

**Неморализация сосновых лесов города Москвы
в условиях изменения климата**

Д.В. Лежнев^{1,2,3)}, С.А. Коротков^{2,3)}*

¹⁾ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева,
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

²⁾ Институт лесоведения РАН,
РФ, 143030, Московская обл., Одинцовский г.о., с. Успенское, ул. Советская, д. 21;

³⁾ МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
РФ, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

*Адрес для переписки: lezhnev.daniil@yandex.ru

Реферат. В статье рассматривается вертикальная и горизонтальная структура сосновых лесов в урбанизированной среде. Лесные экосистемы Московской городской агломерации подвержены комплексному воздействию внешних факторов, в том числе: изменению климата и возрастающей урбанизации. Объектами исследования стали 15 постоянных пробных площадей на территории Серебряноборского опытного лесничества, Лесной опытной дачи и национального парка «Лосиный остров». Подобраны насаждения различного возраста: от приспевающих до перестойных. Целью исследования стала оценка протекающей неморализации в сосняках сложной группы типов леса. В исследовании выделялись фитоценотические ярусы древостоя. Ко второму ярусу относили деревья, высота которых составляла менее 80% от средней высоты соснового элемента леса. Отмечается начало формирования широколиственного второго яруса начиная с III–IV классов возраста сосны обыкновенной. На всех объектах исследования во втором ярусе встречается липа мелколистная. Исследуемые сосновые древостои Московского региона вне зависимости от класса возраста имеют ярко выраженную двухвершинную кривую распределения деревьев по ступеням толщины, что характерно для смешанных и сложных по форме насаждений. Это происходит за счет внедрения под полог широколиственных пород. С увеличением возраста происходит закономерный отпад сосны обыкновенной и образуются «окна». Клен остролистный встречается на всех рассматриваемых пробных площадях в Московском регионе. Наибольшее количество подроста может достигать около 16700 шт./га. Также значительную часть в подросте на исследуемых объектах занимает липа мелколистная. Широколиственные породы, успешно произрастающие под пологом соснового древостоя, при развитии фитоценоза без катастроф со

временем заменят главную породу. В то же время к настоящему моменту сосновые насаждения продолжают оставаться долговечными.

Ключевые слова. Неморализация, сосна обыкновенная, липа мелколистная, клен остролистный, строение древостоя, трансформация структуры, изменение климата, урбанизированная среда.

Nemoralization of Moscow's Scots pine forests in the context of climate change

D.V. Lezhnev^{1,2,3)}, S.A. Korotkov^{2,3)}

¹⁾ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academ,
49, Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation

²⁾ Institute of Forest Sciences RAS,
21, Sovetskaya str., 143030, Uspenskoe, Moscow region, Russian Federation;

³⁾ Mytischki Branch of Bauman Moscow State Technical University,
1, pervaya Institutskaya str., 141005, Mytischki, Moscow region, Russian Federation

*Correspondence address: *lezhnev.daniil@yandex.ru*

Abstract. The article considers the vertical and horizontal structure of pine forests in an urbanized environment. Forest ecosystems of the Moscow urban agglomeration are exposed to complex impacts of external factors, including climate change and increasing urbanization. The objects of the study were 15 permanent observation plots on the territory of the Serebryanoborsky Experimental Forestry, the Forest Experimental Station and the Losiny Ostrov National Park. Stands of different ages were selected: from ripening to overmature. The aim of the study was to assess the ongoing nemoralization in pine forests of *Pineta compositum*. The study identified phytocenotic tiers of the tree stand. The second tier included trees whose height was less than 80% of the average height of the pine element of the forest. The beginning of the formation of the broad-leaved second tier is noted starting from III-IV age classes of Scots pine. *Tilia cordata* Mill. is found in the second tier at all study sites. The studied pine stands of the Moscow region, regardless of the age class, have a clearly expressed two-peaked curve of tree distribution by thickness grades, which is typical for mixed and complex-shaped stands. This occurs due to the introduction of broad-leaved species under the canopy. With increasing age, there is a natural loss of Scots pine and "gap" are formed. *Acer platanoides* L. is found in all the considered test plots in the Moscow region. The largest amount of undergrowth can reach about 16.700 pcs./ha. *Tilia cordata* Mill. also occupies a significant part of the undergrowth in the studied objects. Broad-leaved species that successfully grow under the canopy of pine stands will eventually replace the main species if the phytocenosis develops without catastrophes. At the same time, pine stands continue to remain long-lived to date.

Keywords. Nemoralization, *Pinus sylvestris* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L., tree stand structure, structural transformation, climate change, urbanized environment.

Введение

Современное глобальное потепление, отчетливо выраженное на территории Российской Федерации, имеет ряд важных особенностей. Потепление над сушей в целом происходит быстрее, чем над океаном: темп роста среднегодовой глобальной приповерхностной температуры над сушей – более чем в 1.5 раза выше и составляет примерно 0.30°C за десятилетие. Территория России теплеет еще почти вдвое быстрее, чем суша в целом: 0.49°C за последние десять лет (Третий оценочный доклад..., 2022). Прогнозы шестого этапа проекта взаимного сравнения связанных моделей (CMIP6) предполагают, что температура на территории Европы будет продолжать увеличиваться в течение XXI в. более высокими темпами, чем в среднем на Земле (Larsen et al., 2023).

Эволюция климатической системы на современном этапе включает не только естественную, как это было в исторические периоды, но и антропогенную составляющую, обусловленную эмиссиями парниковых газов в атмосферу за счет хозяйственной деятельности (Григорьева, Константинов, Школьник, 2016; Clayton et al., 2023).

Э.Г. Коломыц (2020) приходит к выводу, что современное глобальное потепление находит определенное отражение в происходящих структурно-функциональных изменениях природных экосистем в средней части Русской равнины.

На территории Московского региона также наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха, увеличивается вегетационный период, а осадки приобретают ливневый характер. Отмечается увеличение частоты катастрофических погодных явлений, таких как шквалистые ветра (Леса Европейской территории..., 2017; Lebedev, 2022).

Лесные экосистемы динамичны, их таксационные показатели и средообразующие функции изменяются как в пространстве, так и во времени под воздействием эндогенных и экзогенных факторов (Мерзленко и др., 2018; Кудрявцев, 2022; Lezhnev et al., 2024). На сегодняшний день лесные экосистемы Московской городской агломерации также подвержены комплексному воздействию факторов извне: изменение климата и антропогенное влияние за счет роста численности населения и, как следствие, увеличение неконтролируемой рекреационной нагрузки (Рыбакова, Глазунов, 2023; Лежнев, 2023а; Забелин, Голубева, 2023; Коротков, 2023).

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) занимает обширный ареал. В естественных условиях вид широко распространен на территории Евразии, начиная от Испании и Великобритании и до бассейна реки Алдан и среднего течения Амура в Восточной Сибири. Сосновые леса имеют большое хозяйственное и средообразующее значение. Данный вид характеризуется широким климатическим и эдафическим диапазоном. В течение двадцатого века в

Европе произошло значительное расширение лесопокрытой площади с преобладанием в составе сосны. В настоящее время эта лесная формация составляет более 20% от лесов Европы. (Mason, Alia, 2000; Durrant, De Rigo, Caudullo, 2016; Brichta et al., 2023).

Авторы под неморализацией понимают процесс увеличения доли широколиственных пород и их спутников во всех фитоценологических ярусах: древостое, подросте и подлеске. Также показателем неморализации является увеличение видов живого напочвенного покрова, характерных для широколиственных лесов при соответствующем сокращении бореальных видов. Данный процесс необходимо рассматривать во времени, и он может иметь различную направленность.

Цель исследования – оценить протекающую неморализацию и дать прогнозные оценки дальнейшего развития сосняков сложных, расположенных на территории города Москвы.

Задачи:

- изучить вертикальную структуру сосновых фитоценозов;
- оценить горизонтальную структуру ценопопуляций древесных растений, формирующих древостой;
- оценить тенденции и перспективы дальнейшего развития сосняков сложных в урбанизированной среде.

Материалы и методы

Для изучения современных тенденций в естественной смене видового состава сосновых насаждений Москвы были проанализированы данные на 15 постоянных пробных площадях (ППП), заложенных на территории Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, Лесной опытной дачи Тимирязевской академии и национального парка «Лосиный остров» (рис. 1).

Измерения на ППП проводились по общепринятой лесоводственной методике. В ходе полевых исследований 2020-2023 гг. на исследуемых постоянных пробных площадях проведены следующие виды работ: сплошной пересчет деревьев с диаметром 6 см и более, через окружность ствола на высоте 1.3 м; для определения средней высоты измеряли высоты деревьев каждой породы: для главного яруса 20-30 модельных деревьев и 10-20 деревьев сопутствующего яруса высотомером *Haglof Vertex III*; глазомерная оценка жизненного состояния деревьев и распределение их по категориям санитарного состояния; для определения количественной и качественной характеристики подроста и подлеска выполнялась закладка учетных площадок размером 25 м², в количестве 5 шт., расположенных методом «конверта».

По результатам сплошного пересчета деревьев вычислены значения запасов по элементам леса, по соотношению которых изучался породный состав и вертикальная структура сосновых древостоев. Для характеристики вертикальной структуры насаждений высота первого яруса принималась равной средней высоте соснового элемента леса. Выделялся фитоценотический второй

ярус, к которому относили деревья, высота которых составляла менее 80% от средней высоты первого яруса (Глазунов и др., 2024; Korotkov et al., 2023).

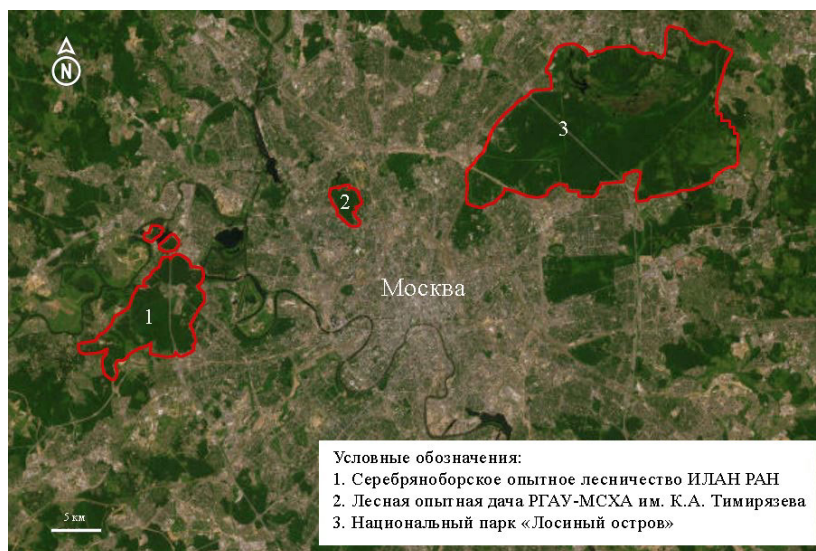


Рисунок 1. Карта-схема с расположением объектов исследования в Москве

Figure 1. Map with the location of research objects in Moscow

Полевые материалы, собранные на ППП в ходе данного исследования, обрабатывались с применением компьютерных программ «STATISTICA 12.0» и «Microsoft Excel 2020». Измерения таксационных параметров древесных растений проведены в количестве, обеспечивающем достоверность различия между показателями, определялась на 95% доверительном уровне.

Объектами исследования выбраны сосновые леса, у которых тип лесорастительных условий свежие и влажные сложные субори ($C_2 - C_3$), тип леса – сосняк сложный, бонитет Ia – II. Пробные площади представляют сосновые насаждения от приспевающих до старовозрастных. Сводная характеристика лесоводственно-таксационных показателей на 15 постоянных пробных площадях приведена в табл. 1.

Таблица 1. Таксационное описание постоянных пробных площадей на объектах исследования

Table 1. Taxation description of permanent observation plots at study sites

№ ППП S, га	Год перес- чёта	Ярус	Состав	Густо- та, шт./га	Возраст сосны, лет	Средние значения		Полно- та, отн.	Запас м³/га
						высота, м	диаметр, см		
Серебряноборское опытное лесничество Института лесоведения РАН									
ОМ-1 0.70	2020	I	99С	159	143	30.5	52.8	0.82	473
			1Б	19		27.3	34.4	0.04	16
		II	73Б	111		18.8	17.4	0.07	24
			12Д	20		16.4	18.8	0.01	4
			12Лп	9		20.8	23.0	0.01	4
		3Клю	3		17.8	18.5	0.01	1	

№ ППП S, га	Год перес- чёта	Ярус	Состав	Густо- та, шт./га	Возраст сосны, лет	Средние значения		Полно- та, отн.	Запас м³/га
						высота, м	диаметр, см		
ППП-1 0.50	2023	I	89С	128	214	32.2	59.8	0.76	514
			7Б	12		30.6	55.1	0.08	38
			4ЛП	10		30.9	45.4	0.04	23
		II	86ЛП	188		23.6	23.7	0.21	90
			9Б 5Кло	20 44		20.1 17.0	26.4 12.6	0.08 0.02	9 5
ППП-2 0.25	2021	I	93С	112	192	30.2	51.7	0.56	317
			7Б	20		28.5	28.7	0.03	17
		II	44ЛП	40		18.7	20.3	0.03	12
			30Д	28		18.6	20.7	0.02	8
			26Б	20		22.2	21.1	0.02	7
ППП-14 0.32	2022	I	97С	203	144	32.6	45.9	0.71	485
			3ЛП	9		27.0	39.3	0.03	14
		II	79ЛП	222		21.9	19.0	0.16	64
			17Б	41		23.9	20.1	0.05	14
			3Кло 2Д	31 6		17.2 15.0	10.6 18.5	0.01 0.01	2 1
ППП-115 0.28	2022	I	78С	236	93	30.0	40.4	0.60	410
			22Б	86		28.4	35.3	0.26	109
		II	92ЛП 8Б	400 29		12.4 18.5	11.7 15.1	0.20 0.02	38 5
Лесная опытная дача РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева									
4/Б 0,14	2022	I	94С	468	132	32.0	34.6	0.92	639
			6ЛП	43		28.6	31.5	0.10	41
		II	63Кло 37ЛП	191 50		15.3 16.0	15.9 22.4	0.13 0.06	25 15
4/К 0.06	2022	I	74С	383	132	30.4	30.6	0.69	387
			26ЛП	48		32.9	50.9	0.12	137
		II	60ЛП	64		17.9	21.1	0.05	18
			20В 20Кло	48 32		13.9 17.1	15.7 18.5	0.01 0.01	6 6
4/Л 0.08	2022	I	77С	287	133	30.2	33.3	0.52	339
			23ЛП	78		29.0	36.9	0.22	100
		II	39ЛП	39		16.4	17.9	0.04	7
			39В 22Кло	78 39		15.5 14.3	12.7 13.5	0.03 0.01	7 4
4/М 0.09	2022	I	91С	425	133	31.3	34.7	0.80	565
			9ЛП	44		32.7	35.3	0.14	57
		II	55ЛП	18		18.7	18.4	0.06	12
			32В 13Кло	44 22		15.1 14.2	16.7 16.9	0.02 0.01	7 3

№ ППП S, га	Год перес- чёта	Ярус	Состав	Густо- та, шт./га	Возраст сосны, лет	Средние значения		Полно- та, отн.	Запас м³/га
						высота, м	диаметр, см		
4/Р 0.09	2022	I	73С	361	132	30.2	32.7	0.55	411
			13Лп	55		26.9	38.1	0.16	73
			10Е	33		31.0	38.9	0.12	56
			4Д	22		30.6	32.9	0.07	23
		II	52Лп	66		17.6	15.5	0.05	10
			26Кло	55		13.7	13.1	0.02	5
			11Е	22		10.7	12.6	0.01	2
			11В	33		9.5	14.4	0.01	2
Национальный парк «Лосиный остров»									
ППП-3 0.25	2022	I	96С	500	72	27.7	31.3	0.78	479
			4Б	32		27.5	26.1	0.06	21
		II	53Лп	124		15.3	14.9	0.07	16
			47Я	112		15.1	14.5	0.09	14
ППП-5 0.25	2022	I	87С	400	74	28.0	32.3	0.71	410
			10Б	36		31.8	33.5	0.09	45
			3Лп	20		25.5	28.4	0.03	15
		II	90Лп	188		17.1	17.5	0.11	37
ППП-11 0.25	2022	I	10Д	64	84	12.1	10.7	0.03	4
			96С	476		30.7	35.2	0.80	568
		4Б	20	30.5		33.7	0.05	22	
		II	81Лп	540		16.4	15.9	0.23	85
			12Е	40		19.8	19.1	0.03	11
			7В	28		19.0	17.5	0.02	6
ППП-54 0.30	2023		I	53С	257	71	27.8	29.4	0.35
		35Б		83	27.7		42.1	0.34	145
		9Д		23	26.0		40.9	0.09	36
		4Лп		20	22.6		32.1	0.06	17
		II	52Кло	197	17.9		12.8	0.09	22
			25Лп	157	14.6		10.9	0.06	11
			23Д	43	18.7		17.8	0.04	10
			ППП-55 0.35	2023	I		42С	66	148
46Б	143	26.3				35.1	0.46	159	
12Лп	61	22.4				27.8	0.12	41	
II	70Лп	183			15.2	14.4	0.08	21	
	30Д	40			18.6	17.9	0.04	9	

Примечание / Note: С – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.),
Е – ель европейская (*Picea abies* (L.) H. Karst.),
Б – береза повислая (*Betula pendula* Roth.),
Лп – липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.),
Кло – клен остролистный (*Acer platanoides* L.),
Д – дуб черешчатый (*Quercus robur* L.),
В – вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.),
Я – ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall).

Результаты

По результатам исследований установлено, что в сосновых насаждениях начинает формироваться второй ярус начиная с III-IV классов возраста главной породы (рис. 2-4).

Изучение структуры соснового древостоя в Серебряноборском опытном лесничестве показало, что первый ярус в древостоях сформирован сосной с незначительной долей березы и иногда липы (Лежнев, Дубей, 2023). Второй ярус преимущественно представлен в основном широколиственными породами (липа, дуб и клен) (Лежнев и др., 2022).

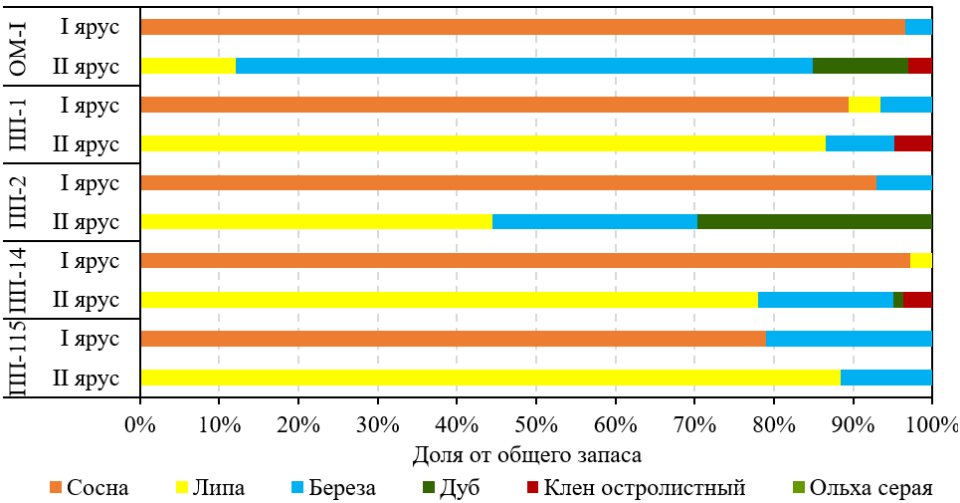


Рисунок 2. Вертикальная структура древостоев на ППП в Серебряноборском опытном лесничестве

Figure 2. Vertical structure of forest stands at the permanent observation plots in Serebryanoborsky Experimental Forestry

На рис. 2 рассматривается состав и вертикальное строение древостоев Серебряноборского лесничества. В первом ярусе везде доминирует сосна. Лишь на ППП-115 примесь березы существенна и составляет 22% по запасу.

На всех объектах во втором ярусе отмечается участие липы. На трех пробных площадях запас второго яруса находится в диапазоне 27-43 м³/га. в то время как на ППП-1 и ППП-14 он значительно выше и находится в пределах 91-104 м³/га. Под полог спелых и перестойных сосняков проникает достаточно много света и во второй ярус входит не только теневыносливая липа, но и светолюбивая береза. На ОМ-1 и ППП-2 во втором ярусе отмечается участие дуба с запасом 4-8 м³/га.

На протяжении многих десятилетий на ППП в Лесной опытной даче насаждения были представлены одноярусными одновозрастными чистыми сосновыми или сосново-еловыми древостоями. С 1980-х годов наметилась тенденция к внедрению в верхний полог широколиственных пород (Дубенок и др., 2024). В настоящее время сосняки Лесной дачи состоят из двух

ярусов древостоя. В первом ярусе присутствует липа мелколистная, доля запаса которой составляет от 6 до 26%. Второй ярус формируется небольшим количеством пород: от двух до четырех. Его запас находится в пределах 18-40 м³/га.

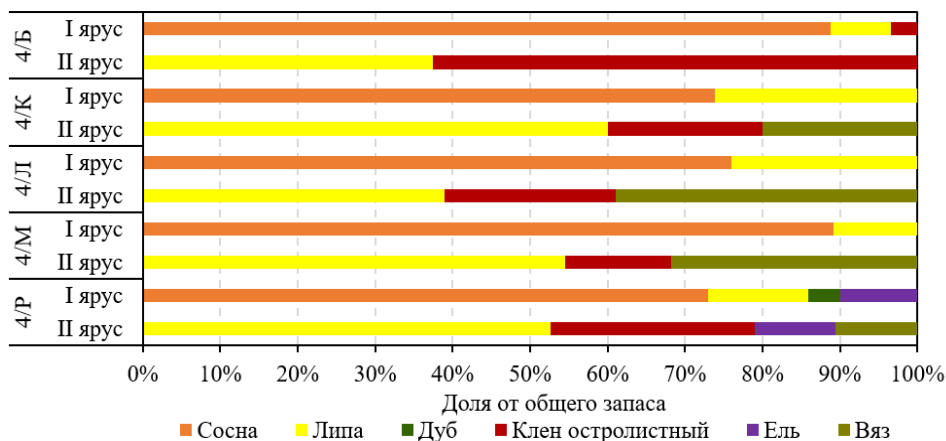


Рисунок 3. Вертикальная структура древостоев на ППП в Лесной опытной даче

Figure 3. Vertical structure of forest stands at the permanent observation plots in the Forest Experimental Station

На пробных площадях «Лосинового острова» выделяются две подгруппы (рис. 4). На ППП-3, 5, 11 доля сосны по запасу в первом ярусе колеблется от 87 до 96%. Вместе с тем на ППП-54 и ППП-55 происходит выпадение сосны из состава древостоя. Оставшиеся экземпляры сосны составляют от 42 до 53% запаса первого яруса. Во втором ярусе отмечено семь древесных видов: липа мелколистная, ель европейская, береза повислая, клен остролистный, дуб черешчатый, вяз гладкий и ясень пенсильванский. Липа во втором ярусе присутствует на всех исследуемых ППП. Ее доля колеблется от 25 до 90% в составе второго яруса. Наибольшая доля дуба во втором ярусе встречается на ППП-54 и ППП-55, где он получал достаточно света в образовавшихся «окнах» из-за выпадающих деревьев.

Таким образом, на объектах исследования в сосновых лесах к IV классу возраста формируются двухъярусные насаждения. На всех, без исключения, постоянных пробных площадях отмечается значительное внедрение широколистных пород во второй ярус.

Дополнительно проанализировано распределение деревьев по ступеням толщины в различных сукцессионных рядах насаждений (от приспевающих через спелые к старовозрастным). В качестве типичных выбраны пробные площади: ППП-1 в Серебряноборском опытном лесничестве (XI класс возраста), ППП-4/М в Лесной опытной даче (VII класс возраста) и ППП-45 в национальном парке «Лосиный остров» (IV класс возраста) (рис. 5-7).

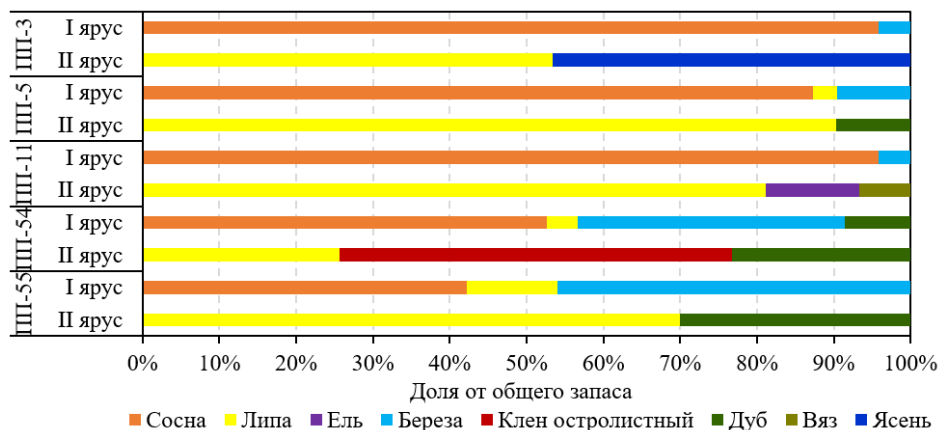


Рисунок 4. Вертикальная структура древостоев на ППП в Лосином острове

Figure 4. Vertical structure of forest stands at the permanent observation plots in Losiny Ostrov

Анализ распределения деревьев по ступеням толщины в старовозрастных сосновых насаждениях показал, что для сосны обыкновенной максимум приходится на ступень толщины 64 см, а толщина варьирует в пределах 32-64 см. Для липы мелколистной отмечается самый большой диапазон изменчивости толщин от 8 до 48 см с преобладанием в ступени толщины 20 см. Кроме того, важно отметить постепенное внедрение из подроста во второй ярус клена остролистного с диапазоном толщины от 8 до 16 см (рис. 5). Исследуемые сосновые древостои в СОЛ ИЛАН РАН имеют ярко выраженную двухвершинную кривую распределения деревьев по ступеням толщины, что свойственно для смешанных и сложных по форме насаждений.

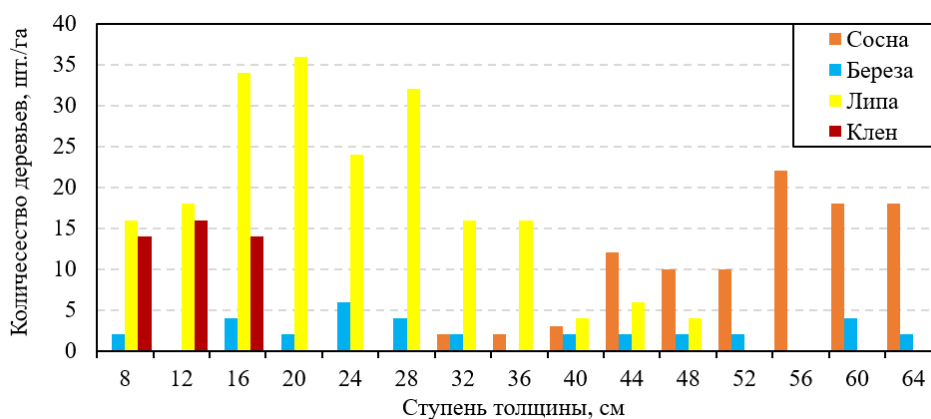


Рисунок 5. Распределение деревьев по ступеням толщины в старовозрастном насаждении на территории Серебряноборского опытного лесничества (ППП-1)

Figure 5. Distribution of trees by thickness level in an old-growth stand on the territory of the Serebryanoborsky Experimental Forestry (POP-1)

Анализ распределения деревьев по ступеням толщины на ППП 4/Б показал, что максимум сосны приходится на ступень толщины 48 см, а толщина варьирует в пределах 20-48 см, молодое поколение не формируется (рис. 6).

Для липы мелколистной диапазон толщин составил от 12 до 36 см с преобладанием в ступени толщины 28 см, а также отмечается самый большой диапазон изменчивости. Для клена остролистного значения толщин сконцентрированы в ступени толщины 20 см, отмечается значительное снижение численности клена с увеличением его диаметра.

Следовательно, на ППП происходит трансформация структуры древостоя из простого в сложный за счет внедрения широколиственных видов в I и II ярусы, которые сформированы несколькими генерациями.

Установлена трансформация структуры в сосновых лесах ЛОД. Широколиственные породы, находящиеся в более высоких ступенях толщины, формируют молодое поколение и тем самым растягивают ряд распределения деревьев по ступеням толщины. Наличие нескольких поколений клена и липы указывает на то, что процесс трансформации структуры сосновых фитоценозов начался примерно в 1960-1970-х гг. и продолжается до настоящего времени (Лежнев, Лебедев, 2024).

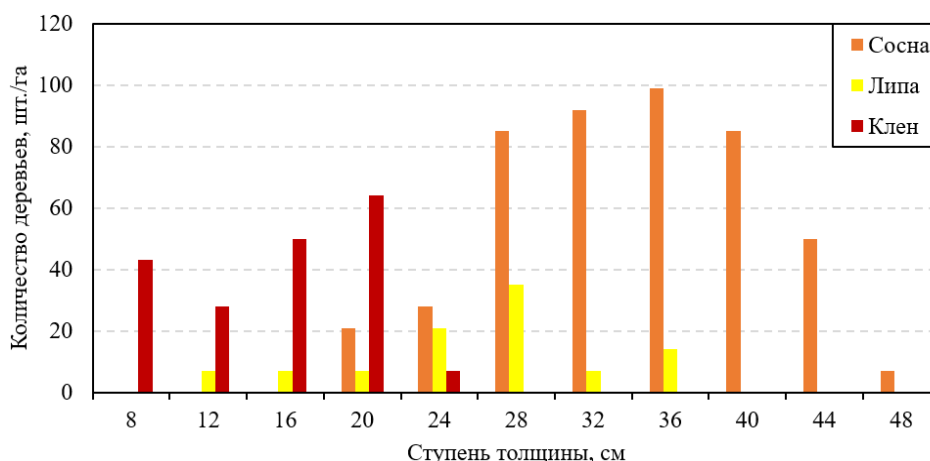


Рисунок 6. Распределение деревьев по ступеням толщины в спелом насаждении на территории Лесной опытной дачи (ППП-4/Б)

Figure 6. Distribution of trees by thickness level in a mature stand on the territory of the Forest Experimental Station (POP-4/B)

Анализ распределения деревьев по ступеням толщины в приспевающих сосновых насаждениях (ППП-54) показал, что для данной породы диапазон толщин варьирует от 8 до 24 см с преобладанием в ступени толщины 8 см, что указывает на несколько генераций клена и его активное внедрение во второй ярус древостоя. Помимо клена, на ППП-54 представлены липа и дуб, имеющие также несколько поколений и, как следствие, растянутые ряды распределения по толщине (рис. 7).

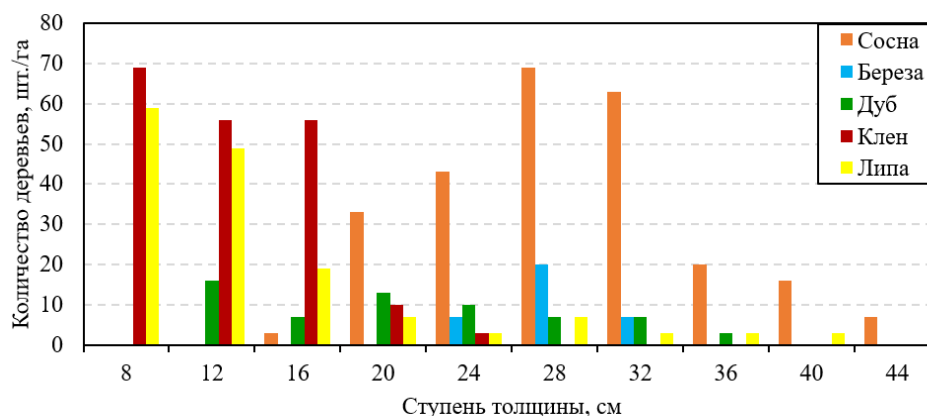


Рисунок 7. Распределение деревьев по ступеням толщины в приспевающем насаждении на территории национального парка «Лосиный остров» (ППП-54)

Figure 7. Distribution of trees by thickness level in a ripening stand on the territory of the Losiny Ostrov National Park (POP-54)

Дискуссия

В настоящий момент в лесных экосистемах Московского региона протекает последовательная закономерная смена одного фитоценоза другим в результате изменения климатических характеристик и высокого рекреационного использования, что в совокупности приводит к трансформации сосновых к смешанным хвойно-широколиственным лесам со сложной вертикальной структурой и тенденцией к увеличению фитоценотической роли широколиственных видов.

Установлена тенденция восстановления хвойно-широколиственных лесов из-за увеличения среднегодовых температур, повышения годового количества осадков и создания особой климатической системы внутри города. Вместе с тем прослеживается процесс увеличения доли наиболее устойчивых к урбанизированным условиям (рекреация и техногенное воздействие) древесных видов: липы мелколистной, клена остролистного и вяза гладкого.

Неморализация также отмечается и в нижних ярусах древесно-кустарниковой растительности сосняков сложных города Москвы. Проанализировано состояние подроста на исследуемых ППП, стоит отметить, что в подросте хвойные породы (сосна обыкновенная и ель европейская) присутствуют только в Серебряноборском опытном лесничестве (ППП-115) и составляют около 1/5 от общего количества. При этом сосна обыкновенная имеет незначительную среднюю высоту 25.3 ± 2.7 см (табл. 2).

Клен остролистный встречается на всех рассматриваемых пробных площадях в Московском регионе. Наибольшее количество подроста наблюдается в Лесной опытной даче (ППП-4/Р) и составляет 16.7 тыс. шт./га (Лежнев, 2024). Также значительную часть в подросте на исследуемых объектах занимает липа мелколистная.

Таблица 2. Данные перечета подроста на постоянных пробных площадях

Table 2. Data from the census of undergrowth on permanent observation plots

№ ППП	Состав древостоя, по ярусам	Возраст сосны, лет	Состав подроста	Густота под- роста, шт./га
Серебряноборское опытное лесничество Института лесоведения РАН				
ОМ-1	10С+Б 7Б1Д1Лп1Олс+Кло	143	6Кло3Лп1Д	940
ППП-1	9С1Б+Лп 9Лп1Б+Кло	214	5Кло4В1Лп	1510
ППП-2	9С1Б 4Лп3Д3Б	149	10Кло+Лп, Д	1790
ППП-14	10С+Лп 8Лп2Б+Кло, Д	144	8Кло2Лп	7110
ППП-115	8С2Б 9Лп1Б	93	6Лп2Кло2С+Е	2540
Лесная опытная дача РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева				
4/Б	9С1Лп 6Кло4Лп	132	6Кло4Клб +Лп, Д, В	7520
4/К	7С3Лп 6Лп2В2Кло	132	8Кло2В+Клб	4790
4/Л	8С2Лп 4Лп4В2Кло	133	8Кло2В+Д	3840
4/М	9С1Лп 6Лп3В1Кло	133	6Кло3В1Клб+Лп, Д	4860
4/Р	7С2Лп1Е+Д 5Лп3Кло1Е1В	132	6Д4Кло+В, Лп	16720
Национальный парк «Лосиный остров»				
ППП-3	10С+Б 5Лп5Я	72	7Кло1Кля1Лп1В+Д	5600
ППП-5	9С1Б+Лп 8Лп1Д1Е	74	10Кло+Лп, Е	8370
ППП-11	10С+Б 8Лп1Е1В	84	5Кло4В1Лп	1060
ППП-53	3С5Б1Лп1Д+В 3Б3Кло2Лп1Д1В	73	10Кло+В	2290
ППП-54	5С4Б1Д+Лп 5Кло3Лп2Д	71	8Кло1Д1В	5510

В подросте «Лосинового острова» доминирует клен остролистный, в среднем его количество составляет около 3.7 тыс. шт./га. Стоит отметить, что данный вид часто встречается в лесах центральной части Русской равнины в составе возобновления, но древостой образует очень редко (Абатуров, Меланхолин, 2004; Лежнев, Коротков, 2024).

В живом напочвенном покрове на изучаемых объектах в сосновых лесах также, как и в древостое, отмечается процесс неморализации. На это указывает преобладание неморальной эколого-ценотической группы в травяно-

кустарничковом ярусе сосняков города Москвы (Лежнев, 2023б; Лежнев, Меняева, 2023). 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 сосняков Москвы.

В целом для лесов Русской равнины характерна смена хвойных лесных формаций на производные, в первую очередь мягколиственные. Это прежде всего связано с интенсивным лесопользованием в предыдущие годы (Демаков, Исаев, 2017; Теринов и др., 2020; Шатравко, Рожков, 2021).

М.Ю. Пукинская (2021) на примере неморальных ельников Центрально-лесного заповедника показала, что в настоящее время совпадение потепления климата со старением елового древостоя, а также снятие антропогенного влияния способствовали выходу клена остролистного и липы мелколистной из подроста в верхние ярусы и смене елового леса на еловошироколиственный.

В древостоях коренных ельников заповедника «Кологривский лес» за последние 40 лет произошло увеличение доли широколиственных древесных пород, главным образом, липы мелколистной. При этом заметных различий в количественных и качественных характеристиках подроста и подлеска не выявлено (Дубенок, Лебедев, Чистяков, 2024; Дубенок и др., 2024).

В.В. Киселева (2021) для национального парка «Лосиный остров» отмечает, что за последние 60-70 лет по породному составу характер леса становится менее бореальным, особенно в исторической части национального парка. При этом значительную роль начинают играть липовые насаждения.

Заключение

Изменение таксационных показателей липы мелколистной, прежде всего увеличение высоты, указывает на благоприятные условия для ее развития под пологом соснового древостоя. При этом с возрастом происходит закономерный отпад сосны обыкновенной и образуются «окна». Лиственные породы, успешно произрастающие под пологом соснового древостоя, при развитии фитоценоза без катастроф со временем заменят главную породу.

В настоящее время для сосновых древостоев города Москвы характерны процессы неморализации, что также связано с трансформацией климата. В результате во многих случаях наблюдается смена сосны, прежде всего широколиственными породами: липой мелколистной и кленом остролистным.

Строение сосновых насаждений носит ярко выраженное многовершинное распределение. Это обусловлено наличием нескольких пород различного возраста, слагающих древостой.

В исследуемых сосновых древостоях увеличивается долевое участие широколиственных видов (липы мелколистной, клена остролистного и вяза гладкого).

В живом напочвенном покрове преобладают виды неморальной эколого-ценотической группы, что соответствует облику хвойно-широколиственных лесов. На объектах исследования в городе Москве отмечена неморализация во всех ценоэлементах сосновых лесов.

Список литературы

Абатуров, А.В., Меланхолин, П.Н. (2004) *Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмоскowie, Российская академия наук. Институт лесоведения, Тула, Гриф и К^о, 333 с.*

Глазунов, Ю.Б., Коротков, С.А., Лежнев, Д.В., Титовец, А.В. (2024) Формирование сосняков сложных в Серебряноборском опытном лесничестве, *Лесоведение*, № 6, с. 595-603.

Григорьева, С.О., Константинов, А.В., Школьник, И.М. (2016) Влияние изменений климата на состав древостоев, их устойчивость и ареалы основных лесобразующих пород, *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*, № 3, с. 4-21.

Демаков, Ю.П., Исаев, А.В. (2017) Динамика состояния сосновых древостоев на постоянных пробных площадях, *Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага»*, № 8, с. 257-310.

Дубенок, Н.Н., Лебедев, А.В., Чистяков, С.А. и др. (2024) Динамика видового состава лесных фитоценозов за 40-летний период в заповеднике «Кологривский лес», *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*, № 1(74), с. 59-70, doi:10.34655/bgsha.2024.74.1.008.

Дубенок, Н.Н., Лебедев, А.В., Чистяков, С.А. (2024) Динамика лесоводственно-таксационных показателей древостоев на постоянных пробных площадях в коренных ельниках заповедника «Кологривский лес», *Лесохозяйственная информация*, № 2, с. 37-46, doi:10.24419/LHI.2304-3083.2024.2.03.

Забелин, И.А., Голубева, Е.И. (2023) Перспективы развития лесопаркового защитного пояса Москвы, *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта, серия Естественные и медицинские науки*, № 3, с. 5-23.

Киселева, В.В. (2019) Динамика типов леса и типов насаждений национального парка "Лосиный остров", *Лесной вестник, Forestry bulletin*, т. 23, № 2, с. 20-28.

Коломыц, Э.Г. (2020) Экологические эффекты современного глобального потепления в лесных геосистемах Волжского бассейна, *География и природные ресурсы*, № 3(162), с. 43-54.

Коротков, С.А. (2023) *Смена состава древостоев и устойчивость защитных лесов центральной части Русской равнины*, Москва, Доблесть эпох, 168 с.

Кудрявцев, А.Ю. (2022) Динамика экосистем свежей субори центра Приволжской возвышенности, *Поволжский экологический журнал*, № 3, с. 279-291.

Лежнев, Д.В., Меняева, В.А. (2023) Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосновых фитоценозах национального парка "Лосинный остров". 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, с. 156-161.

Лежнев, Д.В. (2023б) Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосновых фитоценозах Лесной опытной дачи Тимирязевской академии, *Международная научная конференция молодых учёных и специалистов. посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева*, Сборник статей, Москва. 05-07 июня 2023 года, Москва, Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева, с. 59-63.

Лежнев, Д.В. (2024) Естественное возобновление под пологом сосновых насаждений в урбанизированной среде, *Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов. посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича*. Сборник статей. Москва. 03-05 июня 2024 года, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, с. 154-157.

Лежнев, Д.В., Коротков, С.А. (2024) Естественное возобновление под пологом сосновых фитоценозов в Московском регионе, *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, № 248, с. 6-26, doi:10.21266/2079-4304.2024.248.6-26.

Лежнев, Д.В., Лебедев, А.В. (2024) Онтогенетическая структура ценопопуляций древесных растений в спелых сосновых насаждениях Москвы, *Поволжский экологический журнал*, № 4, с. 471-486, doi:10.35885/1684-7318-2024-4-471-486.

Лежнев, Д.В. (2023а) Строение сосновых фитоценозов в Московском регионе под влиянием климатических трансформаций, *Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг*, № 9, с. 63-73, doi:10.25686/foreco.2023.10.66.007.

Лежнев, Д.В., Дубей, Д., Глазунов, Ю.Б., Коротков, С. А. (2022) Динамика сосновых лесов в Серебряноборском участковом лесничестве Московской области, *Вопросы геологии и комплексного изучения экосистем Восточной Азии*, Сборник докладов, электронное издание, Благовещенск, 04-07 октября 2022 года, Благовещенск, ИГиП ДВО РАН, с. 217-219.

Ольчев, А.В, Авилов, В.К., Байбар, А.С и др., (2017) *Леса Европейской территории России в условиях меняющегося климата*, Москва, Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 276 с. ISBN 978-5-9909884-1-5.

Мерзленко, М.Д., Глазунов, Ю.Б., Львов, Ю.Г., Перевалова, Е.А. (2018) Динамика роста сосны в старовозрастных древостоях сложного бора, *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, № 4(364), с. 31-39, doi:10.17238/issn0536-1036.2018.4.31.

Пукинская, М.Ю. (2021) Смена пород в неморальных ельниках Центрально-лесного заповедника, *Поволжский экологический журнал*, № 4, с. 459-476.

Рыбакова, Н.А., Глазунов, Ю.Б. (2023) Динамика радиальных приростов лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill.) в условиях антропогенной нагрузки, *Лесной вестник, Forestry Bulletin*, т. 27, № 4, с. 5-13, doi:10.18698/2542-1468-2023-4-5-13.

Теринов, Н.Н., Андреева, Е.М., Залесов, С.В. и др. (2020) Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения, *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, № 3(375), с. 9-23, doi:10.37482/0536-1036-2020-3-9-23.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2022) Общее резюме, Санкт-Петербург, Наукоемкие технологии 124 с.

Шатравко, В.Г. Рожков, Л.Н. (2021) Особенности воспроизводства и выращивания сосновой формации Беларуси, *Труды БГТУ. Серия 1 Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов*, № 2, с. 58-65.

Brichta, J. et al. (2023) Importance and potential of *Scots pine* (L.) in 21 century, *Central European Forestry Journal*, no. 1, pp. 3-20.

Clayton, C.J. et al. (2023) High Resolution Simulations of European Air Quality in 2050 Following Different CMIP6 Climate Change Mitigation Pathways, *Copernicus Meetings*, no. EGU23-4217.

Durrant, T.H., De Rigo, D., Caudullo, G. (2016) *Pinus sylvestris* in Europe, distribution, habitat, usage and threats, *European atlas of forest tree species*, pp. 845-846.

Korotkov, S., Stonozenko, L., Lezhnev, D., Eregina, S. (2023) Pine Plants Formation in the North-Eastern Moscow Region, *II International Conference "Sustainable Development, Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology" (VMAEE-II-2023)*, vol. 3011, New York, USA, AIP Publishing, p. 20031, doi:10.1063/5.0161107.

Larsén, X.G. et al. (2023) The Impact of Climate Change on Extreme Winds over Northern Europe According to CMIP6, *Wind Energy Science Discussions*, pp. 1-25.

Lebedev, A.V. (2022) Changes in the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in an urban environment in European Russia since 1862, *Journal of Forestry Research*, pp. 34-36.

Lezhnev, D., Korotkov, S., Stonozenko, L., Popova, A. (2024) The growing dynamic of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Moscow Region, *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, vol. 3184, no. 1, p. 20045.

Mason, W. L., Alía, R. (2000) Current and future status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in Europe, *Forest Systems*, vol. 9, pp. 317-335.

Prietzl, J. et al. (2020) Half a century of Scots pine forest ecosystem monitoring reveals long-term effects of atmospheric deposition and climate change, *Global Change Biology*, vol. 26, № 10, pp. 5796-5815.

References

Abaturon, A.V., Melancholine, P.N. (2004) *Estestvennaja dinamika lesa na postojannyh probnyh ploshhadjah v Podmoskov'e* [Natural forest dynamics on permanent trial plots in the Moscow region], Russian Academy of Sciences, Institute of Forestry, Tula, Russia, 333 p.

Glazunov, Yu.B., Korotkov, S.A., Lezhnev, D.V., Titovets, A.V. (2024) Formirovanie sosnjakov slozhnyh v Serebrjanoborskom opytном lesnichestve [Formation of complex pine forests in Serebryanoborsky Experimental Forestry], *Forestry*, pp. 595-603.

Grigorieva, S.O., Konstantinov, A.V., Shkolnik, I.M. (2016) Vlijanie izmenenij klimata na sostav drevostoev. ih ustojchivost' i arealy osnovnyh lesoobrazujushhih porod [The impact of climate change on the composition of tree stands, their stability and the areas of the main forest-forming species], *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*, no. 3, pp. 4-21.

Demakov, Yu.P., Isaev, A.V. (2017) Dinamika sostojaniya sosnovykh drevostoev na postojannyh probnyh ploshhadjah [Dynamics of the state of pine stands on permanent test plots], *Scientific works of the State Nature Reserve "Bolshaya Kokshaga"*, no. 8. pp. 257-310.

Dubenok, N.N., Lebedev, A.V., Chistyakov, S.A. et al. (2024) Dinamika vidovogo sostava lesnykh fitocenozov za 40-letnij period v zapovednike «Kologrivskij les» [Dynamics of the species composition of forest phytocenoses over a 40-year period in the Kologrivsky Forest Nature Reserve], *Bulletin of the V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy*, no. 1 (74), pp. 59-70, doi:10.34655 / bgsha.2024.74.1.008.

Dubenok, N.N., Lebedev, A.V., Chistyakov, S.A. (2024) Dinamika lesovodstvenno-taksacionnykh pokazatelej drevostoev na postojannyh probnyh ploshhadjah v korenykh el'nikah zapovednika «Kologrivskij les» [Dynamics of silvicultural and taxation indicators of tree stands on permanent test plots in native spruce forests of the Kologrivsky Forest Nature Reserve], *Forestry information*, no. 2, pp. 37-46, doi:10.24419/LHI.2304-3083.2024.2.03.

Zabelin, I.A., Golubeva, E.I. (2023) Perspektivy razvitiya lesoparkovogo zashhitnogo pojasa Moskvy [Prospects for the Development of the Forest Park

Protective Belt of Moscow], *Bulletin of the I. Kant Baltic Federal University. Series Natural and Medical Sciences*, no. 3. pp. 5-23.

Kiseleva, V.V. (2019) Dinamika tipov lesa i tipov nasazhdenij nacional'nogo parka " Losinyj ostrov" [Dynamics of Forest Types and Planting Types of the Losiny Ostrov National Park], *Forestry Bulletin*, no. 2, pp. 20-28.

Kolomyts, E.G. (2020) Jekologicheskie jeffekty sovremennogo global'nogo poteplenija v lesnyh geosistemah Volzhskogo bassejna [Ecological effects of modern global warming in forest geosystems of the Volga basin], *Geography and natural resources*, no. 3 (162), pp. 43-54.

Korotkov, S.A. (2023) *Smena sostava drevostoev i ustojchivost' zashhitnyh lesov central'noj chasti Russkoj ravniny* [Change in the composition of tree stands and stability of protective forests of the central part of the Russian Plain], Doblest epoch, Moscow, Russia, 168 p.

Kudryavtsev, A.Yu. (2022) Dinamika jekosistem svezhej subori centra Privolzhskoj vozvyshennosti [Dynamics of ecosystems of fresh subori of the center of the Volga Upland], *Povolzhskiy Journal of Ecology*, no. 3, pp. 279-291.

Lezhnev, D.V., Menyaeva, V.A. (2023) *Vidovoj sostav i struktura zhivogo napochvennogo pokrova v sosnovyh fitocenoazah nacional'nogo parka "Losinyj ostrov"* [Species composition and structure of the living ground cover in pine phytocenoses of the Losiny Ostrov National Park]. Safety of nature management in the context of sustainable development: Proceedings of the III International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Faculty of Geography, Irkutsk, June 21-23, Irkutsk State University, pp. 156-161.

Lezhnev, D.V. (2023b) *Vidovoj sostav i struktura zhivogo napochvennogo pokrova v sosnovyh fitocenoazah Lesnoj opytnoj dachi Timirjazevskoj akademii* [Species composition and structure of the living ground cover in pine phytocenoses of the Forest Experimental Dacha of the Timiryazev Academy], International scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 180th anniversary of the birth of K.A. Timiryazev, Collection of articles, Moscow. June 5-7, 2023, Moscow, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, pp. 59-63.

Lezhnev, D.V. (2024) *Estestvennoe vozobnovlenie pod pologom sosnovyh nasazhdenij v urbanizirovannoj srede* [Natural regeneration under the canopy of pine plantations in an urbanized environment], Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists dedicated to the 150th Anniversary of the Birth of A.Ya. Milovich: Collection of articles. Moscow. June 3-5. 2024, Moscow, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, pp. 154-157.

Lezhnev, D.V., Korotkov, S.A. (2024) *Estestvennoe vozobnovlenie pod pologom sosnovyh fitocenzov v Moskovskom regione* [Natural regeneration of pine phytocenoses under the canopy in the Moscow region], *Bulletin of the St.*

Petersburg Forest Engineering Academy, no. 248. pp. 6-26, doi:10.21266/2079-4304.2024.248.6-26.

Lezhnev, D.V., Lebedev, A.V. (2024) Ontogeneticheskaja struktura cenopopuljacij drevesnyh rastenij v spelyh sosnovykh nasazhdenijah Moskvy [Ontogenetic structure of woody plant coenopopulations in mature pine stands of Moscow], *Povolzhskiy Journal of Ecology*, no. 4, pp. 471-486, doi:10.35885/1684-7318-2024-4-471-486.

Lezhnev, D.V. (2023a) Stroenie sosnovykh fitocenozov v Moskovskom regione pod vlijaniem klimaticeskikh transformacij [The structure of pine phytocenoses in the Moscow region under the influence of climatic transformations], *Forest ecosystems in the context of climate change, biological productivity and remote monitoring*, no. 9, pp. 63-73, doi:10.25686/foreco.2023.10.66.007.

Lezhnev, D.V., Dubey, D., Glazunov, Yu.B., Korotkov, S.A. (2022) *Dinamika sosnovykh lesov v Serebryanoborskom uchastkovom lesnichestve Moskovskoj oblasti* [Dynamics of pine forests in the Serebryanoborsky district forestry of the Moscow region], Issues of geology and complex study of ecosystems of East Asia, Collection of reports. electronic publication, Blagoveshchensk, October 4-7, Blagoveshchensk, Russia, pp. 217-219.

Olchev, A.V., Avilov, V.K., Baibar, A.S. et al. (2017) *Lesa Evropejskoj territorii Rossii v uslovijah menjajushhegosja klimata* [Forests of the European Territory of Russia in a Changing Climate], Moscow, Russia: Limited Liability Company Scientific Publications Partnership KMK, 276 p, ISBN 978-5-9909884-1-5.

Merzlenko, M.D., Glazunov, Yu.B., Lvov, Yu.G., Perevalova, E.A. (2018) *Dinamika rosta sosny v starovozrastnykh drevostojah slozhnogo bora* [Dynamics of Pine Growth in Old-Growth Stands of Complex Forest], *News of Higher Educational Institutions, Forest Journal*, no. 4 (364), p. 31-39, doi:10.17238/issn0536-1036.2018.4.31.

Pukinskaya, M.Yu. (2021) Smena porod v nemoral'nykh el'nikah Central'no-lesnogo zapovednika [Replacement of species in nemoral spruce forests of the Central Forest Reserve], *Povolzhskiy Journal of Ecology*, no. 4, pp. 459-476.

Rybakova, N.A., Glazunov, Yu.B. (2023) *Dinamika radial'nykh prirostov listvennicy evropejskoj (Larix decidua Mill.) v uslovijah antropogennoj nagruzki* [Dynamics of radial increments of European larch (Larix decidua Mill.) under anthropogenic load], *Forestry Bulletin*, no. 4, pp. 5-13, doi:10.18698/2542-1468-2023-4-5-13.

Terinov, N.N., Andreeva, E.M., Zalesov, S.V. et al. (2020) *Vosstanovlenie elovykh lesov: teorija. otechestvennyj opyt i metody reshenija* [Restoration of spruce forests: theory. domestic experience and solution methods. News of higher educational institutions], *Forestry journal*, no. 3 (375), pp. 9-23, doi:10.37482 / 0536-1036-2020-3-9-23.

The Third Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in the Russian Federation. General Summary (2022), Saint Petersburg, Science-Intensive Technologies, Russia, 124 p.

Shatravko, V.G., Rozhkov, L.N. (1921) Osobennosti vosproizvodstva i vyrashhivaniya sosnovoj formacii Belarusi [Features of Reproduction and Cultivation of the Pine Formation of Belarus], *Proceedings of BSTU, Series 1. Forestry Nature Management and Processing of Renewable Resources*, no. 2. pp. 58-65.

Brichta, J. et al. (2023) Importance and potential of *Scots pine* (L.) in 21 century, *Central European Forestry Journal*, no. 1, pp. 3-20.

Clayton, C.J. et al. (2023) High Resolution Simulations of European Air Quality in 2050 Following Different CMIP6 Climate Change Mitigation Pathways, *Copernicus Meetings*, no. EGU23-4217.

Durrant, T.H., De Rigo, D., Caudullo, G. (2016) *Pinus sylvestris* in Europe, distribution, habitat, usage and threats, *European atlas of forest tree species*, pp. 845-846.

Korotkov, S., Stonozenko, L., Lezhnev, D., Eregina, S. (2023) Pine Plants Formation in the North-Eastern Moscow Region, *II International Conference "Sustainable Development: Agriculture. Veterinary Medicine and Ecology"* (VMAEE-II-2023), vol. 3011, New York, USA, AIP Publishing, p. 20031, doi:10.1063/5.0161107.

Larsén, X.G. et al. (2023) The Impact of Climate Change on Extreme Winds over Northern Europe According to CMIP6, *Wind Energy Science Discussions*, pp. 1-25.

Lebedev, A.V. (2022) Changes in the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in an urban environment in European Russia since 1862, *Journal of Forestry Research*, pp. 34-36.

Lezhnev, D., Korotkov, S., Stonozenko, L., Popova, A. (1924) The growing dynamic of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Moscow Region, *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, vol. 3184, no. 1, p. 20045.

Mason, W.L., Alía, R. (2000) Current and future status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in Europe, *Forest Systems*, pp. 317-335.

Prietzl, J. et al. (2020) Half a century of Scots pine forest ecosystem monitoring reveals long-term effects of atmospheric deposition and climate change, *Global Change Biology*, no. 10, pp. 5796-5815.

Статья поступила в редакцию (Received): 03.03.2025.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 21.04.2025.

Для цитирования / For citation:

Лежнев, Д.В., Коротков, С.А. (2025) Неморализация сосновых лесов города Москвы в условиях изменения климата, *Экологический мониторинг и*

моделирование экосистем, т. XXXVI, № 1-2, с. 10-31. doi:10.24412/2782-3237-2025-1-2-10-31.

Lezhnev, D.V., Korotkov, S.A. (2025) Nemoralization of Moscow's Scots pine forests in the context of climate change, *Ecological monitoring and modeling of ecosystems*, vol. XXXVI, no. 1-2, pp. 10-31, doi:10.24412/2782-3237-2025-1-2-10-31.