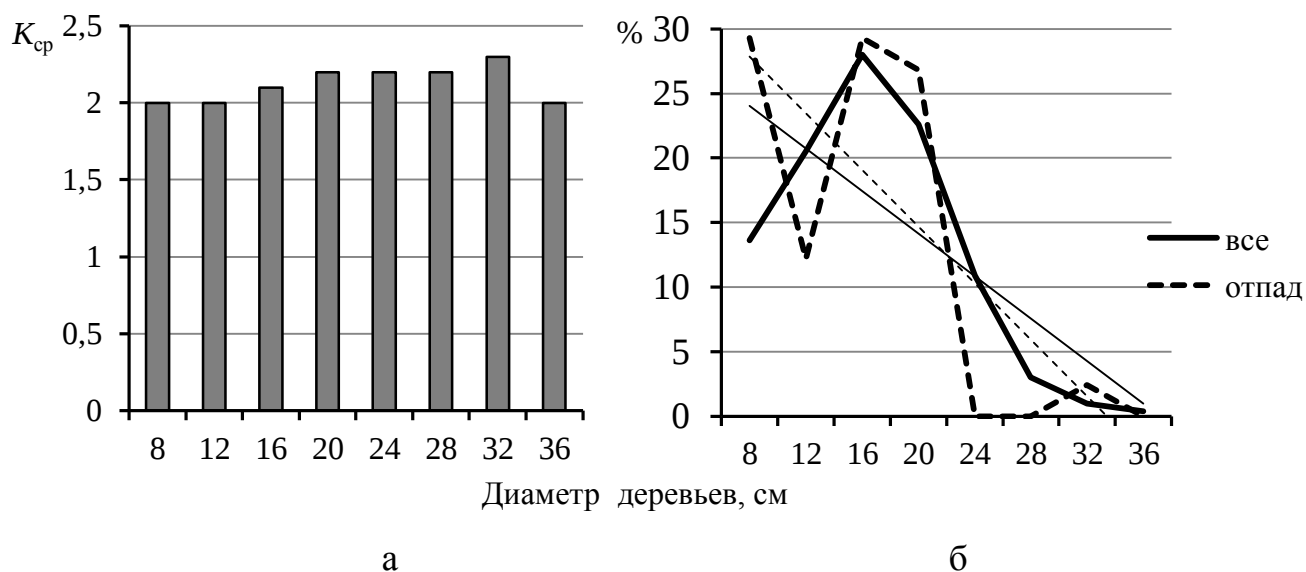


Рисунок 6.11 – Показатели санитарного состояния деревьев с учетом их диаметра в насаждениях лиственницы: а – индекс состояния деревьев по ступеням толщины; б – соотношение деревьев разного диаметра

насаждений (рисунок 6.11 б). Отмечаемое превышение усыхания среди мелкоствольных деревьев главным образом связано с изначальной ослабленностью посадочного материала и нарушениями технологии посадки.

На лиственнице установлен язвенный рак, распространенность которого в исследованных насаждениях составила $12,6 \pm 3,7$ %. Основная причина данного патологического явления – глубокие механические повреждения стволов. Обнаженные участки древесины в дальнейшем осваиваются полупаразитной микрофлорой. Последняя препятствует заживлению ран, вокруг которых формируются валиковатые наросты раневой паренхимы (каллуса), что приводит к развитию раковых язв. Характерных аском (апотециев) одного из наиболее вероятных возбудителей инфекционного рака лиственницы – гриба *Lachnellula willkommii* [R. Hartig] Dennis на ранах не обнаружено. Состояние деревьев с признаками рака соответствует фоновому состоянию насаждений рассматриваемой породы в городе.

Отдельного обсуждения требует повреждение лиственницы в городских насаждениях большой лиственничной почковой галлицей (*Dasyneura laricis*). Если в лесной обстановке даже интенсивно заселенные насекомым деревья не погибают, несмотря на резкое снижение массы ассимилирующей кроны (Исаев и др., 2001), то в условиях городской среды повреждение деревьев галлицей выступает, по нашему мнению, основным биотическим фактором ослабления и даже постепенного усыхания лиственницы, что выше показано в насаждениях дендрария.

Деревья лиственницы, заселенные почковой галлицей, встречаются в городских насаждениях повсеместно. Их распространенность и степень повреждения на обследованных участках соответствует распределению деревьев по категориям состояния. Последние, согласно методике, устанавливались по доле усыхания ветвей в кронах деревьев. Причем усохшие ветви практически всегда покрыты деформированными галлицей почками (тератами). При условии, что средневзвешенный индекс состояния лиственничных насаждений $2,2 \pm 0,1$, у основной массы деревьев в кроне имеется до 25 % усохших ветвей, что, по сути, и

является средней степенью повреждения лиственницы галлицей на обследованных участках.

Повреждение лиственницы почковой галлицей носит хронический характер. При этом локальная популяция насекомого на одном дереве приводит к ежегодному появлению новых терат и постепенной редукции образования хвои на

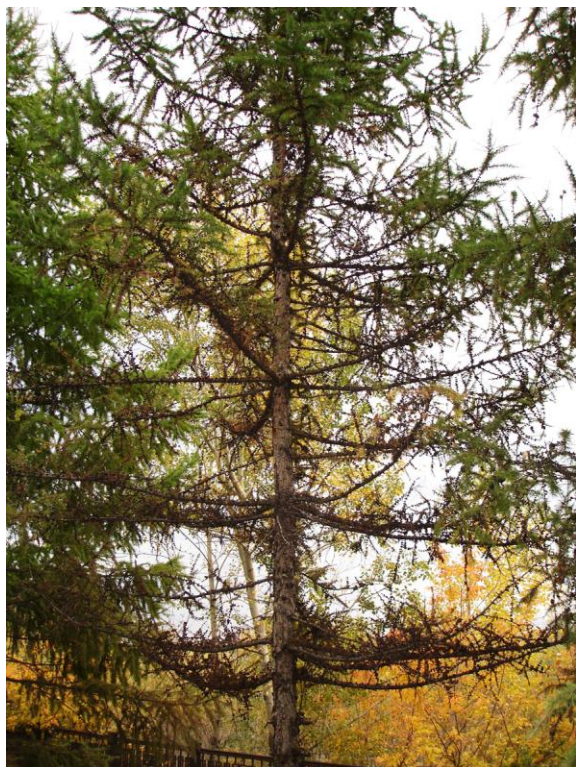


Рисунок 6.12 – Усыхание более 50 % кроны лиственницы в придорожных посадках вследствие повреждения почковой галлицей (фото автора)

новых участках побегов в кроне. В итоге в кроне дерева усохшими могут оказаться до 50 % ветвей и более, что усугубляется неблагоприятными абиотическими условиями городской среды, особенно в придорожных посадках (рисунок 6.12). Следует отметить, что в насаждениях лиственницы рядом с поврежденными галлицей и в определенной степени ослабленными деревьями встречаются неповрежденные удовлетворительного состояния деревья. Это подтверждает сведения о низкой летной активности насекомого, что обеспечивает преимущество одного и того же дерева как ресурса для последующих поколений

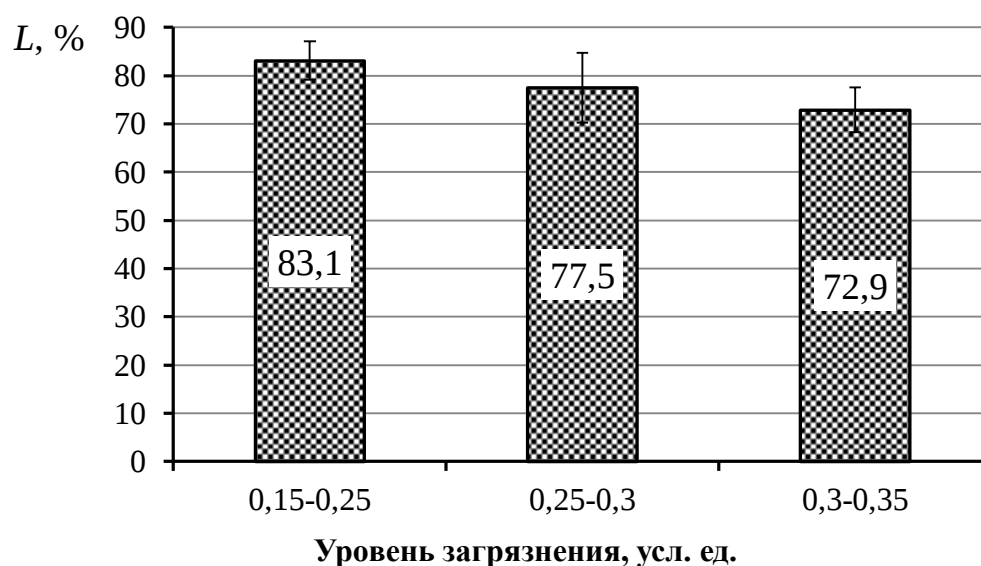
насекомых, вынуждая их откладывать яйца в расположенные поблизости почки (Исаев и др., 2001).

Насаждения вяза приземистого

В условиях южной части Средней Сибири *Ulmus pumila* относится к числу успешно акклиматизировавшихся и натурализовавшихся древесных интродуцентов. Широкое применение вяза приземистого в озеленении городов и поселков, в том числе крупных промышленных центров региона обусловлено его декоративными качествами, хорошей приживаемостью после посадки и, самое

главное, устойчивостью к выбросам промышленных предприятий, в том числе содержащим наиболее фитотоксичные соединения фтора (Илькун, 1971; Павлов, 2006). В г. Красноярске вяз произрастает в промышленных зонах, повсеместно присутствует в пределах селитебных территорий в виде придорожных, внутридворовых посадок, в парках, скверах, в живых изгородях.

Средние значения интегрального показателя L по принятым зонам техногенного загрязнения указывают на некоторое снижение жизненного состояния насаждений вяза с повышением уровня суммарного количества выбросов (рисунок 6.13). Однако значимого влияния рассматриваемого фактора на вязовые посадки не установлено, что в известной степени подтверждает газоустойчивость этой породы.



U (p -уровень)		
←	57 ($> 0,05$)	→
	← 42 ($> 0,05$)	→
←	90 ($> 0,05$)	→

Рисунок 6.13 – Жизненное состояние насаждений вяза по зонам суммарного техногенного загрязнения

Несколько лучшим состоянием отличаются деревья вяза в придорожных посадках, несмотря на их произрастание, в сравнении с рекреационными

насаждениями, на выраженном негативном экологическом фоне. При этом усматриваемые различия в жизненном состоянии насаждений разного типа не получили достоверного подтверждения в результате сравнительного анализа по t -критерию (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Жизненное состояние насаждений вяза разного типа

Тип насаждения	Показатель жизненного состояния (L), %	t - критерий
Придорожные ($n=26, d_{K-S}=0,137 (p>0,05)$)	$\frac{80,6 \pm 3,5^*}{32-100^{**}}$	$t_{\text{факт}} (1,1) < t_{05} (2,1)$
Рекреационные ($n=14, d_{K-S}=0,133 (p>0,05)$)	$\frac{73,8 \pm 4,8}{36-100}$	

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

В общей массе обследованных деревьев в насаждениях вяза худшим состоянием отличаются крупноствольные (соответственно старовозрастные деревья), что отражено на диаграмме (рисунок 6.14).

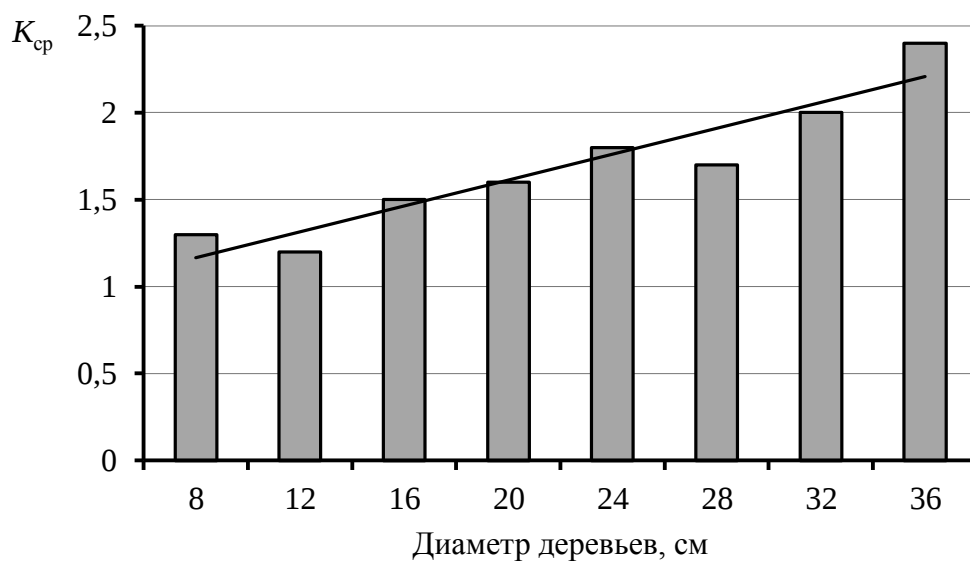


Рисунок 6.14 – Состояние деревьев по ступеням толщины в насаждениях вяза

Весомым фактором, определяющим состояние (в том числе санитарное) насаждений лиственных пород в городе, является обрезка деревьев. Для вяза приземистого обрезка имеет заметный положительный санитарно-омолаживающий эффект (рисунок 6.15). О достоверно лучшем состоянии насаждений вяза, подвергающихся обрезке, относительно насаждений без такого хозяйственного вмешательства свидетельствуют данные в таблице 6.9.



Рисунок 6.15 – Насаждения вяза приземистого с обрезкой (а) и без обрезки (б) деревьев (фото автора)

Таблица 6.9 – Жизненное состояние насаждений вяза с учетом фактора обрезки деревьев

Дифференциация насаждений по обрезке	Показатель жизненного состояния (L), %	U (p -уровень)
Присутствует ($n=15$, $d_{K-S}=0,288$ ($p<0,05$))	$\frac{95,5 \pm 1,3^*}{85-100^{**}}$	6 ($< 0,05$)
Отсутствует ($n=25$, $d_{K-S}=0,209$ ($p>0,05$))	$\frac{67,8 \pm 2,9}{32-93}$	

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

Позитивные последствия для состояния насаждений отмечаются как в случае ежегодной щадящей обрезки деревьев, так и при радикальной обрезке с удалением большей части их надземной биомассы, причем даже в период начала сокодвижения у растений с оставлением незащищенных мест спилов. Последнее указывает на устойчивость вяза приземистого к значительной потере влаги, что обусловлено наличием у него мощной заглубленной корневой системы, позволяющей данному виду успешно произрастать в аридных условиях, а также при критическом изменении водного баланса.

Очевидно, рассмотренное влияние обрезки на вяз приземистый в определенной степени объясняет обсуждаемое ранее состояние придорожных насаждений, в которых данный уход наиболее часто практикуется, чего нельзя сказать о деревьях в рекреационных посадках, особенно во внутриворонных. Вероятно этот же фактор нивелирует контраст в состоянии изучаемых насаждений в разных районах города.

Разнообразие болезней на вязе весьма незначительно. В отличие от других лиственных пород практически отсутствуют явные поражения филлосферы, что говорит об устойчивости вяза приземистого к листовым инфекциям. Наиболее типичны на вязе инфекционные патологии, сопровождающиеся некрозно-раковыми поражениями, в частности бактериальная водянка (мокрый рак) и тиростромоз – рак грибной этиологии, установленный также на рассматриваемой породе в коллекции дендрария ИЛ СО РАН.

В городских насаждениях бактериальная водянка представителей рода *Ulmus* – достаточно распространенное явление (Bacterial wetwood ..., 1999). Пораженность бактериозом вязовых насаждений в г. Красноярске соответствует наличию очагов болезни ($> 10 \%$), нередко превышает 30% - сильная степень поражения (таблица 6.10). Основные признаки водянки – мокрое ядро и подтеки экссудата (слизетечение) из возникающих в коре трещин (рисунок 6.16). Состояние пораженных водянкой особей от удовлетворительного до сильно ослабленного, в среднем состояние больных деревьев вяза почти не отклоняется от общего состояния насаждений данной породы.

Таблица 6.10 – Показатели проявления некрозно-раковых болезней в насаждениях вяза

Болезнь (возбудитель)	Распространенность, %	$K_{\text{ср}}$ больных деревьев (при $K_{\text{ср}}$ насаждений $1,7 \pm 0,1$)
Бактериальная водянка (<i>Erwinia</i> sp.)	$\frac{40,9 \pm 2,7^*}{10,0-78,6^{**}}$	$\frac{1,8 \pm 0,1}{1,0-3,2}$
Тиростромоз (<i>Thyrostroma compactum</i>)	$\frac{14,3 \pm 2,6}{0-60,0}$	$\frac{2,3 \pm 0,1}{1,6-4,0}$

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения



Рисунок 6.16 – Слизетечение на стволе вяза, пораженного водянкой (фото автора)

Тиростромоз, проявляющийся в формировании открытых раковых ран на ветвях, стволах, частичном или полном их усыхании (рисунок 6.17), имеет меньшее распространение (таблица 6.10), тем не менее, средняя пораженность болезнью вязовых насаждений по городу превышает 10 %, обычно встречается в старовозрастных неухоженных посадках. В отличие от водянки данный микоз характеризуется повышенной вредоносностью; в отдельных насаждениях значительная часть пораженных тиростромозом деревьев являются усыхающими.

В результате анализа данных о фитопатологическом состоянии насаждений вяза разного типа не установлено достоверных различий в их пораженности выявленными некрозно-раковыми болезнями (таблица 6.11).



Рисунок 6.17 – Признаки тиростромоза (стигминиоза) на вязе: а – застарелая рана в основании усохшей ветви; б – усыхание пораженных ветвей в кроне; в – формирование конидиального спороношения возбудителя в коре отмершей ветви (фото автора)

Таблица 6.11 – Пораженность (%) насаждений вяза некротно-раковыми болезнями в посадках разного типа

Болезнь	Тип посадки		Сравнительный анализ выборок
	придорожные ($n = 26$)	рекреационные ($n = 14$)	
Бактериальная водянка	$42,9 \pm 3,5$ ($d_{K-S}=0,084$ ($p>0,05$))	$37,3 \pm 3,9$ ($d_{K-S}=0,114$ ($p>0,05$))	$t_{\text{факт}}(1,0) <$ $t_{05}(2,0)$
Тиростромоз	$12,5 \pm 3,1$ ($d_{K-S}=0,221$ ($p<0,05$))	$17,7 \pm 4,7$ ($d_{K-S}=0,252$ ($p>0,05$))	$U = 142$ ($p > 0,05$)

Санитарно-оздоровительный эффект обрезки деревьев (в том числе и радикальной) в полной мере проявляется по отношению к поражению вяза тиростромозом. По этому поводу показательны данные, приведенные в таблице 6.12: установлена значимо меньшая пораженность раком насаждений, подвергающихся обрезке. На пораженность вяза бактериальной водянке обрезка не влияет ввиду системного характера болезни.

Таблица 6.12 – Пораженность (%) насаждений вяза некротно-раковыми болезнями с учетом фактора обрезки деревьев

Болезнь	Наличие обрезки		Сравнительный анализ выборок
	есть ($n = 15$)	нет ($n = 25$)	
Бактериальная водянка	$36,0 \pm 4,6$ ($d_{K-S}=0,106$ ($p>0,05$))	$43,6 \pm 3,2$ ($d_{K-S}=0,092$ ($p>0,05$))	$t_{\text{факт}}(1,3) < t_{05}(2,1)$
Тиростромоз	$1,1 \pm 0,6$ ($d_{K-S}=0,464$ ($p<0,05$))	$21,4 \pm 3,2$ ($d_{K-S}=0,131$ ($p>0,05$))	$U = 30$ ($p < 0,05$)

Насаждения тополей

Виды р. *Populus* традиционно занимали доминирующее положение в немногочисленном базовом ассортименте древесных растений, используемых для озеленения городов Средней Сибири, ввиду их достаточной устойчивости к условиям городской среды, простоты выращивания посадочного материала, высокой биологической продуктивности (интенсивного нарастания фитомассы). В насаждениях г. Красноярска (как и в других городах региона) из тополей преобладает натурализовавшийся интродуцент – тополь бальзамический, в меньшей степени присутствует аборигенный вид – тополь черный и другие представители рода. При положительной тенденции расширения ассортимента древесных в насаждениях урботерриторий в последние годы наблюдается не вполне обоснованное сведение тополевых насаждений. В то же время тополя в насаждениях общего пользования продолжают занимать не последнее место. В

перспективе следует оптимизировать их использование в зеленом хозяйстве на основе известных и новых данных по их биологии и экологии, включая особенности санитарно-фитопатологического состояния с учетом специфики условий урботерриторий.

Анализ материалов обследования насаждений тополя бальзамического в разных районах города показал негативное влияние техногенного загрязнения на их жизненное состояние (рисунок 6.18): различия значимы при сравнении выборок крайних уровней загрязнения ($U = 5$, $p < 0,05$). При этом следует учитывать, что на момент обследования значительная часть деревьев на учетных единицах, заложенных в районах с повышенным уровнем суммарного загрязнения (центральная и северо-восточная части города, см. рисунок 6.9) отличались старовозрастностью.

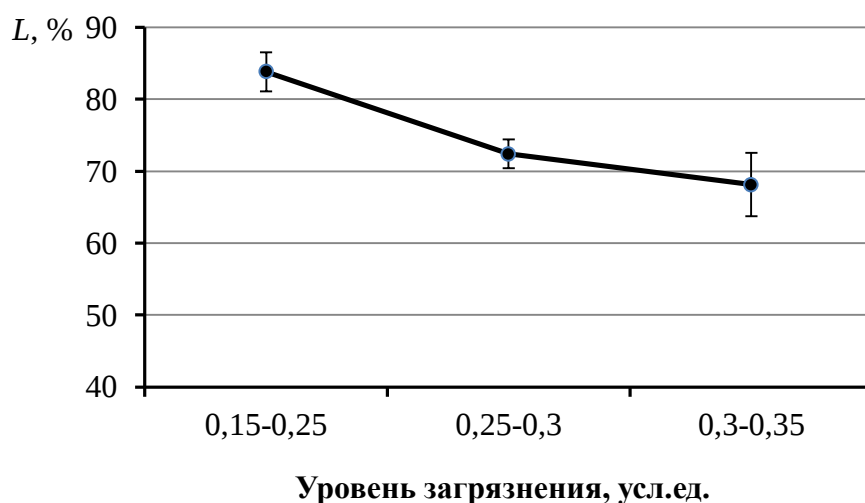


Рисунок 6.18 – Жизненное состояние насаждений тополя по зонам загрязнения

Отмечаемые различия в жизненном состоянии тополевых насаждений в пользу придорожных посадок оказались не достоверны (таблица 6.13). Их текущее интегральное состояние (по показателям продуктивности, эстетическое, санитарное) во многом определяется рассмотренным хозяйственным воздействием – обрезкой деревьев. Последствия обрезки для тополя бальзамического (и не только) неоднозначны и зависят от возраста, размеров, исходного санитарного состояния деревьев, качества среды в пределах

конкретного места произрастания, интенсивности отторжения биомассы и соблюдения технологии обрезки.

Таблица 6.13 – Жизненное состояние насаждений тополя разного типа

Тип насаждения	Показатель жизненного состояния (L), %	U (p-уровень)
Придорожные (n = 10)	$\frac{78,5 \pm 2,2^*}{68-92^{**}}$	13 (> 0,05)
Рекреационные (n = 5)	$\frac{64,7 \pm 6,8}{50-88}$	

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

Широко практикуемая в городах радикальная обрезка крон тополей для снижения причиняемых ими хозяйственно-бытовых неудобств, рисков, связанных с повышенной ветроломностью крупных экземпляров, приводит к падению биологической продуктивности, снижению пылеулавливающего и терморегулирующего значения деревьев (Казанцева, Соловьева, 2009). Однако такая потеря экологических функций у тополей, успешно перенесших обрезку, компенсируется в течение непродолжительного периода активным нарастанием филлосферы в виде густой компактной кроны. Более негативные последствия радикальной обрезки нередко проявляются в ухудшении санитарного состояния насаждений тополя бальзамического. При отсутствии значимых различий в жизненном состоянии тополевых посадок по рассматриваемому фактору величина текущего отпада (усыхающие и усохшие деревья) достоверно выше в насаждениях с проведением радикальной обрезки (таблица 6.14).

Патогенез усыхания тополя в насаждениях города – полифакторный сопряженный процесс, в котором ведущую роль играет микромицет *Cytospora chrysosperma* [Pers.] Fr. (*Valsa sordida* Nitschke), вызывающий некроз коры (бурый цитоспороз). Пораженность тополевых насаждений цитоспорозом в г. Красноярске отражается в степени их усыхания (ослабления) и накоплении отпада. Характерные начальные признаки болезни обнаруживаются в первой

Таблица 6.14 – Оценка влияния радикальной обрезки на состояние насаждений тополя

Показатель состояния	Дифференциация насаждений по обрезке		U (p -уровень)
	отсутствует ($n = 7$)	присутствует ($n = 8$)	
L , %	$\frac{79,8 \pm 3,3^*}{68-92^{**}}$	$\frac{68,8 \pm 4,4}{50-84}$	13 ($> 0,05$)
Текущий отпад, %	$\frac{5,2 \pm 1,5}{0-11,7}$	$\frac{17,3 \pm 4,3}{3,4-38,0}$	8 ($< 0,05$)

* - среднее значение со стандартной ошибкой; ** - крайние значения

трети вегетации: на отдельных ветвях или в пределах всей кроны увядают и засыхают распускающиеся почки, молодые листья (рисунок 6.19 а), что приводит соответственно к частичному или полному (часто скоротечному) усыханию кроны (дерева). На коре усыхающих ветвей, стволов деревьев из пикнид, развивающихся в мицелиальной строме, выходят склеенные слизью массы



а



б

Рисунок 6.19 – Признаки поражения тополя бурой цитоспорозом: а – увядание листьев в кроне; б – слизистые массы пикноспор на усохшей коре (фото автора)

конидий (стилоспор) в виде золотистых, оранжевых часто спирально закрученных жгутиков (рисунок 6.19 б).

Возбудитель болезни, как и прочие представители р. *Cytospora*, *Valsa*, являясь полупаразитом, входит в состав эпифитной микрофлоры деревьев и практически сопровождает растение-хозяин на протяжении всей его жизни в лучшем случае в виде скрытой инфекции (Гврителишвили, 1982; Исиков, Конопля, 2004). Паразитические свойства гриба активизируются на деревьях, стрессируемых различными факторами. К числу таких лимитирующих факторов, в частности в условиях города, относят высокое техногенное загрязнение воздуха, неблагоприятные почвенно-грунтовые условия, наличие большого количества механических поранений стволов и ветвей, значительное повреждение листьев минирующей молью и др. (Денбновецкий, 1966; Аль Дакхил Башар, 1992; Татаринцев, 1997, 2000). При этом цитоспороз, по мнению И.И. Минкевича (1967) следует рассматривать как вторичное явление, характеризующее степень повреждения (ослабления) растений. Наибольший негативный эффект для состояния тополя с резким снижением устойчивости к цитоспоровому некрозу имеют воздействия, приводящие к критическому уменьшению степени насыщения водой тканей коры, флоэмы и заболони: снижение уровня грунтовых вод, засуха, пожары, интенсивная обрезка крон деревьев (Прохненко, 1976, 1977, 1980; Минкевич, 1977; Гврителишвили, 1982). По имеющимся данным (Butin, 1955) восприимчивость тополей к цитоспорозу возникает при потере деревьями не менее 20 % влаги. Очевидно, это объясняет высокую долю текущего отпада, установленную нами в числе деревьев тополя бальзамического, подверженных радикальной обрезке. В условиях недостатка атмосферной и почвенной влаги на отдельных участках отмечено многочисленное усыхание тополей от цитоспороза после критической обрезки крон (рисунок 6.20).

В ряде случаев процесс инфекционного усыхания тополей протекает при дополнительном развитии бактериальной водянки (возбудители *Erwinia* sp.) (рисунок 6.21), в старовозрастных посадках усугубляется значительным поражением деревьев стволовыми гнилями.

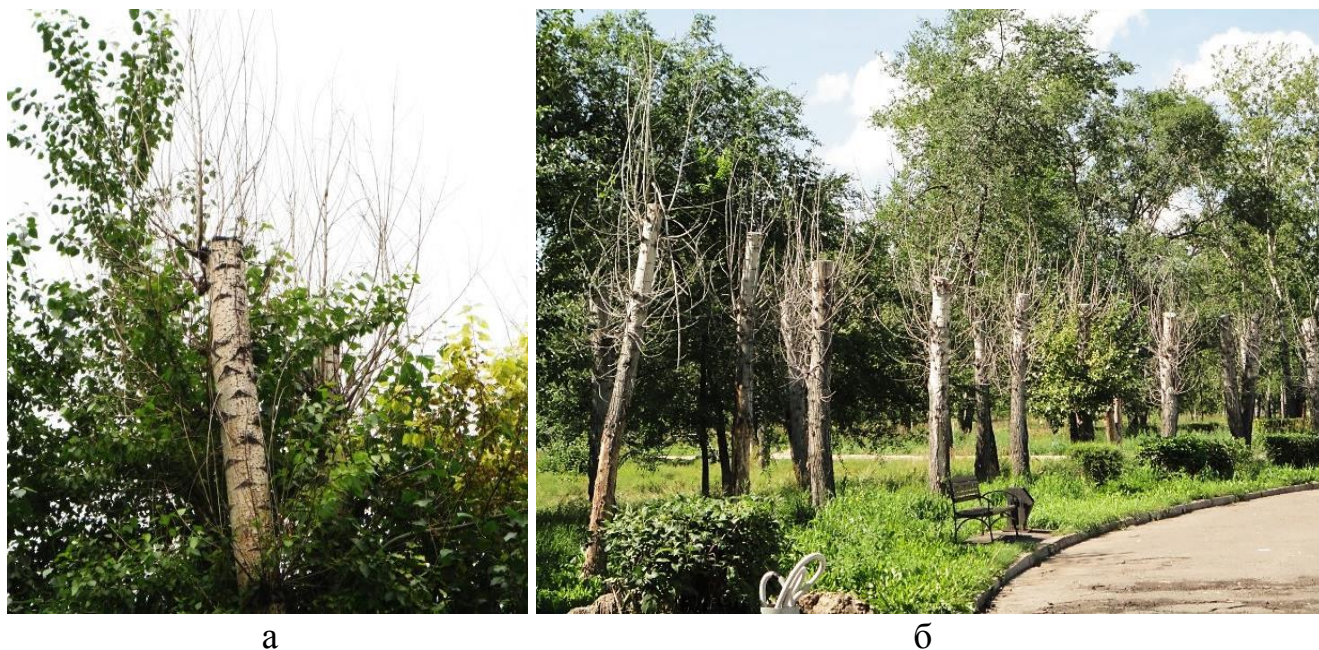


Рисунок 6.20 – Влияние радикальной обрезки на цитоспорозное усыхание тополя: а – усыхание молодых побегов в верхней части обрезанных стволов; б – массовое усыхание тополей после радикальной обрезки в парке «Гвардейский» (фото автора)



Рисунок 6.21 – Признаки поражения тополя водянкой: а – проступающий через трещины в коре бактериальный экссудат; б – мокрое ядро на комлевом срезе после санитарной уборки усыхающего дерева (фото автора)

В насаждениях города поражению цитоспорозом подвержены деревья тополя любого возраста и диаметра. Однако при равных прочих условиях в более короткие сроки усыхают, как правило, молодые, мелкоствольные экземпляры, что обусловлено относительно быстрой кольцевой некротизацией их стволов. Об этом свидетельствует заметно бóльшая представленность текущего патологического отпада в низких ступенях толщины, особенно в части деревьев без радикальной обрезки крон (рисунок 6.22). Для крупноствольных тополей обычно характерно хроническое поражение без быстрого их усыхания. В то же время значительное стрессирование деревьев радикальной обрезкой, приводящей к критической потере влаги через крупные места спилов и резкому нарушению соотношения надземной и корневой биомасс, нередко приводит к отпаду и среди крупномерных старовозрастных деревьев (рисунок 6.22 а), особенно при наличии у них стволовой гнили и обширных сухобочин на стволах.

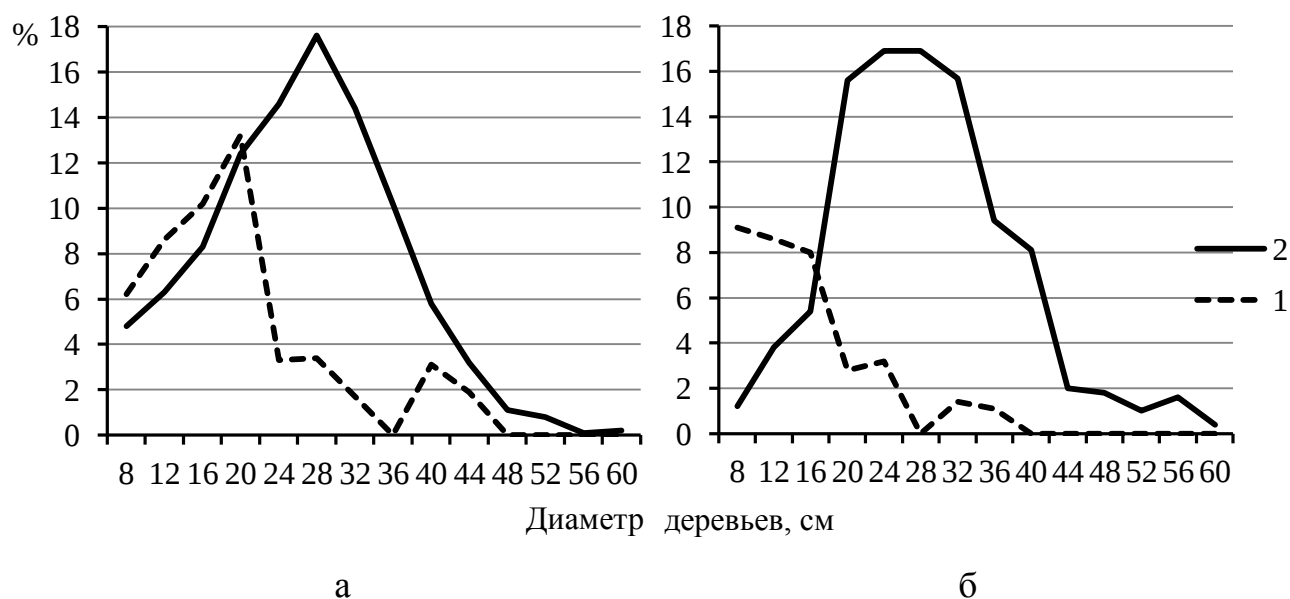


Рисунок 6.22 – Особенности накопления патологического отпада (1 – доля пораженных деревьев в пределах ступеней толщины) относительно общего распределения тополей по диаметру (2): а – деревья с радикальной обрезкой кроны; б – деревья без обрезки

В целях установления присутствия и потенциальной активности латентной инфекции *Cytospora chrysosperma* на тополях с учетом уровня техногенного

загрязнения был выполнен следующий эксперимент. В двух районах Красноярска, кардинально различающихся по экологической обстановке: территория, примыкающая к промзоне Красноярского алюминиевого завода (КраЗа), с максимальным уровнем суммарного техногенного загрязнения (0,7); и западная окраина города на условно чистом фоне (рисунок 6.9), было подобрано соответственно 6 и 8 модельных деревьев *Populus balsamifera*, включающих экземпляры с радикальной обрезкой крон и без неё. С каждого дерева заготавливали по 12 черенков (10-12 см) из **живых** ветвей последнего и предшествующего порядков в разных частях кроны. В лабораторных условиях черенки замачивали в водопроводной воде на 12 часов, промывали мыльным раствором, затем в проточной воде. Просушенные чистой фильтровальной бумагой тополевые черенки в соответствии с методикой, приведенной в монографии М.Н. Гвретишвили (1982), подвергали парафинированию. Для этого черенки поверхностно дезинфицировали кратковременным погружением в 96 % этиловый спирт, после чего их 2-3 раза окунали в расплавленный на водяной бане парафин, причем повторные погружения производились по мере остывания предшествующего слоя. Парафинирование черенков обеспечивает сохранение необходимой влажности коры для роста и развития плодоношений гриба и исключает возможность проникновения инфекционного начала извне (Гвретишвили, 1982). Покрытые парафином черенки помещали в продезинфицированные спиртом пластиковые контейнеры с соответствующей маркировкой: по 12 штук с дерева, в каждом контейнере – слева направо с ветвей предшествующего порядка к ветвям последующего порядка. Контейнеры помещали в темное место чистого помещения с температурой воздуха 16-20°C.

В ходе эксперимента первые конидиомы (пикниды) *S. chrysosperma* обнаружили себя на части черенков на 24-ые сутки после парафинирования (таблица 6.15) выступающими из коры темными экзостромами. В итоге латентная инфекция цитоспоры проявилась на образцах с 11-ти (всего 14) модельных деревьев, на 43 % исследуемых черенков. Деревья, с которых весь взятый материал не показал наличие инфекции, располагаются в зоне максимального

Таблица 6.15 – Хронология формирования конидиом и активности споруляции *Cytospora chrysosperma* на черенках *Populus balsamifera* in vitro (начало эксперимента 11.01.2014 г.)

с деревьев под факелом КраЗа (рядом с промплощадкой), n = 72

Дата учета	Номер и особенности модельного дерева, черенков с модельных деревьев																																				
	I (радик-ая обрезка 2-х летней давности)												II (радик-ая обрезка 2-х летней давности)												III (радик-ая обрезка 2-х летней давности)												
	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	
04.02																																					
08.02																																					
15.02																																					
22.02																																					
01.03																																					
07.03																																					
26.03																																					

Дата учета	Номер и особенности модельного дерева, черенков с модельных деревьев																																				
	IV												V												VI												
	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 пр/п	8 пр/п	9 пр/п	10 пр/п	11 пр/п	12 пр/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 пр/п	8 пр/п	9 пр/п	10 пр/п	11 пр/п	12 пр/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 пр/п	8 пр/п	9 пр/п	10 пр/п	11 пр/п	12 пр/п	
04.02																																					
08.02																																					
15.02																																					
22.02																																					
01.03	-	-	+	-		-	-	-		-		-															+	+	-								
07.03	-	-	+	-		-	-	-		-		-														+	+	+	-								
26.03	-	-	+	-		-	-	-		-		-														+	+	+	-								

Окончание таблицы 6.15

с деревьев на относительно чистом фоне, $n = 96$

Дата учета	Номер и особенности модельного дерева, черенков с модельных деревьев																																																	
	VII (текущ. радика-ая обрезка)												VIII (текущ. радика-ая обрезка)												IX (текущ. радика-ая обрезка)												X (текущ. радика-ая обрезка)													
	1 п/п	2 п/п	3 п/п	4 п/п	5 п/п	6 п/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 п/п	2 п/п	3 п/п	4 п/п	5 п/п	6 п/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 п/п	2 п/п	3 п/п	4 п/п	5 п/п	6 п/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 п/п	2 п/п	3 п/п	4 п/п	5 п/п	6 п/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п		
04.02																																																		
08.02																																																		
15.02																																																		
22.02																																																		
01.03																																																		
07.03																																																		
26.03																																																		

Дата учета	Номер и особенности модельного дерева, черенков с модельных деревьев																																																
	XI (рад. обр. 2-4-х летн. давн.)												XII (рад. обр. 2-4-х летн. давн.)												XIII												XIV												
	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	1 пр/п	2 пр/п	3 пр/п	4 пр/п	5 пр/п	6 пр/п	7 п/п	8 п/п	9 п/п	10 п/п	11 п/п	12 п/п	
04.02																																																	
08.02																																																	
15.02																																																	
22.02																																																	
01.03																																																	
07.03																																																	
26.03																																																	

Условные обозначения: п/п – ветвь последнего порядка (первого и последнего порядка после текущей радикальной обрезки); пр/п – ветвь предшествующего порядка.

Интенсивность формирования пикнид и споруляции: 1 – пикнид не более 10 шт., 2 – пикнид до 50 шт., 3 – пикниды сплошь (более 50 шт.); – - выход споровых масс из менее половины пикнид, + - то же из большей части пикнид

влияния КрАЗа (таблица 6.15). Заметно отличается по районам исследования общее количество образцов со сформировавшимися плодоношениями рассматриваемого микромицета (рисунок 6.23 а): к концу эксперимента относительное количество таких черенков с деревьев на чистом фоне составило 60 % против 19 % с моделей из-под КрАЗа. Причем в последнем случае появление пикнид началось с явным опозданием.

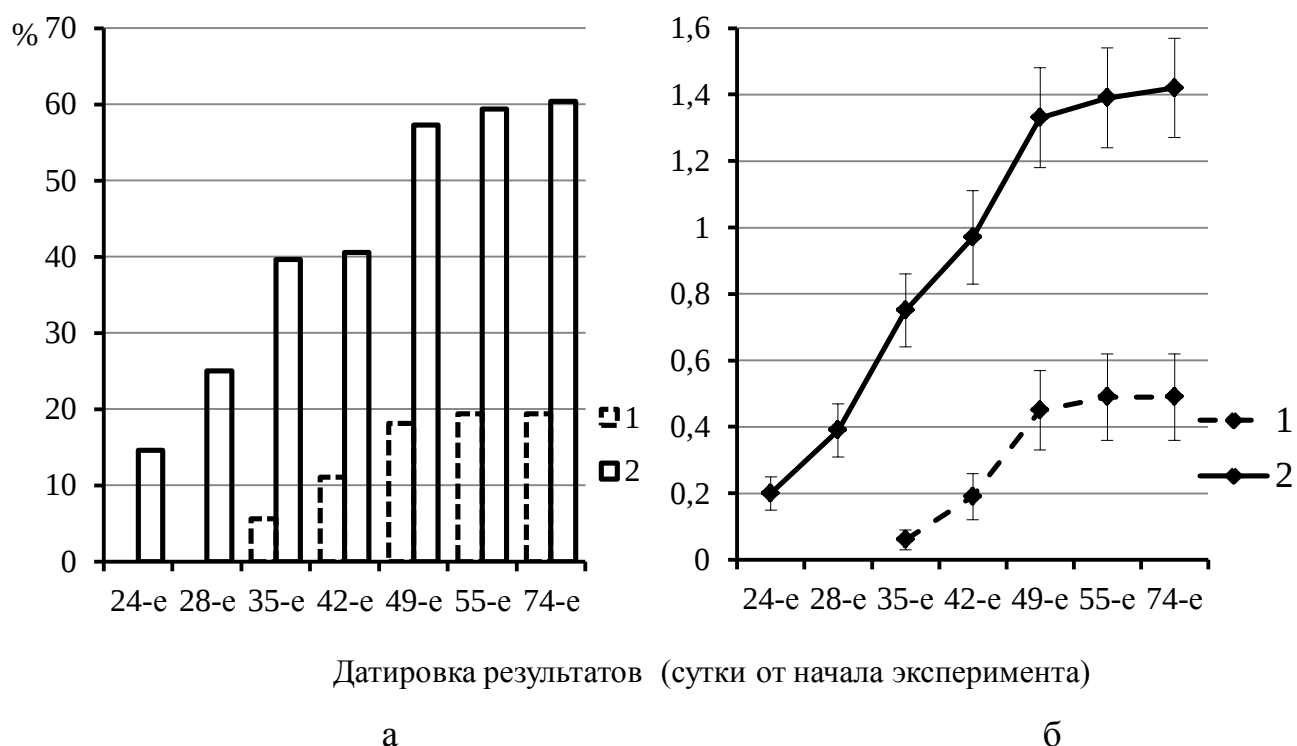


Рисунок 6.23 – Динамика формирования конидиом и активности споруляции *Cytospora chrysosperma* на черенках *Populus balsamifera*: а – относительное количество черенков с пикнидами, б – интенсивность спороношения (в баллах); 1 – под КрАЗом, 2 – чистый фон

Активность латентной инфекции *C. chrysosperma*, выражающаяся в количестве конидиом на поверхности черенков и интенсивности выхода из них слизистых масс стилоспор, также отличается по районам исследования в пользу опытного материала с деревьев на чистом фоне (рисунок 6.24). Более показательным это становится, если репродуктивную активность гриба выразить количественно в баллах, исходя из принятой шкалы (см. условные обозначения к таблице 6.15). При этом целое значение балла (1, 2, 3) определяется количеством



а



б

Рисунок 6.24 – Спороношение *Cytospora chrysosperma* на парафинированных черенках (учет 01.03.2014г.), взятых с деревьев тополя бальзамического без обрезки крон: а – в загрязненном районе рядом с КрАЗом; б – в относительно чистом районе

пикнид на образце (черенке), к нему добавляется дополнительная величина (в сотых долях) в зависимости от количества спорулирующих пикнид: выход споровых масс из менее половины пикнид (–) - добавляется 0,50; то же из большей части пикнид (+) - 0,75. Интенсивность спороношения на всех этапах эксперимента показала значимо ($p < 0,05$) меньшую активность скрытой инфекции *C. chrysosperma* на образцах с деревьев, произрастающих под факелом алюминиевого завода (рисунок 6.23 б). Таким образом, основные результаты эксперимента указывают на ингибирование развития гриба *C. chrysosperma* содержащимися в промышленных выбросах веществами, в частности соединениями фтора.

Накопление и концентрация латентной инфекции возбудителя цитоспороза в коре разных частей (в частности кроны) дерева неоднозначны (таблица 6.15). В ходе эксперимента показано повышенное присутствие гриба в тканях более старых ветвей, особенно в их основании с относительно толстой корой. Побеги последнего прироста инфицированы в незначительной степени, на многих образцах таких побегов, в основном взятых с деревьев после текущей радикальной обрезки, скрытая инфекция вообще не проявилась. Следовательно обрезка для кроны имеет эффект санации в отношении цитоспоровых грибов. Однако, как было показано ранее, при критическом стрессировании тополя радикальной обрезкой, паразитической активности грибной инфекции, накопленной в дереве (коре ствола), оказывается достаточно для его усыхания.

Выводы

1. Санитарное состояние насаждений представленных в дендрарии видов и форм древесных растений неоднозначно, что обусловлено главным образом уровнем зимостойкости и различной устойчивостью растений к патогенным организмам и насекомым-фитофагам. В условиях незначительного влияния антропогенных факторов лучшим состоянием характеризуется комплекс видов североамериканского происхождения, худшим – среднеазиатского.

2. Более трети видов древесных интродукционного хозяйства ассоциированы с патогенными консортами, среди которых преобладают микромицеты, поражающие листья. По представленности пораженных видов и числу патогенов лидирует местная арборифлора, из семейств – сем. Rosaceae; максимальное число микромицетов выявлено на видах р. *Populus*. Видовой состав патогенов и указанные тенденции в целом характерны и для городских насаждений общего пользования.

3. Болезни филлосферы снижают эстетическую привлекательность, могут приводить к ослаблению растений вследствие уменьшения физиологически активной поверхности листового аппарата и преждевременной дефолиации. Наибольшее негативное влияние оказывают ржавчина и мучнистая роса листьев. Последняя интенсивно развивается на восприимчивых видах при их регулярной обрезке, особенно в уличных насаждениях на фоне пониженного увлажнения.

4. Установленные на ряде видов деревьев 1-й и 2-й величины некрозно-раковые болезни, вызываемые полупаразитными микромицетами и бактериями, являются основной причиной частичного или полного их усыхания. Особой вредоносностью отличаются бактериозы, в частности водянка (мокрый рак), на видах семейства Salicaceae, тиростромоз на вязе приземистом, цитоспоровый некроз на тополях, наиболее распространенный в насаждениях урботерритории.

5. В условиях урбанизированной среды жизненное и санитарно-фитопатологическое состояние насаждений в значительной степени определяется антропогенными факторами. По мере повышения уровня загрязнения окружающей среды состояние малоустойчивых к этому воздействию хвойных пород значимо ухудшается, особенно в придорожных наиболее стрессуемых посадках, что показано для насаждений относительно газоустойчивой лиственницы сибирской. Главным патогенным фактором для лиственницы в городе является почковая галлица, приводящая к подсыханию ветвей и сильному ослаблению деревьев независимо от их морфометрических параметров.

6. Для лиственных пород весомый, корректирующий их состояние фактор – обрезка крон деревьев. Положительный санитарно-омолаживающий эффект

такого ухода достигается при периодической щадящей обрезке, а для древесных растений, устойчивых к недостатку и потере влаги, даже при радикальной обрезке крон, что в насаждениях города достоверно установлено для вяза приземистого. Обрезка крон значительно снижает пораженность вязовых насаждений тиростромозом. В насаждениях тополя бальзамического радикальная обрезка особенно в сочетании с засушливой погодой приводит к критической для деревьев потере влаги и провоцирует их усыхание от цитоспороза. При общем преобладании в отпаде мелкоствольных экземпляров, после радикальной обрезки усыхают и крупные старовозрастные тополя, что часто усугубляется поражением их водянкой и стволовой гнилью.

7. Основной возбудитель цитоспороза тополей – микромицет *Cytospora chrysosperma* постоянно присутствует в тканях коры стволов и определенной части ветвей деревьев в виде латентной инфекции. Установлено повышенное наличие инокулюма в тканях более старых ветвей, особенно в их основании с относительно толстой корой. Высокий уровень техногенного загрязнения ингибирует накопление инфекции и репродуктивную активность *C. chrysosperma*.

7 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ

7.1 Обоснование системы лесозащитных мероприятий в лесных биогеоценозах южной части Средней Сибири

Природная и хозяйственная неоднородность лесов в пределах рассматриваемой обширной территории требует индивидуального подхода к конкретным лесным насаждениям (массивам) при разработке системы мероприятий по оптимизации их санитарного и лесопатологического состояния, исходя из существующих экологических и хозяйственных рисков, ущербов в результате воздействия определенных патологических факторов и явлений.

В системе лесозащитных мероприятий первоочередное место занимает лесопатологический мониторинг (ЛПМ), который организуется и проводится с целью оперативного получения и анализа информации о патологических изменениях в лесных насаждениях с последующим обоснованием и принятием решений о проведении соответствующих лесозащитных и иных лесохозяйственных мероприятий (Методы мониторинга ..., 2004). В свою очередь важная и неотъемлемая часть комплексного ЛПМ – фитопатологический мониторинг (Татаринцев, 2014б). Основываясь на официальном определении ЛПМ (Руководство по пректированию ..., 2007), фитопатологический мониторинг (ФПМ) – это система наблюдений за состоянием, нарушением устойчивости лесов, поражением их болезнями, наблюдений за популяциями патогенных организмов, влияющих на состояние лесов, а также система их оценки и прогноза. Основной технологический уровень ЛПМ и ФПМ – региональный мониторинг.

На территории Красноярского края государственный ЛПМ ведется на лесопокрытой площади в 105,1 млн. га, которая в соответствии с лесозащитным районированием разделена на три зоны лесопатологической угрозы: слабая, средняя и сильная (Лесной план ..., 2008; Государственный доклад ..., 2019). Зоны средней (Красноярский, Енисейский, Саянский лесозащитные районы) и

сильной (Тюхтетско-Кодинский лесозащитный район) лесопатологической угрозы в основном охватывают южную часть края (южнее русла р. Ангары). Среди инфекционных болезней по приоритетности отмечают стволовые гнили, раковые болезни, корневые гнили (Государственный доклад ..., 2019). По нашему мнению, информация о фитопатологической ситуации, перечне и роли болезней основных лесообразующих пород в лесах региона, в частности южной его части, не вполне объективна. Требуется теоретически и практически обоснованная система фитопатологического мониторинга, базирующаяся на знаниях биологии и экологии наиболее агрессивных и хозяйственно значимых представителей патогенной биоты лесных насаждений.

При обосновании системы ФПМ первоначально должны быть определены объекты мониторинга, основные и дополнительные мероприятия, порядок действий при сборе информации. К первоочередным объектам ФПМ следует относить высоко агрессивные и вредоносные фитопатогены; лесные насаждения, в которых их деятельность приводит к возникновению эпифитотий и как следствие расстройству и (или) утрате ресурсной ценности фитоценозов.

Объекты ФПМ целесообразно выделять на основе ландшафтных подразделений и лесорастительного районирования территории с обязательным учетом целевого назначения, категории защитности насаждений, породного состава, возрастного состояния древостоев, а также наличия природных и антропогенных факторов, ослабляющих их устойчивость. Первоочередные объекты ФПМ для лесных биогеоценозов южной части Красноярского края, установленные в результате фитопатологических исследований (Рыбалко, Гукасян, 1986; Татаринцев, 1995, 1998, 2011а, 2011б, 2014в, 2015а, 2015б; Павлов и др., 2007, 2009а, 2009в; Татаринцев, Скрипальщикова, 2009, 2015; Татаринцев, Аминев, 2014; Татаринцев и др., 2015), приведены в таблице 7.1, включая темнохвойные леса, не являвшиеся основными объектами исследований в данной работе.

В антропогенно освоенных лесах южной части края приоритетным является наземный ФПМ. Дополнительно для обнаружения и фиксирования очагов

Таблица 7.1 – Основные объекты фитопатологического мониторинга в лесах южной части Красноярского края

Ландшафтно-лесорастительные подразделения (Коротков, 1994)	Главные лесообразующие породы	Болезнь (возбудитель)	Негативные последствия от болезней
1	2	3	4
<u>Западно-Сибирская равнинная ЛО</u> Южнотаежные и подтаежные леса	<i>Abies sibirica</i>	Ржавчинный опухолевый рак (<i>Melampsorella caryophyllacearum</i>) Корневая гниль (<i>Armillaria mellea</i> s. l., <i>Heterobasidion annosum</i>) Бактериальная водянка (<i>Erwinia</i> sp.) Стволовые гнили (<i>Phellinus hartigii</i> , <i>Fomitopsis officinalis</i> и др. ксилотрофные грибы)	Групповое, куртинное усыхание; накопление гнилевого ветролома и ветровала; понижение товарности древостоев
	<i>Pinus sylvestris</i>	Рак-серянка (<i>Cronartium flaccidum</i> ; <i>C. pini</i>) Стволовая гниль (<i>Phellinus pini</i>)	Групповое, куртинное усыхание, понижение товарности древостоев
	<i>P. sibirica</i>	Корневая гниль (<i>H. annosum</i> , <i>A. mellea</i> s. l.) Корневая гниль (<i>H. annosum</i> , <i>A. mellea</i> s. l.)	Групповое усыхание, появление ветровала
	<i>Betula pendula</i>	Бактериальная водянка (<i>Erwinia multivora</i>) Корневая гниль (<i>A. mellea</i> s. l.) Стволовые гнили (<i>Fomes fomentarius</i> , <i>Inonotus obliquus</i> и др. ксилотрофные грибы)	Групповое, куртинное ослабление и усыхание, появление гнилевого ветролома
	<i>Populus tremula</i>	Черный рак (<i>Entoleuca mammata</i>) Бактериальная водянка (<i>E. multivora</i>) Опухолево-язвенный рак (<i>Pseudomonas</i> sp.) Корневая гниль (<i>A. mellea</i> s. l.) Стволовая гниль (<i>Phellinus tremulae</i>)	От группового до сплошного усыхания, значительное накопление гнилевого ветролома и ветровала

Окончание таблицы 7.1

1	2	3	4
<u>Алтае-Саянская горная ЛО</u> Подтаежные, горно-таежные леса Северной Алтайско-Саянской и Восточно-Саянской ЛП	<i>Abies sibirica</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>P. sibirica</i> <i>Betula pendula</i> <i>Populus tremula</i>	То же	То же
Лесостепь, подтаежные леса Хакасско-Минусинской ЛП	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Larix sibirica</i> <i>Betula pendula</i>	Корневая гниль (<i>Heterobasidion annosum</i>) Ступенчатый рак (<i>Lachnellula willkommii</i>) Бактериальная водянка (<i>Erwinia multivora</i>)	Групповое, куртинное усыхание, накопление ветровала, образование прогалин Групповое, куртинное ослабление и усыхание
<u>Средне-Сибирская плоскогорная ЛО</u> Приангарские южнотаежные и подтаежные светлохвойные леса	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Larix sibirica</i> <i>Betula pendula</i>	Стволовая гниль (<i>Phellinus pini</i>) Корневая гниль (<i>Phaeolus schweinitzii</i>) Стволовая гниль (<i>P. pini</i> , <i>Fomitopsis officinalis</i>) Бактериальная водянка (<i>E. multivora</i>)	Понижение товарности древостоев, появление гнилевого ветролома Групповое, куртинное ослабление и усыхание
Лесостепь Канско-Красноярско-Бирюсинской ЛП	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Betula pendula</i>	Корневая гниль (<i>H. annosum</i>) Бактериальная водянка (<i>E. multivora</i>) Стволовые гнили (<i>Fomes fomentarius</i> и др. ксилотрофные грибы)	Групповое усыхание с образованием прогалин Диффузное, групповое, ослабление и усыхание, появление гнилевого ветролома

ЛО – лесорастительная область; ЛП – лесорастительная провинция

болезней при наличии дехромации ассимилирующего аппарата, изреженности, суховершинности крон у пораженных деревьев, появлении гнилевого ветровала и ветролома, прогалин целесообразно использовать дистанционный мониторинг (дешифрирование материалов дистанционного зондирования лесных территорий, аэровизуальное наблюдение), особенно в труднодоступных лесах.

Получение базовой информации о фитопатологической ситуации в лесах осуществляется при ведении *лесопатологических надзоров* (ЛПН). На этапе *общего ЛПН* выявляются случаи нарушения санитарного состояния насаждений, возникающие и возникшие очаги болезней в пределах любой лесопокрытой территории.

В насаждениях, являющихся по известным критериям первоочередными объектами ФПМ, должен проводиться плановый *специальный надзор* определенного уровня детализации. В рамках детального ЛПН по существующим методикам производятся учетные работы на выборочных единицах: постоянных пунктах наблюдений, постоянных маршрутных ходах, постоянных пробных площадях.

Необходимым элементом в структуре ФПМ в качестве дополнительных мероприятий, несмотря на известное их отнесение к отдельному виду лесозащитных работ, выступают *лесопатологические обследования* (ЛПО), которые организуются и проводятся в очагах болезней, выявленных в результате ЛПН. Цель ЛПО – более полная диагностика, установление показателей проявления и вредоносности болезней в насаждениях. Методика ЛПО в очагах определенных болезней леса изложена в соответствующих руководствах и наставлениях (Мозолевская и др., 1984; Рекомендации ..., 2001; Методы мониторинга ..., 2004; Руководство по планированию ..., 2007; Руководство по проектированию ..., 2007 и др.). При этом следует учитывать возможное развитие комплексных очагов болезней, в которых происходит сопряженное поражение деревьев несколькими патогенами в соответствии с уровнем их паразитизма и агрессивности. Такое явление нами установлено в осинниках горно-таежной зоны

(Татаринцев, 2011а,б), по нашему мнению это же происходит при возникновении куртин усыхания в насаждениях пихты (Татаринцев, 2015а).

Для определения масштабов повреждения и усыхания деревьев в действующих, затухающих очагах болезней с последующим назначением санитарно-оздоровительных и других лесозащитных мероприятий предусматривается проведение *текущих оперативных и инвентаризационных ЛПО*.

Отмечающееся в настоящее время в южнотаежных и горнотаежных лесах Красноярского края прогрессирующее усыхание кедровых и особенно пихтовых насаждений не находит однозначного объяснения. В такой ситуации для установления этиологии усыхания пихтово-кедровых лесов требуется оперативное проведение *лесопатологической экспертизы* с привлечением специалистов в области лесной энтомологии, патологии леса, лесной экологии. Лесопатологическая экспертиза как разновидность ЛПО обязательно должна быть предусмотрена в системе ЛПМ и ФПМ на случай возникновения подобных процессов в лесах региона.

На основе результатов проведенных исследований, а также руководствуясь накопленными теоретическими знаниями и практическим опытом в области лесоводства и лесозащиты, можно предложить ряд мероприятий по оптимизации санитарного и фитопатологического состояния насаждений в границах изученных лесопокрытых территорий, различающихся природными особенностями и антропогенным освоением лесов, первоочередными объектами ФПМ.

Красноярское Приангарье. Светлохвойные леса Приангарья, в которых главной породой является сосна обыкновенная, имеют в первую очередь важное лесозэксплуатационное значение. Согласно выполненным исследованиям в сосняках наиболее распространена стволовая гниль, которая существенно снижает их качественные характеристики, а также приводит к ухудшению санитарного состояния насаждений из-за определенного ослабления и повышения ветроломности пораженных деревьев. Это требует комплекса мероприятий по ограничению её вредоносности.

Основные меры борьбы со стволовыми гнилями были сформулированы ещё Р. Гартигом и сводятся к гигиене леса (Ванин, 1931). Все эти меры можно сгруппировать следующим образом: меры, предупреждающие распространение болезни; механические меры борьбы; понижение оборота рубки. Они обязательно должны планироваться и проводиться с учетом целевого назначения и возраста древостоев.

Теоретические основы профилактики ядровой гнили сосны изложены профессором А.Т. Вакиным (1966), исходя из процесса ядрообразования у деревьев, очищения стволов от сучьев и патогенеза стволовой гнили. Так, основываясь на многочисленных исследованиях, он отмечает, что у сосны “меньший (в сравнении с елью) угол ветвления способствует образованию сравнительно толстых ветвей, ... сучья после отмирания обычно обламываются не у основания: их пеньки долго торчат и чаще поражаются дереворазрушающими грибами, что и обуславливает частое поражение сосновой губкой. ... При очищении стволов от сучьев в молодом возрасте остатки мертвых тонких ветвей быстро гниют и опадают, а их обломки легко зарастают на стволе. Возле заросшего сучка образуется небольшое местное ядро и, как правило, маленький участок раневой гнили. Ядро и гниль в стволе не распространяются. При отмирании толстых ветвей у старого дерева их остатки долго держатся на стволе и зарастают очень медленно. Стволовая древесина в течение продолжительного времени сообщается с атмосферным воздухом, и в ней развивается сначала общее центральное ядро, а потом и ядровая гниль от попавшего туда гриба” (цит. по А.Т. Вакину, 1966). Таким образом, в целях профилактики возникновения стволовой гнили в деревьях, необходимо стремиться к раннему очищению стволов от сучьев путем поддержания оптимальной густоты в сосновых молодняках, при искусственном лесовосстановлении – создавать культуры сосны достаточной густоты, способствующей быстрому смыканию крон деревьев. При этом следует использовать посадочный материал, выращенный из семян от плюсовых деревьев, отличающихся хорошим ростом и очищением стволов от сучьев и не имеющих каких-либо патологий. С целью ускорения очищения

стволов от сучьев А.Т. Вакин (1966) рекомендует в соответствующих лесорастительных условиях вводить в культуры сосны примесь лиственных пород. На профилактику стволовых гнилей путем создания смешанных по составу насаждений указывали и другие специалисты (Ванин, 1955; Соколова, Семенкова, 1981).

В ряде случаев (насколько это целесообразно) для ускорения очищения стволов от мертвых сучьев можно рекомендовать механическое их удаление путем обрезки или обламывания. Причем это следует делать так, чтобы не оставалось торчащих пеньков. В разреженных насаждениях, где деревья имеют много толстых ветвей, С.В. Шевченко (1978) считает целесообразным обрезать не только сухие ветки, но и часть живых, растущих в отенении. При этом обрезку он рекомендует проводить постепенно до высоты шести-восьми метров и лучше всего в конце зимы и ранней весной.

После очищения деловой части стволов от сучьев необходимо умеренное изреживание древостоя для увеличения прироста деревьев и окончательного зарастания сучковых ран, что значительно уменьшает вероятность инфицирования деревьев сосновой губкой и активного развития стволовой гнили. В процессе проведения такого рода рубок ухода следует в первую очередь удалять деревья угнетенные, имеющие признаки патологического состояния: плодовые тела (редко появляются и на молодых деревьях), изреженную крону, хлоротичную, укороченную хвою, раковые образования на стволах, ветвях и другие. Выборочной вырубке подлежат также и переросшие деревья с толстыми ветвями в нижней части кроны, имеющими сформировавшееся ядро.

Указанные мероприятия по профилактике развития стволовой гнили должны проводиться в сосновых молодняках до начала процесса активного ядрообразования и могут быть рекомендованы для насаждений любого целевого назначения. В условиях Приангарья и в других регионах с активной многолетней эксплуатацией сосновых древостоев и тенденцией повышения доли молодняков сосны эти меры являются особенно актуальными.

В наличных взрослых сосняках, уже в какой-то степени пораженных стволовой гнилью, основное внимание должно быть направлено на профилактику повышения распространенности болезни, снижение имеющейся пораженности, рациональную эксплуатацию древостоев в целях продления срока их жизнедеятельности (в защитных лесах) и снижения потерь ценной деловой древесины (в эксплуатационных лесах).

Большое значение в профилактике распространения стволовой гнили имеет устранение или снижение отрицательного воздействия на насаждения антропогенных факторов. В защитных лесах, особенно примыкающих к населенным пунктам, входящих в зоны отдыха, актуальна система мероприятий по оптимизации рекреационного лесопользования, упорядочению рекреационных, пастбищных нагрузок путем организационно-технических мер, соответствующего обустройства территории, агитационной работы (см. ниже). Это позволит снизить неоправданное расстройство лесных экосистем и ухудшение физиологического состояния древостоев вследствие вытаптывания напочвенного покрова, уплотнения почвы, оголения корневых систем деревьев; уменьшить вероятность возникновения лесных пожаров, механических поранений стволов, в итоге оградить древостои от массового поражения стволовой гнилью в числе прочих болезней сосны. Дополнительно следует указать на противопожарное обустройство лесных территорий в границах лесов любого назначения.

Результаты исследования особенностей распространения и развития стволовой гнили в подсоченных сосняках с учетом перспективности подсочки в качестве прижизненного вида лесопользования в эксплуатационных насаждениях (несмотря на современную ситуацию с подсочкой леса) позволяют предложить ряд рекомендаций для снижения интенсивного поражения подсачиваемых древостоев гнилью:

1. В подсочку нецелесообразно назначать старовозрастные, малопродуктивные насаждения ввиду перспективы низкого выхода живицы и

значительных потерь деловой древесины при последующем введении подсоченных древостоев в рубку.

2. По этой же причине в древостоях, назначенных в подсочу, не должны подсачиваться деревья с признаками поражения стволовой гнилью, даже при общем удовлетворительном их состоянии.

3. Специалистам следует изыскивать наиболее оптимальные способы подсочки, позволяющие без ощутимого снижения выхода живицы уменьшить объемную нагрузку деревьев каррами.

4. Следует отказаться от агрессивных стимуляторов смолы выделения, способствующих быстрому физиологическому “износу” деревьев, выветриванию защитного слоя смолы на поверхности подновок, подсыханию и растрескиванию древесины в области карр.

5. В эксплуатируемых насаждениях необходимо вести постоянный лесопатологический надзор. При снижении выхода живицы и нарушения лесопатологической обстановки следует выводить древостой из подсочки даже в случае нарушения запланированных сроков.

6. Выведенные из подсочки древостои должны незамедлительно назначаться в рубку; в противном случае активное развитие в древостоях основных фаутов, включая стволовую гниль, приведет к высоким потерям деловой древесины.

В остальном необходимо выполнять установленные правила и технологию подсочки сосновых древостоев.

В случаях критического нарушения санитарного состояния сосняков (значительное ослабление древостоя, повышенное накопление текущего отпада, в частности гнилевого ветролома), как правило, при развитии комплексных очагов гнилевых болезней, рака-серянки, целесообразно проведение санитарно-оздоровительных мероприятий: санитарной рубки, очистки от захламления. Вид (выборочная или сплошная), порядок проведения санитарной рубки определяется целевым назначением, категорией защитности лесов, исходной полнотой и возрастом древостоя, запасом текущего отпада, лесорастительными условиями, что достаточно подробно поясняется в соответствующих руководствах и

методических указаниях, а также пораженностью гнилевыми и некрозно-раковыми болезнями.

Согласно лесоводственной логике санитарные рубки целесообразны в средневозрастных, приспевающих, а в защитных лесах и в древостоях старшего возраста. В очагах болезней их интенсивность и своевременность проведения должны обеспечивать максимальную ликвидацию источников инфекции для уменьшения последующего заражения деревьев и получение из изъятых запаса древесины более высоких технических качеств. Выборочная санитарная рубка, которую следует сочетать с уборкой захламленности, не должна приводить к потере древостоем функций эдификатора лесной среды. При этом в очагах стволовой гнили в рубку назначаются помимо деревьев критических категорий состояния (усыхающие и усохшие), деревья с явными признаками гнили (плодовые тела сосновой губки, наличие дупел), в комплексных очагах – также со значительными раковыми ранами. Для предупреждения механического травмирования стволов, крон у оставляемых деревьев и их заражения раневыми паразитами необходима направленная валка подлежащих рубке деревьев, лучше в поствегетационный период.

Сплошная санитарная рубка как крайняя мера может проводиться при невозможности сохранения лесной среды из-за повышенного запаса текущего и общего отпада, в очагах стволовой гнили – при относительном запаса деревьев с явной гнилью более 40 %.

В эксплуатационных сосняках уменьшение потерь деловой древесины, связанных с интенсивным развитием стволовой гнили, можно добиться путем понижения оборота (возраста) рубки главного пользования, к чему по свидетельству С.И. Ванина (1931) призывали еще немецкие ученые-лесоводы в начале прошлого столетия. Такая мера основана на том соображении, что с возрастом количество пораженных гнилью деревьев в насаждении и степень её развития в стволах закономерно увеличиваются. Позднее на целесообразность понижения оборота рубки в сосновых древостоях, пораженных стволовой гнилью, указывали и другие специалисты (Faull, 1926; Ванин, 1931; Усков, 1959; Лебкова,

1967; Черемисинов и др., 1970 и др.). По этой же причине в сосняках Красноярского Приангарья, особенно разнотравной группы типов леса, не желательно поддерживать оборот рубки выше 100 лет. Естественно, эта рекомендация в условиях рассматриваемого региона требует более глубокого лесоводственно-таксационного и экономического обоснования, тем более учитывая то, что в настоящее время 60 % от общей площади сосняков здесь занимают спелые и перестойные древостои.

В качестве дополнительной (экономической) меры по снижению ущерба от стволовой гнили является рациональное использование пораженных деревьев, в том числе путем наиболее оптимальной раскряжевки стволов с возможным получением деловых сортиментов, а также использование в определенных целях древесины с начальными признаками гниения.

Красноярская группа районов. При разработке комплекса мероприятий по улучшению состояния лесов данной наиболее освоенной части региона следует исходить из значительного, часто решающего, влияния на все компоненты лесных экосистем антропогенных воздействий. Достаточно полно природоохранные меры по многоаспектной стабилизации лесов, приближенных к урботерриториям, описаны нами ранее (Экологическое состояние ..., 2009). В рамках настоящей работы остановимся на первоочередных действиях по улучшению санитарно-фитопатологического состояния рассматриваемых лесных насаждений.

Учитывая антропогенные особенности территории, основные мероприятия по оздоровлению продуцирующих здесь лесных фитоценозов, прежде всего, должны быть направлены на минимизацию негативного влияния техногенного загрязнения и рекреационного лесопользования. Указанные факторы прямо или косвенно воздействуют на насаждения, в том числе определяют взаимоотношения между лесообразующими породами и представителями фитопатогенной биоты чаще в пользу последних. Очевидно, что решающую роль в снижении выбросов и соответственно ущерба от них призваны играть сами промышленные предприятия путем усовершенствования технологии производства, замены оборудования и т.д. (Экологическое состояние ..., 2009). Одним из направлений природоохранных

мер для снижения крайне отрицательного влияния на пригородные леса, особенно хвойные насаждения, выбросов предприятий, в частности по производству алюминия, является система устойчивого озеленения, предложенная И.Н. Павловым (2006). Она заключается в создании по разработанной им технологии насаждений из газоустойчивых древесных пород в пределах подфакельной зоны, выполняющих роль буфера между алюминиевым заводом и рядом расположенными лесами. Такая мера применима и по отношению к другим предприятиям – источникам повышенного загрязнения окружающей среды и лесных насаждений.

Для улучшения общего состояния фитоценозов и санитарной обстановки в лесах Красноярской группы районов весьма актуальны мероприятия по снижению ущерба от рекреационного пользования, и в первую очередь в пригородных лесных массивах. В соответствии с разработками, выполненными под руководством И.В. Тарана (Таран, Спиридонов, 1977; Таран, 1985), в этих целях необходимы: соблюдение допустимых норм рекреационных нагрузок на лесные экосистемы, проведение системы лесохозяйственных мероприятий для улучшения состояния, повышения долговечности лесных насаждений, а также их восстановления в случае деградирования. В наиболее посещаемых лесах зеленой зоны крайне важны мероприятия по рекреационному устройству лесных территорий, в том числе: рациональное устройство дорожно-тропиночной сети, организация подъездных путей и мест для стоянок автотранспорта, обустройство зон отдыха, мест для кострищ, установление информационных и предупреждающих указателей и аншлагов. Дополнительными мерами должны быть повышение ответственности за нарушение установленного режима рекреационного лесопользования с полным исключением губительных для леса стихийных форм рекреации, временное выведение из пользования наиболее деградированных участков насаждений.

Во всех лесах должны быть разработаны и реализованы проекты противопожарного обустройства соответствующих территорий, в пригородных насаждениях – в комплексе с рекреационным устройством.

В насаждениях с нарушенной и утраченной устойчивостью требуется проведение санитарно-оздоровительных мероприятий, среди которых в лесах зеленой зоны приоритетными является очистка от захламления и загрязнения, в необходимых случаях (наличие повышенной доли текущего, обычно патологического, отпада) выборочная санитарная рубка. В сосняках рубке подлежат деревья 4-6 категорий состояния, а в действующих очагах корневой гнили также сильно ослабленные деревья (3-я категория состояния). В березняках в выборочную рубку по состоянию подпадают деревья 5-6 категорий, старовозрастные сырораствующие деревья с открытыми дуплами и плодовыми телами дереворазрушающих грибов, в очагах бактериальной водянки дополнительно 3-4 категорий состояния; в последнем случае удалять следует деревья с некрозно-раковой формой бактериоза. При повышенной численности насекомых-ксилофагов, в частности сосновых лубоедов, особенно в сосняках с очагами корневой гнили, целесообразна выкладка ловчих деревьев с последующей их окоркой или обработкой инсектицидами. Более детально методика этого мероприятия изложена в соответствующих руководствах. Сплошная санитарная рубка в рассматриваемых лесах допустима только в насаждениях с утраченной устойчивостью вследствие негативных антропогенных воздействий, пожаров, прогрессирующего развития очагов болезней при невозможности сохранения лесной обстановки путем выполнения иных санитарно-оздоровительных мероприятий.

После выборочной санитарной рубки высокой интенсивности, сплошной рубки обязательно должны проводиться меры по лесовосстановлению, в том числе искусственному, с ориентацией на коренные породы, в очагах болезней – породы, устойчивые к патогенам.

Минусинская котловина. В условиях данной части среднесибирского региона особого внимания заслуживают ленточные и островные боры с абсолютным доминированием сосны обыкновенной ввиду их природно-экологической, ресурсной уникальности и возникших в последние десятилетия

тревожных признаков нарушения устойчивости и даже деградации этих сосновых массивов.

Основываясь на официальной статистике, результатах наших и иных исследований, для оптимизации санитарного состояния, сохранения сосновых боров необходим комплекс мероприятий по снижению их горимости, негативных последствий лесной рекреации и конечно ущерба, причиняемого корневыми патогенами, главным образом корневой губкой. В целях минимизации негативных антропогенных воздействий следует реализовывать действенную систему природоохранных мер, включающих организационно-технические мероприятия, рекреационное и противопожарное обустройство лесных территорий, слаженную работу лесной охраны, усиление реальной ответственности за лесонарушения и т.д. Удачный опыт в этом отношении имеет ФГБУ «Национальный парк «Шушенский бор».

Несмотря на многолетнюю историю поражения сосновых древостоев в различных регионах корневой губкой, проведение многочисленных исследований этого вопроса (в частности в европейских лесах) с разработкой практических рекомендаций по снижению причиняемого болезнью ущерба, до настоящего времени проблема корневой гнили в сосняках (насаждениях других хвойных) остается не решенной. И если ранее эпифитотии гнили от корневой губки отмечались преимущественно в лесных культурах, особенно созданных на нелесных землях, то в настоящее время очаги болезни фиксируются и в естественных древостоях на лесных почвах, что установлено и для сосняков на юге Средней Сибири.

Учитывая факультативный паразитизм корневых патогенов, методологическая основа в стратегии снижения ущерба от вызываемой ими гнили – устранение факторов, понижающих устойчивость насаждений, соответственно повышающих патогенность и агрессивность потенциальных возбудителей болезни. При невозможности влияния на глобальные природно-климатические явления, в значительной степени определяющие современное состояние бореальных лесов, текущее состояние конкретных лесных

биогеоценозов, в том числе в аспекте устойчивости к корневым патогенам, можно корректировать, воздействуя на параметры биотопа, дендроценоза. При этом следует учитывать хозяйственную и лесопатологическую историю лесной территории и настоящее состояние произрастающих на ней насаждений.

Наши исследования в сосняках Шушенского бора, а также результаты работ, выполненных в Минусинских ленточных борах под руководством И.Н. Павлова (Павлов и др., 2008а; 2009а; 2010), позволяют с учетом имеющихся разработок для европейских лесов предложить некоторые рекомендации по снижению вредоносности корневой губки в сосняках юга Сибири.

1. Для повышения устойчивости сосновых древостоев к корневой губке следует добиваться достаточно свободного произрастания деревьев в молодом возрасте путем своевременного (желательно более раннего) проведения рубок ухода. Удалению подлежат отставшие в росте, неудовлетворительного состояния экземпляры, желательно с корнями. При затруднении извлечения корневой системы из почвы можно воспользоваться рекомендацией П.И. Ключника (1962): для предохранения пней от заражения спорами гриба дерево срубают как можно ниже косым срезом, после чего пенёк прикрывают слоем почвы; очевидно в очагах болезни с высоким содержанием инфекции эта мера не эффективна.

2. При искусственном лесовосстановлении и лесоразведении желательно избегать посадки культур по пониженным элементам мезорельефа с более увлажненными плодородными почвами, в местах с наличием суглинистых прослоек, на старопахотных землях – на маломощных почвах, особенно в случаях прошлого развития на таких участках очагов корневой гнили. Схема посадки должна обеспечивать разреженное произрастание деревьев, исключая раннюю конкуренцию корней и крон.

3. Для понижения кислотности почвы, благоприятствующей развитию корневой губки, целесообразно вносить в неё раскислители (гашеная известь, мел, доломитовая мука) путем поверхностного разбрасывания, при подготовке почвы под посадку культур. Для этой же цели, а также для термического подавления

инфекции в подстилке, древесных остатках, пнях целесообразно проведение контролируемых беглых выжиганий.

4. Существующая практика проведения санитарных рубок в сосняках, нарушенных корневой губкой, в большинстве случаев не дает должного результата и часто даже усугубляет распад древостоев. Рубка должна проводиться оперативно при обнаружении первых признаков возникающих очагов корневой гнили с выборкой деревьев 3-6 категорий состояния. Вокруг образовавшихся окон в полосе до пяти метров целесообразно вырубать все деревья за исключением лучших экземпляров 1-ой категории состояния. В случаях сильной степени повреждения древостоев, тем более в условиях маломощных почв, ветроударных склонов, что в разреженных насаждениях обуславливает повышение ветровой нагрузки на деревья, образование ветровала, должны проводиться сплошные санитарные рубки с оставлением в качестве семенников лучших деревьев, проявивших устойчивость к корневой губке. Такие экземпляры представляют интерес и для выращивания из их семян генетически устойчивого к корневой гнили посадочного материала. Оставшиеся после рубок пни следует обрабатывать биопрепаратами грибов-антагонистов, оптимальные варианты которых необходимо изыскивать. Площади вырубок в очагах можно оставлять под естественное зарастание, либо на них высаживать устойчивые к корневой губке, обладающие высокой фитонцидностью древесные растения.

В нарушенных сосняках Минусинской котловины дополнительно необходимо проводить мероприятия по контролю численности насекомых-ксилофагов, в первую очередь большого елового и сосновых лубоедов.

7.2 Обоснование мероприятий по улучшению санитарного состояния насаждений урботерриторий

Многокомпонентная система устойчивого озеленения урботерриторий включает в себя градостроительные, эколого-дендрологические, ландшафтно-эстетические, агротехнические и иные аспекты. В рамках компетенции данной

работы остановимся на мероприятиях, обеспечивающих (прямо или косвенно) оптимизацию санитарно-фитопатологического состояния городских насаждений.

Специфика городской среды, в которой интегральное состояние биоты, включая санитарное состояние зеленых насаждений, в значительной степени определяется антропогенными факторами (как напрямую, так и через модификацию природных факторов), требует подбора ассортимента древесно-кустарниковых пород, оптимального по ряду параметров и главное устойчивого к техногенным загрязнениям в сочетании с лимитирующими эдафическими, гидротермическими условиями. В этом отношении полезен опыт выращивания различных видов и форм древесных растений в интродукционных хозяйствах, насаждениях различного пользования сибирских городов, включая Красноярск. По результатам наших исследований в насаждениях городов Средней Сибири с позиций санитарного состояния целесообразно использовать местные и натурализовавшиеся виды древесных растений, представителей североамериканской и европейской дендрофлоры. При создании насаждений в зонах влияния промышленных предприятий с высоким уровнем техногенного загрязнения следует обратиться к ранее упомянутой системе устойчивого озеленения, разработанной И.Н. Павловым (2006).

Для городских территорий важно использовать здоровый крупномерный посадочный материал, для придорожных насаждений – газоустойчивых видов. Посадку следует проводить в оптимальные сроки (осень-весна), в слой привозного чернозема, что особенно важно для требовательных к почвенному плодородию видов растений. Не следует в пределах городских территорий с повышенной площадью твердого покрытия, аридным микроклиматом использовать деревья и кустарники, не переносящие недостатка почвенной и атмосферной влаги.

В таких элементах насаждений урботерриторий как живые изгороди, бордюры др., для которых предусмотрена интенсивная обрезка растений и активное нарастание молодой зеленой фитомассы, не рекомендуется высаживать

восприимчивые к поражению мучнистой росой виды (барбарисы, клен ясенелистный, некоторые виды роз).

В межвегетационный период в городских насаждениях необходимо проведение обрезки деревьев в целях формирования и санации кроны. Такую обрезку следует осуществлять ежегодно, что особенно важно для деревьев тополей, отличающихся быстротой нарастания биомассы, во избежание в дальнейшем необходимости радикальной обрезки у них кроны. При обрезке в первую очередь нужно удалять усохшие ветви. Для древесных пород (например, вяз приземистый, клен ясенелистный), устойчивых к значительной утрате надземной биомассы и самое главное потере влаги, допускается санитарно-омолаживающая радикальная обрезка кроны. Нельзя проводить радикальную обрезку крон у крупномерных тополей, особенно в случае присутствия иных стрессоров, из-за большой вероятности последующего усыхания от цитоспороза вследствие критической потери деревьями влаги. В любом случае крупные места спилов после обрезки обязательно должны покрываться защитными составами.

В насаждениях урботерриторий ежегодно в мае-первой декаде июня должна производиться санитарная инвентаризация в целях выявления деревьев, кустарников неудовлетворительного жизненного состояния, пораженных болезнями, а также аварийных деревьев, представляющих угрозу для населения, объектов жилищно-коммунального хозяйства, автотранспорта. Такие деревья помечаются и рекомендуются для уборки (рубки). Назначать в рубку по состоянию следует: усыхающие и усохшие экземпляры; старовозрастные деревья с дуплами, плодовыми телами дереворазрушающих грибов, обширными сухобочинами; ослабленные деревья с явными признаками бактериальной водянки (мелкие хлоротичные листья, трещины на коре с подтеками экссудата, водяные побеги по стволу), с открытыми раковыми ранами при их развитии по окружности ствола более 1/2. Их удаление можно осуществлять летом или лучше в межвегетационный период.

В посадках с интенсивным поражением ассимилирующего аппарата микозами, особенно ржавчиной, мучнистой росой, для профилактики заражения

листьев в следующую вегетацию эффективно осенью сгребать и утилизировать опавшие листья с зимующими спороношениями патогенов.

В качестве дополнительного мероприятия по улучшению состояния древесных растений в городе можно рекомендовать весеннее приствольное вскапывание почвы с внесением комплексного минерального удобрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значимыми факторами современного интегрального состояния (экологического, санитарного, ресурсного) освоенных лесов Средней Сибири являются антропогенные воздействия и дендропатогенные организмы. Степень их приоритетности в разных частях региона зависит от природных и хозяйственных особенностей лесных насаждений, видов и интенсивности антропогенных воздействий, распространения и вредоносности конкретных представителей патогенной биоты.

В лесах Приангарья, на которые во второй половине прошлого столетия пришлась основная лесопромышленная нагрузка в регионе, преобладающими и хозяйственно значимыми остаются насаждения сосны обыкновенной, несмотря на их наибольшую нарушенность вследствие рубок и лесных пожаров. В сосняках, более чем на 60 % представленных спелыми и перестойными древостоями, основными патологическими факторами, приводящими к ослаблению и отпаду деревьев, расстройству насаждений, являются смоляной рак (серянка), в меньшей степени стволовая гниль. Последняя, достигая масштабы тардивной эпифитотии, в эксплуатационных древостоях выступает основной причиной снижения выхода деловых сортиментов. На основе большого объема полевого материала выявлены эколого-лесоводственные закономерности в поражаемости сосняков болезнями, исходя из биоэкологических особенностей возбудителей. В развитии смоляного рака определяющими являются факторы, прямо или косвенно влияющие на возбудителей болезни – облигатных паразитов (микроспоридиоидов р. *Cronartium*): возможность их присутствия в фитоценозе, активность споруляции, накопления инфекции и заражения деревьев; для развития центральной стволовой гнили (возбудитель *Phellinus pini* – раневый полупаразит) решающее значение имеет состояние деревьев (соотношение биомассы ядровой и заболонной древесины, строение древесины, доля ее поздней составляющей), наличие путей проникновения инфекции в ядровую часть ствола (сучковые раны и отмирающие сучья, глубокие поранения стволов). Это объясняет разнонаправленную

зависимость пораженности сосняков раком-серянкой и стволовой гнилью от лесорастительных условий, повышенные показатели проявления гнили в древостоях, подверженных рекреационной нагрузке, подсочке и низовым пожарам. Установленные зависимости распространенности болезней от лесоводственно-таксационных параметров насаждений могут использоваться для определения их пораженности, качественных характеристик.

Наиболее трансформированы антропогенной деятельностью лесостепные и подтаежные лесные массивы с преобладанием сосны и березы, продуцирующие в максимально заселенной части региона. Основным лимитирующим фактором для лесных сообществ, примыкающих к урботерриториям, выступает сочетание долговременных техногенных и рекреационных нагрузок, к которым менее устойчивы сосняки, что подтверждено интегральной оценкой состояния насаждений. Накопление токсичных соединений в результате техногенного загрязнения, особенно интенсивное в нижних ярусах фитоценозов, негативно сказывается и на патогенных консортах растений (их распространении и активности), что показано в отношении основных болезней соснового подростка. Санитарно-фитопатологическое состояние эдификаторов лесных экосистем главным образом определяют некрозно-раковые и гнилевые поражения. В березняках установлено возрастание распространения бактериальной водянки вне зависимости от антропогенных воздействий с образованием диффузных очагов ослабления и усыхания деревьев; в пораженности бактериозом выявлен ряд эколого-лесоводственных закономерностей. Масштабы распространения стволовых гнилей в пригородных лесах зависят в основном от возраста древостоев, лесорастительных условий и антропогенной деятельности; последнее наиболее характерно для березняков.

Серьезная проблема последних десятилетий в лесах южной части Средней Сибири – очаговое усыхание (от группового до сплошного) хвойных древостоев вследствие нарушения их биологической устойчивости и активизации корневых патогенов, что обусловлено комплексом экологических факторов экзогенной (в том числе антропогенной) и эндогенной природы. Весьма остро эта проблема

стоит в уникальных сосновых борах Минусинской котловины, в которых пораженность корневой гнилью (возбудитель *Heterobasidion annosum*) приобрела масштабы прогрессирующей эпифитотии; очаги усыхания обнаружены как в естественных, так и искусственных сосняках на разных категориях земель. В результате выполненных исследований выявлены эдафо-орографические, ценотические и антропогенные закономерности возникновения и развития очагов корневой губки в борах, что дополняет уже имеющиеся сведения, полученные в результате ранее проводимых работ.

Насаждения урботерриторий специфичны и включают фрагменты сильно трансформированных лесных фитоценозов, различные варианты искусственных насаждений с участием видов-интродуцентов. Санитарно-фитопатологическое состояние городских насаждений отличается полифакторностью, что проявляется в прямом и косвенном влиянии на древесные растения, часто с синергическим и сопряженным эффектом, комплекса факторов: антропогенно трансформированные абиотические условия, патогенные организмы, разнообразие которых зависит от интродукционной деятельности, и другие. Распространение и развитие выявленных на растениях болезней определяются особенностями патогенеза, биоэкологии возбудителей, антропогенными факторами. В условиях городской среды наиболее вредоносны для древесных растений некрозно-раковые болезни, вызываемые бактериальной инфекцией, полупаразитными грибами. Последние обычно присутствуют в (на) коре в виде латентной инфекции, концентрация и активность которой зависит от возраста, состояния растения-хозяина и антропогенных воздействий.

Результаты выполненных исследований позволяют предложить комплекс дифференцированных мер по оптимизации санитарно-фитопатологического состояния антропогенно нарушенных насаждений, учитывающих их экологическое и хозяйственное значение, первоочередные объекты фитопатологического мониторинга, эколого-лесоводственные особенности распространения и развития в них патологических процессов и явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеева, Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярск): автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 03.00.16 / Е.В. Авдеева – Красноярск: СибГТУ, 2008. – 31 с.

Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 288 с.

Акиндинов, М.В. Изучение закономерностей распространения внутренних гнилей в стволах сосны и ели / М.В. Акиндинов, Л.М. Кореневич, Т.И. Никифорова // Тр. Центр. научно-исслед. и проектно – констр. ин-та механ. и энерг. лесн. пром-ти. – 1967. – Т.84. – С. 42-76.

Алексахина, Т.И. Изменение почвенной альгофлоры сложных сосняков под влиянием рекреационных нагрузок / Т.И. Алексахина // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 126-137.

Алексеев, А.С. Мониторинг лесных систем: уч. пособие / А.С. Алексеев. – Спб.: ЛТА, 1997. – 116 с.

Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. - № 4. – С. 51-57.

Алексеев, В.А. Атмосферное загрязнение и деградация лесов / В.А. Алексеев // Лесной комплекс Сибири: тез. докл. всесоюз. конф. – Красноярск, 1990. – С. 45-48.

Алексеев, И.А. Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой / И.А. Алексеев. – М.: Лесная пром-ть, 1969. – 76 с.

Алферова, Ю.А. Фенологические наблюдения за развитием эцидиальной стадии смоляного рака сосны / Ю.А. Алферова // Фенологические исследования в гос. заповедниках. – 1986. – С. 119-121.

Аль Дакхил Башар. Грибные болезни тополей в условиях Беларуси и обоснование защитных мероприятий: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Аль Дакхил Башар. – п. Прилуки Минской обл., 1992. – 19 с.

Аминев, П.И. О поражении сосняков Абанского лесхоза Красноярского Приангарья раком-серянкой / П.И. Аминев // Проблемы химико-лесного комплекса: Сб. тез. докл. по матер. науч.-практ. конф. Часть вторая – Красноярск: КГТА, 1995. – С. 5-6.

Аминев, П.И. Некоторые особенности образования ран на сосне обыкновенной, пораженной смоляным раком / П.И. Аминев // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: Сб. статей по матер. Всеросс. науч.-практ. конф. – Том 1. – Красноярск, 2005. – С. 45-50.

Андреев, В.Н. Биологические ресурсы Сибири. / В.Н. Андреев [и др.] – Новосибирск, 1988. – 335 с.

Аникеев, Д.Р. Влияние промышленного загрязнения на репродуктивное состояние насаждений сосны обыкновенной / Д.Р. Аникеев // Леса Башкортостана: соврем. состояние и перспективы: Мат-лы науч.-практ. конф. – Уфа, 1997. – С. 98-100.

Аникеев, Д.Р. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении / Д.Р. Аникеев, Л.Г. Бабушкина, Г.В. Зуева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2001. – 81 с.

Анкудинов, А.М. Корневая губка в сосняках / А.М. Анкудинов // Болезни сосны и дуба и борьба с ними в питомниках и культурах. – М.: Гослесбумиздат, 1951.

Анучин, Н. П. Лесная таксация. / Н. П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.

Арефьев, С.П. Гнилевые болезни сосны сибирской в лесах среднетаежного Прииртышья: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.П. Арефьев. – Свердловск: УЛТИ им. Ленинск. комс., 1990. – 22 с.

Арефьев, С.П. Структурно-функциональная организация ценоза ксилотрофных базидиомицетов / С.П. Арефьев, В.А. Мухин // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. – М., 1997. – С. 7-9.

Арефьев, С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов / С.П. Арефьев. – Новосибирск: Наука, 2010. – 260 с.

Арефьев, С.П. Изменение видового состава и структуры сообществ афиллофоровых грибов г. Тюмени в связи с динамикой климата / С.П. Арефьев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 24-27.

Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.

Артюховский, А.К. О выращивании сосны на старопахотях / А.К. Артюховский // Вестн. Центр.-Чернозем. регион. отд. наук о лесе. Акад. естеств. наук ВГЛТА. – 2000. - № 3. – С. 174-176.

Атлас малонарушенных лесных территорий России / Д.Е. Аксенов, Д.В. Добрынин, М.Ю. Дубинин [и др.]. – М., 2003. – 185 с.

Бабушкина, Л. Г. Анатомия, физиология и экология лесных растений / Л.Г. Бабушкина, Н.В. Зуева, Г.А. Марина // Материалы 26-й Сессии комиссии им. Л.А. Иванова: Петрозаводск. – 1992. – С. 12-16.

Бабушкина, Л.Г. Комплексная оценка состояния лесных биогеоценозов в зоне промышленных загрязнений / Л.Г. Бабушкина, Н.А. Луганский // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. – Ч. II. – М., 1990. – С. 566-568.

Бабушкина, Л.Г. Экологическое состояние лесных насаждений в зоне фторсодержащих промышленных эмиссий / Л.Г. Бабушкина [и др.] // Экология. – 1993. - № 1. – С. 26-36.

Бадман, М.К. Красноярское Приангарье / М.К. Бадман. – Новосибирск: Новосиб.-ое книжн. изд-во, 1962. – 57 с.

Бажина, Е.В. Морфология побегов и особенности семенной продуктивности макростробилов деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), пораженных биаторелловым раком / Е.В. Бажина, П.И. Аминев // Хвойные бореальной зоны. – 2006. – Том XXIII. - №2. – С. 196-202.

Бажина, Е.В. Особенности семеношения и морфология деревьев пихты сибирской, пораженных ржавчинным раком / Е.В. Бажина, П.И. Аминев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2007. - № 3. – С. 7-13.

Бажина, Е.В. О факторах усыхания пихтовых лесов в горах Южной Сибири / Е.В. Бажина // Изв. Иркут. гос. ун-та. – 2010. – Т. 3. - № 3. – С 20-25.

Бажина, Е.В. Влияние язвенного рака на жизнеспособность пыльцы и изменчивость признаков побегов сосны обыкновенной / Е.В. Бажина, П.И. Аминев // Экология. – 2012. - № 2. – С. 96-101.

Бажина, Е.В. Влияние смоляного рака на морфологию побегов и семенную продуктивность макростробилов сосны обыкновенной / Е.В. Бажина, П.И. Аминев // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Том XXXI. - №5-6. – С. 49-54.

Баканов, А.В. Использование методов фитоиндикации для оценки состояния окружающей среды вблизи городов и промышленных центров / А.В. Баканов // Изв. жил.-коммун. акад. гор. хоз-ва и экологии. – 1996. - № 2. – С.39.

Барсегян, А.Х. О поражаемости зеленых насаждений г. Еревана микромицетами в связи с ухудшением экологической ситуации / А.Х. Барсегян // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – Раздел 2. – С. 43.

Бганцова, В.А. Влияние рекреационного пользования на некоторые свойства почв сложных сосняков и березняков / В.А. Бганцова // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 102-108.

Бганцова, В.А. Влияние рекреационного лесопользования на почву / В.А. Бганцова, В.Н. Бганцов, Л.А. Соколов // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 70-95.

Безруких, В.А. Геоэкологические особенности лесостепных агроландшафтов Приенисейской Сибири / В.А. Безруких // Вестник Тамбовского ун-та – 2009. – Т.14. – Вып. 3. – С. 597-600.

Безруких, В.А. Агроприродный потенциал Приенисейской Сибири: оценка и использование / В.А. Безруких. – Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2010. – 168 с.

Белов, Д.А. Распространение смоляного рака сосны обыкновенной в городских лесах г. Королева / Д.А. Белов, Н.К. Белова // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2010. - № 1. – С. 86.

Белов, Д.А. Распространение смоляного рака сосны обыкновенной в городских лесах г. Королева / Д.А. Белов, Н.К. Белова // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Проблемы озеленения крупных городов». – М.: ВВЦ, 2012. – С. 26-29.

Белова, Н.А. Краткий обзор динамики санитарного состояния лесов Байкальского заповедника / Н.А. Белова // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Матер. Всерос. конф. с междун. участ. – Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 20-23.

Беломесяцева, Д.Б. Консортивные взаимоотношения грибов с можжевельником обыкновенным в Беларуси / Д.Б. Беломесяцева // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Материалы 5-й Международной конференции. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 19-22.

Белоус, В.К. Влияние сернистого газа на ассимиляционный аппарат древесных растений Южного Приморья / В.К. Белоус // Всесоюз. школа «Влияние промышленных предприятий на окружающую среду» (4-8 декабря 1984 г., Звенигород): Тез. докл. – Пушкино, 1984. – С. 27-28.

Беспалова, А.Ю. Грибные сообщества в почвах фоновых и промышленно нарушенных лесов Кольского полуострова / А.Ю. Беспалова, О.Е. Марфенина // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 23-26.

Биологический энциклопедический словарь / Гл. редактор М.С. Гиляров. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 831 с.

Бондаренко-Борисова, И.В. Изучение разнообразия ксилотрофных макромицетов Донецкого ботанического сада и насаждений г. Донецка / И.В. Бондаренко-Борисова, Т.С. Булгаков // Материалы международной конференции «X чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах», Санкт-Петербург, 22-25 октября 2018 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – Т. 2. – С. 9-10.

Братусь, В.Н. Некоторые данные о строении насаждений, пораженных сосновой губкой / В.Н. Братусь // Тр. Украинской сельскохоз. акад. – 1956. – Т. 8. – С. 48-54.

Братусь, В.Н. Влажность воздуха в насаждениях и распространенность сосновой губки / В.Н. Братусь // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев: Урожай, 1969. – Вып. 17. – С. 76-82.

Брюханов, А. Экологическая оценка состояния лесов в Сибири: тревожные итоги / А. Брюханов // Устойчивое лесопользование. – 2009. – № 2(21). – С. 21-31.

Бузыкин, А.И. Повышение ветроустойчивости сосны в ленточных борах юга Красноярского края / А.И. Бузыкин, Л.С. Пшеничникова // Экологический риск. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – С. 95-98.

Бузыкин, А.И. Ресурсно-экологический потенциал лесов Красноярского края / А.И. Бузыкин, Л.С. Пшеничникова // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – XXV, № 3-4. – С. 327-332.

Булгаков, Т.С. Патогенная микобиота древесных растений Ростовской области / Т.С. Булгаков, В.А. Русанов // Труды междунар. конф. «Грибы в природных и антропогенных экосистемах». – СПб, 2005. – Т.1. – С. 77- 81.

Булгаков, Т.С. Особенности формирования патогенной микобиоты древесных интродуцентов (на примере Ростовской области) / Т.С. Булгаков, 2010. – Режим доступа: <http://biologtext.ru/104/html>

Буторина, Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края / Т.Н. Буторина. – Новосибирск: Наука, 1979. – 230 с.

Ваганов, Е.А. Пожары сибирской тайги / Е.А. Ваганов, В.В. Фуряев, А.И. Сухинин // Природа. – 1998. - № 7. – С. 51.

Вакин, А.Т. Основы профилактики ядровой гнили ствола / А.Т. Вакин // Лесн. хоз-во и пром. потреб. древесины в СССР. – М.: Лесн. пром-ть, 1966. – С. 459-472.

Валендик, Э.Н. Экстремальные пожароопасные сезоны в бореальных лесах Средней Сибири / Э.Н. Валендик, Г.А. Иванова // Лесоведение. – 1996. – № 4. – С. 12-19.

Ванин, С.И. Главнейшие грибные болезни Бузулукского бора Самарской губернии / С.И. Ванин // Матер. по микол. и фитопатологии. – 1929. – Т. VIII.

Ванин, С.И. Гниль дерева, ее причины и меры борьбы / С.И. Ванин. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 156 с.

Ванин, С.И. Фитопатологическое обследование подсоченных насаждений в Сиверском леспромхозе / С.И. Ванин, Е.М. Кочкина // Вопросы защиты леса: Сб. тр. – Л.: Гостехиздат, 1934. – С.67-83.

Ванин, С.И. Фаутиность сосновых и березовых древостоев Свердловской области и ее влияние на выход и качество спецсортиментов / С.И. Ванин // Лесн. пром-ть, 1944 – № 1-2. – С. 19-21.

Ванин, С.И. Лесная фитопатология / С.И. Ванин. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 330 с.

Васильева, Н.П. Мониторинг повреждаемых загрязняющими веществами лесных экосистем России / Н.П. Васильева [и др.] // Лесоведение. – 2000. - № 1. – С. 23-31.

Варенцова, Е.Ю. Болезни зеленых насаждений северо-запада России и прогноз их развития: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.Ю. Варенцова – Санкт-Петербург, 1998. – 17 с.

Варфоломеев, И.В. Межрегиональное регулирование – новый путь сохранения биологического и ландшафтного разнообразия юга Средней Сибири / И.В. Варфоломеев, В.А. Стахеев // Зеленый мир. – 2000. - № 3-4. – С. 23.

Василяускас, А.П. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов / А.П. Василяускас. – Вильнюс, 1989. – 174 с.

Василяускас, А.П. Грибные болезни интродуцированных хвойных пород в лесных культурах и зеленых насаждениях Литвы / А.П. Василяускас // Тез. докл. совещ. «Охрана лесн. экосистем и рацион. использ. лесн. ресурсов». – М., 1991. – Ч. 1. – С. 144-145.

Васьков, С.П. Смоляной рак сосны в Марийской АССР / С.П. Васьков, И.А. Алексеев // Лесн. хоз-во. – 1991. - №9. – С. 52-53.

Веденин, Ю.А. Динамика территориальных рекреационных систем / Ю.А. Веденин. – М. : Наука, 1982. – 140 с.

Венценосцев, М.А. Закономерности распространения пороков древесины в сосняках / М.А. Венценосцев // Лесной журнал. – 1967. - № 3. – С.156-157.

Веселкин, Д.В. Разнонаправленное изменение активности патогенных и эктомикоризных грибов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в урбанизированных лесах / Д.В. Веселкин, Е.В. Колтунов, С.Ю. Кайгородова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 53-56.

Вишневская, И.Г. Влияние гнилевых болезней на состояние рекреационных ельников Московской области / И.Г. Вишневская, В.Г. Стороженко // Тр. науч. конф. аспирантов и науч. сотр. ВНИИЛМ. – М., 1982. – С. 139-144.

Владышевский, Д. В. Биогеоценотическая роль наземных позвоночных животных и современное лесопользование / Д.В. Владышевский // Проблемы лесоведения Сибири: сб. ст. – М.: Наука, 1977. – С. 233-239.

Волкова, Г.В. Практикум по почвоведению с основами агрохимии / Г.В. Волкова, Л.И. Баркова, В.В. Седова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 144 с.

Волченкова, Г.А. Трансформация патогенеза корневой губки в сосняках Беларуси / Г.А. Волченкова, В.Б. Звягинцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 60-62.

Воробейчик, Е.Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении / Е.Л. Воробейчик // Лесоведение. – 2003. – № 2. – С. 32-42.

Воробьева, И.Г. Экологические ниши патогенных микромицетов растений в Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. биол. наук / И.Г. Воробьева. – Новосибирск, 2011. – 34 с.

Воробьева, И.Г. Болезни древесных декоративных растений семейства Fabaceae в дендрарии ЦСБС СО РАН / И.Г. Воробьева, М.А. Томошевич // Бюллетень Главного ботанического сада РАН. – 2002. – Вып. 184. – С. 125-131.

Воробьева, И. Г. Экологические ниши патогенных микромицетов ягодных кустарничков семейства Vacciniaceae / И.Г. Воробьева [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2011 – Т. 18. - № 3. – С. 341-348.

Воронин, В.И. Действие серосодержащих эмиссий на пихту сибирскую в Южном Прибайкалье: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. И. Воронин. – Красноярск, 1989. – 19 с.

Воронин, В.И. Влияние сероорганических компонентов атмосферных выбросов на пихту сибирскую / В.И. Воронин, М.К. Соков // Лесоведение. – 2005. - №2. – С. 62-71.

Воронин, В.И. Бактериальное повреждение кедровых лесов Прибайкалья / В.И. Воронин [и др.] // Лесное хозяйство, 2013. - № 3. – С.39-41.

Воронин, В.И. Бактериальная водянка хвойных – «новая» болезнь лесов Прибайкалья / В.И. Воронин [и др.] // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Матер. Всерос. конф. с междун. участ. – Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 96-101.

Воронцов, А.И. Смоляной рак в лесах Приокско-Террасного заповедника / А.И. Воронцов // Тр. Приокско-Террасного гос. заповедника. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – Вып. 5. – С. 29-50.

Воронцов, А.И. Технология защиты леса / А.И. Воронцов, Е.Г. Мозолевская, Э.С. Соколова. – М.: Экология, 1991. – 304 с.

Воронцова, Л.И. Фитоценоз / Л. И. Воронцова, Г. А. Ломакина // Оценка состояния и устойчивости экосистем. – М.: ВНИИ природы, 1992. – С. 72-76.

Воскресенский, С.С. Геоморфология Сибири / С.С. Воскресенский. – М.: МГУ, 1962. – 352 с.

Габеев, В.Н. Лес, биоразнообразие и экологическая безопасность территории / В.Н. Габеев // Аграрная Россия. – 2004. - № 4. – С. 11-15.

Габрилавичус, Р. Изменчивость деревьев по количеству ядровой древесины в сосновых популяциях Литовской ССР / Р. Габрилавичус // Тр. Лит.НИИЛХ. – 1978. – Т.18. – С. 59-66.

Гаврилов, Б.И. Влияние подсочки на прирост / Б.И. Гаврилов // Лесное хозяйство – 1952. - № 7. – С. 40-44.

Гаврицкова, Н.Н. Структура ксилотрофных макромицетов в рекреационных лесах Республики Марий Эл / Н.Н. Гаврицкова, Н.Д. Яковлева // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 62-65.

Гвоздяк, Р.И. Бактериальные болезни лесных древесных пород / Р.И. Гвоздяк, Л.М. Яковлева. – Киев: Наукова думка, 1979. – 244 с.

Гвретишвили, М.Н. Грибы рода *Cytospora* Fr. в СССР / М.Н. Гвретишвили. – Тбилиси: Изд-во «Сабчота сакартвело», 1982. – 215 с.

Гетко, Н.В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата / Н.В. Гетко. – Минск: Наука и техника, 1989. – 208 с.

Гниненко, Ю.И. Бактериальная водянка в березняках Южного Зауралья и Северного Казахстана / Ю.И. Гниненко, А.Я. Безрученко // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алма-Ата, 1983. - №1. – С.77-79.

Гниненко, Ю.И. Научно-методические рекомендации по выявлению очагов и диагностике бактериальной водянки березы / Ю.И. Гниненко, А.М. Жуков. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2006. – 18 с.

Гниненко, Ю.И. Основные болезни лесов России и их хозяйственное значение / Ю.И. Гниненко // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междун. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 63-66.

Голосова, М.А. Методические указания к дипломному проектированию для студентов лесного хозяйства и озеленения городов / М.А. Голосова. – М.: МЛТИ, 1982. – 43 с.

Горбачев, В.Н. Почвы Нижнего Приангарья и Енисейского края / В.Н. Горбачев. – М.: Наука, 1967. – 140 с.

Гордиенко, П.В. Антропогенное воздействие на развитие грибных болезней леса / П.В. Гордиенко, М.В. Горленко // Микология и фитопатология. – 1987. – 21. - №4. – С. 377-387.

Горленко, С. В. Формирование микофлоры интродуцированных растений: автореф. дис. ... докт. биол. наук / С.В. Горленко. – Минск, 1974. – 53 с.

Горленко, С. В. Поражение интродуцированных растений фитопатогенными грибами местной флоры / С.В. Горленко // Интродукция растений и окружающая среда. – Минск: Наука и техника, 1975. – С. 197-204.

Горленко, С.В. Миграция фитопатогенных грибов при интродукции растений / С.В. Горленко // Миграция патогенных организмов при интродукции растений. – Апатиты, 1987. – С. 9-11.

Горшин, С.Н. Главнейшие гнили хвойных пород и их открывка / С.Н. Горшин. – М: Гослестехиздат, 1935. – 80 с.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году» – Красноярск, 2019. – 298 с.

Грибов, А.И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири / А.И. Грибов, В.В. Анюшин // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. – Красноярск, 2004. – С.142-144.

Гродницкая, И.Д. Роль эпифитной микрофлоры в патогене сеянцев хвойных в питомниках: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Д. Гродницкая. – Красноярск, 1996. – 19 с.

Гродницкая, И.Д. Исследование причины массового усыхания кедровых лесов (*Pinus sibirica* Du Tour.) и фитопатологическая оценка состояния лесного питомника в Тункинском национальном парке (Республика Бурятия) / И.Д. Гродницкая [и др.] // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Матер. Всерос. конф. с междун. участ. – Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 45-49.

Громцев, А.Н. Современное состояние и проблемы сохранения коренных лесов на западе таежной зоны России / А.Н. Громцев // Лесоведение. – 2002. - № 2. – С. 3-7.

Громцев, А.Н. Основные экологические и хозяйственные последствия антропогенной трансформации лесов в условиях северо-запада таежной зоны России / А.Н. Громцев // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Матер. V Всерос. науч. конф. с междун. участ. – Ч. 1. – Апатиты: КНЦ РАН, 2014. – С. 108-112.

Громцев, А.Н. Динамика разнообразия лесных сообществ, флоры и фауны европейской тайги в естественных условиях и после антропогенных воздействий: опыт исследований и обобщений / А.Н. Громцев [и др.] // Труды Карельского НЦ РАН. – Петрозаводск, 2010. – Вып. № 1. – С. 16-33.

Громовых, Т.И. Фитопатогенные микромицеты семян хвойных в Средней Сибири: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Т.И. Громовых. – М., 2002. – 37 с.

Громовых, Т.И. Биологический контроль болезней семян хвойных в лесных питомниках Средней Сибири / Т.И. Громовых, Ю.А. Литовка, О.Н. Андреева. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 264 с.

Груздев, С.В. Трансформация экосистем лесопарков в зоне влияния металлургических предприятий / С.В. Груздев, Л.П. Груздева // Устойчивое развитие административных территорий и лесопарковых хозяйств. Проблемы и пути их решения: Мат-лы научно-практической конференции (Москва, 30-31 октября 2002 г.). – М., 2002. – С. 173-175.

Грюнталь, С.Ю. Влияние рекреационного лесопользования на почвенное население сосняков / С.Ю. Грюнталь // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 137-141.

Гудериан, Р. Загрязнения воздушной среды / Р. Гудериан. – М.: Мир, 1979. – 200 с.

Гусева, А.Н. Пузырчатая ржавчина в сосняках Южной Якутии / А.Н. Гусева // Лесн. хоз-во. – 1957. - №3. – С. 39-41.

Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты): науч. издание / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.

Денбновецкий, Г.Ю. Некрозные болезни разных видов тополя в лесных культурах и обоснование мер борьбы с ними: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Г.Ю. Денбновецкий. – Киев, 1966. – 19 с.

Деслер, Х.Г. Влияние загрязнения воздуха на растительность / Х.Г. Деслер. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 184 с.

Детри, Ж. Атмосфера должна быть чистой / Ж. Детри. – М.: Прогресс, 1975. – 380 с.

Динамика и устойчивость рекреационных лесов. – М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2006. – 165 с.

Дмитриев, А.В. Использование показателей флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки состояния с хронической антропогенной нагрузкой / 1-ая региональная научно-практическая конференция молодежи «Проблемы региональной экологии» (Томск, 10-12 ноября 1998 г.). – 2000. - № 6. – С. 114-115.

Добрынин, А.П. Закономерности рекреационной деградации лесов Сибири и Дальнего Востока / А.П. Добрынин, А.П. Лалетин // Проблемы лесоведения и экологии: тез. докл. – Ч. II. – М., 1990. – С. 521-523.

Докунина, Е.А. Некоторые аспекты воздействия рекреации на состояние лесных фитоценозов / Е.А. Докунина, В.А. Романова // Среодоулучшающая роль леса. – Новосибирск, 1984. – С. 96-99.

Дочинжер, Л.С. Атмосферные загрязнители и их влияние на листья лесных деревьев / Л.С. Дочинжер // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. – Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1982. – Ч. 1. – С. 86-88.

Драверт, В.П. Сердцевинная гниль сосны в Соколовской и Боровлянской лесных дачах Бийского округа (таксационное обследование) / В.П. Драверт // Тр. Сиб. ин-та сельск. хоз-ва и лесоводства. – Омск, 1929. – Т. XII. – Вып. 3. – С. 21-33.

Драчков, В.Н. Рак стволов в насаждениях Европейского Севера / В.Н. Драчков // Лесное хозяйство. – 1972. - №10. – С. 64-65.

Дрочнев, Я.Г. Влияние подсочки с серной кислотой на состояние сосновых насаждений / Я.Г. Дрочнев, Ю.В. Бестемьянников // Сб. тр. Центр. научно-иссл. и проект. ин-та лесохимич. пром-ти. – 1968. – Вып. 19. – С. 76-93.

Друзина, В.Д. Влияние атмосферного загрязнения на лесные почвы Кольского полуострова / В.Д. Друзина [и др.] // Экология лесов Севера: Тез. всесоюзн. совещ. – Т. 1. – Сыктывкар, 1989. – С. 52-53.

Дьяков, Ю.Т. Грибы и растения / Ю.Т. Дьяков // Природа. – 2003. - № 5.

Дымова, Т.В. Критерии устойчивости и оценка состояния растительности дельты р. Волги под влиянием антропогенного воздействия / Т.В. Дымова, Л.Ю. Чуйкова, Ю.С. Чуйков. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2011. – 161 с.

Евстигнеев, О.И. Роль циклических сукцессий в поддержании ценотического разнообразия лесного покрова Полесских ландшафтов. Заповедник «Брянский лес» / О.И. Евстигнеев // Труды междунар. конф. по фитоценологии и систематике высших растений – М.: МПГУ, 2001. – С. 56-57.

Егоров, А.Г. Рекреационная трансформация травяного покрова водоохраной зоны Крапивинского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.Г. Егоров. – Новосибирск, 2005. – 17 с.

Егорова, С.В. Влияние рекреационного лесопользования на микрофлору и азотфиксирующую активность почвы в сосняках / С.В. Егорова, В.А. Лаврова // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 108-126.

Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации за 2012 г. – 123 с.

Ежов, О.Н. Распространение сосновой губки (*Phellinus pini* [Thore ex. Fr.] Pil.) в средней подзоне тайги и ограничение её вредоносности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / О.Н. Ежов. – Санкт-Петербург, 1998. – 18 с.

Ерохина, З.В. Влияние рекреации на нижние ярусы сосновых лесов заповедника «Столбы» / З.В. Ерохина, Л.С. Пшеничникова // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – Т. XXVII - № 3-4. – С. 317 – 323.

Ершов, Ю.И. Основы теории почвообразования / Ю.И. Ершов. – Красноярск: РИО КГПУ, 1999. – 384 с.

Жигарев, И.А. Закономерности рекреационных нарушений фитоценозов / И.А. Жигарев // Успехи совр. биологии. – 1993 – Т. 113. – Вып. 5. – С. 564-575.

Жигунов, А.В. Массовое усыхание лесов на Северо-Западе России / А.В. Жигунов, Т.А. Семакова, Д.А. Шабунин // Матер. науч. конф., посвящ. 50-летию Ин-та леса Карельс. науч. ц-ра РАН. – 2007. – С 42-52.

Жидков, А.Н. Диагностика состояния насаждений хвойных пород / А.Н. Жидков // Лесн. хоз-во. – 2000. - № 4. – С. 20-22.

Жуков, А.М. Грибные болезни лесов Верхнего Приобья / А.М. Жуков. – Новосибирск: Наука, 1978. – 248 с.

Жуков, А.М. Дереворазрушающие грибы Приобья / А.М. Жуков // Водоросли, грибы и лишайники юга Сибири. – М., 1980. – С. 144-183.

Жуков, А.М. Патогенные грибы лесов южного Приобья: дис. ... докт. биол. наук / А.М. Жуков. – пос. Ивантеевка Моск. обл., 1982. – 397 с.

Жуков, А.М. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России: изд. 2-е, испр. и доп. / А.М. Жуков, Ю.И. Гниненко, П.Д. Жуков. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. – 128 с.

Жуков, А.Б. Леса Красноярского края / А.Б. Жуков, И.А. Коротков, В.П. Кутафьев // Леса СССР. Т. 4 – М.: Наука, 1969. – С. 248-320.

Журавлев, И.И. Диагностика болезней леса / И.И. Журавлев. – М.: Изд-во сельскохозяйств. лит-ры, журналов и плакатов, 1962. – 192 с.

Журавлев, И.И. Определитель грибных болезней деревьев и кустарников / И.И. Журавлев, Т.Н. Селиванова, Н.А. Черемисинов. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 246 с.

Забусова, Н.В. Ель – индикатор загрязнения городской среды / Н.В. Забусова, Р.А. Степень // Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы Красноярского края: 6-я регион. науч.-метод. конф. (Красноярск, 24 апреля 2001 г.). – Красноярск, 2001. – С. 46.

Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 355 с.

Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. М.: Наука, 1984. – 424 с.

Захаров, В.К. Сосновая губка в лесах Беловежской пущи / В.К. Захаров // Сб. науч. тр. БЛТИ. – Минск, 1948. – Вып. VII. – С. 38-66.

Защита леса от вредителей и болезней: Справочник / А.Д. Маслов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 414 с.

Звягинцев, В.Б. Трансформация патогенеза корневой губки при интенсификации лесного хозяйства / В.Б. Звягинцев, Г.А. Волченкова // Грибные сообщества лесных экосистем. – М.; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – С. 15-25.

Звягинцев, В.Б. Глобализация проблем лесной фитопатологии / В.Б. Звягинцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 89-90.

Земкова, Р.И. Пути формирования и дальнейшего развития вредной фауны и патогенной микофлоры в городских насаждениях / Р.И. Земкова, В.А. Анпилогова // Защита растений-интродуцентов от вредных организмов. – Киев: Наукова думка, 1987. – С. 22-25.

Золотухин, А.И. Антропогенная динамика структуры и биоразнообразия пойменных дубрав Среднего Прихоперья / А.И. Золотухин [и др.] – Балашев: Николаев, 2010. – 164 с.

Зосимова, Э.Е. Рекреационные ресурсы пригородной зоны как объекты развития природного туризма / Э.Е. Зосимова // Проблемы региональной экологии. – 2006. – № 6. – С. 125–131.

Зубарева, О.Н. Влияние выбросов промышленных предприятий в Средней Сибири на сосну обыкновенную: автореф. дис. ... канд. биол. наук / О.Н. Зубарева. – Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева, 1993. – 20 с.

Зубарева, О.Н. Зонирование ландшафтов, подверженных техногенному воздействию выбросов Норильского горно-металлургического комбината / О.Н. Зубарева [и др.] // Экология. – 2003. - № 6. – С. 415-419.

Ибрагимов, А.К. Об уровнях устойчивости и критических состояниях лесных экосистем / А.К. Ибрагимов // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах: Межвед. сб. науч. тр. – Самара: Самарский ун-тет, 1995. – С. 81-87.

Иванов, В.В. Экологические последствия механизированных лесозаготовок в южной тайге Красноярского края / В.В. Иванов // Лесоведение. – 2005. – № 2. – С. 3-8.

Иванов, В.С. Влияние рекреационных нагрузок на радиальный прирост сосны / В.С. Иванов // Лесное хозяйство. – 1983. – №8. – С. 45-47.

Иванчиков, А.А. Качественная характеристика сосновых древостоев / А.А. Иванчиков // Сосновые леса Карелии и повыш. их прод-ти. – Петрозаводск, 1974. – С. 72-84.

Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

Ильина, Г.В. Эколого-физиологический потенциал природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Г.В. Ильина. – Саратов, 2011. – 46 с.

Ильина, И.С. Зональные закономерности растительного покрова Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина // Изв. ВГО. – 1982. - № 5. – С. 376-386.

Илькун, Г.М. Газоустойчивость растений / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 1971. – 146 с.

Илькун, Г.М. Загрязненность атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 1978. – 247 с.

Ильчуков, С.В. Изменчивость микроклиматических характеристик на концентрированной вырубке / С.В. Ильчуков, Ю.А. Паутов // Труды Коми НЦ УрО РАН. – 1994. - № 133. – С. 108-118.

Исаев, А.С. Популяционная динамика лесных насекомых / А. С. Исаев [и др.]. – М.: Наука, 2001. – 374 с.

Исаева, Л.Г. Афиллофоровые грибы центральной части Кольского полуострова и промышленное загрязнение / Л.Г. Исаева // Проблемы лесной

фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 107-112.

Исиков, В. П. Экологические ниши грибов на древесных растениях / В.П. Исиков // Микол. и фитопат. – 1993а. – Т. 27. – Вып. 4. – С. 17-23.

Исиков, В. П. Закономерности распределения грибов в кронах древесных растений / В.П. Исиков // Укр. Ботан. журн. – 1993б – Т. 50. - №5. – С. 55-61.

Исиков, В.П. Закономерности формирования микобиоты древесных растений Крыма: автореф. дис. ... докт. биол. наук / В.П. Исиков. – Киев, 1994. – 40 с.

Исиков, В.П. Дендромикология / В.П. Исиков, Н.И. Конопля. – Луганск: Альма-матер, 2004. – 347 с.

Ищук, Л.П. Болезни видов рода *Salix* L. в условиях урбоэкосистемы города Белая Церковь / Л.П. Ищук // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 97-100.

Казанская, Н. С. Рекреационные леса / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.

Казанфарова, В.К. Экологическая роль лесов и ее изменение при рекреационном использовании / В.К. Казанфарова, Ф.А. Амиров // Экологическая роль горных лесов: Тез. докл. Всесоюзной. конф. – Бабушкин: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1986. – С. 116-118.

Казанцева, М.Н. Экологические последствия радикальной обрезки крон тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в городских насаждениях Тюмени / М.Н. Казанцева, А.А. Соловьева // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – Тюмень: Институт проблем освоения Севера СО РАН, 2009. - № 9. – С. 128-135.

Каленская, О.П. Влияние низовых пожаров на состояние сосновых насаждений в равнинной части национального парка «Шушенский бор»: монография / О.П. Каленская, Л.В. Буряк, А.В. Толмачев. – Красноярск: СибГТУ, 2010. – 132 с.

Калугина, О.В. Техногенное загрязнение сосновых лесов полициклическими ароматическими углеводородами / О.В. Калугина [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2015. - № 4. – С. 51-54.

Кандалинская, З.М. Исследование зараженности Раифского бора грибом *Phellinus pini* / З.М. Кандалинская // Изв. Казанск. ин-та сельск. хоз-ва и лес-ва. Часть лесная. – 1928. - № 2. – С. 17-18.

Каразия, С.П. Влияние сплошных рубок на водно-физические свойства почв в различных лесорастительных условиях / С.П. Каразия // Экологические предпосылки и последствия лесохозяйственной деятельности. – СПб., 1992. – С. 50-56.

Каратыгин, И.В. Порядки Taphrinales, Protomycetales, Exobasidiales, Microstromatales / И.В. Каратыгин. – СПб.: Наука, 2002. – 135 с.

Картавенко, Н.Т. Грибные болезни сосны островных боров лесостепи Зауралья / Н.Т. Картавенко // Тр. ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. – Свердловск, 1960. – Вып. 15. – С. 107-130.

Катичева, Н.В. Корневая губка в лесах Брянской области и меры борьбы с ней: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Катичева. – М., 1965. – 18 с.

Кашин, В.И. Влияние лесных пожаров на лиственницу / В.И. Кашин // Лесное хозяйство. – 1968. - № 4. – С. 66-69.

Кириллов, М.В. География почв Средней Сибири (В пределах Красноярского края и Тувинской АССР) / М.В. Кириллов. – Красноярск: КГПИ, 1963. – 75 с.

Кириченко, Н.И. Насекомые-филлофаги и возбудители заболеваний на интродуцированных древесных растениях в сибирских ботанических садах / Н.И. Кириченко [и др.] // Болезни и вредители в лесах России: век XX. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011. – С 157-160.

Кириченко, Н. И. Разнообразие насекомых-филлофагов и патогенных грибов на древесных растениях-интродуцентах в Сибири / Н.И. Кириченко, М.А. Томошевич // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – Вып. 200 – СПб.: СПб ГЛТУ, 2012. – С. 185-197.

Климат Красноярска. – Л: Гидрометеиздат, 1982. – 230 с.

Клюшник, П.И. Серно-желтый трутовик (*Laetiporus sulphureus*) и сосновая губка (*Trametes pini*) и их влияние на физические, механические, химические и другие свойства древесины: дис. ... канд. с.-х. наук / П.И. Клюшник. – М., 1946. – 66 с.

Клюшник, П.И. Корневая губка и меры борьбы с ней / П.И. Клюшник. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 40 с.

Князьков, А.С. Антропогенная трансформация природных ландшафтов в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / А.С. Князьков, И.В. Маркин, Н.Н. Москвина. – 2004.

Коваленко, М.П. Подсочка сосны и образование сухостоя / М.П. Коваленко // Лесной журнал. – 1972. - № 2. – С. 33-37.

Ковбаса, Н.П. Причины возникновения и вредоносность раневых гнилей в еловых насаждениях БССР / Н.П. Ковбаса // Тез. докл. совещ. «Охрана лесн. экосистем и рациона. использ. лесн. ресурсов». – М., 1991. – Ч. 1. – С. 171-172.

Козин, Е.К. Массовые распады темнохвойных лесов как естественный этап возрастного развития / Е.К. Козин // Бюлл. Бот. сада-ин-та ДВО РАН. – 2013. – Вып. 10. – С. 4-14.

Колемасова, Н.Н. Особенности состава и структуры грибных сообществ пригородных лесопарков / Н.Н. Колемасова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 128-130.

Колесников, В.П. Дереворазрушающие грибы восточных склонов среднего Сихотэ-Алиня / В.П. Колесников, Л.В. Любарский // Тр. Сихотэ-Алинского гос. заповедн. – Владивосток, 1963. – Вып. 3. – С. 59-70.

Коломиец, Н.Г. Большой еловый лубоед в сосновых лесах Сибири / Н.Г. Коломиец, Д.А. Богданова. – Новосибирск: Наука, 1999. – 112 с.

Колтунов, Е.В. Корневая и стволовая гнили сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) в городских лесопарках г. Екатеринбурга / Е.В. Колтунов, С.В. Залесов, Р.Н. Лаишевцев // Леса России и хозяйство в них. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ и БС УрО РАН, 2007. – Вып. 1. – С. 238-246.

Колтунов, Е.В. Основные факторы пораженности сосны корневыми и стволовыми гнилями в городских лесопарках / Е.В. Колтунов, С.В. Залесов, Р.Н. Лаишевцев // Защита и карантин растений. – 2008. - № 2. – С. 56-58.

Колтунов, Е.В. Стволовые и корневые гнили в пригородных лесах г. Ханты-Мансийска / Е.В. Колтунов, С.В. Залесов, А.Ю. Демчук // Аграрный вестник Урала. – 2011. - № 8 (87). – С. 47-49.

Конгур, А.К. Изменение хлорофиллов при техногенной нагрузке / А.К. Конгур // Экологические и физиолого-биохимические аспекты антропогенной нагрузки на растения. Всесоюзная конференция. – Ч. 2. – Таллин, 1986. – С. 32-34.

Кондаков, С.Ю. Организация и проведение надзора за раком-серянкой в сосновых насаждениях / С.Ю. Кондаков, Л.С. Шиков // Лесной журнал – 2003. - №1 – С. 25-29.

Кондратюк, Е.Н. Промышленная ботаника / Е.Н. Кондратюк [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.

Конев, Г.И. Раскряжевка сосен, пораженных центральной гнилью / Г.И. Конев // Технич.-эконом. бюлл. Краснояр. совнархоза. – 1961. - № 12. – С. 15-16.

Конев, Г.И. Сосна, пораженная центральной гнилью, в Приангарье и ее раскряжевка / Г.И. Конев // Тр. Вост.-Сиб. научно-иссл. и проектного ин-та лесн. и деревообработ. пром-ти. – 1964. – Вып. II. – С. 77-84.

Конев, Г.И. Сосновая губка и серянка – опасные заболевания сосны в Забайкалье / Г.И. Конев // Лесное хозяйство. – 1979. - №11. – С. 51-53.

Конев, Г.И. Центральная гниль сосны в Приангарье / Г.И. Конев // Лесное хозяйство. – 1982. - № 8. – С. 68-69.

Коновалов, В.Н. Влияние подсочки и минеральных удобрений на физиологические процессы у сосны / В.Н. Коновалов, Л.В. Зарубина // Лесной журнал – 2011. - № 5. – С. 20-27.

Коновалова, Т.И. Изменение природной среды верхнего Приангарья под воздействием городов / Т.И. Коновалова, Т.А. Липатова // Современные проблемы

географии Восточной Сибири: Сб. науч. ст., посвящ. 80-летию ИГУ и 50-летию геогр. фак. – Иркутск, 1998. – С. 147-158.

Кордияко, Н.Г. Афиллофороидные грибы в ельниках и на антропогенных территориях Минской возвышенности / Н.Г. Кордияко // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 130-132.

Корнейкова, М.В. Комплексы микроскопических грибов в лесных экосистемах в зоне воздействия выбросов медно-никелевых предприятий на Кольском полуострове / М.В. Корнейкова, Е.В. Лебедева // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 107-110.

Коротков, И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР / И.А. Коротков // Углерод в экосистемах лесов и болот России. – Красноярск, 1994. – С. 29-47.

Коршиков, И.И. Взаимодействие древесных растений с поллютантами / И.И. Коршиков, В.П. Тарабрин // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. – Ч. II. – М., 1990. – С. 585-587.

Коссинская, И.С. Рекомендации по защите от заболеваний сеянцев хвойных пород лесных питомников Красноярского края / И.С. Коссинская. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1971. – 52 с.

Коссинская, И.С. Фацидиоз сосны / И.С. Коссинская. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. – 91 с.

Кошкарлова, В. Л. Семенные флоры торфяников Сибири / В.Л. Кошкарлова. – Новосибирск: Наука, 1986. – 121 с.

Кошкарлова, В.Л. Оценка антропогенного воздействия на лесные экосистемы Сибири в позднеледниковье и голоцене по палеокарпологическим данным / В.Л. Кошкарлова, А.Д. Кошкарлов // География и природные ресурсы. – 2007. - № 2. – С. 34-39.

Кривицких Е.Г. Влияние лесных пожаров на прирост и строение древесины сосны обыкновенной: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Е.Г. Кривицких – Красноярск, 1994. – 23 с.

Кругляк, В.В. Рекреационное использование лесов зеленой зоны города Воронежа / В.В. Кругляк, Н.П. Карташова // Вестник ВГУ, 2005. - № 2. – С. 140-143.

Крючков, В.В. Деградация лесов в Кольском регионе / В.В. Крючков // Междунар. науч. конф. «Влияние атмосфер. загрязнения и др. антропог. и природ. факторов на дестабилиз. состояния лесов Центр. и Вост. Европы»: Тез. докл. – Т. 1. – М., 1996. – С. 17-18.

Крючков, В.В. Север на грани тысячелетий / В.В. Крючков. – М.: Мысль, 1987. – 271 с.

Куда, Я.И. Хвороби лісу Шепетівського масиву на Волині за 1925 г. / Я.И. Куда // Труды по лесн. опытн. делу Украины. – 1926. – Вып. VI.

Кудашева, Ф.Н. Особенности азотного обмена пихты сибирской при адаптации к воздушному загрязнению / Ф.Н. Кудашева // Флора, растит. ресурсы Забайкалья: Мат-лы междунар. конф. (Чита, 11-12 ноября 1997 г.). – Т. 2. – Чита, 1997. – С. 138-140.

Кузьмина, Г.П. Влияние рекреации на сосновые леса зеленой зоны г. Красноярска: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.П. Кузьмина. – Красноярск, 1982. – 25 с.

Кузьмина, Г.П. Антропогенная трансформация лесных экосистем Средней Сибири / Г.П. Кузьмина, В.М. Яновский // Леса и лесообразовательный процесс на Дальнем Востоке: Матер. междунар. конф. – Владивосток: Биолого-почвенный ин-т, 1999. – С. 239-240.

Кузьмичев, В.В. Оценка антропогенного воздействия на лесные экосистемы / В.В. Кузьмичев // Лесоведение. – 1985. – № 6. – С. 3-11.

Кузьмичев, Е.П. Структура, состав и биоценотическая роль грибов-дендротрофов в лесных сообществах и урбосистемах: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Е.П. Кузьмичев. – Москва, 1994. – 53 с.

Кузьмичев, Е.П. Структура комплексов дендротрофных грибов в естественных и антропогенных лесных экосистемах / Е.П. Кузьмичев // Биологическое разнообразие лесных экосистем. – М.: Междунар. ин-т леса, 1995. – С. 153-156.

Кузьмичев, Е.П. Болезни древесных растений: Справочник [Болезни и вредители в лесах России. Том I.] / Е.П. Кузьмичев, Э.С. Соколова, Е.Г. Мозолевская. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.

Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.

Кулагин, Ю.З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1985. – 120 с.

Курбатский, Н.П. Охрана лесов от пожаров в районах интенсивного освоения (на примере КАТЭКа) / Н.П. Курбатский, П.А. Цветков; под общ. ред. В.В. Протопопова. – Красноярск, 1986. – 149 с.

Курхинен, Ю.П. Воздействие рубок леса на структуру сообществ и трофические связи растительноядных млекопитающих средней тайги / Ю.П. Курхинен // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тез. докл. Ч. II. – М., 1990. – С. 340-342.

Лазарева, О.Л. Изучение агарикоидных базидиомицетов урбанизированных территорий / О.Л. Лазарева // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Национальная академия микологии, 2002а. – Раздел 2. – С. 65-66.

Лазарева, О.Л. Современное состояние исследований биоты макромикетов городских территорий / О.Л. Лазарева // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002б. – С. 144-147.

Лайранд, Н.И. Влияние антропогенных воздействий на прирост сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в районе г. Братска / Н.И. Лайранд, Н.В. Ловелиус, А.А. Яценко-Хмелевский // Ботанический журнал. – 1979. – Т. 64. - № 8. – С. 1187-1195.

Лашинский, Н.Н. Структура и динамика сосновых лесов нижнего Приангарья / Н.Н. Лашинский. – Новосибирск: Наука, 1981. – 272 с.

Лебедев, А.В. Прогноз изменения гидрологических параметров некоторых водосборов в связи с лесозаготовками / А.В. Лебедев [и др.] // Трансформация лесными экосистемами факторов окружающей среды. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1984. – С. 9-17.

Лебкова, Г.Н. Фитопатологическое состояние кедровников северо-восточного Алтая / Г.Н. Лебкова // Болезни лесных насаждений Сибири. – М.: Лесн. пром-ть, 1967. – С. 73-80.

Левин, В.И. Товарность сосняков в некоторых типах леса Архангельской области / В.И. Левин // Тр. Арханг. лесотехн. ин-та. – 1959. – Т. XIX. – С. 77-84.

Леман, А.В. Влияние аэротехногенного загрязнения на пространственную структуру сосняков Волынского Полесья / А.В. Леман // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – 2001. - № 53. – С. 167-168.

Леса, лесные ресурсы и лесоуправление в Российской Федерации: справочный документ. – Москва, 2012. – 47 с.

Лесной план Красноярского края на 2009-2018 гг. Утвержден указом от 26 декабря 2008 года № 219-УГ.

Линник, В.Г. Результаты экспериментального исследования влияния вытаптывания на травяной покров и почву / В.Г. Линник [и др.] // Влияние массового туризма на биоценозы леса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – С. 17-35.

Лобжанидзе, Э.Д. Влияние промышленного загрязнения на древесную растительность Грузии / Э.Д. Лобжанидзе [и др.] // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. – Ч. I. – М., 1990. – С. 161-163.

Лобжанидзе, Э.Д. Влияние техногенного загрязнения природной среды на формирование и строение древесины сосны черной (*Pinus nigra* Arn.) / Э.Д. Лобжанидзе, М.Д. Габуния // Материалы 3-го международного симпозиума «Строение, свойства и качество древесины». – Петрозаводск, 2000. – С. 62-64.

Лоскутов, Р. И. Декоративные древесные растения для озеленения городов и поселков / Р. И. Лоскутов. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1993. – 184 с.

Лоскутов, Р.И. Декоративные деревья и кустарники / Р. И. Лоскутов, С.Р. Лоскутов. – Красноярск: ОАО ПП «Сибирь», 2009. – 63 с.

Луганский, Н.А. Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны / Н.А. Луганский, В.Л. Калинин // Лесн. журнал. – 1990. - № 1. – С. 7-10.

Луганский, Н.А. Динамика прироста сосны обыкновенной в условиях автотранспортного загрязнения (г. Екатеринбург) / Н.А. Луганский, А.В. Суслов // Лесной журнал. – 2013. - № 1. – С. 7-11.

Лукмазова, Е.А. Результаты изучения фитопатологического состояния *Tilia cordata* Mill. в шпалерах летнего сада г. Санкт-Петербурга / Е.А. Лукмазова // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 114-117.

Любарский, Л.В. Дереворазрушающие грибы советского Дальнего Востока, их изученность, значение и мероприятия по борьбе с ними / Л.В. Любарский // Сб. тр. ДальНИИЛХ. – 1963. – Вып. V. – С. 132-164.

Мазепа, В.Г. Техногенное влияние ровенского ГХП «Азот» на фитопатологическое состояние лесных насаждений / В.Г. Мазепа, Л.И. Стасевич // Пробл. лесн. фитопатол. и микол.: Тез. докл. 6-й междунар. конф. (Москва, 13-15 октября 1997 г.). – М., 1997. – С. 48-49.

Мак-Кленахен, Д.Р. Изменения в лесном сообществе в связи с загрязнением воздуха / Д.Р. Мак-Кленахен // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. – Таллин: АН ЭССР, 1982. – Ч.1. – С. 79-96.

Мальков, Ю.Г. Санитарно-гигиеническая роль городских зеленых насаждений (на примере г. Красноярска): дис. ... канд. биол. наук / Ю.Г. Мальков. – Красноярск, 1985. – 192 с.

Мартынюк, А.А. Нормирование техногенного воздействия на лесные экосистемы / А.А. Мартынюк, Ю.Б. Боронин, А.В. Костенко // Лесное хозяйство. – 1998. – № 1. – С. 25-27.

Марфенина, О.Е. Антропогенная трансформация грибных комплексов в почвах / О.Е. Марфенина // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – Раздел 2. – С. 68-69.

Марценюк, В.Б. Действие сублетальных и летальных доз аммиака на некоторые физиолого-биохимические особенности древесных растений / В.Б. Марценюк, В.С. Николаевский, Н.А. Пандакова // Уч. зап. Пермск. ун-та. – 1975. - № 335. – С. 85-90.

Маслов, А.А. Смоляной рак как фактор естественного отпада в бореальных сосновых лесах: 20 лет мониторинга в лесных резерватах / А.А. Маслов, Ю.В. Петерсон // Материалы 5-й Международной конференции «Проблемы лесной фитопатологии и микологии». – М: ВНИИЛМ, 2002. – С. 155-158.

Массель, Г.И. Влияние атмосферного загрязнения двуокисью серы на метаболизм пихты сибирской / Г.И. Массель // Экологическая физиология хвойных: Тез. докл. Междунар. симпоз. – Красноярск, 1991. – С. 84.

Матюк, И.С. Устойчивость лесонасаждений / И.С. Матюк. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 132 с.

Машнина, Т.И. О влиянии удлиненной подсочки сосны на распространение вредителей / Т.И. Машнина // Гидролизная и лесохимич. пром-ть. – 1957. - № 6. – С. 15-17.

Мелехов, И.С. Лесная типология: учебное пособие / И.С. Мелехов. – М.: МЛТИ, 1976. – 73 с.

Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 408 с.

Мелехов, И.С. / И.С. Мелехов [и др.] // Научн. тр. МЛТИ. – 1980. – Вып. 123. – С. 28-30.

Мельниченко З.А. Просмоление тканей и состояние смолоносной системы у деревьев сосны обыкновенной, подсаживаемых с серной кислотой / З.А. Мельниченко, Н.М. Вишневская // Сб. тр. Центр. научно-иссл. и проектн. инс-та лесохим. пром-ти. – 1968. – Вып. 49. – С. 117-133.

Мельчанов, В.А. Изменение стокорегулирующей роли лесов Среднего Урала под влиянием рубок / В.А. Мельчанов, В.Н. Данилик // Изменение водоохранно-защитных функций лесов под влиянием лесохозяйственных мероприятий. – М., 1973. – С. 67-82.

Менщиков, С.Л. Динамика состояния елово-лиственничных насаждений, подверженных воздействию двуокиси серы на юге Таймыра / С.Л. Менщиков, А.П. Ившин // Экология лесов Севера: Тез. всесоюзн. совещания. – Т. II. – Сыктывкар, 1989. – С. 4-5.

Меняйло, Л.Н. Пихта сибирская в условиях техногенного загрязнения Красноярского заповедника «Столбы» / Л.Н. Меняйло // Классификация и динамика лесов Дальнего Востока: Мат-лы международной конференции (Владивосток, 5-7 сентября 2001 г.). – Владивосток, 2001. – С. 160-161.

Мертвищев, Л.В. Встречаемость сосновой губки в сосняках Приангарья / Л.В. Мертвищев // Лесохозяйственная информация / ЦБНТИ. – 1979. – Вып. I. – С. 19-20.

Методические указания по ионометрическому определению содержания фтора в растительной продукции, кормах и комбикормах. – МСК, ЦИНАО, 1995.

Методы мониторинга вредителей и болезней леса / под общ. ред. В.К. Тузова. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.

Мехоношин, Л.Е. Взаимоотношения лесных растений и макромицетов в условиях промышленного загрязнения / Л.Е. Мехоношин, Т.А. Богданова // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – Раздел 2. – С. 70-71.

Минкевич, И.И. О паразитизме грибов рода *Cytospora* на яблоне / И.И. Минкевич // Бюл. Гл. бот. сада. – 1967. - № 66. – С. 77-81.

Минкевич, И.И. Эпифитотиология грибных болезней лесных пород / И.И. Минкевич. – Л.: ЛТА, 1977. – 64 с.

Минкевич, И.И. Закономерности распространения и развития гнилей лиственницы в лесах горного Алтая / И.И. Минкевич, Г.А. Перцев, Т.А. Разугарова // Лесной журнал. – 1983. - № 3. – С. 3-6.

Минкевич, И.И. Фитопатология. Болезни древесных и кустарниковых пород / И.И. Минкевич, Т.Б. Дорофеева, В.Ф. Ковязин. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 160 с.

Михалевич, П.К. К флоре трутовых грибов Беловежской пуши / П.К. Михалевич // Материалы научно-техн. конф. ЛХФ. – Л.: ЛТА, 1968. – С. 134-135.

Михайлов, Н.И. Физико-географические проблемы Сибири / Н.И. Михайлов // Рельеф и ландшафты. – М.: МГУ, 1977. – С.189-200.

Михайлова, Т.А. Динамика состояния сосновых лесов при изменениях эмиссионной нагрузки / Т.А. Михайлова, Н.С. Бережная // Сибирский экологический журнал. – 2002. – №1. – С. 113-120.

Михайлова, Т.А. Изменение баланса элементов в хвое сосны обыкновенной при техногенном загрязнении / Т.А. Михайлова [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2003. - № 6. – С. 755-762.

Михайлова, Т.А. Комплексная экологическая оценка состояния лесов Тайшетского района перед запуском алюминиевого производства в г. Тайшете / Т.А. Михайлова [и др.]. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. – 159 с.

Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологических обследований очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова – М.: Лесная промышленность, 1984. – 152 с.

Мониторинг рекреационных лесов / Л.П. Рысин [и др.] – ОНТИ ПНЦ РАН, 2003. – 167 с.

Мордовский, В.Т. Тектоника и нефтегазоносность южной части Сибири / В.Т. Мордовский. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 120 с.

Морозова, Т.И. Бактериальная водянка хвойных в Байкальской Сибири / Т.И. Морозова, В.Г. Сурдина // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: Матер. Междун. науч. конф., посвящ. 150-летию со дня рожд. чл.-корр. АН СССР, проф. А.А. Ячевского (Санкт-Петербург, 2-4 октября 2013 г.). – С-Пб.: ООО «Копи-3 Групп», 2013. – С. 192-194.

Морозова, Т.И. Комплекс заболеваний, выявленный на хвойных породах в Байкальской Сибири / Т.И. Морозова // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Матер. Всерос. конф. с междун. участ. – Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 68-72.

Мурзаева, М.К. Особенности микроклимата на лесосеках различных способов рубок / М.К. Мурзаева // Леса Урала и хозяйство в них. – 1978. – Вып. 11. – С. 73-77.

Мухин, В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины / В.А. Мухин. – Екатеринбург, 1993. – 232 с.

Мухин, В.А. Основные закономерности современного этапа эволюции микобиоты лесных экосистем / В.А. Мухин [и др] // Грибные сообщества лесных экосистем. – М. – Петрозаводск, 2000. – С. 26-36.

Неверова, О.А. Основные пути изменения жизнедеятельности древесных растений в условиях промышленного города / О.А. Неверова // Экол. пром. пр-ва. – 2001. - № 4. – С. 10-14.

Неволин, О.А. О распаде и гибели высоковозрастных ельников в Березниковском лесхозе Архангельской области / О.А. Неволин, А.Н. Грицынин, С.В. Торхов // Лесной журнал – 2005. - № 6. – С. 7-22.

Негругцкий, С.Ф. Устойчивость некоторых древесных пород к фитотоксикантам / С.Ф. Негругцкий, Ю.Г. Приседский, Е.В. Еремка // Влияние промышленного загрязнения на лесные экосистемы и мероприятия по повышению их устойчивости: Тез. докл. к всесоюзному научно-практическому совещанию (Лит. НИИЛХ, 26-27 июня 1984 г.). – Каунас; Гирионис, 1984. – С.49.

Негругцкий, С.Ф. Корневая губка / С.Ф. Негругцкий. – М.: Агропромиздат, 1986, –196 с.

Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.

Одинцов, Д.И. Охрана лесов от огня – задача общая / Д.И. Одинцов // Лесн. хоз-во. – 1995. – № 2. – С. 28-31.

Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – Т. 1. – М.: Мир, 1986а. – 328 с.

Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – Т. 2. – М.: Мир, 1986б. – 376 с.

Онучин, А.А. Антропогенная динамика противозерозионных и водоохранно-защитных функций горно-таежных лесов Сибири / А.А. Онучин, Т.А. Буренина // Лесоведение. – 2000. - № 1. – С. 3-11.

Онучин, А.А. Экологические последствия рубок главного пользования в Нижнем Приангарье / А.А. Онучин [и др.] // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. – Красноярск, 2007. – Вып. 9. – С. 34-43.

Онучин, А.А. Лесогидрологические последствия рубок в условиях Средней Сибири / А.А. Онучин [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2014. - № 1. – С. 110-118.

Орлов, И.И. Об объемной нагрузке и коэффициенте воздействия при подсочке сосны / И.И. Орлов // Лесной журнал. – 1959. - № 3. – С. 164-168.

ОСТ 56-100-95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы», 1995.

Оттар, Б. Дальний перенос загрязняющих веществ в атмосфере и кислотные осадки / Б. Оттар, Х. Давленд, А. Симб // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 60-78.

Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И.Н. Павлов. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – 359 с.

Павлов, И.Н. Активизация патогенных свойств грибов комплекса *Armillaria mellea* sensu lato в хвойных лесах юга Восточной Сибири / И.Н. Павлов, А.Г. Миронов, Т.Ю. Юшкова // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – Т. 24, 1. – С. 9-20.

Павлов, И.Н. Закономерности образования очагов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. str. в географических культурах сосны обыкновенной (Минусинская котловина) / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2008а. – XXV. - № 1-2. – С. 28-36.

Павлов, И.Н. Оценка роли корневых патогенов в ухудшении состояния лесного фонда Сибирского федерального округа / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2008б. – XXV. - № 3-4. – С. 262-268.

Павлов, И.Н. Влияние лесорастительных условий на устойчивость сосняков Минусинской впадины к корневым патогенам / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2009а. – Т. XXVI, 1. – С. 48-57.

Павлов, И.Н. Макромицеты бореальной зоны / И.Н. Павлов // Хвойные бореальной зоны. – 2009б. – Т. XXVI. – № 1. – С. 7-8.

Павлов, И.Н. Основная причина массового усыхания пихтово-кедровых лесов в горах Восточного Саяна – корневые патогены / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2009в. – Т. XXVI, 1. – С. 33-41.

Павлов, И.Н. К вопросу образования очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной на старопахотных землях (роль корневой губки, эдафических факторов и изменения климата) / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – XXVII. - № 3-4. – С. 263-272.

Павлов, И.Н. Снижение устойчивости пихтово-кедровых лесов Восточного Саяна к корневым патогенам / И.Н. Павлов, О.А. Барабанова, А.А. Агеев // Лесн. журн. – 2011. - № 4. – С. 40-45.

Павлов, И.Н. Образование и затухание очагов куртинного усыхания сосны обыкновенной в результате воздействия *Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen (Сообщение 1. Эдафические закономерности) / И.Н. Павлов [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2012. – XXX. - № 3-4. – С. 234-246.

Павлов, И.Н. Роль корневых патогенов в усыхании хвойных лесов юга Сибири / И.Н. Павлов // Грибные сообщества лесных экосистем. – М.; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. – Т. 3. – С. 85-95.

Павлов, И.Н. Массовое усыхание кедровых лесов Западного Саяна – мониторинг, причины и механизмы, моделирование дигрессивных сукцессий / И.Н. Павлов // Грибные сообщества лесных экосистем. – М.; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – С. 50-60.

Пак, Л.Н. Проблемы пригородных лесов и пути улучшения жизни населения города Читы / Л.Н. Пак, В.П. Бобринев // Изв. Самарского НЦ РАН. – 2009. – Т. 11. - № 1(6). – С. 1236-1238.

Панарина, А.Д. Влияние рекреационного воздействия на распространение корневой губки и смоляного рака в сосновых насаждениях Нарочского лесничества Мядельского лесхоза / А.Д. Панарина // Современные проблемы лесозащиты и пути их решения. – Минск, 1985. – С. 145-146.

Пармасто, Э.Х. Трутовые грибы севера Советского союза / Э.Х. Пармасто // Микология и фитопатология. – 1967. – Т. I. – Вып. 4. – С. 280-286.

Пармузин, Ю.П. Средняя Сибирь / Ю.П. Пармузин. – М.: Изд-во социально-экономической лит-ры, 1964. – 311 с.

Пастернак, П.С. Воздействие аэротехногенного загрязнения внешней среды на лесные экосистемы в условиях Украины / П.С. Пастернак, В.П. Ворон // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. – Ч. II. – М., 1990. – С. 596-598.

Пасько, О.А. Оценка лесных ресурсов: учебное пособие / О.А. Пасько. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 128 с.

Пашков, Н.М. Основные грибные болезни сосны и лиственницы в лесах Амурской области / Н.М. Пашков // Сб. «Итоги изучения лесов Дальнего Востока». – Владивосток, 1967. – С. 274-277.

Петров, К.М. Зональные типы антропогенных нарушений ландшафтов России / К.М. Петров // География. – 2007. – № 12.

Перевозникова, В.Д. Динамика лесорастительной среды на вырубках Среднего Приангарья / В.Д. Перевозникова // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тез. докл. – Ч. I. – М., 1990. – С. 121-124.

Перевозникова, В.Д. Геоботаническая индикация состояния пригородных лесов (на примере Березовой рощи Академгородка г. Красноярска) / В.Д. Перевозникова, О.Н. Зубарева // Экология. – 2002. – № 1. – С. 3-9.

Пилипенко, В.Ф. Влияние подсочки на деятельность камбия сосны / В.Ф. Пилипенко // Повышение продуктивности лесов Полесья УССР. – Киев: Урожай, 1967. – С. 117-124.

Плешанов, А.С. Динамика состояния горнотаетных пихтовых лесов, загрязняемых выбросами Байкальского целлюлозно-бумажного комбината / А.С. Плешанов, Т.И. Морозова, Т.А. Осколкова // Всерос. конф. «Природная и антропогенная динамика наземных экосистем», посвящ. памяти А.С. Рожкова: Мат. Всерос. конф. (Иркутск, 11-15 октября 2005 г.). – Иркутск: Изд-во Иркутск. гос. техн. ун-та, 2005. – С. 520-523.

Плешанов, А.С. Микромицеты пихты сибирской и атмосферное загрязнение лесов / А.С. Плешанов, Т.И. Морозова. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 115 с.

Плохинский, Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. / Н.А. Плохинский. – М.: Колос, 1969. – 256 с.

Плюснина, С.Н. Хвоя ели сибирской при аэротехногенном загрязнении выбросами целлюлозно-бумажного производства / С.Н. Плюснина // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Мат-лы международной конференции (Архангельск, 17-22 июня 2002 г.). – Т. 2. – Архангельск, 2002. – С. 490-494.

Побединский, А.В. Рубки главного пользования / А.В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1964. – 210 с.

Побединский, А.В. Изучение лесовосстановительных процессов / А.В. Побединский. – М.: Наука, 1966. – 60 с.

Полякова, Г.А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов / Г.А. Полякова // Лесоведение. – 1979. – № 3. – С. 70-80.

Полякова, Г.А. Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосквья / Г.А. Полякова, Т.В. Малышева, А.А. Флеров. – М.: Наука, 1981. – 144 с.

Попкова, К.В. Общая фитопатология / К.В. Попкова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 399 с.

Правила подсочки, осмолоподсочки и заготовки лесохимического сырья. – М.: Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, 1987. – 48 с.

Практикум по почвоведению / И.С. Кауричев [и др.]; под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.

Природные аспекты рекреационного использования леса / Отв. ред. д-р биол. наук Л.П. Рысин. – М.: Наука, 1987. – 168 с.

Приседский, Ю.Г. Влияние загрязнения воздуха фтористым водородом на содержание пигментов в листьях древесных растений / Ю.Г. Приседский // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1985. - № 1. – С. 35-38.

Приседский, Ю.Г. Физиолого-биохимические основы толерантности растений к фторидам / Ю.Г. Приседский // Экологические и физиолого-биохимические аспекты антропогенной толерантности растений. Всесоюзная конференция (3-5 декабря 1986 г.). – Ч. 2. – Таллин, 1986. – С. 45.

Протопопов, В.В. Практические рекомендации по рекреационному использованию лесов западной части КАТЭКа / В.В. Протопопов [и др.] – Красноярск, 1987. – 42 с.

Протопопов, В.В. Рекомендации по режиму ведения хозяйства в местах массового отдыха зеленой зоны г. Красноярска / В.В. Протопопов, Г.П. Кузьмина. – Красноярск, 1988. – 14 с.

Протопопова, Е.Н. Состояние сосны обыкновенной в Красноярске / Е.Н. Протопопова, И.Н. Павлов, Н.И. Козинцева // Флора и растит. Сибири и Дал. Вост.: Тез. докл. конф., посвящ. памяти Л.М. Черепнина. – Красноярск, 1991. – С. 195.

Прохненко, Т.А. Поражение цитоспорозом осинников заповедника «Столбы» / Т.А. Прохненко // Микология и фитопатология. – 1976. – Т. 10. – Вып. 3. – С. 12 – 14.

Прохненко, Т.А. Поражение деревьев осины цитоспорозом и меры борьбы с этим заболеванием / Т.А. Прохненко // Тр. заповед. «Столбы». – Вып. 11. – Красноярск, 1977. – С. 101 – 110.

Прохненко, Т.А. Закономерности развития эпифитотий цитоспороза в условиях горной тайги (на примере заповедника «Столбы») и обоснование мер борьбы с болезнью / Т.А. Прохненко // Тр. заповед. «Столбы». – Вып. 12. – Красноярск, 1980. – С. 91-132.

Проценко, Е.П. О формировании патогенной микофлоры при интродукции растений / Е.П. Проценко // Бюлл. ГБС. – 1963. – Вып. 48. – С. 80-83.

Работнов, Т.А. О некоторых терминах, употребляемых в микоценологии / Т.А. Работнов // Микология и фитопатология. – 1985. – Т.19. – Вып. 6. – С. 519 - 520.

Раптунович, Е.С. Влияние рекреационного воздействия на распространение корневой губки и смоляного рака в сосновых насаждениях / Е.С. Раптунович, Л.Н. Рожков, С.Д. Ивашко // Лесоведение и лесное хоз-во. – Минск: Выш. школа, 1983. - № 18 – С. 92-95.

Растительный покров СССР. Пояснительная записка к «Геоботанической карте СССР / Под. ред. Е.М. Лавренко, В.Б. Сочавы. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 972 с.

Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2001. – 12 с.

Репшас, Э.А. Эколого-лесоводственные основы оптимизации рекреационного лесопользования в Литовской ССР: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Э.А. Репшас. – Красноярск, 1989. – 38 с.

Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.

Рипачек, В. Биология дереворазрушающих грибов / В. Рипачек. – М.: Лесн. пром-ть, 1967. – 276 с.

Рогова, Т.В. О влиянии вытаптывания на растительность ценозов лесного луга и сосняка чернично-мшистого / Т.В. Рогова // Экология. – 1976. – № 4. – С. 84-87.

Романов, В.Е. Определение ущерба от низовых лесных пожаров / В.Е. Романов // Лесн. хоз-во. – 1968. - № 2. – С. 78-80.

Романовский, В.П. Некоторые закономерности распространения гнили сосновой губки / В.П. Романовский, С.В. Кочановский, П.К. Михалевич // Беловежская пуца. – Минск: Урожай, 1973. – Вып. 7. – С.12-24.

Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований: Приложение 3 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 №523. – 74 с.

Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга: Приложение 1 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007 №523. – 98 с.

Рунова, Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья / Е.М. Рунова. – Братск: БРИИ, 1999. – 107 с.

Руоколайнен, А.В. Афиллофороидные грибы г. Петрозаводска и пригородов / А.В. Руоколайнен // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 195-198.

Рыбалко, Т.М. Бактериозы хвойных Сибири / Т.М. Рыбалко, А.Б. Гукасян. – Новосибирск: Наука, 1986. – 77 с.

Рысин, Л.П. Заключение / Л.П. Рысин. // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 160-163.

Рысин, Л.П., Влияние рекреационного лесопользования на растительность / Л.П. Рысин, Г.А. Полякова // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 4-26.

Рысин, Л.П. Мониторинг лесов на урбанизированных территориях / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева, С.Л. Рысин // Экология. – 2004. – № 4. – С. 243-248.

Рысин, Л.П. Природные и социальные аспекты рекреационного использования лесов / Л.П. Рысин, С.Л. Рысин // Обзорная информация. Лесохозяйственная информация, 2008. – С. 37-51.

Рысина, Г.П. Оценка антропогенной устойчивости лесных травянистых растений / Г.П. Рысина, Л.П. Рысин // Природные аспекты рекреационного использования леса. – М.: Наука, 1987. – С. 26-35.

Рязанцева, Л.А. Влияние промышленного загрязнения атмосферы на водный режим древесных растений / Л.А. Рязанцева, А.С. Спахова // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 174-175.

Савенкова, И.В. Бактериальная водянка березовых колочных лесов СКО / И.В. Савенкова, Н. Загыпарова. – 2012. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/21_DSN_2012/Geographia/6_114720.doc.htm

Савченко, А.Г. Влияние низовых пожаров на макроструктуру годичных слоев сосны крымской / А.Г. Савченко // Научн. тр. МЛТИ. – 1981. – Вып. 120. – С. 13-18.

Сазонова, Т.А. Азотные соединения в хвое растений в условиях промышленного загрязнения / Т.А. Сазонова [и др.] // Лесной журнал. – 2001. - № 5-6. – С. 47-53.

Санина, Н.Б. Химический состав растительности Байкальского биосферного заповедника (в связи с проблемой деградации пихтовых лесов северного склона хр. Хамар-Дабан) / Н.Б. Санина, Е.В. Чупарина, А.А. Нестерова // Сибирский экологический журнал – 2004. – № 1. – С. 57-65.

Сафонов, М.А. Афиллофороидные грибы в зеленых насаждениях городов Южного Предуралья / М.А. Сафонов, А.С. Маленкова, Н.А. Дремова, 2012. – Режим доступа: <http://sibac.info/index.php>.

Сафонов, М.А. Структура сообществ дереворазрушающих грибов / М.А. Сафонов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 269 с.

Сафонов, М.А. Терминологические проблемы микоценологии / М.А. Сафонов // Современные наукоемкие технологии. – 2004. - № 1. – С. 41-44.

Сафронова, И.Е. Эколого-ценотические особенности развития биатореллового рака сосны в Красноярском Приангарье: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Е. Сафронова. – Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2013. – 22 с.

Седых, В.Н. Парадоксы в решении экологических проблем Западной Сибири / В.Н. Седых. – Новосибирск: Наука, 2005. – 160 с.

Селиховкин, А.В. Вредители и патогены древесных растений в рекреационных насаждениях Санкт-Петербурга и окрестностей / А.В. Селиховкин [и др.] // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы IV научно-технической конференции. – 2019. – С. 157-160.

Семенкова, И.Г. Фитопатология / И.Г. Семенкова, Э.С. Соколова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.

Сенашова, В.А. Видовой состав микопатогенов филлосферы хвойных популяций Средней Сибири (Красноярский край) / В.А. Сенашова // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2009. - № 1. – С. 102-103.

Сенашова, В.А. Фитопатогенные микромицеты филлосферы хвойных насаждений Средней Сибири / В.А. Сенашова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 104 с.

Сергеев, Г.И. Островные лесостепи и подтайга Приенисейской Сибири / Г.И. Сергеев. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. – 263 с.

Сергейчик, С.А. Влияние азотосодержащих газообразных токсикантов на пигменты пластид различных видов деревьев и кустарников / С.А. Сергейчик, Е.А. Шахнович // Труды ИПГ. Основы биологического контроля загрязнения окружающей среды. – Вып. 72. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 25-38.

Сергеева, В.Г. Смоляной рак сосны и борьба с ним в условиях Московской области / В.Г. Сергеева, А.И. Воронцов // Тез. докл. 1-й Межвузовской конф. по защите леса. – М., 1958. – Ч.1. – С. 65-66.

Сергейчик, С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. / С.А. Сергейчик. – Минск: Наука и техника, 1984. – 168 с.

Сергейчик, С.А. Методы фитоконтроля загрязнения природной среды / С.А. Сергейчик, Е.А. Сидорович, Сергейчик А.А. – Минск: БелНИИТИ, 1991. – 76 с.

Сергиенко, В.Н. Борьба с лесными пожарами: проблемы и задачи / В.Н. Сергиенко // Лесн. хоз-во. – 1999. – № 4. – С. 47-51.

Сидоров, В.А. Ландшафтно-лесотипологическая приуроченность бактериальной водянки березы (*Erwinia multivora* Scz.-Parf.) и эффективность

санитарно-оздоровительных мероприятий по борьбе с ней в лесонасаждениях Брянской области: дис. ... канд. с.-х. наук / В.А. Сидоров. – Брянск: БГИТА, 2009. – 173 с.

Сидоров, В.А. Состояние березняков Брянской области в связи с поражением их бактериальной водяной и прогноз развития заболевания / В.А. Сидоров – 2011. – Режим доступа: http://science-bsea.bgita.ru/2011/les_2011/sidorov_sost.htm

Сидорович, Е.А. Устойчивость интродуцированных растений к газообразным соединениям серы в условиях Белоруссии / Е.А. Сидорович, Н.В. Гетко. – Минск: Наука и техника, 1979. – 72 с.

Синадский, Ю.В. Сосновая губка и зараженность ею насаждений Бузулукского бора / Ю.В. Синадский // Лесное хозяйство. – 1953. - № 12. – С.60-62.

Синадский, Ю.В. Сосна. Ее вредители и болезни / Ю.В. Синадский. – М.: Наука, 1983. – 344 с.

Скрипальщикова, Л.Н. Влияние комплекса техногенных и рекреационных нагрузок на развитие тканей ствола сосны обыкновенной в Красноярской лесостепи / Л.Н. Скрипальщикова [и др.] // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009. - № 5. – С. 618-626.

Смирнов, С.И. Бактериальная водянка в березняках Калужской области / С.И. Смирнов, А.С. Котов // Лесоведение, экология и биоресурсы. – Брянск: БГИТА, 2005. – С. 182-183.

Смирнова, В.К. Зараженность сосняков сосновой губкой – *Phellinus pini* – в различных группах типов леса (боры зеленомошники и боры густотравные) и влияние ее на выход деловой древесины: дис. ... канд. с.-х. наук / В.К. Смирнова. – Свердловск, 1968.

Смирнова, В.К. Влияние сосновой губки на некоторые физиолого-биохимические показатели у сосны / В.К. Смирнова, Н.С. Завьялова // Тр. ин-та экологии растен. и животн. Уральского филиала АН СССР. – 1977. – Вып. 105. – С. 137-141.

Смирнова, Н.С. Влияние выбросов промышленных предприятий на функциональное состояние листьев древесных растений (на примере г. Ярославля) / Н.С. Смирнова, О.А. Маракаев // Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: Мат-лы 5-й всероссийской научной конференции (Астрахань, 9-10 октября 2002 г.). – Астрахань, 2002. – С. 173-174.

Смирнова, О.В. Оценка и прогноз сукцессионных процессов в лесных фитоценозах на основе демографических методов / О.В. Смирнова, М.В. Бобровский, Л.Г. Ханина // Бюл. Московского общества испытателей природы. Отд. Биол. – 2001. – Т. 106. – Вып. 5. – С. 25-33.

Смирнова, О.Г. Интенсивность поражения древостоев трутовыми грибами в условиях города Москвы / О.Г. Смирнова, А.Н. Смирнов // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 194-197.

Смит, У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 430 с.

Смоляк, Ю.Л. Экология корневой губки и опенка осеннего при совместном развитии в хвойных насаждениях БССР: автореф. дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.11 / Ю.Л. Смоляк. – Л., 1979. – 19 с.

Снытко, В.А. Устойчивость и антропогенная трансформация таежных геосистем юга Средней Сибири / В.А. Снытко, Т.И. Коновалова // Сибирский экологический журнал. – 2005. - № 4. – С. 651-661.

Собакинский, В.В. Динамика смолы выделения и физиологические изменения при подсочке сосны обыкновенной с биологически активными веществами / В.В. Собакинский // Заготовка осмола и компл. использ. лесохим. сырья: Сб. науч. тр. – Химки: ЦНИИМЭ, 1986. – С.47-51.

Собчак, Р.О. Влияние промышленных токсикантов на содержание разных форм воды в листьях некоторых видов рода *Acer* L. / Р.О. Собчак // Проблемы дендрологии на рубеже XXI века: Тез. докл. международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения чл.-корр. РАН П.И. Лапина (Москва, 1999 г.). – М., 1999. – С. 334-335.

Соков, М.К. Влияние фтористых выбросов алюминиевых заводов на состояние хвойных лесов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.К. Соков. – Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1979. – 24 с.

Соколов, В.А. Структура и динамика таежных лесов / В.А. Соколов [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1994. – 168 с.

Соколов, Д.В. Красная окраска древесины подсосоченной сосны и ее влияние на физико-механические свойства древесины / Д.В. Соколов, Л.А. Баженова // Тр. ин-та леса АН СССР. – 1954. – Т. 16 – С. 347-351.

Соколов, Г. А. Роль антропогенных факторов в изменении фаунистических комплексов и охрана редких видов позвоночных животных Средней Сибири / Г.А. Соколов // Охрана и рациональное использование лесов Красноярского края: сб. ст. – Красноярск, 1975. – С. 92-112.

Соколова, Г.Г. Антропогенная динамика лесов Алтайского края / Г.Г. Соколова // Изв. Алтайского гос. ун-та. – 2004. – Вып. № 3. – С. 101-103.

Соколова, Э.С. Лесная фитопатология / Э.С. Соколова, И.Г. Семенкова. – М.: Лесн. пром-ть, 1981. – 312 с.

Соколова, Э.С. Распространение (грибных) болезней древесных пород в насаждениях Бузулукского бора / Э.С. Соколова // Научн. тр. МЛТИ. – 1981. – Вып. 120. – С. 113-120.

Сорокин, Н. Д. Микрофлора таежных почв Средней Сибири / Н.Д. Сорокин. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1981. – 145 с.

Сорокина, Г.А. Стрессовое воздействие дорожно-тропиночной сети на растительные сообщества / Г.А. Сорокина, Е.А. Шикалова, Н.В. Пахарькова // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – Т. XXVII - № 3-4. – С. 243 – 246.

Состояние лесов в Европе, 2011 год: резюме доклада для директивных органов. – Анталья, 2011. – 13 с.

Состояние лесов мира. – Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций, 2011. – 164 с.

Состояние лесов мира. – Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций, 2014. – 142 с.

Софронов, М.А. Огонь в лесу / М.А. Софронов, А.Д. Вакуров. – Новосибирск: Наука, 1981. – 128 с.

Спицына, Н.Т. Последствия рекреационного воздействия на лесные фитоценозы Прибайкалья / Н.Т. Спицына // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. – Томск: ТГУ, 1995. – С.220 – 222.

Справочник горной промышленности, 2009. – Режим доступа: <http://www.miningexpo.ru/useful>

Средняя Сибирь / под ред. И.П. Герасимова, В.С. Преображенского, Г.Д. Рихтера. – М.: Наука, 1964. – 480 с.

Сродных, Т.Б. Влияние выбросов Норильского горно-металлургического комбината на ассимиляционный аппарат хвойных / Т.Б. Сродных, Н.С. Завьялова // Экология лесов Севера: тез. всесоюзн. конф. – Т. II. – Сыктывкар, 1989. – С. 69-71.

Ставрова, Н.И. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение хвойных пород / Н.И. Ставрова // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 115-121.

Стасова, В.В. Строение и развитие проводящих и запасающих тканей в стволах сосны обыкновенной в антропогенно-нарушенных экосистемах / В.В. Стасова [и др.] // Лесной вестник. – 2009. - № 1 (64). – С. 39-44.

Стасова, В.В. Строение и развитие тканей ствола *Betula pendula* (Betulaceae) в условиях антропогенного загрязнения / В.В. Стасова [и др.] // Раст. ресурсы. – 2011. – Т 47. – Вып. 2. – С. 66-75.

Стасова, В.В. Влияние тяжелых металлов на структуру древесины *Betula pendula* (Betulaceae) в техногенно-нарушенных ландшафтах Красноярской лесостепи / В.В. Стасова [и др.] // Раст. ресурсы. – 2013. – Т 49. – Вып. 4. – С. 532-541.

Степанов, М.В. Рекреационная трансформация пригородных лесов Саратова: дис. ... канд. биол. наук / М.В. Степанов. – Саратов, 2002. – 237 с.

Степанова, Н.Т. Эколого-географическое распространение некоторых видов афиллофоровых грибов на Урале / Н.Т. Степанова // Микология и фитопатология. – 1969. – Т. 3. – Вып. I. – С. 27-29.

Стороженко, В.Г. О влиянии рельефа местности на величину зараженности ельников дереворазрушающими грибами / В.Г. Стороженко // Науч. тр. МЛТИ. – 1974. – Вып. 65. – С. 218-224.

Стороженко, В.Г. Стратегии и функции грибных сообществ лесных экосистем / В.Г. Стороженко // Грибные сообщества лесных экосистем. – М. – Петрозаводск, 2000а. – С. 37-41.

Стороженко, В.Г. Структура грибных дереворазрушающих биотрофных сообществ лесных экосистем / В.Г. Стороженко // Грибные сообщества лесных экосистем. – М. – Петрозаводск, 2000б. – С. 224-251.

Стороженко, В.Г. Гнилевые фауны коренных лесов Русской равнины / В.Г. Стороженко. – М.: ВНИИЛМ, 2002а. – 156 с.

Стороженко, В.Г. Устойчивость лесов и грибные сообщества / В.Г. Стороженко // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Материалы 5-й Международной конференции. – М.: ВНИИЛМ, 2002б. – С. 235-238.

Стороженко, В.Г. Гнилевое поражение коренных лесов еловых и сосновых формаций на русской равнине / В.Г. Стороженко // Вестник МГУЛа – Лесной вестник. – 2003. - № 2. – С. 77-81.

Стороженко, В.Г. Устойчивые лесные сообщества (Теория и эксперимент) / В.Г. Стороженко. – Тула: Гриф и К, 2007. – 190 с.

Стороженко, В.Г. Микоценология – раздел лесной биогеоценологии / В.Г. Стороженко // Хвойные бореальной зоны. – 2009. – Т. XXVI. - № 1. – С. 132-133.

Стороженко, В.Г. Эволюционные критерии устойчивости лесов / В.Г. Стороженко // Грибные сообщества лесных экосистем. – М.; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – С. 109-113.

Судачкова, Н.Е. Физиология сосны обыкновенной / Н.Е. Судачкова [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1990. – 248 с.

Суслов, С.П. Физическая география СССР. Азиатская часть / С.П. Суслов. – М.: Учпедгиз, 1954. – 711 с.

Суслова, В.В. Влияние кислых газов на пигментный состав листьев древесных и газонных растений / В.В. Суслова, В.С. Николаевский // Уч. зап. Перм. ун-та. – 1971. - № 256. – Вып. 2. – С. 93-132.

Сухарева, Т.А. Пространственно-временная динамика микроэлементного состава хвойных деревьев и почвы в условиях промышленного загрязнения / Т.А. Сухарева // Лесной журнал. – 2013. - № 6. – С. 19-28.

Таланова, Т.Ю. Состояние пигментного аппарата *Picea abies* L. и *Pinus sylvestris* L. в условиях промышленного загрязнения на территории Кольского полуострова / Т.Ю. Таланова, Т.А. Сазонова, В.Б. Ефлов // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии. Междунар. конф. и выездная научная сессия отд. общей биологии РАН (Петрозаводск, 6-10 сентября 1999 г.): Тез. докл. – Петрозаводск, 1999. – С. 50-51.

Тарабрин, С.П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнениям / С.П. Тарабрин // Газоустойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 18-29.

Таран, И.В. Устойчивость рекреационных лесов / И.В. Таран, В.Н. Спиридонов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 179 с.

Тарасов, А.И. Экономика рекреационного лесопользования / А.И. Тарасов. – М.: Наука, 1980. – 137 с.

Тарханов, С.Н. Влияние атмосферного загрязнения на фотосинтезирующий аппарат *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb. × *P. abies* (L.) Karst. в северной тайге бассейна Северной Двины / С.Н. Тарханов, С.Ю. Бирюков // Лесной журнал. – 2014. - № 1. – С. 20-26.

Татаринцев, А.И. Лесопатологическое состояние сосняков Красноярского Приангарья в зоне интенсивного антропогенного воздействия / А.И. Татаринцев, П.И. Аминев // Науч.-техн. конф. «Разработка технологии полного использования биомассы дерева»: Тез. докл. – Красноярск, 1989. – С. 13-14.

Татаринцев, А.И. Влияние рекреационной нагрузки на поражаемость сосняков стволовой гнилью / А.И. Татаринцев, П.И. Аминев // Науч.-практ. конф. «Проблемы химико-лесного комплекса»: Тез. докл. – Красноярск, 1995. – Ч. II. – С. 4-5.

Татаринцев, А.И. Фитопатологическое состояние древостоев сосны обыкновенной в условиях Красноярского Приангарья / А.И. Татаринцев // Конф. к 70-летию образ. госзаповедн. «Столбы» «Биоразнообразие и редкие виды растений Средней Сибири»: Тез. докл. – Красноярск, 1995. – С. 114-116.

Татаринцев, А.И. К вопросу о закономерностях развития стволовой гнили в сосняках Красноярского Приангарья / А.И. Татаринцев // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск: КГТА, 1996а. – С. 32-36.

Татаринцев, А.И. Центральная стволовая гниль в сосняках, пройденных низовыми пожарами / А.И. Татаринцев // Сибирский экологический журнал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996б. – Т.3. – №1. – С. 81-83.

Татаринцев, А.И. Ступенчатый рак лиственницы даурской в условиях Амурской области / А.И. Татаринцев, Е.Н. Ефименко // Науч.-практ. конф. «Проблемы химико-лесного комплекса»: Тез. докл. – Красноярск: КГТА, 1996. – Ч. II. – С. 62.

Татаринцев, А.И. К вопросу об усыхании тополя в условиях г. Красноярска / А.И. Татаринцев // Науч.-практ. конф. «Проблемы химико-лесного комплекса»: Тез. докл. – Красноярск: КГТА, 1997. – Ч. I. – С. 19-20.

Татаринцев, А.И. Фитопатологическое состояние сосновых насаждений в парке им. Горького г. Красноярска / А.И. Татаринцев, Е.А. Жупикова // Сборник тезисов докладов студентов и молодых ученых к НПК «Проблемы химико-лесного комплекса». – Красноярск, 1997. – Ч. I. – С. 52-53.

Татаринцев, А.И. Некрозно-раковое поражение лиственницы сибирской в условиях Тывы / А.И. Татаринцев // Науч.-практ. конференция «Проблемы химико-лесного комплекса». – Красноярск: СибГТУ, 1998. – С. 41.

Татаринцев, А.И. К вопросу о патогенной микофлоре в насаждениях города Красноярска / А.И. Татаринцев // Ботанические исследования в Сибири.-

Красноярск: Восточно-Сибирский научный центр РАН, Красноярское отд. Российского ботанического общества РАН, 1999. – Вып. 7. – С. 170-173.

Татаринцев, А.И. Пораженность тополей цитоспорозом в городе Красноярске / А.И. Татаринцев // Эколого-экономические проблемы Красноярского края. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – С. 167-170.

Татаринцев, А.И. Фитопатологическое состояние древостоев сосны обыкновенной в пригородной зоне левобережной части Красноярска / А.И. Татаринцев // Труды Государственного заповедника «Столбы». – Красноярск, 2001. – Вып. 17. – С. 207-216.

Татаринцев, А.И. Основные микозы сосны и их влияние на состояние насаждений пригородной зоны Красноярска / А.И. Татаринцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М: ВНИИЛМ, 2002а. – С. 242-244.

Татаринцев, А.И. Особенности и причины усыхания тополей в насаждениях Анжеро-Судженска Кемеровской области / А.И. Татаринцев // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения. – Красноярск: СибГТУ, 2002б. – Т. 1. – С. 355-358.

Татаринцев, А.И. Патогенная микрофлора в насаждениях города Красноярска / А.И. Татаринцев, П.И. Аминев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 5-й Междунар. конф. – М: ВНИИЛМ, 2002. – С. 245-248.

Татаринцев, А.И. Сосновые фитоценозы в зоне многолетнего воздействия антропогенных нагрузок / А.И. Татаринцев, Л.Н. Скрипальщикова // География и природные ресурсы. – Иркутск: Институт географии СО РАН, 2003. - № 3. – С. 53-57.

Татаринцев, А.И. Лесопатологическое состояние сосняков в зеленой зоне г. Красноярска / А.И. Татаринцев, Л.Н. Скрипальщикова // Хвойные бореальной зоны. – 2009. – Том XXVI. – №1. – С. 42-47.

Татаринцев, А.И. Санитарное состояние насаждений лиственницы в г. Красноярске / А.И. Татаринцев // Хвойные бореальной зоны. – Т. XXVII - № 3-4. – 2010. – С. 289-293.

Татаринцев, А.И. К вопросу о фитопатологическом состоянии подроста в сосняках зеленой зоны г. Красноярска / А.И. Татаринцев, Л.Н. Скрипальщикова // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – Том XXIX. - № 3-4. – С. 319-323.

Татаринцев, А.И. Патогенез усыхания осины на территории государственного природного заповедника «Столбы» / А.И. Татаринцев // Болезни и вредители в лесах России: век XXI: Матер. Всерос. конф. и V ежегодн. чтений памяти О.А. Катаева (Екатеринбург, 20-25 сентября 2011 г.) – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011а. – С. 91-93.

Татаринцев, А.И. Состояние и причины усыхания древостоев *Populus tremula* L. в горно-таежных лесах зеленой зоны г. Красноярска (ТЭР заповедника «Столбы») / А.И. Татаринцев // Хвойные бореальной зоны. – 2011б. – Том XXIX. - № 3-4. – С. 324-327.

Татаринцев, А.И. Патогенные микоконсорты сосны обыкновенной в антропогенно нарушенных лесах Средней Сибири (на примере зеленой зоны г. Красноярска) / А.И. Татаринцев // Тезисы докладов к 3 съезду микологов России. 10-12 октября 2012 г. – М. – 2012а. – С. 319.

Татаринцев, А.И. Санитарное состояние насаждений вяза в г. Красноярске / А.И. Татаринцев // Вестник КрасГАУ. – Вып. 8. – 2012б. – С. 68-72.

Татаринцев, А.И. Лесопатологическое состояние березняков на территории Красноярской группы районов / А.И. Татаринцев // Материалы международной конференции «VII чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений» (Санкт-Петербург, 25-27 ноября 2013 г.). – СПб.: СПбГЛТУ, 2013а. – С. 92-93.

Татаринцев, А.И. Уровни, факторы и тенденции формирования патогенной микобиоты в антропогенно нарушенных насаждениях / А.И. Татаринцев // Хвойные бореальной зоны. – 2013б. – Том XXXI. – № 1-2. – С. 131-137.

Татаринцев, А.И. К вопросу состояния и патогенной биоты насаждений в дендрарии Института леса СО РАН / А.И. Татаринцев // Вестник КрасГАУ. – Выпуск 1. – 2014а. – С. 84-88.

Татаринцев, А.И. Обоснование системы фитопатологического мониторинга в лесных биогеоценозах южной части Красноярского края / А.И. Татаринцев // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Матер. Всерос. научн. конф. с междун. участием, посвящ. 70-летию созд. ИЛ им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014б. – С. 476-479.

Татаринцев, А.И. Эколого-ценотические особенности пораженности березняков бактериальной водянкой в южной части Средней Сибири (Красноярская группа районов) / А.И. Татаринцев // Сибирский экологический журнал, 2014в. – 2. – С. 273-281.

Татаринцев, А.И. Пораженность сосняков смоляным раком на территории Красноярского Приангарья: эколого-ценотические особенности распространенности болезни / А.И. Татаринцев, П.И. Аминев // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Том XXXII. - № 3-4. – С. 58-65.

Татаринцев, А.И. К вопросу пораженности корневой гнилью сосняков Минусинской котловины / А.И. Татаринцев, О.П. Каленская, А.Г. Бубликов // Хвойные бореальной зоны. – 2015. – Том XXXIII. – № 5-6. – С. 240-247.

Татаринцев, А.И. К проблеме усыхания темнохвойных насаждений в южной части Средней Сибири / А.И. Татаринцев // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Матер. Всерос. конф. с междун. участ. – Иркутск: Изд-во института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015а. – С. 73-78.

Татаринцев, А.И. Фитопатологическое состояние антропогенно трансформированных сосняков в Красноярском Приангарье / А.И. Татаринцев // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015б. – С. 211-214.

Татаринцев, А.И. Эколого-фитопатологическое состояние березняков на территории Красноярской группы районов / А.И. Татаринцев,

Л.Н. Скрипальщикова // Сибирский лесной журнал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2015. - №2. – С.8-19.

Татаринцев, А.И. Стволовая гниль в антропогенно нарушенных сосняках Красноярского Приангарья / А.И. Татаринцев // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Том XXXIV. - № 5-6. – С. 259-265.

Татаринцев, А.И. Эколого-фитопатологическое состояние сосновых дендроценозов в лесах Красноярской группы районов / А.И. Татаринцев, Л.Н. Скрипальщикова // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Том XXXVI. - № 4. – С. 322-333.

Телицын, Г.П. Влияние посещаемости лесов на частоту пожаров / Г.П. Телицын // Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1983. – Вып. 25. – С 111-118.

Телицын, Г.П. Изучение связи посещаемости лесов и возникновения пожаров / Г.П. Телицын // Лесоведение. – 1984. – № 1. – С. 59-63.

Терентьев, В.И. К характеристике эрозионных процессов на вырубках в горной полосе Среднего Урала / В.И. Терентьев // Леса Урала и хозяйство в них. – 1968. – Вып. 1. – С. 323-331.

Тобиас, А.В. О распространении *Cytospora leucosperma* Fr. в условиях крупного промышленного центра (на примере Санкт-Петербурга) / А.В. Тобиас, И.Н. Тихомирова // Современная микология в России. Первый съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – Раздел 2. – С. 84.

Томошевич, М.А. Видовой состав микромицетов, паразитирующих на древесных растениях сем. Rosaceae / М.А. Томошевич, И.Г. Воробьева // Сибирский экологический журнал. – 2003. - № 4. – С. 453-460.

Томошевич, М.А. Мучнистая роса сибирских видов рода *Salix* L. / М.А. Томошевич, И.Г. Воробьева // Сибирский экологический журнал. – 2005. - № 4. – С. 771-775.

Томошевич, М.А. Патогенная микобиота древесных растений зеленых насаждений г. Новосибирска / М.А. Томошевич // Сибирский экологический журнал. – 2009. - № 4. – С. 615-621.

Томошевич, М.А. Сопряженный анализ арборифлоры и патогенной микобиоты г. Новосибирска / М.А. Томошевич, Е.В. Банаев // Вестник ИрГСХА. – 2011. – Вып. 44. – С. 144-151.

Томошевич М.А. Атлас патогенных микромицетов древесных растений Сибири. – Новосибирск: Академическое из-во «Гео», 2012. – 250 с.

Томошевич, М.А. Формирование патокомплексов древесных растений при интродукции в Сибири: дис. ... докт. биол. наук / М.А. Томошевич. – Новосибирск, 2015. – 462 с.

Третьякова, И.Н. Влияние загрязнения среды окислами серы на морфоструктуру кроны, генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы у пихты сибирской в Байкальском регионе / И.Н. Третьякова, Е.В. Бажина, О.Н. Зубарева // Экология. – 1996. - № 1. – С. 17-24.

Трешоу, М. Диагностика влияния загрязнения воздуха и сходство симптомов / М. Трешоу // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С.126-144.

Трунов, М.И. Жизненное состояние сосновых насаждений под влиянием техногенного загрязнения атмосферы / М.И. Трунов // Геогр. и природопольз. Сибири. – 2001. - № 4. – С. 207-214.

Тужилкина, В.В. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны / В.В. Тужилкина, Н.В. Ладанова, С.Н. Плюснина // Экология. – 1998. - № 2. – С. 89-93.

Уваров, Л.А. Влияние техногенного загрязнения на состояние сосновых насаждений и селекционные аспекты повышения их устойчивости / Л.А. Уваров // Междунар. науч. конф. «Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы» (Москва, 1996 г.): Тез. докл. – 1996 – Т. 2. – С. 72-74.

Усков, С.П. Фауна еловых и сосновых древостоев различных типов леса в Карельской АССР / С.П. Усков // Тр. Карельск. филиала АН СССР. – 1959. – Вып. 19. – С. 181-205.

Фадеев, И.А. Влияние комплекса фитопатогенов на состояние лесных насаждений Волгоградской области / И.А. Фадеев, С.В. Колмукиди, М.В. Костин // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 221-224.

Фалалеев, Э.Н. Математическая статистика / Э.Н. Фалалеев, А.С. Смольянов. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1981. – 128 с.

Федорков, А.Л. Изменчивость признаков анатомического строения хвои сосны и ее устойчивость к техногенному и климатическому стрессу / А.Л. Федорков // Экология. – 2002. - № 1. – С. 70-72.

Федоров, Б.Г. Экономико-экологические аспекты выбросов углекислого газа в атмосферу / Б.Г. Федоров // Проблемы прогнозирования, 2004. - №5. – С. 86-101.

Федоров, Н.И. К вопросу о зараженности насаждений Беловежской пуши сосновой губкой / Н.И. Федоров // Лесной журнал. – 1963. - № 5. – С. 45-47.

Федоров, Н.И. Корневые гнили хвойных пород / Н.И. Федоров. – М.: Лесн. пром-ть. – 1984. – 160 с.

Федоров, Н.И. Экологические основы защиты сосновых насаждений от корневых гнилей / Н.И. Федоров // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов: Вторая Всесоюз. науч.-техн. конф. – М.: МЛТИ, 1991. – Ч.1. – С. 147-148.

Федоров, Н.И. Основные факторы региональных массовых усыханий ели в лесах Восточной Европы / Н.И. Федоров // Грибные сообщества лесных экосистем. – М.; Петрозаводск, 2000. – С. 252-291.

Федоров, Н.И. Распространение и вредоносность смоляного рака в сосновых фитоценозах Беларуси / Н.И. Федоров, В.А. Ярмолович // Леса Беларуси и их рациональное использование: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГТУ, 2000. – С. 235-238.

Федоров, Н.И. Особенности эциального спороношения грибов *Cronartium flaccidum* Wint. и *Peridermium pini* Lev. в условиях Беларуси / Н.И. Федоров, В.А. Ярмолович // Проблемы лесной фитопатологии и микологии. Материалы 5-й Международной конференции. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – С. 251-253.

Федоров, Н.И. Смоляной рак сосны обыкновенной в лесах Беларуси / Н.И. Федоров, В.А. Ярмолович // Грибные сообщества лесных экосистем. – М. – Петрозаводск, 2004. – С. 239-254.

Физико-географическое районирование СССР (Характеристика региональных единиц) / под ред. проф. Н.А. Гвоздецкого. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. – 576 с.

Филипчук, А.Н. Состояние и использование лесов России (по материалам мониторинга 2003 г.) / А.Н. Филипчук [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2005. – №11-12. – С. 80-93.

Фомин, В.В. Влияние горного рельефа и аэропромышленных загрязнений на биометрические характеристики сосновых древостоев / В.В. Фомин, С.А. Шавнин // Экология. – 2002. - № 3. – С.170-174.

Фрей, Т.Э. Экофизиологические аспекты проблемы усыхания лесов / Т.Э. Фрей // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: Наука, 1987. – С. 139-142.

Фурьев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В.В. Фурьев. – Новосибирск: Наука, 1996. – 251 с.

Хальбваш, Г. Реакция организмов высших растений на загрязнение атмосферы двуокисью серы и фторидами / Г. Хальбваш // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 206-247.

Харук, В.И. О разработке ГИС техногенных воздействий на леса Сибири / В.И. Харук // Сибирский экологический журнал. – 1998. – № 1. – С. 25-30.

Харук, В.И. Техногенное повреждение притундровых лесов Норильской долины / В.И. Харук [и др.] // Экология. – 1996. - № 6. – С. 424-429.

Хасанова, З.М. К антропогенному влиянию тяжелых металлов на состояние лесов Башкортостана / З.М. Хасанова [и др.] // Леса Башкортостана: соврем. состояние и перспективы: Мат-лы науч.-практ. конф. – Уфа, 1997. – С. 101-102.

Хлебопрос, Р.Г. Красноярск. Экологические очерки: монография / Р.Г. Хлебопрос [и др.] – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 130 с.

Цветков, В.Ф. Из опыта рекультивации земель в зоне промышленных выбросов на Кольском полуострове / В.Ф. Цветков, Е.А. Черкизов // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: Наука, 1987. – С. 112-119.

Цветков, П.А. Влияние пожаров на начальный этап лесообразования в среднетаежных сосняках Сибири / П.А. Цветков // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Том XXXI. - № 1-2. – С. 15-21.

Цветков, П.А. Особенности пожаров в рекреационных лесах / П.А. Цветков // Методы оценки состояния и устойчивости лесных экосистем: тез. докл. междунар. совещания. – Красноярск, 1999. – С. 173-174.

Цветков, П.А. Влияние рекреации на естественное возобновление сосны обыкновенной / П.А. Цветков, Д.А. Киришева // Хвойные бореальной зоны. – 2004. – Вып. 2. – С. 61 – 65.

Цветков, П.А. Лесная экология: учебное пособие для студентов по направлению 250201 «Лесное хозяйство» / П.А. Цветков. – Красноярск: ИЛ СО РАН, СибГТУ, 2008. – 219 с.

Чавчавадзе, Е.С. Влияние техногенного загрязнения атмосферы на структуру древесины *Salix caprea* L. и *Betula tortuosa* Ledeb. / Е.С. Чавчавадзе, М.У. Умаров, С.Б. Волкова // Растительные ресурсы. – 2002. – Вып. 4. – С. 104-111.

Чередникова, Ю.С. Особенности типологической структуры лесов зеленой зоны г. Красноярска / Ю.С. Чередникова, Н.И. Молокова, В.Д. Перевозникова // Ботанические исследования в Сибири. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 1999. – Вып. 7. – С. 176-180.

Черемисинов, Н.А. Консортивные взаимоотношения грибов и растений в лесных биоценозах / Н.А. Черемисинов // Микология и фитопатология. – 1973. – № 1 – С. 33.

Черемисинов, Н.А. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников / Н.А. Черемисинов, С.Ф. Негруцкий, И.И. Лешковцева. - М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 392 с.

Черненкова, Т.В. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов сосной обыкновенной в фоновых и техногенных местообитаниях / Т.В. Черненкова // Лесоведение. – 2004. – № 2. – С. 25-35.

Черпаков, В.В. Бактериозы лесных пород: диагностика, специфичность патологических процессов / В.В. Черпаков // Болезни и вредители в лесах России: век XXI: Матер. Всерос. конф. и V ежегодн. чтений памяти О.А. Катаева (Екатеринбург, 20-25 сентября 2011 г.) – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2011а. – С. 96-98.

Черпаков В.В. Усыхания лесов: взаимоотношения организмов в патологических процессах / В.В. Черпаков. – 2011б. – Режим доступа: http://science-bsea.bgita.ru/2011/les_2011/cherpakov_us.htm

Черпаков, В.В. Бактериальная водянка: поражаемость хвойных пород зарубежных стран / В.В. Черпаков. – 2013 – Режим доступа: http://science-bsea.bgita.ru/2013/les_2013/cherpakov_bakt.htm.

Черпаков, В.В. Особенности вредоносности бактериозов древесных растений в связи со специализацией возбудителей / В.В. Черпаков // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.) – Минск: БГТУ, 2015. – С. 242-245.

Чеха, В.П. Ландшафтная характеристика и природные ресурсы Красноярского края / В.П. Чеха, Н.Я. Шапарев. – Красноярск: РИО КГПУ, 2004. – 184 с.

Чжан, С.А. Изменение радиального прироста сосны обыкновенной в зоне длительного воздействия промышленного загрязнения / С.А. Чжан [и др.] // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – Том XXIX. – № 3-4. – С. 305 – 309.

Чижова, В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха / В. П. Чижова. – М. : Лесная пром-сть, 1977. – 48 с.

Чураков, Б.П. Зараженность сосны обыкновенной корневой и сосновой губками в зависимости от степени рекреационной нагрузки / Б.П. Чураков // Микология и фитопатология. – 1982. - № 6. – С. 539-541.

Чураков, Б.П. Грибы и грибные болезни сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края / Б.П. Чураков. – Иркутск: ИГУ, 1983. – 151 с.

Чураков, Б.П. Зараженность сосны обыкновенной смоляным раком в Барнаульском ленточном бору / Б.П. Чураков // Микология и фитопатология. – 1986. – Т. 20, вып. 4. – С. 317-321.

Чураков, Б.П. Изучение видового состава грибов и характера их взаимоотношения с сосной обыкновенной в ленточных борах Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук – М.: Моск-ий гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, 1987. – 44 с.

Чураков, Б.П. Влияние рекреационных нагрузок на зараженность дуба черешчатого в Среднем Поволжье / Б.П. Чураков // Лесной журнал. 1992. - № 2. – С. 116-118.

Чураков, Б.П. Фитопатогенные грибы дубовых лесов / Б.П. Чураков // Грибные сообщества лесных экосистем. – М. – Петрозаводск, 2000. – С. 292-316.

Чураков, Б.П. Зараженность древостоев сосны сосновой губкой в различных типах леса и ее влияние на выход деловой древесины / Б.П. Чураков, А.И. Кандрашкин // Лесной журнал. – 2009 - № 3 – С. 37-41.

Шатерникова, А.Н. Влияние удлиненной подсочки на жизнедеятельность сосны / А.Н. Шатерникова // Сб. работ по лесн. хоз-ву / ЛенНИИЛХ. – 1961. – Вып.4. – С. 302-322.

Шебалова, Н.М. Микромицеты лесных почв сосновых насаждений, произрастающих в зонах техногенного загрязнения / Н.М. Шебалова, С.В. Залесов // Лесной журнал. – 2006. - № 1. – С. 29-33.

Шевченко, С.В. Лесная фитопатология / С.В. Шевченко. – Львов: Вища школа, 1978. – 320с.

Шевченко, С.В. Проблемы лесной фитопатологии в рекреационных лесах / С.В. Шевченко // Совр. проблемы лесозащиты и пути их решения. – Минск, 1985. – С. 46.

Шелухо, В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных насаждений / В.П. Шелухо. – Брянск: БГИТА, 2001. – 205 с.

Шелухо, В.П. Зонирование хвойных лесов при хроническом воздействии выбросов цементного производства / В.П. Шелухо // Лесной журнал. – 2002. - № 2. – С. 32-37.

Шелухо, В.П. Ослабление сосновых насаждений выбросами цементного производства / В.П. Шелухо // Лесной журнал. – 1997. - № 1-2. – С. 115-118.

Шелухо, В.П. Состояние спелых и перестойных ельников в районе техногенеза / В.П. Шелухо // Лесной журнал. – 2011. - № 2. – С. 23-29.

Шемякин, И.Я. Болезни сосны и борьба с ними в борах Воронежской области / И.Я. Шемякин // Восстановление боров и облесение песчаных площадей в условиях центральной лесостепи: Научн. записки ВЛТИ. – Воронеж, 1960. – Т.17. – С. 72-76.

Шеховцев, В.П. Бактериальная водянка березы в Бузулукском бору / В.П. Шеховцев // Аграрная Россия. М.: Изд-во «ФОЛИУМ», 2009. – С. 50.

Шишкин, А.С. Заяц-беляк Средней Сибири / А.С. Шишкин. – Красноярск, 1988. – 180 с.

Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике: учеб. пособ. / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

Шульгин, В.А. Влияние подсочки на некоторые физиологические процессы дерева / В.А. Шульгин // Лесной журнал – 1967. -№ 2. – С. 36-39.

Шумаков, В.С. Изменение водно-физических почв Урала под влиянием рубок и механизированных заготовок / В.С. Шумаков [и др.] // Изменение

водоохранно-защитных функций лесов под влиянием лесохозяйственных мероприятий. – М.: ВНИИЛМ, 1973.- С. 18-34.

Щекалев, Р.В. Изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения / Р.В. Щекалев, Н.В. Торлопова //10-я молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 15-17 апреля 2003 г.): Мат-лы докл. – Сыктывкар, 2003. – С. 238-240.

Щекалев, Р.В. Продуктивность сосновых древостоев устья Северной Двины в условиях длительного аэротехногенного воздействия / Р.В. Щекалев [и др.] // Труды международной конференции «Проблемы физиологии растений Севера» (15-18 июня 2004 г., г. Петрозаводск). – Петрозаводск, 2004. – С. 212.

Щекалев, Р.В. Радиальный прирост и качество древесины в условиях атмосферного загрязнения / Р.В. Щекалев, С.Н. Тарханов. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2006. – 127 с.

Щекалев, Р.В. Радиальный прирост сосны обыкновенной как индикатор загрязнения лесных экосистем бассейна Северной Двины / Р.В. Щекалев, С.Н. Тарханов // 11-й международный симпозиум по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга» (Сыктывкар, 17-21 сентября 2001 г.). – Сыктывкар, 2001. – С. 212.

Щербин-Парфененко, А.Л. Бактериальные заболевания лесных пород / А.Л. Щербин-Парфененко. – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 148 с.

Щербин-Парфененко, А.Л., Лигачев Н.Ф., Емельянова Н.Ф. Новая бактериальная болезнь бука и других пород / А.Л. Щербин-Парфененко, Н.Ф. Лигачев, Н.Ф. Емельянова // Фитопатогенные бактерии. – Киев: Наукова думка, 1975. – С. 285-288.

Экологическое состояние пригородных лесов Красноярск / отв. ред. д-р биол. наук, проф. Л. И. Милютин. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 179 с.

Эколого-экономическое обоснование организации охранной зоны национального парка «Шушенский бор»: общая пояснительная записка. – Шушенское, 2002. – 52 с.

Эмисис, И.В. Рекреационное использование лесов Латвийской ССР / И.В. Эмисис. – Рига: Зинатне, 1989. – 133 с.

Якименко, Е.Е. Микромицеты почв лесных питомников и их роль в патогенезе сеянцев хвойных: : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.Е. Якименко. – Красноярск, 1994. – 20 с.

Ярмишко, В.Т. Вертикально-фракционная структура надземной фитомассы сосны обыкновенной на северном пределе распространения и изменения ее под влиянием промышленного атмосферного загрязнения / В.Т. Ярмишко // География и геоэкология: юбилейные Герценовские чтения (Санкт-Петербург, 14-15 апреля 1999 г.). – СПб, 1999. – С. 27-45.

Ярмишко, В.Т. Влияние атмосферного загрязнения на состояние лесных экосистем северо-запада Российской Федерации / В.Т. Ярмишко // Междунар. науч. конф. «Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы» (Москва, 1996 г.): Тез. докл. – 1996 – Т. 1. – С. 5-7.

Ярмишко, В.Т. Влияние промышленного загрязнения на состояние лесов Новгородской области / В.Т. Ярмишко [и др.] // Растит. ресурсы. – 1998. - № 4. – С. 1-17.

Ярмишко, В.Т. Оценка состояния подземных органов растений в условиях промышленного загрязнения / В.Т. Ярмишко // Всесоюз. школа «Влияние промышленных предприятий на окружающую среду» (Звенигород, 4-8 декабря 1984 г.): Тез. докл. – Пущино, 1984. – С. 230-231.

Ярошенко, А.Ю. Малонарушенные лесные территории Европейского Севера России / А.Ю. Ярошенко, П.В. Потапов, С.А. Турубанова. – М.: Гринпис России, 2001. – 75 с.

Aufaess, H. Die wichtigsten Erreger von Wundfaulen in Nadelholzbestaben / H. Aufaess // Proc. 5th Int. Conf. Probl. Root and Butt Rot Conifers, Kassel, 1978. – Hann.Munden, 1980. – S. 306-321.

Bacterial wetwood and slime flux of landscape trees // Report on Plant disease. RPD. – September, 1999. - № 656. – P. 1-5.

Baucker, E. Wood properties of heavily pollution-damaged spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the high-altitude zones of the eastern parts of Erzgebirge. / E. Baucker [et al.] // Holz als Roh- und Werkstoff. – 1996. – Vol. 54. – N. 4. – P. 251-258.

Bermadinger, E. Physiology of young Norway spruce / E. Bermadinger, H. Guttenberger, D. Grill // Environmental Pollution. – 1990. – Vol. 68. - № 3-4. – P. 319-330.

Berryman, A. Toward a united theory of plant defense / A. Berryman // In: Mechanism of woody plant defenses against insects. Search for pattern. Eds.: W.J. Mattson, J. Levieux, C. Bernard-Dagan. – Springer-Verlag, New-York – Berlin – Heidelberg – London – Paris – Tokyo. – 1988. – P.39-55.

Boubel, R.W. Fundamentals of Air Pollution. Third Edition. / R.W. Boubel, D.L. Fox, D.B. Turner, A.C. Stern – San Diego; New York; Boston; London; Sydney; Tokyo; Toronto: Academic Press, 1994. – 573 p.

Buiculescu, J. The influence of airpolluting gases on some plant metabolism / J. Buiculescu [et al.] // Revue Romaine de biologie. serie biologie veg. – 1978. – 23. - № 2. – P. 187-193.

Butin, H. Über den Einfluss des Wassergehaltes der Pappel auf ihre Resistenz gegen über *Cytospora chrysosperma* [Pers.] Fr. / H. Butin // Phytopathol. – 1955. – Z. 24. - № 3. – P. 245-264.

Buzykin, A.I. Disturbance in the scots pine forest of South Siberia caused by occasional storm winds / A.I. Buzykin, L.S. Pchenishnicova, N.M. Tcebakova // Disturbance in boreal forest ecosystem: human impacts and natural processes. – Duluth, Minnesota, USA, 2000. – P. 182-186.

Cervikova, H. Zur Problematik der Wundfaule von Nadelholzern in Osteuropa / H. Cervikova // Proc. 5th Jnt. Conf.Probl. Root and Butt Rot Conifers, Kassel, 1978. – Hann.Munden, 1980. – S. 276-282.

Climate Change Impacts. Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific – Technical Analyses, 1995, 1996. – P. 267-275.

Davis, C. Field guide to tree diseases of Ontario / C. Davis, T. Meyer. – 2004. – 137 p.

Domanski, S. Fungi occurring in forests injured by air pollutants in the upper Silesia and Cracow industrial regions of Poland. VI. Higher fungi colonizing the roots of trees in converted forest stands / S. Domanski // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. – 1978 – 42 (3). – P. 285-295.

Faull, J.H. The treatment of decayed wood in and outside the mill / J.H. Faull/ - 1926.

Fedorkov, A. Influence of air pollution on seed quality of *Picea obovata* / A. Fedorkov // *Eur. J. Forest Pathol.* – 1999. – 29. - № 5. – P. 371-375.

Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia / Ed. I.G. Goldammer, V.V. Furyaev. – Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1996. – 528 p.

Fischer, W. Vegetationskundliche Aspekte der Ruderlisation von Waldstandorten im Berliner Gebiet / W. Fischer // *Arch. Naturschutz und Landschaftsforsch.* – 1975. – Bd. 15. – N 1. – S. 21-32.

Grill, D. Effects of sulfur dioxide on glutathione in leaves of plants / D. Grill, H. Esterbauer, U. Si Klosch // *Environmental Pollution*. – Ser. A. – 1979. - № 17. – P. 187-194.

Grzywacz, A. Sensitivity of *Fomes annosus* Er. Cooke and *Schizophyllum commune* Er. to air pollution with sulphur dioxide / A. Grzywacz // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* – 1973. – 42. – P. 347-360.

Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control / edited by S. Woodward et al. CAB International, Wallingford, UK. – 1998. – 590 p.

Heydeck P. Bedeutung des Wurzelschwammes im nordostdeutschen Tiefland / P. Heydeck // *AFZ/Wald*. – 2000. – 55, № 14. – P. 742-744.

Hui-quan, B. Introduction of *Pinus radiata* for afforestation: a review with reference to Aba, China / B. Hui-quan [et. al.] // *Journal of Forestry Research*. – 2003. – V. 14. – P. 311-322.

Ivanova, A. Bio-indication of stress in *Betula pendula* in conditions of pollution in Sofia / A. Ivanova, V. Velicova // *Fiziologiya na Rasteniya*. – 1990. – Vol. 16. - №3. – P. 76.

Kaitera, J. Analysis of *Cronartium flaccidum* lesion development on pole-stage Scots pine / J. Kaitera // *Silva Fennica*. – 2000. – V. 34. – P. 21-27.

Kellomäki, S. Deterioration of forest ground cover during trampling / S. Kellomäki // *Silva fenn.* – 1977. – Vol. 11. – N 3. – P. 153-161.

Koev, K.S. Research on resistibility of *Sophora japonica* to antropogenic pollution / K.S. Коев // *Науч. тр. Биол. / Пловдив. унив.* – 1998. – 34. - № 6. – P. 119-125.

Kolk, A. Z badań nad wpływem żywicowania na stan zdrowotny drzew / A. Kolk, Z. Sierota // *Prace Inst. Badawczego Leśn.* – Warszawa, 1979. - № 542-548. – S. 177-187.

Korhonen, K. Fungi belonging to the genera *Heterobasidion* and *Armillaria* in Eurasia / K. Korhonen. // *Грибные сообщества лесных экосистем: материалы координационных исследований; под. ред. В.Г. Стороженко, В.И. Крутова.* – Москва-Петрозаводск, 2004. – Том 2. – С. 89-113.

Korolevski, P. Visibl and invisibl injuru to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) / P. Korolevski // *Arboretum Kórnickie*. – 1991. – № 5. – P. 127-136.

Kovačević, N. Prilog poznavanju mikoflore na stablima oštećenim požarom 1973 godine u Deliblatskoj peščari / N. Kovacevic. – *Šumarstvo*, 1979. – g. 32. – Br. 2/3. – S. 21-37.

Kozlov, M.V. Shoot fluctuation asymmetry: A new and objective stress index in Norway spruce (*Picea abies*) / M.V. Kozlov, E.L. Zvereva, P. Niemela // *Can. J. Forest Res.* – 2001. – 31. - № 7. – P. 1289-1291.

Kozlowski T.T. Permeability of plant cuticles to gaseous air pollutants / T.T. Kozlowski // *Gaseous Air Pollutants and Plant Metab.* – London: Buttersworth, 1980. – P. 77-81.

Kudashova, F.N. Biochemical changes fir-tree sibirica under the influens of air pollution / F.N. Kudashova // *Abstr. Intern. Conf. JUFRO «Interactiv environmental effects on forest stands»*: New Zeland. – 1995. – P. 76.

Lockaby, B.C. Camping effects on selected soil and vegetative properties / B.C. Lockaby, B.A. Dunn // J. Soil and Water Conserv. – 1984. – Vol. 39. – N 3. – P. 215-216.

Malhotra, S.S. Effects of sulphur dioxide amino acids content of pine seedling / S.S. Malhotra, S.K. Sarcars // Pusiological Plant. – 1979. – P. 223-238.

Malhotra, S.S. Effects of sulphur dioxide and other air pollutants on asid phosphatase activity in pine seedlings / S.S. Malhotra, A.A. Khan // Biochem. Physiol. Pflanz. – 1980. – Bd. 175. – № 3. – P. 228-236.

Mann, E. Verbreitung des Kiefernbaums chwammes in der DDR / E. Mann // Arch. f. Forstwes. – 1967. - № 6/9. – S. 809-812.

Moricca, S. Heterogeneity in intergenic regions of the ribosomal repeat of the pine-blister rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* / S. Moricca [et. al.] // *Current Genetics*. – 1996. – V. 29. – P. 388-394.

Nylund, L. Radial growth of Scots pine at some camping sites in Southern Finland / L. Nylund, M. Nylund, S. Kellomaki, A. Haapanen // *Silva fenn.* – 1980. – Vol. 14. – N 1. – P. 1-13.

Onuchin, A.A. Land use impacts on river hydrological regimes in Northern Asia / A.A. Onuchin [et. al.] // *Hydroinform. Hydrol., Hydrogeol. Water Res.* – IAHS, 2009. – P. 163-170.

Orlos. Badania nad wysypani zarodnikow grzybow z rodziny Polyporaceae / Orlos, Henryk // *Prace Instytutu Baduczego Lesnictwa.* – 1960. - Nr.193, 194. – Str. 101-112.

Ozkazanc, Nuri Kaan. Some important shoot and stem fungi in pine (*Pinus* spp.) and firs (*Abies* sp.) in western Blacksea region, Turkey / Nuri Kaan Ozkazanc, Salih Maden. // *Bartın Orman Fakültesi Dergisi.* – 2013. - Cilt: 15, Sayı: 1-2. – P. 32-38.

Penca, M. Influence of SO₂ on peroxidase of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. // *Acta Univ. Arg.* – 1985. – Vol. 54. – № 1-2. – P. 35-47.

Ramsfield, T. D. A DNA-based method for detection of *Peridermium harknessii*, the causal agent of western gall rust / T.D. Ramsfield, D.R. Vogler // *Australasian Plant Pathology.* – 2010. – V. 39. – P. 247-253.

Rao, K.S. Seasonal cambial anatomy and development of xylem in *Dalbergia sissoo* growing under the influence of combined air pollutants / K.S. Rao, K.S. Rajput, T. Srinivas // *Journal of Sustainable Forestry*. – 2004. – V. 18. – N. 1. – P. 73-88.

Rosso, P. Tree vigour and the susceptibility of Douglas fir to *Armillaria* root disease / P. Rosso, E. Hansen // *Eur. J. Forest Pathol.* – 1998. – 28. - №1. – P. 43-52.

Santini, A. Biogeographic patterns and determinants of invasion by alien forest pathogenic fungi in Europe / A. Santini [et. al.] // *New Phytologist*. – 2013. - № 197. – P. 238-250.

Seletkovic, Z. Ostećenost sumskih ekosustava razlicitih stanisnih prilika u Republici Hrvatskoj / Z. Seletkovic, I. Tikvic // *Zast. suma ipridobiv. drva: Znan. kn.* 2. – Zagreb, 1996. – P. 81-88.

Settergen, C.D. Recreational effects on soil and vegetation in the Missouri Ozarks / C.D. Settergen, D.M. Cole // *J. Forestry*. – 1970. – Vol. 68. – N 4. – P. 231-233.

Shaw, C.G., *Armillaria* root disease / C.G. Shaw, G.A. Kile // *Agriculture Handbook*. – Washington D.C. – 1991. – № 691. – P. 233.

Shink B. Microbiology of Wetwood Role of Anaerobic Bacterial Populations in Living Trees / B. Shink, J.C. Ward, G. Zeikus // *Journal of General Microbiology*. – 1981, 123. – P 313-322.

Šomšak, L. The influence of tourism upon the vegetation of the Hight Tatras / L. Šomšak, F. Kubiček, I. Haberova, E. Majzlánová // *Biológia (ČSSR)*. – 1979. – Vol. 34 – № 7. – P. 571-582.

Stankevičiene, A. Phytosanitary condition of woody plants growing in forest parks in the city of Lithuania / A. Stankevičiene // *Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Матер. 9-й Междунар. конф. (Минск – Москва – Петрозаводск, 19-24 октября 2015 г.)* – Минск: БГТУ, 2015. – С. 201-204.

Strong, D.K. Species richness of parasitic fungi of British trees / D.K. Strong, D.A. Levin // *Proc. Nat. Acad. Sco. US*. – 1975. – Vol. 72. – P. 2116-2119.

Sylvia, D. Investigation on the nitrogen metabolism of spruce needles in relation to the occurrence of novel forest decline / D. Sylvia, A. Wild // *J. Plant Physiol.* – 1988. – Vol. 132. – P. 491-498.

Szepesi, A. Forest health status in Hungary / A. Szepesi // Environ. Pollut. – 1997. – 98. - № 3. – P. 393-398.

Torelli, N. Detecting changes in tree health and productivity of silver fir in Slovenia / N. Torelli [et al.] // Europ. J. For. Pathology. – 1999. – V. 29. – N. 3. – P. 189-195.

Trofimova, I.Ye. Experimental Remote Sensing Research on the Thermal State of Geosystems / I.Ye. Trofimova, T.I. Konovalova // Mapping Sciences and Remote Sensing. – Vol. 35. - № 4. – October-December 1998. – P. 262-269.

Vertui, F. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) die – back by unknown causes in the Aosta Valley, Italy / F. Vertui, F. Tagliaferro // Chemosphere. – 1998. – 36. - № 4-5. – P. 1061-1065.

Viskari, E.L. Responses of spruce seedlings (*Picea abies*) to exhaust gas under laboratory conditions / E.L. Viskari, T. Holopainen, L. Karenlampi // Environ. Pollut. – 2000. – 107. - № 1. – P. 99-107.

Ward, J.C. Wetwood in Trees: A Timber Resource Problem. Report PNW – 112 / J.C. Ward, W.Y. Pong. – United States Department of Agriculture Forest Service Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station General Technical. – August 1980. – 57 p.

Woodwell, G.M. Biotic Feedbacks in the Global Climate System: Will the Warming Feed the Warming? / G.M. Woodwell, F.T. Mackenzie. – New York: Oxford University Press, 1995. – P. 116-132.

Wulff, S. Adapting forest health assessments to changing perspectives on threats – a case example from Sweden / S. Wulff [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2012. – V. 184 – P. 2453-2464.

Zambino, P.J. A paradigm shift for white pine blister rust: non-ribes alternate hosts of *Cronartium ribicola* in North America / P.J. Zambino [et al.] // Proceedings of the fifty-third Western International Forest Disease Work Conference. – 2005. – P. 161-163.

Zhang, X.Y. Blister rusts in China: hosts, pathogens, and management / X.Y. Zhang [et al.] // For. Path. – 2010. – V. 40. – P. 369-381.

Zwolinski, J. Produkcyjność drzewostanów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) w gradiencie skzen przemysłowych / J. Zwolinski, S. Orzel // Pr. Inst. bad. les. A. – 2000. - № 892-894. – P. 75-98.

Приложение А

(обязательное)

Лесоводственно-таксационная характеристика пробных площадей в сосняках
Красноярского Приангарья

ПП	Состав древостоя, тип леса	Тип условий местообразо- вания	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота
1	2	3	4	5	6	7	8
Лишайниковая группа типов леса							
Д2	10С, бруснично-лишайниковый	А1	138	19	27,9	4	0,5
Д5	10С, бруснично-толокнянковый	В1	80	20	23,8	3	0,6
Д6	10С, бруснично-лишайниковый	В1	179	24	30,7	3	0,5
Д7	10С, бруснично-лишайниковый	В1	170	23	32,0	3	0,4
Д10	10С, бруснично-лишайниковый	А1	135	18	26,4	4	0,5
Д14	10С, бруснично-лишайниковый	А1	182	21	41,5	4	0,4
Д15	10С, бруснично-лишайниковый	А1	155	21	38,7	4	0,4
Д22	10С+Л, бруснично-лишайниковый	А1	147	24	30,2	3	0,4
Д25	10С, бруснично-лишайниковый	А1	164	24	35,2	3	0,4
Д29	10С, толокнянково-лишайниковый	А1	173	22	34,5	4	0,3
А3	10С, бруснично-лишайниковый	А1	89	18	20,6	4	0,7
А4	10С, бруснично-лишайниковый	А1	115	21	27,3	4	0,4
А8	10С, бруснично-лишайниковый	А1	74	18	19,9	3	0,6
У3	10С, бруснично-лишайниковый	А2	74	17	19,4	3	0,6
У20	10С, бруснично-толокнянковый	А2	195	22	29,7	4	0,7
Н8	10С, бруснично-лишайниковый	А2	170	23	24,4	3	0,7
Н9	10С, бруснично-лишайниковый	А2	59	13	15,7	4	0,8
Н10	10СедЛ, толокнянково-лишайниковый	А1	116	21	22,3	4	0,7
Н12	10С+Л, бруснично-толокнянковый	А2	117	22	25,7	3	0,6
Н13	10С, бруснично-лишайниковый	А2	136	20	26,4	4	0,6
Н15	10СедЛ, бруснично-толокнянковый	А2	143	21	22,3	4	0,5
Н17	10СедЛ, бруснично-лишайниковый	А2	170	22	27,2	4	0,5
Зеленомошная группа типов леса							
Д1	10С, бруснично-зеленомошный	В2	136	23	33,3	3	0,5
Д3	10С, бруснично-зеленомошный	В2	116	19	22,8	4	0,6
Д4	10С, бруснично-зеленомошный	А2	143	22	26,2	4	0,7
Д8	10С, бруснично-зеленомошный	В2	226	26	31,8	3	0,5
Д9	10СедБ, бруснично-зеленомошный	В2	59	14	16,8	3	0,8

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8
Д11	8С2БедОс, бруснично-зеленомошный	С2	56	17	19,2	2	0,7
Д20	10С+Б, зеленомошно-брусничный	В3	56	14	16,9	3	0,5
Д26	10СедБ, бруснично-зеленомошный	В2	74	20	23,8	2	0,5
А1	10СедЛ, бруснично-зеленомошный	В2	110	23	29,8	3	0,5
А5	10С, бруснично-зеленомошный	В2	121	23	25,2	3	0,8
А6	10СедЛ, бруснично-зеленомошный	В2	128	23	26,8	3	0,7
А7	10С, бруснично-зеленомошный	В3	108	17	19,6	4	0,7
У2	9С1БедЛ,Ос, чернично-зеленомошный	В3	83	22	25,3	2	0,5
У9	10С, бруснично-зеленомошный	В2	78	22	28,2	2	0,7
У10	10С, бруснично-зеленомошный	В2	81	19	21,1	3	0,5
У15	9С1Е, бруснично-зеленомошный	В3	59	18	24,4	2	0,7
У17	10С, бруснично-зеленомошный	В2	117	26	31,4	2	0,5
Н1	9С1Л, зеленомошно-брусничный	В3	131	24	27,1	3	0,6
Н2	9С1Л, бруснично-зеленомошный	В3	76	18	19,1	3	0,6
Н3	9С1Л, бруснично-зеленомошный	В2	119	26	26	2	0,5
Н4	9С1Л, бруснично-зеленомошный	В2	250	26	30,7	3	0,5
Н5	10СедЛ, бруснично-зеленомошный	В3	147	26	25,5	3	0,5
Н6	8С2Б+Л,Ос, чернично-зеленомошный	С3	67	22	24,6	1	0,8
Н7	8С2ЛедБ, зеленомошный	В2	134	26	23,7	2	0,4
Н11	10С, бруснично-зеленомошный	В3	173	27	29,1	2	0,8
Н14	9С1Б, зеленомошный	В3	200	25	30,7	3	0,7
Н16	10СедЛ,Б, чернично-зеленомошный	В2	183	27	29,4	2	0,6
Разнотравная группа типов леса							
Д12	10СедБ, бруснично-разнотравный	В2	71	19	19,6	2	0,6
Д13	9С1Б, разнотравный	С2	81	22	35,1	2	0,4
Д16	10С, разнотравный	С2	83	21	37,9	2	0,4
Д17	10СедБ, бруснично-разнотравный	С2	107	26	38,7	2	0,5
Д18	10С, бруснично-разнотравный	В2	129	27	30,7	2	0,4
Д19	10СедБ, бруснично-разнотравный	В2	50	18	19,6	1	0,6
Д21	10СедЛ,Б, бруснично-разнотравный	С2	128	26	33,2	2	0,4
Д23	10СедЛ, бруснично-разнотравный	В2	220	27	42,6	2	0,4
Д24	10С+Л, разнотравный	С2	236	27	46,8	2	0,4
Д27	10СедЕ, разнотравный	С2	50	20	24,4	1	0,6
Д28	10С, бруснично-разнотравный	В2	129	26	34,3	2	0,5
Д30	10СедБ, бруснично-разнотравный	В2	57	17	21,8	2	0,7

Окончание приложения А

1	2	3	4	5	6	7	8
A2	10С, бруснично-разнотравный	B3	78	18	20,4	3	0,8
У1	8С2ЛедЕ,Б,Ос, зеленомошно-разнотравный	С2	75	22	27,7	2	0,6
У4	7С2Б1Е, разнотравный	С2	55	21	28,3	1	0,7
У5	5С3Б1Л1Е, осочково-разнотравный	B2	63	23	33,8	1	0,4
У6	6С3Б1Л, разнотравный	С2	73	24	31,2	1	0,5
У7	5С4Б1Л, разнотравный	С2	76	26	34,7	1	0,5
У8	5С5БедЛ, осочково-разнотравный	B3	65	21	28,1	2	0,6
У11	10С+Л, бруснично-разнотравный	B2	108	21	22,3	3	0,5
У12	6С3Л2Б, разнотравный	С2	69	19	20,9	2	0,8
У13	7С3Б, разнотравный	С3	59	19	28,1	2	0,6
У14	7С3БедЕ, разнотравный	С3	71	24	34,5	1	0,5
У16	7С2Ос1Л, разнотравный	С3	135	27	40,1	2	0,6
У18	6С2Б1Л1Ос, разнотравный	С3	104	27	43,2	1	0,5
У19	9С1Б+Л, разнотравный	С2	112	26	29,9	2	0,9

Приложение Б

(обязательное)

Таблица Б.1 – Лесоводственно-таксационная характеристика пробных площадей в сосняках Красноярской группы районов

ПП	Состав древостоя, тип леса	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота	Стадия рекреационной дигрессии
1	2	3	4	5	6	7	8
Таежные леса							
Караульное лесничество Учлесхоза СибГТУ							
1	10С+Б, разнотравный	110	27,5	30,9	2	0,8	II
2	10С+Б, орляково-разнотравный	110	24,0	37,4	3	0,7	I
3	10СедБ, разнотравный	106	26,5	36,0	2	0,9	II
4	10С, осочково-разнотравный	110	25,0	31,8	2	0,6	IV
5	9С1Б, осочково-разнотравный	108	25,5	38,7	2	0,7	< I
г/з «Столбы»							
1	7С2Л1Б, разнотравный	120	24,0	27,5	3	0,7	< I
2	9С1Л+Б, разнотравный	120	23,8	26,6	3	0,7	< I
3	8С1Л1Б, разнотравный	120	24,0	27,9	3	0,7	< I
4	9С1Л+Б, разнотравный	115	24,2	32,6	3	0,7	< I
5	8С1Л1БедП,Е, осочково-разнотравный	125	24,6	26,3	3	0,6	IV
6	8С2Б+Л,ПедЕ, осочково-разнотравный	125	25,0	29,7	3	0,6	II
Лесостепь							
Березовский бор							
1	10С, осочково-разнотравный	90	16,1	19,8	4	0,8	IV
2	10С+Б, осочково-разнотравный	100	23,4	36,3	3	0,7	III
3	10СедБ, осочково-разнотравный	110	23,1	45,9	3	0,6	IV
4	10С, осочково-разнотравный	70	17,6	19,0	3	0,7	III
5	10С, осочково-разнотравный	100	22,0	43,8	3	0,7	III
6	10С, разнотравный	100	23,4	44,3	3	0,7	III
7	10С+Б, разнотравный	100	22,8	43,3	3	0,7	III
Есаульский бор							
1	10С, разнотравно-зеленомошный	110	19,7	33,2	4	0,7	II
2	10С, разнотравно-зеленомошный	120	29,3	34,4	2	0,8	II
3	10С, зеленомошно-разнотравный	120	26,0	38,0	2	0,8	III
Погорельский бор							
1	10СедЛ,Б, зеленомошно-разнотравный	100	27,3	35,8	1	0,9	< I
2	10С, осочково-разнотравный	110	25,5	28,4	2	0,8	III
3	10С, осочково-разнотравный	117	26,5	32,0	2	1	< I

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	10С, осочково-разнотравный	110	26,1	27,6	2	0,9	II
Юксеевский бор							
1	10С, осочково-разнотравный	61	24,5	26,3	1а	0,9	I
2	10С, осочково-разнотравный	71	29,8	35,8	1а	0,9	I
3	10С, разнотравный	90	26,8	42,6	1	0,8	II

Таблица Б.2 – Лесоводственно-таксационная характеристика пробных площадей в березняках Красноярской группы районов

ПП	Состав древостоя, тип леса	Средний возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Бонитет	Полнота	Почвы по увлажнению	Стадия рекреационной дигрессии
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Таежные леса								
Красноярское лесничество (юго-восточная часть)								
1	10Б+Ос едС, осочково-разнотравный	55	17,0	17,7	3	0,8	свеж.	II
2	10Б едС,Л, осочково-крупнотравный	75	22,5	23,7	2	0,6	влаж.	III
3	10Б+С едОс,Л, разнотравно-орляковый	60	21,0	21,3	2	0,7	влаж.	I
Маганское лесничество								
4	8Б2С+Ос, разнотравно-орляковый	75	28,0	29,4	1	0,8	влаж.	I
5	10Б едОс, осочково-разнотравный	84	21,0	24,2	3	0,7	свеж.	I
6	9Б1Ос+С, орляково-разнотравный	90	25,0	26,8	2	0,6	влаж.	I
Мининское лесничество								
7	10Б едС,Ос, орляково-крупнотравный	86	24,0	31,9	2	0,8	влаж.	
8	10Б, разнотравный	90	22,5	32,8	3	0,5	свеж.	IV
9	10Б, орляково-разнотравный	5	27,5	30,8	1	0,7	влаж.	I
10	10Б едС, крупнотравно-орляковый	100	26,5	34,6	2	0,6	влаж.	III
11	10Б едОс, разнотравный	98	25,5	34,0	2	0,5	свеж.	IV
12	9Б1С, орляково-разнотравный	96	28,5	40,4	1	0,6	влаж.	III

Окончание таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	9Б1С едОс,П, орляково-крупнотравный	101	28,0	31,4	1	0,6	влаж.	I
14	8Б2С, вейниково-разнотравный	91	25,0	32,4	2	0,7	свеж.	I
15	8Б2С+Ос, вейниково-разнотравный	86	24,5	26,2	2	0,7	свеж.	I
16	6Б4С, разнотравный	88	24,8	26,9	2	0,8	влаж.	II
Лесостепь								
Балахтинское лесничество								
17	10Б+Ос, осочково-разнотравный	81	22,0	29,0	3	0,8	влаж.	II
18	10Б, осочково-разнотравный	71	23,5	25,6	2	0,9	влаж.	I
19	10Б, разнотравный	81	23,0	22,8	2	0,7	свеж.	III
Большемуртинское лесничество								
20	10Б, осочково-разнотравный	55	20,0	19,0	2	0,8	влаж.	I
21	10Б, осочковый	60	17,0	18,5	3	0,6	свеж.	III
22	10Б+С, осочково-крупнотравный	55	19,5	20,7	2	0,7	влаж.	I
Емельяновское лесничество								
23	10Б+Ос,С, разнотравный	66	21,5	22,1	2	0,6	свеж.	II
24	9Б1С, разнотравно-осочковый	65	24,5	25,3	1	0,7	влаж.	I
25	9Б1С+Л,Е, разнотравно-осочковый	65	18,5	21,3	3	0,7	влаж.	I
26	9Б1С едЛ,Е, разнотравный	60	18,0	21,2	3	0,7	влаж.	I
27	9Б1С едОс, вейниково-разнотравный	50	15,5	16,4	3	0,6	свеж.	II
Красноярское лесничество (восточная часть)								
28	10Б, злаково-разнотравный	50	15,5	15,4	3	0,5	свеж.	I
29	10Б+С, осочково-разнотравный	45	15,0	14,2	3	0,5	свеж.	I
30	10Б, разнотравный	45	17,5	17,0	2	0,6	влаж.	II
31	10Б едС, разнотравный	55	16,5	17,0	3	0,8	влаж.	IV