

На правах рукописи



Лежнев Даниил Викторович

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ
В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Научный руководитель: **Коротков Сергей Александрович**, кандидат биологических наук, ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра лесоводства, экологии и защиты леса, доцент

Официальные оппоненты: **Нагимов Зуфар Ягфарович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», институт леса и природопользования, директор

Кухта Анна Евгеньевна, кандидат биологических наук, ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля», отдел оценки загрязнения окружающей среды, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ)
141202, Пушкино, ул. Институтская д.15

Защита состоится «10» декабря 2025 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета 24.2.381.02 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» по адресу: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, главное здание, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова и на сайте: <https://spbftu.ru/dissertation-councils/dissertation-156>

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р. с.-х. наук, профессор



Жигунов Анатолий Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В Московском регионе сосновые леса занимают 20,5% от всей лесопокрытой площади (Лесной план..., 2018; Korotkov et al., 2023). На протяжении последних десятилетий на структурную организацию и естественную динамику сосновых фитоценозов Московского региона оказывает влияние ограниченный режим лесопользования (Рысин, 2012; Писаренко, 2014; Моисеев, 2016). Вместе с тем меняется как интенсивность воздействия антропогенных факторов на формирование сосновых лесов, так и их сочетание.

В настоящее время сложились особые условия для роста и развития сосновых насаждений (Беднова, Кузнецов, Тарасова, 2018; Черногаева, Жадановская, Малеванов, 2019; Полякова, Меланхолин, 2019; Маслов, 2020). На урбанизированных территориях важной проблемой является сохранение длительно и эффективно функционирующих сосновых фитоценозов. Актуален вопрос отклика лесных фитоценозов на значительное изменение экзогенных факторов (Лукина и др., 2015; Черненкова и др., 2019; Дубенок, Кузьмичев, Лебедев, 2020; Коротков, 2023; Глазунов и др., 2024).

Важное значение имеют многолетние стационарные исследования на одних и тех же участках, так как непрерывность получения данных позволяет объективно оценить протекающие сукцессионные процессы в лесных фитоценозах (Абатуров, Меланхолин, 2004; Быков и др., 2008).

Степень разработанности темы. Изучению структуры и динамики сосновых фитоценозов посвящены многочисленные исследования в различных лесорастительных условиях. Этой проблеме уделяют значительное внимание как отечественные, так и зарубежные исследователи: Г.Ф. Морозов (1912), А.В. Тюрин (1924), Н.В. Третьяков (1927), К.К. Высоцкий (1962), В.Н. Сукачев (1964), И.С. Мелехов (1968), Л.П. Рысин (1969), З.Я. Нагимов (1984), А.В. Абатуров, П.Н. Меланхолин (2004), В.А. Усольцев (2010), И.Н. Кутявин (2013), А.В. Лебедев (2019), С.А. Коротков (2023), I. Steijlen, O. Zackrisson (1987), A. Jansons, I. Baumanis (2005), D.M. Richardson et al. (2007), V. Sensula et al. (2015), M. Del Rio et al. (2016), E. Conte et al. (2018), J. Oleksyn et al. (2020), M. Ara et al. (2022), M. Fassl, P. Linder, L. Ostlund (2024), J. Brichta et al. (2024). Интерес к изучению сосновых лесов, в частности, расположенных на урбанизированных территориях в последние десятилетия неизменно остается высоким. Получение информации о трансформации сосновых фитоценозов, находящихся под воздействием различных экологических и антропогенных факторов в Московском регионе, вызывает необходимость комплексного изучения структурно-функциональной организации и их динамики. Особенно важен вид-эдификатор растительных сообществ – *Pinus sylvestris* L. От ее долговечности, продуктивности и успешности естественного возобновления зависит будущее остальных растительных компонентов.

Цель исследования – выявить особенности структуры и современной динамики сосновых фитоценозов в условиях Московского региона по материалам длительных наблюдений на постоянных пробных площадях и оценить возможные направления их дальнейшего развития.

Задачи:

1. Изучить естественную динамику сосновых древостоев Московского региона за 25-летний период, проанализировав их показатели роста, производительности и структурных особенностей.

2. Оценить структуру ценопопуляций древесных растений в сосновых насаждениях и определить сукцессионное состояние растительных сообществ, с учетом особенностей лесопользования в регионе исследования.

3. Проанализировать флористическое разнообразие травяно-кустарничкового яруса в сосновых фитоценозах, оценить эколого-ценотическую структуру и установить факторы, влияющие на ее изменение.

4. Выявить закономерности восстановительной динамики сосновых фитоценозов в ландшафтах надпойменных террас р. Москва после ветровала с последующей сплошной санитарной рубкой.

Научная новизна работы. Впервые за последние десятилетия получены новые данные комплексных исследований по росту, производительности и структуре сосновых фитоценозов Московского региона. Выполнен анализ динамики их основных компонентов в условиях урбанизированной среды. Выявлены направления изменения породного состава сосновых древостоев и даны прогнозные оценки на будущее. Дана оценка восстановительной динамики сосновых фитоценозов на начальных стадиях сукцессии в ландшафтах надпойменных террас р. Москвы после ветровала с последующей сплошной санитарной рубкой.

Теоретическая и практическая значимость. Получены актуальные данные о структурных особенностях и закономерностях формирования сосновых фитоценозов в сложных типах леса Московского региона. По результатам исследования показано, что в данных лесорастительных условиях сосновые фитоценозы естественного происхождения в возрасте более 200 лет сохраняют высокую производительность. Установлено, что в настоящий момент в сосновых фитоценозах региона исследования протекает последовательная закономерная смена одного биоценоза на другой в результате комплексного негативного внешнего воздействия, изменения климата и ограниченного режима лесопользования, что приводит к трансформации сосновых на смешанные хвойно-широколиственные фитоценозы. Материалы исследования могут использоваться при лесопользовании в урбанизированной среде с целью повышения долговечности и устойчивости сосняков.

Результаты исследования используются при проведении научно-исследовательской работы по заказу Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: «Структура, динамика и производительность естественных и искусственных лесных сообществ в центре Русской равнины» и научно-исследовательской работы «BaumanGoGreen» МГТУ имени Н.Э. Баумана в рамках программы «Приоритет 2030»: «Создание прототипа цифрового двойника локального участка леса, как элемента системы климатического мониторинга. ПРИОР/СН/НУ/22/СП1/4».

Методология и методы исследования. В основу исследования положен традиционный метод долговременных наблюдений на постоянных пробных площадях (ППП). Изучались основные ценоэлементы лесного фитоценоза. Объектами исследования выбраны репрезентативные сосновые фитоценозы: тип лесорастительных условий С₂ – С₃, тип леса – сосняк сложный, а также вырубки после проведения сплошных санитарных рубок на месте ветровала, тип лесорастительных условий В₂.

В исследовании использовался комплексный подход по изучению роста и производительности, а также структурной организации сосновых фитоценозов. Системный анализ позволяет рассматривать лесной фитоценоз как сложную систему, где все элементы взаимосвязаны и взаимодействуют между собой. Применение комплексного подхода в современной лесной экологии позволяет дать оценку протекающих процессов, происходящих в лесах, прогнозировать состояние, оценивать параметры формирующихся лесных фитоценозов.

Обработка результатов, полученных в ходе полевых работ осуществлялась с использованием методов математической статистики (описательная статистика, корреляционный и регрессионный анализ, методы проверки статистических гипотез), применяемых в естественных науках. Все статистические выводы сделаны при $p = 0,05$. Анализ данных выполнялся с использованием прикладного пакета Microsoft Excel и программы STATISTICA 12.0.

Положения, выносимые на защиту:

1. Сосновые сообщества естественного происхождения в условиях Московского региона отличаются достаточно высокой долговечностью. В старовозрастных сосновых древостоях естественного происхождения преобладает верховой тип отпада деревьев.

2. В сосновых фитоценозах Московского региона происходит трансформация структуры во всех ценоэлементах. По материалам длительных наблюдений установлено, что в Московском регионе происходит активное внедрение широколиственных пород во второй ярус древостоя начиная с возраста 50 – 70 лет *Pinus sylvestris* L.

3. Восстановительная динамика сосновых фитоценозов после ветровала с последующей сплошной санитарной рубкой обусловлена значительной конкуренцией со стороны мелколиственных пород, что приводит к невозможности их естественного формирования в ландшафтах надпойменных террас р. Москвы.

Обоснованность и достоверность результатов обеспечивается значительным объемом экспериментального материала (45 постоянных пробных площадей и 46 учетных площадок на вырубках), репрезентативно представляющих объекты исследования. Достоверность сформулированных выводов подтверждена статистическими критериями, использованием современных методов обработки и интерпретацией результатов.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационных исследований апробированы на конференциях различного уровня: международной научной экологической конференции «Организмы, популяции

и сообщества в трансформирующейся среде» (Белгород, 2022), международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2022), международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 2023), международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие: ветеринария, сельское хозяйство, аграрная техника и экология» (Карши, 2023), международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, 2023), международной научно-практической конференции «Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития» (Иркутск, 2023), международной научной конференция «Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг» (Йошкар-Ола, 2023), всероссийской научной конференции «Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока» (Хабаровск, 2021), всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2022), всероссийской конференции с международным участием «Вопросы геологии и комплексного изучения экосистем Восточной Азии» (Благовещенск, 2022).

Личный вклад автора. Сформулированы цель и задачи исследования, подобрана методика проведения полевых и камеральных работ. При непосредственном участии автора организованы и проведены полевые работы в течение 2020-2023 годов на 45 постоянных пробных площадях и 46 учетных площадках на вырубках. Автором лично проведена обработка материалов, в том числе с применением математико-статистических методов, а также интерпретация полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ и 1 статья в журнале, индексируемом в базах данных *Scopus* и *WoS*.

Структура и объем диссертации. Основной текст диссертации изложен на 221 страницах состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованных источников, включающего 382 наименований, в том числе 65 зарубежных публикаций. Работа иллюстрирована 61 рисунком, включает 25 таблиц. Справочный материал представлен в 6 приложениях.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Сосновые фитоценозы изучаются в различных регионах России, отмечается закономерность динамических процессов и особенности их структурной организации (Нагимов, 1984; Санников, 1992; Цветков, 2002; Третьяков, 2011; Рысин, 2015; Черненко и др., 2019; Осипенко, 2020). Вопрос структурной организации и естественной динамики сосновых фитоценозов в условиях антропогенного воздействия и климатических изменений требует дальнейшего изучения.

За последние столетия лесные экосистемы Московского региона подвергались самому различному вмешательству человека, они несколько раз

вырубались и снова восстанавливались. На значительных лесных территориях региона существенно изменилась структура и породный состав насаждений. Только при изучении сукцессионных процессов, можно выявить закономерности, которые управляют жизнью леса (Сукачев, 1964; Рысин, 2009).

Сукцессии, протекающие в сосновых фитоценозах Московского региона изучены далеко не полностью. Изучение восстановительной динамики древесно-кустарниковой и травянистой растительности после катастрофических нарушений позволяет прогнозировать ход лесовозобновительного процесса и дальнейшее формирование насаждения (Сеннов, 1963; Маслаков, 1968; Обыденников, 1992; Уланова, 2006; Vilek et al., 2018; Schleeweis et al., 2020).

Лесные экосистемы выполняют ряд важных средообразующих функций: поддерживают стабильность биосферы и обеспечивают благоприятные условия для существования всего живого, в том числе человека (Рубцов, 1984; Васильев, 2020). Сосновые насаждения оказывают влияние на экологическую обстановку: регулируют температуру, влажность воздуха и почвы, солнечную радиацию, осадки (Молчанов, 1953; 1961; 1973; Колесниченко, 1975; Побединский, 2013). Все вышеуказанное подчеркивает важность изучения сосновых фитоценозов в условиях Московского региона.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Район проведения исследований располагается в центре Русской (Восточно-Европейской) равнины на территории города Москвы и Подмосковья. Город федерального значения Москва и Московская область находятся в пределах 54° и 57° с. ш. и 35° и 40° в. д., занимая по площади 46890 км^2 , образуя Московский регион.

По физико-географическому районированию объекты исследования располагаются в пределах Москворецко-Клязьминского ландшафта моренно-водноледниковых и долинно-зандровых равнин Московской физико-географической провинции, Щелковского ландшафта моренно-водноледниковых, плоских и волнистых, московских, влажных и сырых равнин Мещерской физико-географической провинции; и Москворецкого ландшафта плоских, слабоволнистых, волнистых, ступенчатых, наклонных, древнеаллювиально-водноледниковых, древнеаллювиальных и аллювиальных, свежих, влажных и сырых равнин Москворецко-Окской физико-географической провинции (Анненская и др., 1997).

Климат Московского региона обусловлен географическим положением его в умеренных широтах с соответствующим радиационным и циркуляционным режимом, на его климате сказывается как влияние суши, так и океана (Алисов, 1947). Сочетание увеличения температуры приземного слоя воздуха, изменения количества осадков и характера экстремальных явлений оказывает значительное воздействие на лесные фитоценозы региона исследования. Изменение климата в значительной степени влияет на естественное возобновление и формирование будущих лесов (Hickler et al., 2012; Bolte et al., 2014; Steffen et al., 2015; Jandl et al., 2019; Lebedev, 2022).

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Обследование сосновых фитоценозов проведено по общепринятой лесоводственно-таксационной методике, в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки».

Сбор полевых материалов для исследования проводили в летне-осенний период 2020 – 2023 гг. Объектами исследования выбраны сосновые фитоценозы с типом лесорастительных условий С₂– С₃, типом леса – сосняк сложный (С. сл), бонитетом Ia – II, а также вырубки с типом лесорастительных условий В₂, после сплошных санитарных рубок в Московском регионе. Основной объем исследования выполнен на 45 постоянных пробных площадях (табл. 1): 9 ППП приходится на Серебряноборское опытное лесничество Института лесоведения РАН, 16 ППП на Лесную опытную дачу РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, по 10 ППП приходится на «Национальный парк «Лосиный остров» и на Московское учебно-опытное лесничество (рис. 1).



Рисунок 1. Карта-схема с расположением объектов исследования в Московском регионе

Дополнительно в ходе изучения восстановительной динамики сосновых фитоценозов на вырубках, после ветровала в 2017 году на территории Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН заложено 46 постоянных круговых учетных площадок.

В данной работе при характеристике количественного участия видов в фитоценозе использовалась балльная шкала обилия видов Друде. Названия видов сосудистых растений и их таксономическая принадлежность приведены по сводке П.Ф. Маевского (2014). Адвентивные виды определены по сводке С.Р. Майорова и др. (2012). Для распределения травянистой растительности по эколого-ценотическим группам (ЭЦГ) в данной работе использовали классификации А.А. Ниценко (1969), Г.М. Зозулина (1973) и О.В. Смирновой и др. (2004).

Таблица 1. Таксационное описание основного яруса древостоев
на постоянных пробных площадях

№ ППП	Год перечета	Состав	Возраст сосны, лет	Среднее		Полнота	Запас, м ³ /га
				высота, м	диаметр, см		
<i>Серебряноборское опытное лесничество Института лесоведения РАН</i>							
ОМ-1	2020	10С+Б	143	30,1	50,8	0,86	489
1	2023	9С1Б	214	31,9	58,5	0,88	575
2	2021	9С1Б	192	29,2	48,2	0,59	334
5	2020	8С2Б	136	27,5	38,7	0,56	281
6	2021	9С1Б	153	27,7	44,9	0,51	309
8	2023	10С	168	30,3	49,9	0,59	338
9	2023	10С+Б, Лп, Ос	158	28,3	51,0	0,89	468
14	2022	10С+Лп	144	32,4	45,6	0,74	499
115	2022	8С2Б	93	29,6	39,0	0,86	519
<i>Лесная опытная дача РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева</i>							
4/А	2022	9С1Б+Лп, Д	132	31,1	32,8	1,01	656
4/Б		9С1Лп	132	31,8	34,5	1,02	680
4/В		8С1Лп1Клю	132	30,9	32,0	0,93	609
4/Е		9С1Лп	132	32,5	36,5	1,11	741
4/Ж		9С1Лп	133	28,9	34,0	0,69	506
4/Д		10С+Б, Лп	132	32,3	32,5	0,92	623
4/К		7С3Лп	132	31,0	33,5	0,81	524
4/Л		8С2Лп	133	29,9	34,1	0,72	439
4/М		9С1Лп	133	31,4	34,8	0,94	622
4/Н		10С	133	31,9	36,5	0,69	459
4/О		10С+Е	133	32,5	37,8	1,13	753
4/Р		7С2Лп1Е+Д	132	29,8	33,9	0,90	563
4/С		10С+Лп, Е	134	30,4	35,6	0,93	589
4/Т		6С2Е2Лп	134	31,3	36,3	1,00	645
4/У		7С2Лп1Е	134	30,4	38,4	0,97	607
4/Ф		9С1Е	133	30,2	35,3	0,72	456
<i>Национальный парк «Лосиный остров»</i>							
3	2022	10С+Б	72	27,6	28,7	0,84	500
5		9С1Б+Лп	74	28,4	31,4	0,83	470
11		10С+Б	84	30,6	34,4	0,85	590
14		6С4Б+Лп	87	26,5	33,1	0,52	259
35		7С2Б1Е	153	30,0	40,4	0,81	467
38		7С2Е1Б	163	32,6	44,8	0,78	556
45	2023	4С3Л2Б1В+Барх	88	27,2	36,3	0,76	386
53		3С5Б1Лп1Д+В	73	32,5	37,8	0,69	320
54		5С4Б1Д+Лп	71	27,5	33,5	0,84	416
55		4С5Б1Лп	148	26,4	29,9	0,83	345
<i>Московское учебно-опытное лесничество</i>							
1	2022	5С3Е2Б+Ос	70	23,2	24,7	0,90	535
2	2022	4С4Б2Е	70	22,5	23,9	0,97	499
3	2022	4С3Е3Б	70	21,8	23,8	1,01	639
4	2022	6С3Б1Е	70	23,3	22,9	0,96	513
5	2022	6С2Е2Б	70	24,6	27,4	0,99	533
6	2022	7С2Е1Б+Ос	70	24,5	26,0	1,06	569
131	2021	5С5Б	88	28,5	28,9	0,93	417
137	2022	8С1Б1Л+Лп	71	31,4	26,6	0,94	539
138	2022	8С1Б1Клю	65	24,8	22,5	0,93	395
139	2022	9С1Лп	69	26,2	24,7	0,96	454

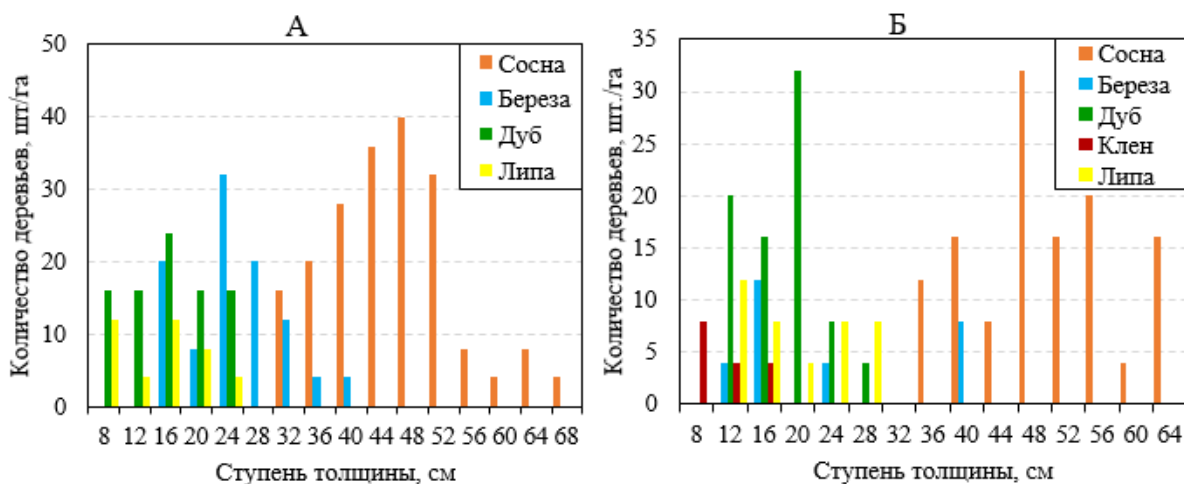


Рисунок 4. Распределение деревьев по ступеням толщины с преобладанием дуба во втором ярусе на ППП-5 (А) и ППП-8 (Б) в Серебрянборском опытном лесничестве

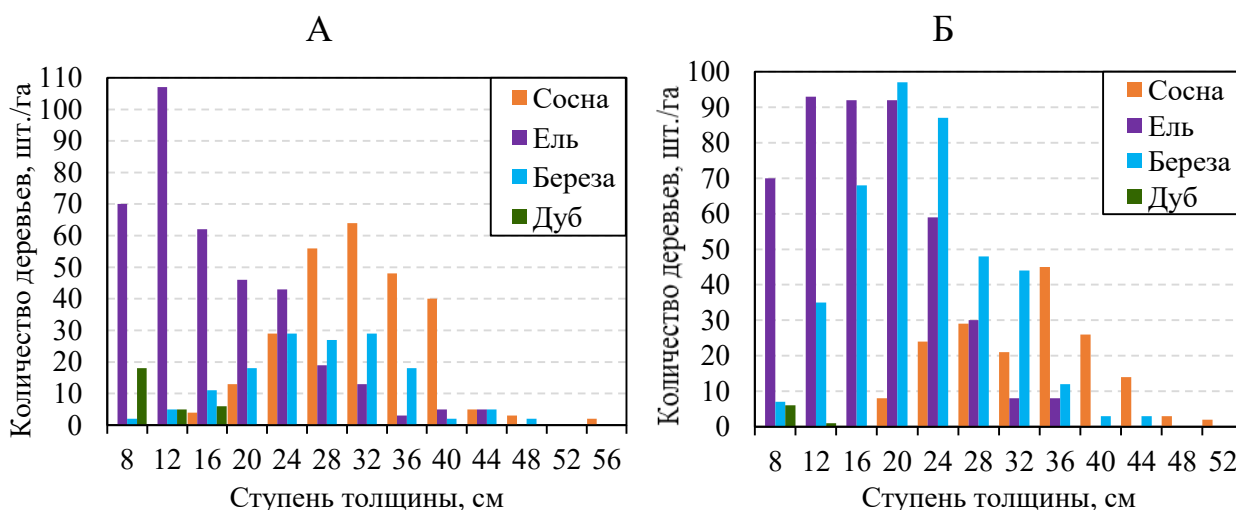


Рисунок 5. Распределение деревьев по ступеням толщины с преобладанием ели во втором ярусе на ППП-1 (А) и ППП-2 (Б) в Московском учебно-опытном лесничестве

В настоящее время для сосновых древостоев Московского региона характерны процессы неморализации, что также связано с трансформацией климата. В результате во многих случаях наблюдается смена главной породы, прежде всего теневыносливыми видами: *T. cordata* и *A. platanoides*. Широколиственные виды, успешно произрастающие под пологом соснового древостоя, при развитии фитоценоза без катастроф со временем заменяют *P. sylvestris*.

По результатам исследования отмечается, что естественные сосновые насаждения отличаются достаточно высокой долговечностью в условиях Московского региона. Они способны сохранять устойчивость в возрасте более 200 лет (ППП-1 в СОЛ ИЛАН РАН).

Сосновые насаждения в данных условиях даже при создании монокультур *P. sylvestris* к III классу возраста начинают формироваться как смешанные. К возрасту спелости древостоев распределение по ступеням толщины носит ярко выраженное многовершинное распределение, сформированное разными видами и имеющими зачастую разновозрастную структуру.

В подросте на всех объектах исследования в Московском регионе присутствуют широколиственные виды: *A. platanoides*, *T. cordata* и *Q. robur*. Это может рассматриваться как один из признаков неморализации.

В подлеске на большинстве ППП господствующее положение занимают рябина (*Sorbus aucuparia* L.) и лещина (*Corylus avellana* L.). Именно эти подлесочные виды с высокой вероятностью смогут в будущем присутствовать в нижних древесных ярусах фитоценоза. Анализ состава подроста и подлеска показал, что набор древесно-кустарниковых пород в сосновых фитоценозах Московского региона насчитывает 21 вид.

В ходе исследования на постоянных пробных площадях в живом напочвенном покрове сосновых фитоценозов зарегистрировано 108 видов сосудистых растений, относящихся к 79 родам из 35 семейств. Наличие нескольких видов доминантов (*Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande, *Stellaria holostea* L., *Convallaria majalis* L. и *Impatiens noli-tangere* L.) на большинстве ППП с высоким обилием характеризуют данный ярус как олигодоминантный. Флористическое сходство живого напочвенного покрова на исследуемых объектах низкое, коэффициент Жаккара (K_J) находится в диапазоне от 0,19 до 0,30.



Рисунок 6. Распределение живого напочвенного покрова на объектах исследования в Московском регионе по эколого-ценотическим группам

В целом для сосновых фитоценозов Московского региона сложной группы типов леса в живом напочвенном покрове в эколого-ценотической структуре

преобладают неморальные виды (рис. 6). Это обусловлено развитием широколиственных видов во всех ярусах фитоценоза, что значительно меняет световой режим, условия минерального питания травянистой растительности и приводит к определенным изменениям в флористическом составе и структуре травяно-кустарничкового яруса исследуемых фитоценозов.

В настоящий момент в лесных экосистемах Московского региона протекает последовательная закономерная смена одного фитоценоза на другой на фоне изменения климатических характеристик и высокого рекреационного использования. В Московском регионе отмечается процесс неморализации во всех ярусах сосновых фитоценозов, кроме Московского учебно-опытного лесничества, расположенного в более «бореальных» условиях.

ГЛАВА 5. ЕСТЕСТВЕННАЯ ДИНАМИКА СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

В Серебряноборском опытном лесничестве динамика запаса *P. sylvestris* за 25-летний период была крайне неравномерной. На ППП 2, 5 и 6 произошло снижение запаса *P. sylvestris* на 93-163 м³/га в результате отпада. На ППП-1, 8, 14 и ОМ-1, где отпад деревьев был незначительным, запас увеличился на 57-132 м³/га (рис. 7). На всех ППП произошло увеличение запаса *T. cordata*. Наибольший прирост отмечен на ППП-1 (36 м³/га) и ППП-14 (66 м³/га), где *T. cordata* уже присутствовала при предыдущем переците в 2004 г. (Савельева, 2005) в I и II ярусах на ППП-1 и во II ярусе на ППП-14. На ППП-2, 5, 6, 8, 9, где *T. cordata* ранее не отмечена в составе древостоя, она вышла во II ярус. Происходит внедрение *T. cordata*, при незначительном среднем запасе (30 м³/га) фитоценотическая роль данного вида возрастает.

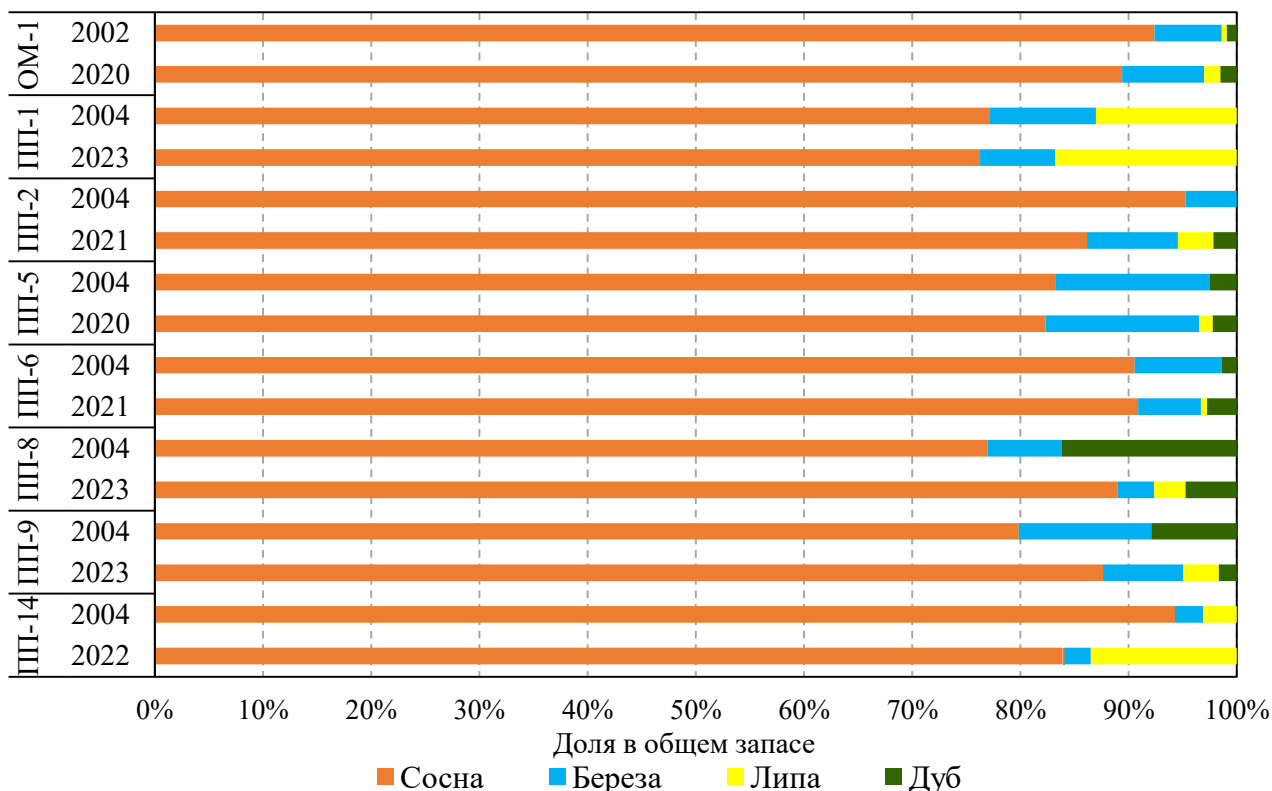


Рисунок 7. Динамика видового состава древостоев на постоянных пробных площадях в Серебряноборском опытном лесничестве за 20-летний период

Перестойные разновозрастные сосняки естественного происхождения Серебряноборского лесничества представляют собой уникальные древостои, в XIII–XI классах возраста не имеющие признаков распада и сохраняющие положительный текущий прирост по запасу стволовой древесины.

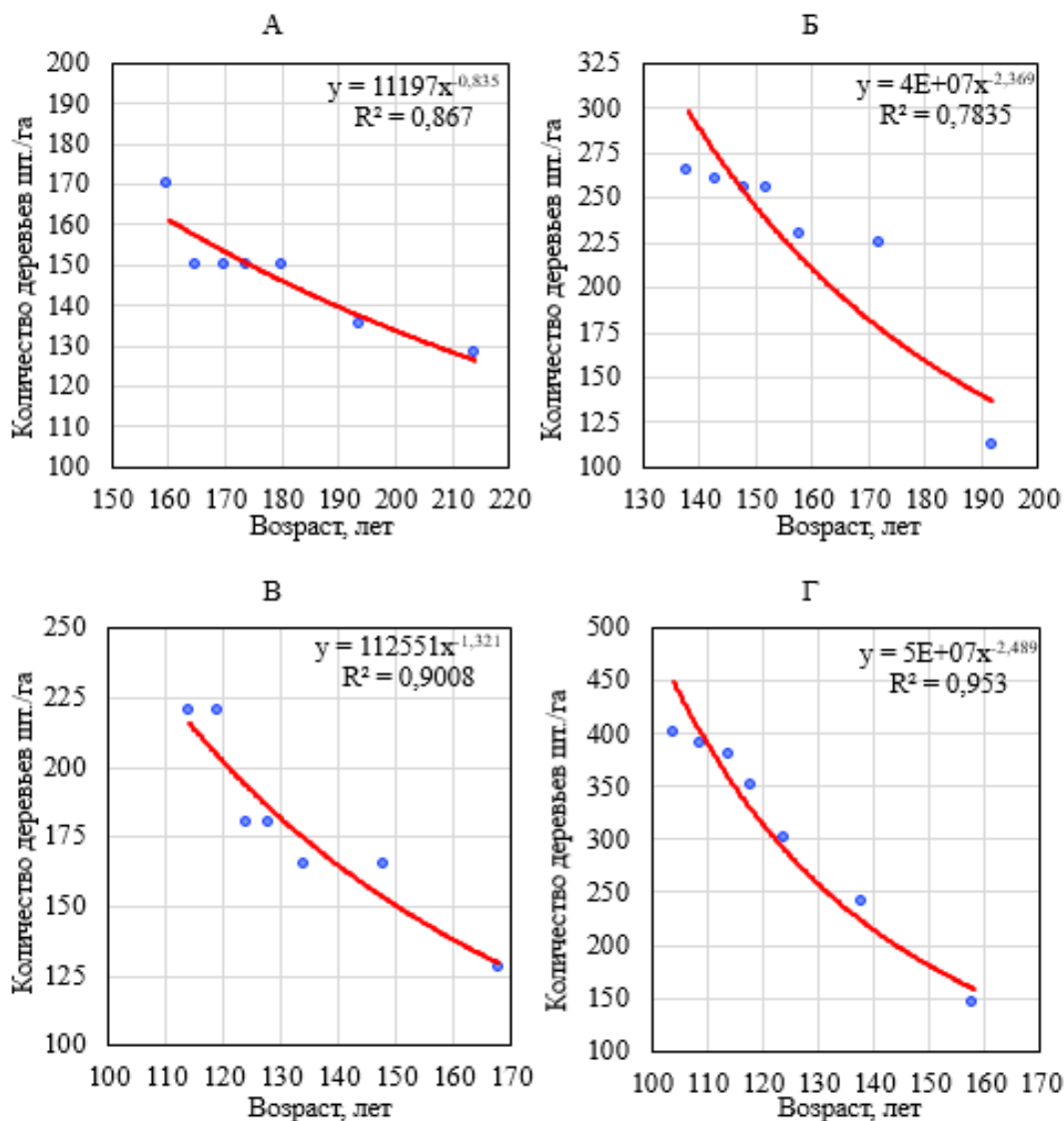


Рисунок 8. Динамика численности сосны обыкновенной на постоянных пробных площадях в Серебряноборском опытном лесничестве: А) ППП-1, Б) ППП-2, В) ППП-8, Г) ППП-9

За последние 25 лет отпад формируется интенсивнее, чем на предыдущих этапах. Отмечено, что в старовозрастных сосняках естественного происхождения изреживание имеет циклический (волнообразный) характер (рис. 8). Исследования в Серебряноборском лесничестве Института лесоведения РАН показали тенденцию по закономерному изреживанию *P. sylvestris* с увеличением её возраста.

На большинстве постоянных пробных площадей в Лесной опытной даче наблюдается снижение доли *P. sylvestris* по общему запасу насаждения в среднем с 83 до 77 % за 25-летний период. Вместе с тем прослеживается активное внедрение *T. cordata* и *A. platanoides* в древесный ярус. Доля *T. cordata* в общем запасе увеличилась в среднем с 8 до 14 %, а *A. platanoides* – с 3 до 5 % (рис. 9).

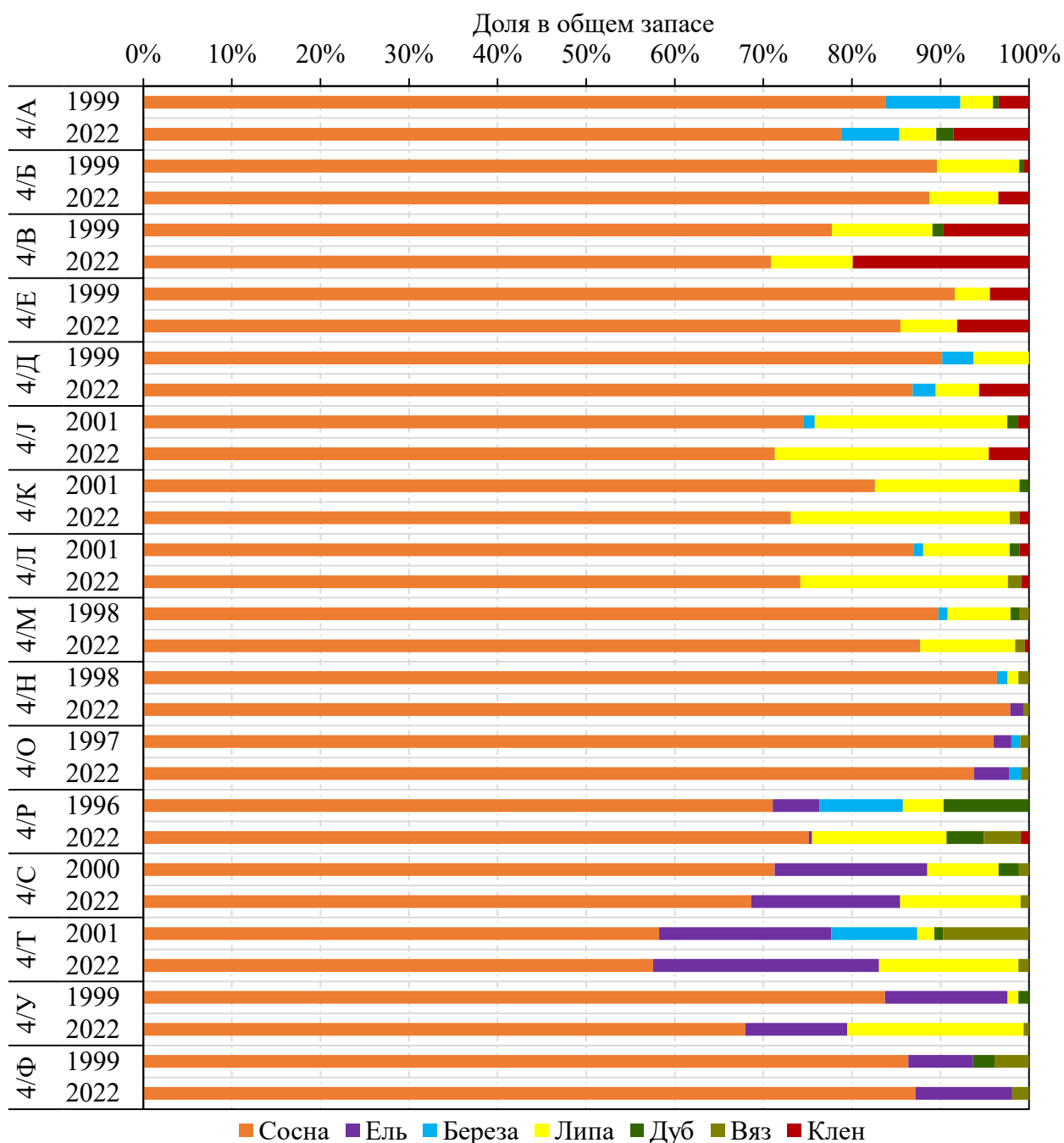


Рисунок 9. Динамика видового состава на постоянных пробных площадях в Лесной опытной даче за 25-летний период

Результаты исследования на примере спелых сосновых древостоев Лесной опытной дачи отражают экологическое состояние лесных урбоэкосистем Москвы. Выявлено, что в спелых сосновых древостоях на территории Лесной опытной дачи наблюдается процесс постепенной смены *P. sylvestris* на широколиственные виды. Спелые сосновые древостои проявляют адаптацию к комплексу экологических факторов городской среды.

Гипотеза замещения *P. sylvestris* в пологе лиственными древесными видами: березой повислой (*Betula pendula* Roth), *T. cordata*, *A. platanooides*, *Q. robur* и вязом гладким (*Ulmus laevis* Pall.), – подтверждается зависимостью их запаса от запаса *P. sylvestris* (рис. 10).

Отчетливо видно закономерное увеличение запасов лиственных древесных видов древостоя при снижении запаса *P. sylvestris*, а соответственно, и сомкнутости соснового полога.

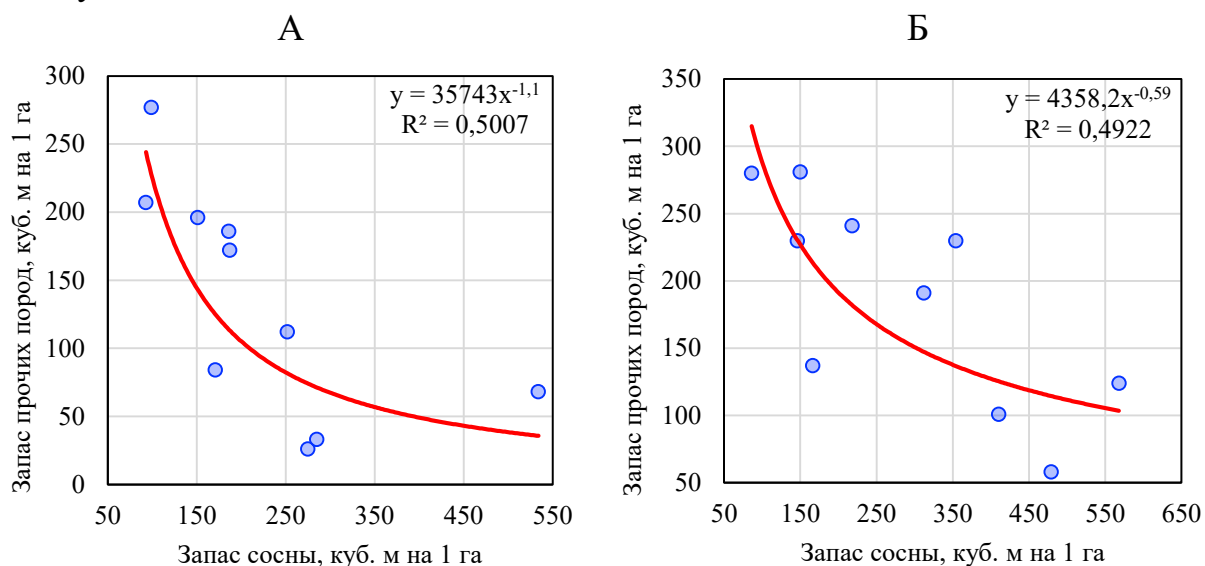


Рисунок 10. Соотношение запаса сопутствующих пород от запаса главной породы в национальном парке «Лосиный остров»: А) 1998-2000 годы, Б) 2022-2023 годы

Тенденции смены породного состава в сосновых фитоценозах на лиственные виды подтверждается зависимостью их запаса от запаса *P. sylvestris*. При увеличении запаса сопутствующих видов установлено снижение запаса *P. sylvestris* в насаждении. По уравнению тренда, в 1998-2000 гг. в насаждении с запасом *P. sylvestris* 450 м³/га запас прочих видов составлял 40 м³/га. При снижении запаса *P. sylvestris* до 150 м³/га запас прочих видов составил 145 м³/га, аналогичная тенденция сохраняется до настоящего времени. При запасе *P. sylvestris* 550 м³/га запас лиственных видов составлял в среднем 105 м³/га, а при его снижении до 350 м³/га запас лиственных видов увеличивается до 140 м³/га. В случае образования «окон» в сосновом пологе их занимают такие виды, как *T. cordata*, *A. platanoides* и *Q. robur*.

Изменение численности деревьев по каждому элементу древостоя рассмотрено на примере «Лосиного острова» за 25-летний период, где повторные перечеты проводились каждые 5 лет. Показано изменение численности основных лесообразующих пород в составе насаждений и установлено направление протекающих в них сукцессий (рис. 11).

На постоянных пробных площадях в национальном парке «Лосиный остров» наблюдается общая закономерность для *P. sylvestris* – уменьшение числа деревьев с увеличением возраста. В целом численность ценопопуляции *P. sylvestris* уменьшилась в приспевающих на 35,5%, в перестойных – 9,1%. Анализ уменьшения числа деревьев *P. sylvestris* показывает интересную тенденцию. Разреженные перестойные сосняки, имевшие в 1990-е года плотность 99 шт./га, имеют невысокий процент отпада. В приспевающих сосняках с большей густотой деревьев 482 шт./га произошел более активный отпад, наблюдается естественный процесс разреживания *P. sylvestris*.

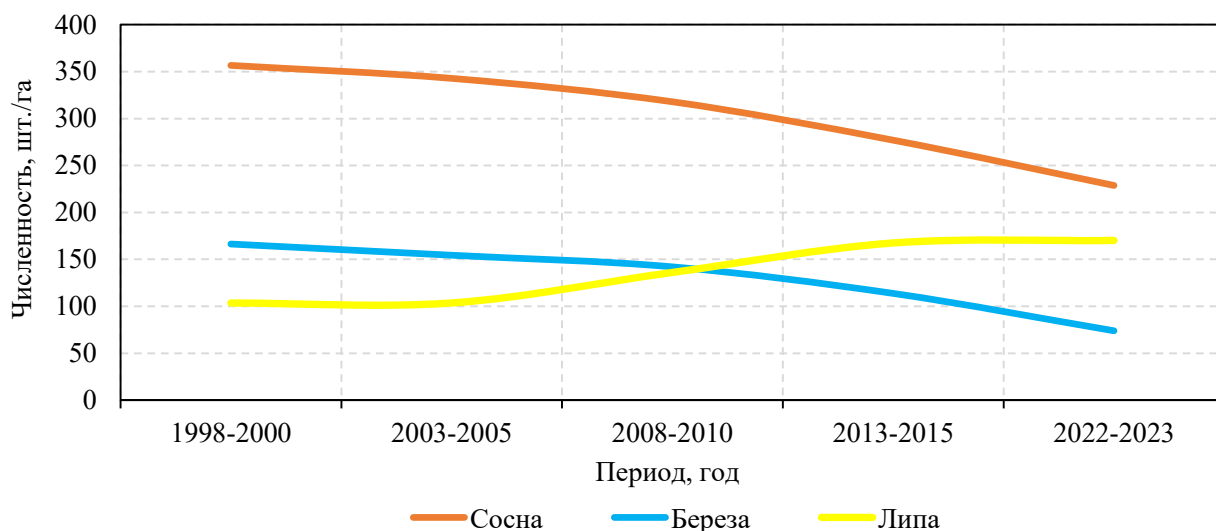


Рисунок 11. Численность основных лесобразующих пород в «Лосином острове» за 25-летний период (по древесному ярусу)

Наиболее благоприятные условия под пологом сосняков складываются для *T. cordata*, которая присутствует повсеместно во втором ярусе и начинает переходить в первый.

ГЛАВА 6. ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОСЛЕ СПЛОШНОЙ САНИТАРНОЙ РУБКИ В ЛАНДШАФТАХ НАДПОЙМЕННЫХ ТЕРРАС РЕКИ МОСКВЫ

Лесные фитоценозы формируются различными способами, в том числе, после катастрофических нарушений; их облик определяется характером протекающих сукцессионных процессов. Характер их формирования обусловлен конкурентными взаимоотношениями между древесной растительностью. Изучение припевающих, спелых и перестойных сосновых насаждений не позволяет определить начальные стадии их формирования.

В 2020 году на вырубке № 1 численность *P. sylvestris* составляла 2860 шт./га, а *B. pendula* – 1860 шт./га и осины (*Populus tremula* L.) – 410 шт./га. В 2021 год на вырубке №1 данные виды упрочили свое доминирование, численность *P. sylvestris* составила 10680 шт./га, *B. pendula* – 5510 шт./га, *P. tremula* – 1640 шт./га. Подлесочные виды: ива козья (*Salix caprea* L.) – 2140 шт./га, а *S. aucuparia* – 1770 шт./га. На шестой год после ветровала (2023 г.) численность *P. sylvestris* и *B. pendula* снизилась до 7860 и 3570 шт./га соответственно, при этом численность *P. tremula* и *S. caprea* увеличилась до 5430 и 4210 шт./га соответственно (рис. 12).

На вырубке № 2 в 2020 году численность *P. sylvestris* составляла 1890 шт./га, *B. pendula* – 4420 шт./га и *P. tremula* – 1150 шт./га. В 2021 году численность *P. sylvestris*, *P. tremula* и *S. caprea* значительно увеличилась и составила 5300, 2540 и 3180 шт./га соответственно, а численность *B. pendula* сохранилась на прежнем уровне и составила – 4405 шт./га. За последний год отмечается значительное увеличение численности всех основных древесных видов. На шестой год отмечается значительное доминирование *S. caprea* по численности среди древесных видов (8170 шт./га) (рис. 13).

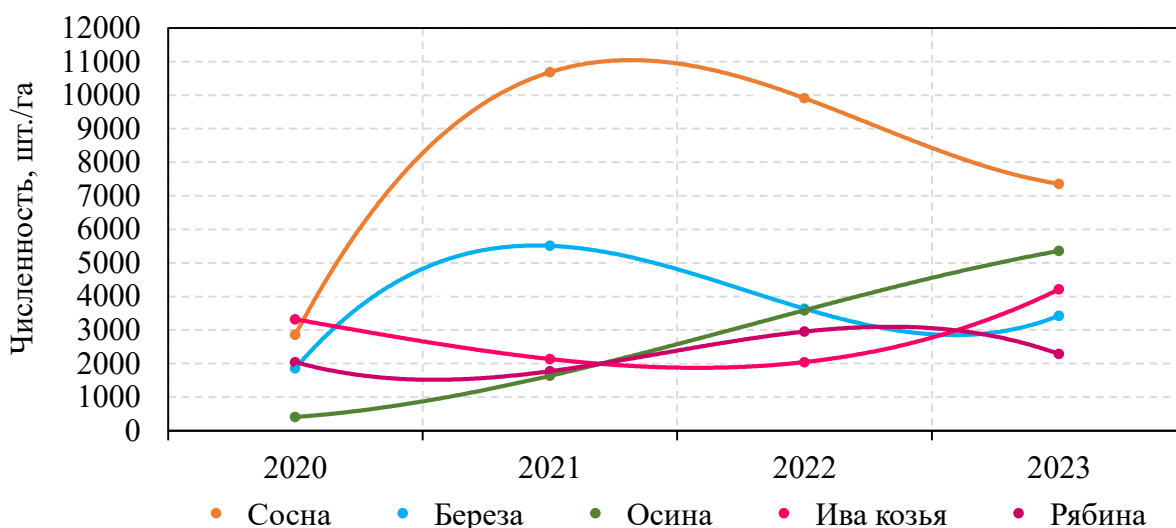


Рисунок 12. Численность основных древесных пород на вырубке № 1

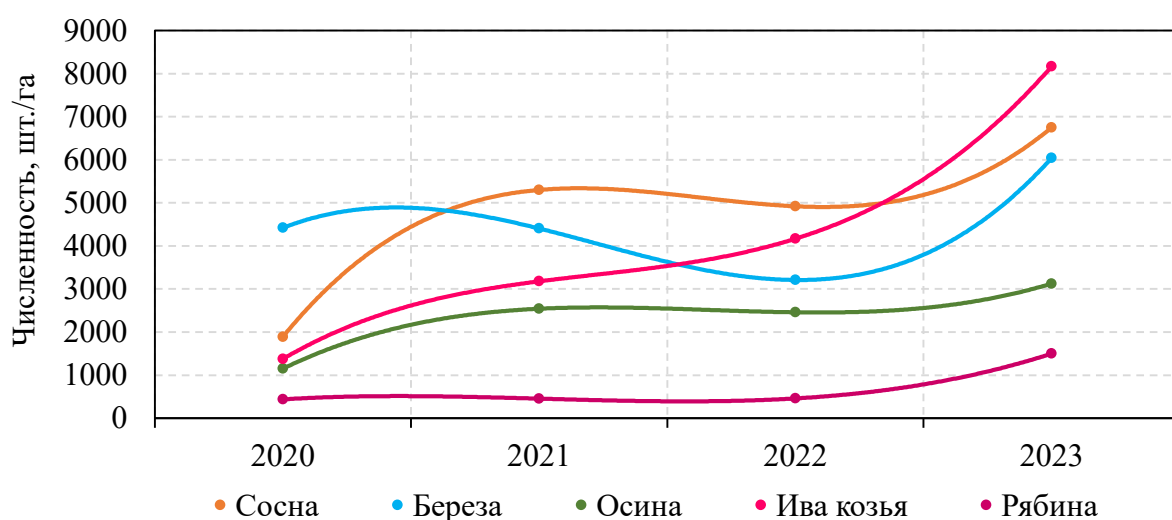


Рисунок 13. Численность основных древесных пород на вырубке № 2

Установлена общая численность древесно-кустарниковой растительности на шестой год (2023 г.) после проведения сплошной санитарной рубки на месте ветровала. Численность древесных и кустарниковых видов на вырубке № 1 составляет 26,0 тыс. шт./га, из которых 7860 шт./га приходятся на долю *P. sylvestris*. Численность древесных и кустарниковых видов на территории вырубке № 2 составляет 29,2 тыс. шт./га, из которых 6780 шт./га приходятся на долю *P. sylvestris*, однако *S. caprea* превышает по количеству *P. sylvestris* на 1390 шт./га и составляет 29 %. На обоих объектах исследования доля *P. sylvestris* не превышает 30% от общей численности древесно-кустарниковой растительности.

Различный характер размещения основных лесобразующих пород по площади вырубек обусловлен эколого-биологическими особенностями видов, в частности, характером распространения семян. *P. sylvestris* встречается на всех учетных площадках, расположенных на расстоянии до 50 м от северной границы вырубке. Как правило, в центре вырубке на учетных площадках возобновление *P. sylvestris* не наблюдается, а у противоположной стены, где *P. sylvestris* в составе древостоя является лишь примесью, подрост данного вида встречается единично (рис. 14).

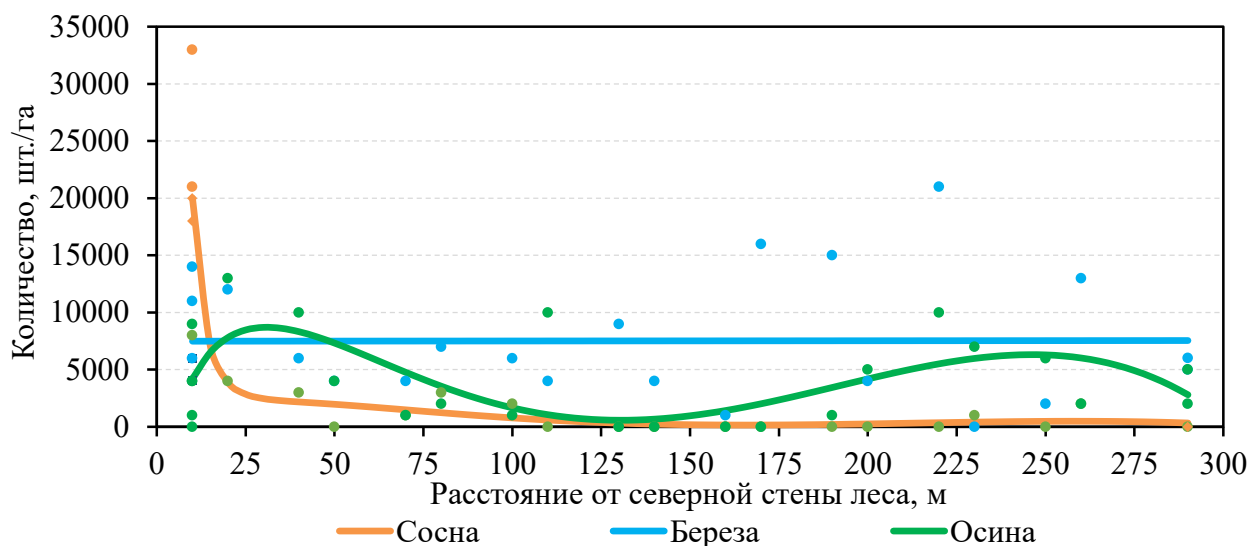


Рисунок 14. Распределение количества деревьев основных лесообразующих пород в зависимости от расстояния от северной стены леса на вырубке № 2 в 2021 г.

В ходе исследования на вырубках в живом напочвенном покрове зарегистрировано 126 видов сосудистых растений, относящихся к 88 родам из 32 семейств. Наиболее часто встречающиеся семейства *Asteraceae* – 16,7% и *Poaceae* – 15,1%. На начальной стадии восстановительной динамики фитоценоза имеется значительное флористическое разнообразие за счет обогащения живого напочвенного покрова светолюбивыми растениями.

В спектре эколого-ценотических групп на обеих вырубках высокая доля участия луговых видов. На вырубке № 2 доля нитрофильных и гигрофильных групп выше, чем на вырубке № 1.

Коэффициент Жаккара (K_j) на шестой год составил 0,51. Данное различие обусловлено наличием редко встречающихся видов, наиболее представленные виды встречаются на обеих вырубках. На шестой год для вырубок характерно высокое видовое разнообразие благодаря участию луговых видов и антропогенно обусловленным особенностям микрорельефа.

Особенно сильное влияние на ход естественного возобновления оказывает *Calamagrostis arundinacea* (L) Roth., сомкнутый травяной покров которого делает невозможным попадание семян на почву и их прорастание. На вырубках зарегистрировано 6 инвазионных видов: *Solidago canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Bidens frondosa* L., *Impatiens parviflora* DC., *Juncus tenuis* Willd., среди которых *Solidago canadensis* L., встречается почти на всех учетных площадках и способен оказывать отрицательное влияние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного диссертационного исследования установлено:

1. Сосновые сообщества естественного происхождения в условиях Московского региона отличаются достаточно высокой долговечностью. Старовозрастные сосняки сохраняют высокую продуктивность (в среднем 413 ± 38 м³/га). Сосновые фитоценозы в сложных типах леса, являются одними из наиболее предпочтительных вариантов формируемых насаждений.

2. В спелых и перестойных сосновых древостоях преобладает верховой тип отпада деревьев. На большинстве исследуемых участков коэффициент асимметрии рядов распределения деревьев по толщине больше нуля ($A_s > 0$), а в древостое преобладают деревья с диаметрами меньше среднего.

3. В Серебряноборском опытном лесничестве Института лесоведения РАН установлено, что в старовозрастных сосняках естественного происхождения изреживание имеет циклический (волнообразный) характер.

4. Отмечена протекающая сукцессионная смена сосновых фитоценозов на широколиственные (с преобладанием *Tilia cordata* Mill. и *Acer platanoides* L.), реже на *Picea abies* (L.) Н. Karst. Это впоследствии может привести к формированию в Московском регионе насаждений видовой структуры и структуры, кардинальным образом отличающихся от существующих в настоящее время.

5. В настоящее время в сосновых фитоценозах Московского региона отмечается трансформация структуры во всех ярусах. Трансформация структуры в сосновых фитоценозах Московского региона закономерна. Из-за широколиственных пород, достигших возраста возобновительной спелости, происходит формирование самосева и молодого поколения. По материалам длительных наблюдений установлено, что происходит активное внедрение широколиственных пород во второй ярус древостоя начиная с возраста 50 – 70 лет *Pinus sylvestris* L.

6. Наличие нескольких видов доминантов в травяно-кустарничковом ярусе на большинстве объектах исследования характеризуют данные растительные сообщества как олигодоминантные. В травяно-кустарничковом ярусе по эколого-ценотической структуре на большинстве постоянных пробных площадях преобладают неморальные виды. При этом флористическое сходство травяно кустарничкового яруса на исследуемых объектах низкое ($K_J = 0,19 - 0,30$).

7. Установлено, что для типа лесорастительных условий свежие субори (B_2) на шестой год восстановительной динамики отмечается достаточное количество естественного возобновления *Pinus sylvestris* L. (от 6,78 до 7,86 тыс. шт./га), однако значительная конкуренция со стороны мелколиственных пород приводит к невозможности естественного формирования сосняков в ландшафтах надпойменных террас р. Москвы.

8. Различный характер распределения основных лесобразующих пород по площади вырубок обусловлен эколого-биологическими особенностями пород, в частности, характером распространения семян. Успешное возобновление сосны отмечено на расстоянии не более 50 м от стены леса.

9. Среди травянистой растительности на вырубках установлено высокое доленое участие луговых видов (вырубка № 1 – 43 %, вырубка № 2 – 34 %), доля неморальных – 17 % и 24 % соответственно. Индекс сходства Жаккара живого напочвенного покрова на шестой год восстановительной динамики составил 0,51, что обусловлено наличием спорадически встречающихся видов, наиболее представленные виды встречаются на обеих вырубках.

10. После катастрофических нарушений сильное влияние на ход естественного возобновления оказывает *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth. Всего на вырубках зарегистрировано 6 инвазионных видов: *Solidago canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Erigeron canadensis* L., *Bidens frondosa* L., *Impatiens parviflora* DC. и *Juncus tenuis* Willd.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в изданиях из перечня ВАК РФ:

1. **Лежнев, Д.В.** Трансформация структуры сосновых формаций в урбанизированных экосистемах Москвы / Д.В. Лежнев, А.В. Лебедев // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2023. – № 2 (46). – С. 74-88. – DOI 10.32516/2303-9922.2023.46.5.
2. **Лежнев, Д.В.** Динамика и устойчивость сосновых древостоев в урбоэкосистемах Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева / Д.В. Лежнев, А.В. Лебедев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 245. – С. 93–111. – DOI 10.21266/2079-4304.2023.245.93-111.
3. **Лежнев, Д.В.** Восстановительная динамика сосновых фитоценозов на вырубках в надпойменных террасах реки Москвы / Д.В. Лежнев, Д.Д. Куликова, Г.А. Полякова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 447–467. – DOI 10.22363/2313-2310-2023-31-4-447-467.
4. Глазунов, Ю.Б. Естественное возобновление на вырубках в Серебряноборском опытном лесничестве / Ю.Б. Глазунов, Г.А. Полякова, С.А. Коротков, **Д.В. Лежнев** // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 2. – С. 74-83. – DOI 10.15372/SJFS20240209.
5. **Лежнев, Д.В.** Естественное возобновление под пологом сосновых фитоценозов в Московском регионе / Д.В. Лежнев, С.А. Коротков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2024. – № 248. – С. 6-26. – DOI 10.21266/2079-4304.2024.248.6-26.

Статьи в изданиях, индексируемых в Scopus и WoS:

6. Korotkov, S. Pine Plants Formation in the North-Eastern Moscow Region / S. Korotkov, L. Stonozenko, **D. Lezhnev**, S. Eregina // II International Conference “Sustainable Development: Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology” (VMAEE-II-2023), Karshi. Vol. 3011. – New York: AIP PUBLISHING, 2023. – P. 20031.

Публикации в других научных изданиях:

7. **Лежнев, Д.В.** Возобновление под пологом сосняков Лосиноостровского лесопарка национального парка "Лосиный остров" / Д.В. Лежнев, Е.М. Шухин, Д. Дубей // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока: Материалы Всероссийской научной конференции (Хабаровск, 7-8 октября 2021 года). – Хабаровск: ФБУ «ДальНИИЛХ», 2021. – С. 131–137.
8. **Лежнев, Д.В.** Динамика сосновых лесов в Серебряноборском участковом лесничестве Московской области / Д.В. Лежнев, Д. Дубей, Ю.Б. Глазунов, С.А. Коротков // Вопросы геологии и комплексного изучения экосистем Восточной Азии: Сборник докладов, электронное издание, Благовещенск (4–7 октября 2022 года). – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2022. – С. 217–219.

9. **Лежнев, Д.В.** Динамика сосняков сложных в условиях ближнего Подмосковья / Д.В. Лежнев, Ю.Б. Глазунов, С.А. Коротков, Г.А. Андреев // Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде: Сборник материалов XVII Международной научной экологической конференции (Белгород, 22–24 ноября 2022 года). – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2022. – С. 102–105.
10. **Лежнев, Д.В.** Структура сосняков сложных национального парка «Лосиный остров» / Д.В. Лежнев, В.А. Меняева, Н.Ф. Кривошапов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XX Международной научно-технической конференции, Вологда (6 декабря 2022 года). – Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. – С. 152–158.
11. **Лежнев, Д.В.** Возобновление под пологом сосняков и на вырубках в ближайшем Подмосковье / Д.В. Лежнев // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием (Петрозаводск, 24 мая 2022 года). – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2022. – С. 95–97.
12. **Лежнев, Д.В.** Формирование сосновых формаций в надпойменных террасах реки Москвы / Д.В. Лежнев, Д. Дубей // Актуальные проблемы экологии и природопользования: Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции (Москва, 20–22 апреля 2023 года) – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 101–105.
13. **Лежнев, Д.В.** Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосновых фитоценозах Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / Д.В. Лежнев // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (г. Москва, 5–7 июня 2023 г.). – Москва: Издательство РГАУ–МСХА, 2023. – С. 59–63.
14. **Лежнев, Д.В.** Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосновых фитоценозах национального парка «Лосиный остров» / Д.В. Лежнев, В.А. Меняева // Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития: Материалы III Международной научно-практической конференции, приуроченной к 75-летию географического факультета (Иркутск, 21–23 июня 2023 года). – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2023. – С. 156–161.
15. **Лежнев, Д.В.** Строение сосновых фитоценозов в Московском регионе под влиянием климатических трансформаций / Д.В. Лежнев // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг (Йошкар-Ола, 10-11 октября 2023 г.), 2023. – № 9. – С. 63–73.