

ОСОБЕННОСТИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ФЛОРЫ, ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ДИНАМИКИ ПРИРОСТА ГОРОДСКИХ ЕЛЬНИКОВ

В.В. Тимофеева[✉], С.М. Синькевич

Институт леса — обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ Карельский научный центр Российской академии наук», Россия, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11

timofeevavera2010@yandex.ru

Приведены результаты исследования флоры, древостоя и живого напочвенного покрова внутриквартальных городских еловых насаждений и примыкающих к городу контрольных лесных массивов. Флора внутригородских ельников в 2 раза богаче, чем на контрольных участках. Охарактеризовано изменение систематической и эколого-ценотической структуры флоры ельников под воздействием рекреационных нагрузок, в результате которых доля лесных видов уменьшается в 2,9 раза и заменяется на луговые и рудеральные элементы с пионерной стратегией. Установлено, что деградация травяно-кустарничкового яруса происходит при достижении площади вытаптывания 25...35 % и более; мохово-лишайниковый ярус начинает разрушаться уже при 15 % вытоптанной площади. В динамике радиального прироста на протяжении последних 40 лет выявлено общее для всех объектов возрастное снижение в среднем на 1,5 % в год. На его фоне отмечена устойчивая синхронность колебаний в пределах ± 30 % от среднего уровня, свидетельствующая об удовлетворительном состоянии городских еловых насаждений. Проявляющиеся в неблагоприятные сезоны депрессии прироста в последующие годы компенсируются усилением, но в случае повышенной степени рекреационной нагрузки становятся необратимыми. Указано, что нерегулируемая рекреация в будущем, даже при невысокой степени вытоптанности, может оказывать существенное отрицательное влияние на прирост древостоя. В качестве меры повышения устойчивости еловых насаждений рекомендовано формирование лиственных опушек.

Ключевые слова: городские леса, ель (*Picea abies*), радиальный прирост, флора города, живой напочвенный покров, видовое разнообразие

Ссылка для цитирования: Тимофеева В.В., Синькевич С.М. Особенности рекреационной трансформации флоры, живого напочвенного покрова и динамики прироста городских ельников // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 4. С. 52–63. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-4-52-63

Город Петрозаводск расположен на пологом макросклоне северо-восточной экспозиции, ограничен с востока акваторией Онежского озера, с запада окружен обширными площадями естественных преимущественно хвойных лесов, граничащих или перемежающихся с жилыми массивами и хозяйственными объектами [1, 2]. Благодаря преобладающим юго-западным и западным ветрам [3] эти леса создают благоприятные мезоклиматические условия на территории города, насыщая воздух кислородом, способствуя оздоровлению населения, являются местами отдыха и с каждым годом становятся все более востребованным рекреационным ресурсом [4, 5].

Активное взаимодействие города с окружающими лесами началось более трех веков назад с их вырубки для строительства, заготовки

топлива и прочих нужд. Важное значение в сведении лесов имело углежжение в больших масштабах для работы Александровского пушечно-литейного завода. Коренные сосново-еловые леса постепенно замещались производными насаждениями. По мере изменений в политике и экономике этот процесс циклически повторялся, в результате чего к середине XX в. в окружающих город лесах преобладали чистые спелые ельники.

Современный Петрозаводск по своей территориально-планировочной структуре является совокупностью административных, промышленных и жилых зон разного уровня урбанизации. Активное возведение новых микрорайонов в 1970-е гг. сопровождалось сохранением многочисленных, различных по площади островков естественных ельников, которые в настоящее время являются устойчивыми элементами урбоэкосистемы, испытывая при этом существенные рекреационные нагрузки. Безусловными

достоинствами еловых насаждений можно назвать круглогодичное эффективное задержание пыли и высокое шумопоглощение [6], имеющие важное для современной городской застройки значение. При этом низкая газоустойчивость ели в жилых районах первостепенной роли не играет.

Рекреационное воздействие на лесные сообщества многогранно [7] в силу сложности строения и разнообразия возможных вариантов породно-возрастной и типологической структуры, отраженных в показателях, предназначенных для измерения рекреационной нагрузки [8, 9]. Высказаны предложения о расширении их перечня с последующей сверткой информации до численного индекса, который учитывает также таксационную структуру древостоя, биоразнообразие и ландшафтную структуру оцениваемой территории [10]. При оценке рекреационной дигрессии лесов традиционно используют шкалы с набором признаков, характеризующих нарушение целостности древесного яруса и напочвенного покрова — основных индикаторов состояния лесных экосистем, подвергающихся антропогенному прессу [11–16].

Изменение лесных экосистем под воздействием рекреации (особенно в городах) сопровождается коренным преобразованием флоры. По мере нарастания дигрессии насаждений изменяется таксономическая, биоморфологическая и эколого-ценотическая структура флоры ельников.

В спектре ведущих по числу видов семейств резко снижается участие семейства Ericaceae и возрастает значение семейств Poaceae, Fabaceae, Asteraceae.

В спектре биоморф гемикриптофиты вытесняют криптофиты. Разнообразие видов в травяно-кустарничковом ярусе повышается, а в мохово-лишайниковом, наоборот, сокращается [17].

Устойчивость видов к вытаптыванию неодинакова, что объясняется особенностями их морфологии, биологии и экологии [18, 19]. Так, по отношению к вытаптыванию выделяют группы мало-, средне- и высокоустойчивых видов сосудистых растений и мхов [6, 20]. В условиях ельников черничных индикаторами стадий рекреационной дигрессии являются такие виды, как *Convallaria majalis* L., *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Melampyrum sylvaticum* L., *Vaccinium myrtillus* L. Известны и некоторые другие виды, обилие которых резко изменяется в зависимости от нарушения напочвенного покрова [21].

Древостой наиболее устойчив к рекреационной нагрузке [22], но также подвержен изменениям в результате трансформации других

элементов лесных сообществ. Считается, что для ельников характерна слабая устойчивость к рекреационным нагрузкам, которая повышается с возрастом и при формировании разновозрастных насаждений [6]. К интегральным показателям жизненного состояния древостоя относят его текущий прирост, доступный для оценки как в статике, так и в динамике. По результатам большинства исследований, с усилением рекреационной нагрузки, диагностируемой по вытоптанности напочвенного покрова, наблюдается снижение радиального прироста деревьев. Степень такого снижения зависит от климатической зоны, древесной породы и стадии рекреационной дигрессии. Пороговым уровнем предложено считать переход от II к III стадии, в ходе которого снижение прироста за 10 лет составляет от 20 до 60 % по сравнению с контрольным вариантом или предшествовавшим базовым показателем [23]. По результатам этого же исследования, в дальнейшем наблюдалось как уменьшение прироста, так и высокая длительность его пребывания на достигнутом уровне.

В ельниках Карпат, находящихся на I и III стадиях рекреационной дигрессии, различия радиального прироста составляли от 5 до 20 % [27]. Аналогичные результаты (10...18 %) были получены для среднетаежных ельников Карелии [25]. Существенное снижение радиального прироста при достижении III стадии дигрессии древостоев отмечено в сосняках [17, 23, 26] и дубравах [27].

Встречаются случаи отсутствия изменений прироста во всем диапазоне стадий дигрессии или при усилении ее интенсивности [26, 28], а также увеличения ширины годичных слоев [17, 29] по отношению к предыдущему уровню. Причинами такого расхождения результатов служат, по-видимому, различия в подходах к оценке вытоптанности, размещения корневых систем в почвенных горизонтах и видового состава живого напочвенного покрова, что дает основание для внимательного рассмотрения каждого конкретного случая влияния рекреации на состояние лесных фитоценозов.

По итогам периода активных исследований лесной рекреации (1970–1980 гг.) было констатировано, что тема рекреационной дигрессии «...в отношении ельников ... до сих пор остается разработанной в значительно меньшей степени по сравнению с сосновыми и широколиственными лесами» [30]. По прошествии почти четырех десятилетий в «рекреационной» тематике исследований, судя по соотношению количества публикаций, касающихся бореальной зоны, представленность ельников по-прежнему

Т а б л и ц а 1

Общая характеристика объектов исследования
General characteristics of research objects

Номер участка	Категория участка	Площадь, га	Состав древостоя	Полнота, м ² /га	Высота, м	Класс бонитета	Вытоптанность, %
1к	Лес	25,0	10E ₁₃₀ +Ос, ед. Б, С	27	24	III, 5	5
2	Сквер 1	0,4	9E ₁₁₅ 1Б+Ос	18	22	III, 5	30
3к	Лес*	15,0	8E ₁₂₀ 2С	24	27	II, 5	10
4	Двор 1	0,4	9E ₁₁₅ 1Б+Ос	23	19	IV, 0	80
5	Двор 2	0,4	9E ₁₂₀ 1Ос+Б	24	20	IV, 0	30
6	Сквер 2	1,6	7E ₁₂₀ 2E ₈₀ 1С+Б	21	23	III, 5	50
7к	Лес	15,0	7E ₁₂₅ 2С1Ос+Б	23	26	III, 5	5

*На участке живой напочвенный покров не выбит, а только примят.

существенно отстает от сосняков и насаждений других пород как более привлекательных для посещения рекреационных объектов.

Цель работы

Цель работы — оценка состояния естественных еловых насаждений и перспектив их интеграции в городскую среду в связи с интенсивным освоением лесных участков под жилищное строительство.

Объекты и методы исследования

Исследование выполнено в 2021–2024 гг. в естественных спелых еловых древостоях с разной степенью рекреационной нагрузки, которые сохранились внутри городской застройки (табл. 1). Для сравнения в прилегающих к городской застройке ельниках черничной группы типов леса были подобраны три контрольных участка на I–II стадии дигрессии без явных нарушений напочвенного покрова и выраженной тропиночной сети (номера с индексом «к» в табл. 1).

На каждом участке на 3...5 круговых реласкопических площадках определяли абсолютную полноту с использованием призмы Анучина и среднюю высоту древостоя [31]. Для определения возраста и оценки динамики радиального прироста буравом Пресслера отбирали 70 кернов [32] со случайно выбранных доминирующих деревьев на высоте 1,3 м от поверхности земли. Ширину годичных колец измеряли с точностью отсчетов 0,01 мм на свежих зачищенных кернах с использованием измерительного комплекса [33] с полуавтоматической записью результатов на компьютере.

Для элиминации исходных различий между объектами данные о ежегодном радиальном

приросте каждого учетного дерева были нормированы делением на его средний периодический прирост за 1965–1974 гг. и далее анализировалась динамика погодичных средних индексов по каждому объекту. Геоботанические описания, выполнявшиеся с июня по август вегетационных сезонов 2021, 2023 и 2024 гг., включали в себя видовой состав, общее проективное покрытие (ОПП) живого напочвенного покрова (ЖНП), доминантных видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, а также вытоптанность в процентах. При сравнении списков видов использовали коэффициент Сьеренсена — Чекановского (K_{sc}).

Результаты и обсуждение

В обследованных еловых насаждениях выявлено 113 видов сосудистых растений и 20 видов мхов. В древесно-кустарниковом и травяно-кустарничковом ярусах рекреационных ельников доминируют аборигенные виды (72 %), адвентивная фракция содержит менее 30 % всех видов флоры. Флора участков внутри застройки (дворы, скверы) характеризуется почти в 2 раза большим богатством, чем в ельниках черничных на контрольных участках (93 и 48 видов), что обусловлено экспансией заносных видов, доля которых составляет в среднем 34 % — несколько ниже, чем в целом для городских флор Карелии [34, 35].

В лесах, примыкающих к городской застройке, присутствие адвентивных видов в 10 раз ниже (табл. 2), они представлены только одичавшими древесными интродуцентами. Флора ельников на контрольных участках сохраняет черты малонарушенных среднетаежных лесов, для которых характерно полное отсутствие или незначительное (до 1,4...5,4 %) участие чужеродных видов [36, 37].

Т а б л и ц а 2

Общая характеристика флоры и живого напочвенного покрова**General characteristics of the flora of the ground cover**

Ярусы и показатели	1к	2	3к	4	5	6	7к
Число видов, ед.							
Деревья и кустарники*	7	12	10	5	13	19	5
Травяно-кустарничковый ярус	19	40	23	25	27	43	12
Мохово-лишайниковый ярус	11	4	9	3	7	3	8
Соотношение фракций флоры (сосудистые растения), %							
Аборигенная	100	64	94	65	66	69	92
Адвентивная	0	37	6	36	34	31	8
Проективное покрытие живого напочвенного покрова, %							
Общее	85	50	70	50	10	50	90
Травяно-кустарничковый ярус	70	50	35	50	10	40	50
Мохово-лишайниковый ярус	20	2	40	0	1	10	60
*Номера участков см. табл. 1.							

Т а б л и ц а 3

Представленность эколого-ценотических групп в городских ельниках, %**Representation of ecological-coenotic groups in urban spruce stands, %**

Эколого-ценотическая группа	1к	2	3к	4	5	6	7к
Болотная*	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0
Лесная	90,2	35,7	85,7	53,7	51,6	49,2	92,0
Луговая	2,4	32,1	4,8	19,5	45,2	18,5	0,0
Опушечная	2,4	1,8	4,8	4,9	0,0	4,6	4,0
Открытых местообитаний	0,0	25,0	4,8	19,5	0,0	16,9	4,0
Прибрежная	0,0	5,4	0,0	2,4	3,2	6,2	0,0
*Номера участков см. табл. 1.							

Процесс изменения флоры городских ельников под воздействием рекреации отражает ее эколого-ценотическая структура: господствующее положение закономерно занимают лесные виды, во внутригородских насаждениях их участие резко (в 2,9 раза) снижается и существенно увеличивается участие луговых и рудеральных видов, предпочитающих открытые вторичные местообитания (пустыри, свалки, обочины дорог и т. п.) (табл. 3). При этом соответствующий достоверный рост индексов разнообразия Шеннона ($1,11 \pm 0,11$ и $1,62 \pm 0,24$) вряд ли следует считать индикатором увеличения устойчивости экосистемы.

Список видов, отмеченных в обследованных ельниках, охватывает 40 семейств, из которых 33 формируют флору ельников во дворах и скверах, а 26 — флору контрольных лесных участков. Наибольшее количество видов во

флоре внутриквартальных ельников отмечено для семейств Asteraceae (16 видов), Poaceae, Rosaceae (по 12), Fabaceae (5), Salicaceae и Scrophulariaceae (по 4 вида). По сравнению с ними во флоре контрольных участков ельников резко (в 5 раз) ослабевают позиция семейства Asteraceae (3 вида) и отсутствует семейство Fabaceae, а ведущее положение занимают семейства Poaceae и Rosaceae (по 6 видов). Для флоры ельников дворов и скверов характерна насыщенность «антропофильными» семействами (Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae и др.), включающими в себя адвентивные и устойчивые к рекреации аборигенные виды (*Lathyrus pratensis* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Vicia cracca* L. и др.). При этом флора контрольных лесных участков, даже в условиях непосредственной близости к городу, сохраняет основные зональные черты таксономического

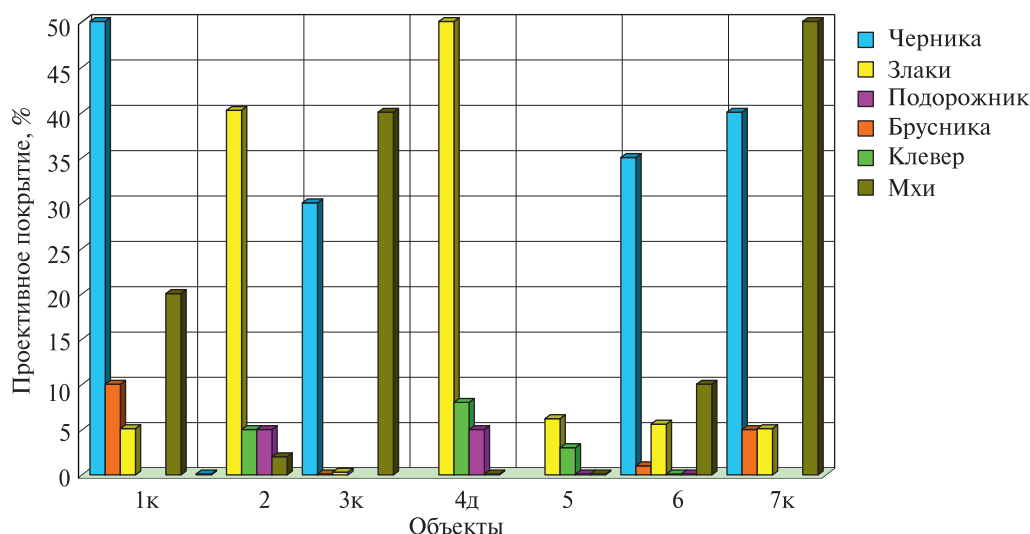


Рис. 1. Проективное покрытие доминантных видов живого напочвенного покрова в городских еловых насаждениях с разной рекреационной нагрузкой (номера участков см. табл. 1)

Fig. 1. Projective cover of dominant species of ground cover in urban spruce plantations with different recreational impact (see Table 1 for plot numbers)

спектра, свойственные насаждениям, не испытывающим антропогенный пресс.

Подлесок обследованных ельников сформирован 18 видами, из которых 11 — аборигенные деревья и кустарники (*Alnus incana* (L.) Moench, *Juniperus communis* L., *Prunus padus* L. и др.), 7 — популярные в регионе декоративные породы и ягодные кустарники (*Acer platanoides* L., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Aronia mitschurinii* A. K. Skvorts. & Maitul., *Crataegus* sp., *Malus domestica* (Suckow) Borkh., *Quercus robur* L., *Sambucus racemosa* L.) встречающиеся в единичных экземплярах.

Всего в травяно-кустарничковом ярусе ельников зарегистрирован 91 вид сосудистых растений; внутри городской застройки — 71 вид, что резко отличается от контрольных участков ($K_{sc} = 0,28$), где видовое богатство травяно-кустарничкового яруса вдвое ниже (35 видов). Лесные кустарнички и многие травы не выдерживают антропогенного пресса в фитоценозах, существующих более 35 лет внутри городской застройки. Естественный травяно-кустарничковый ярус в ельниках дворов и скверов либо практически полностью выбивается, либо происходит его олуговение и рудерализация (рис. 1) за счет подсева газонных трав и расселения распространенных синантропных (*Agrostis capillaris* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. и др.) и агрессивных инвазионных видов (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Chelidonium majus* L., *Impatiens glandulifera* Royle). Похожее изменения в травяно-кустарничковом ярусе ельников города отмечались и ранее [2].

В рекреационных сосновых лесах северо-таежной подзоны Карелии при увеличении антропогенного воздействия также происходит существенная деградация ЖНП, но экспансия луговых видов крайне замедлена или отсутствует [38]. В контрольных лесных массивах травяно-кустарничковый ярус сохраняет базовые параметры, свойственные малонарушенным ельникам, в покрове здесь господствуют виды *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* L., *Oxalis acetosella* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth и другие, типичные для лесов Карелии. Наибольшее видовое сходство травяно-кустарничкового яруса характерно для внутридворовых насаждений ($K_{sc} = 0,69$), а также для насаждений дворов и скверов ($K_{sc} = 0,43...0,57$). Сходство внутригородских ельников с контрольными участками минимальное ($K_{sc} = 0,05...0,18$ — дворы — контроли, $K_{sc} = 0,12...0,39$ — скверы — контроли), что свидетельствует о коренной трансформации травяно-кустарничкового яруса внутриквартальных ельников.

Вытаптывание крайне негативно влияет на состояние мохово-лишайникового яруса во дворах и скверах на участках жилой застройки. По мере увеличения площади вытаптывания мхи сохраняются только в приствольных зонах деревьев у корневых лап; лишайники отсутствуют. В ельниках за границей городской застройки, благодаря большей площади даже при заметной вытаптанности (5...10 %) или примятости ЖНП сохраняется как видовой состав мхов, так и характерное для лесов среднетаежной

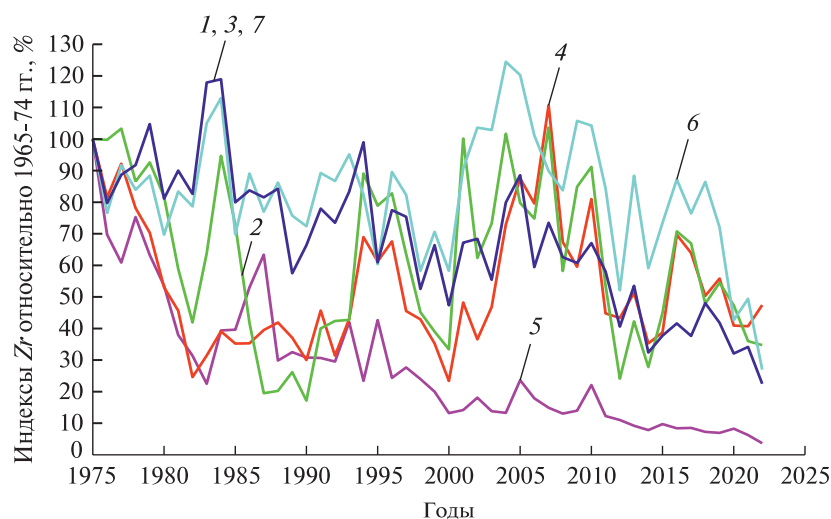


Рис. 2. Динамика радиального прироста ели, нормированного к среднему за 1965–1974 гг. в обследованных городских насаждениях (по контрольным участкам дано среднее значение): 1, 3, 7 — контрольные участки; 2 — сквер 1; 4 — двор 2; 5 — двор 1; 6 — сквер 2

Fig. 2. Dynamics of annual rings increment of spruce, normalized to the average for the period 1965–1974 in the surveyed urban forests, % (the average is shown for the control stands): 1, 3, 7 — control stands; 2 — square 1; 4 — yard 2; 5 — yard 1; 6 — square 2

подзоны высокое проективное покрытие доминантных видов (*Dicranum scoparium* Hedw., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. и др.). Максимально близки между собой видовые списки мхов во дворах ($K_{sc} = 0,60$) и скверах ($K_{sc} = 0,57$); состав мохового яруса ельников внутри застройки отличается от контрольных участков на 40...85 % ($K_{sc} = 0,15...0,40$). В целом резкая деградация ЖНП городских ельников (обеднение аборигенной фракции флоры и физическая деформация лесных трав и кустарничков) наблюдается при достижении площади вытаптывания 25...35 % и более. При этом существенная трансформация мохового яруса происходит уже при 15 % вытоптанной площади, что выражается в обеднении видового состава мхов и сокращении (в десятки раз) их проективного покрытия.

Динамика радиального прироста за последние полвека на всех обследованных объектах при имеющихся неизбежных различиях проявляет синхронность колебаний и ярко выраженную возрастную тенденцию снижения прироста после 1960 г. Различия индексов прироста между контрольными участками (№ 1к, 3к, 7к) оказались незначительными (коэффициент вариации 10...19 %), поэтому их среднее значение взято в качестве базового для оценки прироста всех насаждений внутри городской застройки (рис. 2).

Прирост во внутридворовых насаждениях за первые 10 лет после застройки снизился на 60...70 % (двор 1, двор 2) и в последующие 20 лет оставался на этом уровне. В дальнейшем, благодаря созданию мощных плитам дорожек, в одном из дворов (двор 2) прирост постепенно восстановился до уровня контроля, а в другом (двор 1) неуклонно уменьшается.

Формирование сквера 1 по соседству с лесным массивом происходило постепенно, начиная с расширения автомобильной трассы в 1986 г. и появления прилегающей застройки (1996 г.), вследствие чего первоначальная площадь лесного участка уже с 1991 г. сократилась вдвое. В результате такого постепенного осветления радиальный прирост деревьев стал заметно превышать его значения на контрольных участках, но в результате совмещения транзитной и рекреационной пешеходной нагрузки после 2015 г. существенно снизился. Сквер 2 представляет собой краевой остаток небольшого участка леса, середина которого в 1986 г. была вырублена и на протяжении 10 лет использовалась под рынок. По мере устройства окружающих транспортных и пешеходных путей антропогенная нагрузка существенно сократилась и прирост деревьев восстановился до уровня контроля, хотя в годы депрессий опускался до уровня внутридворовых насаждений (см. рис. 2). В последние два десятилетия индексы радиального прироста на этом объекте

находятся на уровне контрольных площадей, в том числе благодаря регулированию пешеходного потока и мерам рекультивации.

В ельниках внутри городской застройки, не испытывающих экстремальных нагрузок, индексы радиального прироста зачастую превышают уровень контрольных объектов, в которых сказывается влияние фактора конкуренции окружающего древостоя.

Ретроспективный анализ показал, что в долговременной динамике возможны периоды депрессии и восстановления прироста в зависимости от интенсивности и характера рекреационной нагрузки, если она не будет превышать некоторый критический порог. Использование в качестве базы «стартового» периода, предшествовавшего началу активного антропогенного воздействия, стандартизует условия для сравнения, но при этом усложняет понимание изменений, происходящих по прошествии почти полувекового периода. В связи с этим для оценки текущего состояния древостоев целесообразно оценить соотношение средней ширины годичных колец в 2018–2022 гг. и 2013–2017 гг., %:

1к (лес).....	105 ± 05
2 (сквер 1).....	88 ± 2
3к (лес).....	76 ± 3
4 (двор 1).....	84 ± 19
5 (двор 2).....	92 ± 6
6 (сквер 2).....	75 ± 9
7к (лес).....	103 ± 11

В среднем для всех обследованных насаждений в границах застройки изменение радиального прироста составляет 84 ± 5 %, а в контрольных древостоях 98 ± 4 %. Между изменением радиального прироста и степенью вытоптанности выявлена статистическая зависимость, характеризуемая коэффициентом корреляции $R = 0,59$. Приведенные данные в целом свидетельствуют об удовлетворительном состоянии обследованных насаждений. В то же время активная рекреация даже при средней степени вытоптанности (сквер 1) может оказывать существенное отрицательное влияние на прирост. Полученные результаты согласуются с мониторинговыми исследованиями конца XX в. [39, 40], согласно которым высокая загрязненность лесных подстилок серой и тяжелыми металлами сказалась на состоянии еловых древостоев незначительно, а основным фактором их дигрессии была признана нерегулируемая рекреация.

Выводы

1. Оценка состояния флоры, древесного яруса и живого напочвенного покрова насаждений

внутри городской застройки показала, что ельники в условиях города находятся в удовлетворительном состоянии, они успешно сохраняются в условиях перманентного (более 45 лет) антропогенного пресса и функционально устойчивы, о чем свидетельствует незначительное их отличие по радиальному приросту от контрольных участков, хотя по уровню деградаций живого напочвенного покрова эти сообщества соответствуют IV–V стадии рекреационной дигрессии.

2. Одной из причин долговременной устойчивости городских ельников, по-видимому, является сохранение при застройке микрорайонов естественной грубогумусной подстилки, пронизанной корнями кустарничков, которая на начальных стадиях рекреации защитила корни деревьев от повреждения. Подтверждает это отсутствие на всех обследованных объектах выбивания подстилки до минерального горизонта.

3. Необходимые условия для существования островков елового леса в городе — сохранение минимальной площади лесных участков и их функциональное зонирование путем регулирования антропогенных нагрузок за счет рационального обустройства дорожно-тропиночной сети.

4. В качестве перспективного варианта интеграции еловых насаждений в городскую среду можно рекомендовать искусственное формирование лиственных опушек, которые частично возникают естественным путем на периферии еловых островков и способствуют выживанию появляющегося естественного возобновления ели. Это позволит повысить общую устойчивость к неизбежному в будущем выпадению части елей вследствие усыхания и теоретически обеспечить смену поколений древостоя. Кроме того, в связи с высоким возрастом еловых насаждений необходимо отслеживание их санитарного состояния в целях обеспечения безопасности людей.

Благодарности

Авторы признательны М.А. Бойчук (ИБ КарНЦ РАН) и Р.П. Обабо (ИЛ КарНЦ РАН) за помощь в определении видов мхов.

Исследование выполнено в рамках государственных заданий ФИЦ КарНЦ РАН (Институт леса).

Список литературы

- [1] Кучко А.А. Оптимизация рекреационного лесопользования в зеленой зоне г. Петрозаводска // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 32–38.

- [2] Новиков С.Г., Медведева М.В., Пеккоев А.Н., Тимофеева В.В. Диагностика почв, расположенных в градиенте урботехногенного воздействия // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 2021. № 108. С. 55–82. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-55-82
- [3] Атлас Карельской АССР. М., 1989. 40 с.
- [4] Рысин Л.П., Рысин С.Л. Урболесоведение. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 240 с.
- [5] Майорова Е.И., Шершнева В.Д. Городские леса Москвы в свете изменений Лесного кодекса Российской Федерации 2023 года // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 3. С. 87–95. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-87-95
- [6] Юшкевич М.В., Шиман Д.В., Клыш А.С. Рекреационное лесоводство. Минск: Изд-во БГТУ, 2021. Кн. 1. 258 с.
- [7] Рысин Л.П. Рекреационное лесопользование: научные и практические аспекты // Лесобиологические исследования на северо-западе таежной зоны России: итоги и перспективы. Материалы науч. конф., посвященной 50-летию Института леса Карельского научного центра РАН, 3–5 октября 2007 г. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2007. С. 83–94.
- [8] ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М., 1995. 8 с.
- [9] Закацкий В.А., Мусин Х.Г. Оценка лесных территорий для массового отдыха по стадиям рекреационной дигрессии // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2013. № 2 (18). С. 20–29.
- [10] Тарасова Н.П., Беднова О.В., Кузнецов В.А. Система городских охраняемых природных территорий и устойчивое развитие мегаполиса // Экология урбанизированных территорий, 2011. № 3. С. 12–17.
- [11] Карпишенова Р.А. Дубравы лесопарковой зоны г. Москвы. М.: Наука, 1967. 103 с.
- [12] Репшас Э.А., Палишкис Е.Е. Определение состояния и экологической емкости рекреационных лесов (методические рекомендации). Каунас: б. и., 1981. 16 с.
- [13] Кучко А.А. Диагностика нарушения рекреационных насаждений в Карелии // Экологическая безопасность рекреационного лесопользования: тез. докл. на Междунар. симп., 6–9 сентября 1988 г., Саласпилс. Саласпилс, 1988. С. 37–39.
- [14] Эмсис И.В. Опыт прикладного изучения лесов рекреационного назначения в Латвии // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 15–23.
- [15] Таран И.В., Спиридонов В.Н., Беликова Н.Д. Леса города. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 196 с.
- [16] Рысин С.Л., Новоселов В.В., Федяева А.М. Рекреационный потенциал лесопарковых насаждений на территории ГБС РАН (г. Москва) // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2020. № 56. С. 186–190.
- [17] Бурова Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 264 с.
- [18] Швалева Н.П., Феоктистов С.В., Залесова М.С., Годовалов Г.А. Влияние рекреационных нагрузок на видовой состав живого напочвенного покрова в условиях г. Снежинска // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 2004. Вып. 25. С. 147–151.
- [19] Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А. Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосквы. М.: Наука, 1981. 144 с.
- [20] Рысина Г.П., Рысин Л.П. Оценка антропогенной нагрузки на лесные травянистые растения // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 26–35.
- [21] Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н.Н. Рекреационные леса. М.: Лесная пром-сть, 1977. 96 с.
- [22] Грязькин А.В., Кочкин А.А., Петрик В.В. Динамика состава растительности нижних ярусов в парковых фитоценозах // ИзвВУЗ Лесной журнал, 2017. № 6. С. 46–55. DOI: 10.17238/ISSN0536-1036.2017.6.46
- [23] Дыренков С.А. Изменения лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 20–34.
- [24] Смаглюк К.К., Середин В.И., Питикин А.И., Парпан В.И. Исследование рекреационного лесопользования в Карпатах // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 81–95.
- [25] Кищенко И.Т., Ольхина Е.С. Рост вегетативных органов *Picea abies* (L.) Karst. в антропогенной среде // ИзвВУЗ Лесной журнал, 2021. № 3. С. 59–72. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-59-72
- [26] Матвеев С.М., Мироненко А.В., Тимашук Д.А. Лесоводственный и дендроклиматический анализ искусственных сосновых фитоценозов, подверженных рекреационной дигрессии в пригородной зоне г. Воронежа // Журнал Сибирского федерального университета. Биология, 2015. № 4. С. 410–425. DOI: 10.17516/1997-1389-2015-8-4-410-425
- [27] Исмаилов Н.И. Влияние рекреации на текущий прирост дубовых насаждений // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси, 2015. Вып. 75. С. 451–459.
- [28] Кукарских В.В., Дэви Н.М., Бубнова М.О., Агафонов Л.И. Рекреация и радиальный прирост сосняков памятника природы «Озеро Тургой», Южный Урал // Экология, 2022. № 3. С. 189–201. DOI: 10.31857/S0367059722030076
- [29] Симоненков В.С., Симоненкова В.А., Гилязиева С.Р., Калякина Р.Г., Ангальт Е.М. Влияние рекреации на радиальный прирост сосны обыкновенной // Известия Саратовского университета. Серия: Химия. Биология. Экология, 2024. Т. 24. Вып. 1. С. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-1-111-117>
- [30] Рысин Л.П., Полякова Г.А. Влияние рекреационного лесопользования на растительность // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. С. 4–26.
- [31] Порядок отвода и таксации лесосек. Утвержден приказом Минприроды России от 17.10.2022 № 688. М., 2022. 32 с. URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/33560> (дата обращения 27.03.2025).
- [32] Румянцев Д.Е., Липаткин В.А., Черакшев А.В., Воробьева Н.С. Методические рекомендации по отбору кернов древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве. М.: Профессиональная наука, 2022. 44 с. DOI: 10.54092/9785907607187
- [33] Шпалте Э.П. Новая техника для исследования ширины годовичных колец // Лесное хозяйство, 1974. № 1. С. 56–57.

- [34] Кравченко А.В., Гнатюк Е.П., Крышень А.М. Основные тенденции формирования флоры молодого таежного города (на примере г. Костомукши, Республика Карелия) // Биogeография Карелии (флора и фауна таежных экосистем). Труды КарНЦ РАН, 2003. № 4. С. 59–75.
- [35] Кравченко А.В., Тимофеева В.В., Рудковская О.А., Фадеева М.А. Сосудистые растения города Беломорска (Республика Карелия) // Труды КарНЦ РАН. Серия: Биogeография, 2016. № 7. С. 51–71. DOI: 10.17076/bg333
- [36] Бурова Н.В. Типологический анализ ценофлоры ельников Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. Архангельск, 2015. № 4. С. 35–43. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2015.4.35
- [37] Геникова Н.В., Гнатюк Е.П., Крышень А.М. Ценофлора ельников черничных Восточной Фенноскандии // Ботанический журнал, 2019. Т. 104. № 5. С. 699–716. DOI: 10.1134/S0006813619050041
- [38] Timofeeva V., Kutenkov S. Analysis of recreational impact on living ground cover in forests on Paanajärvi National Park (Republic of Karelia, Russia) // Oulanka Reports. Oulun Yliopisto, Oulu, 2009, no. 29, pp. 16–26.
- [39] Синькевич С.М. Антропогенная динамика прироста ельников в зеленой зоне промышленного центра // Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия: тез. докл. Всерос. совещ. Апатиты, 22–25 июня 1998 г. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра Российской академии наук, 1998. С. 181–182.
- [40] Дьяконов В.В., Крутов В.И., Синькевич С.М. Состояние лесов зеленой зоны г. Петрозаводска // Экологический мониторинг лесных экосистем: тез. докл. Всерос. совещ., Петрозаводск, 06–10 сентября 1999 г. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 1999. С. 41.

Сведения об авторах

Тимофеева Вера Владимировна✉ — канд. биол. наук, науч. сотр., Институт леса — обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИЛ КарНЦ РАН), timofeevavera2010@yandex.ru

Синькевич Сергей Михайлович — канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., Институт леса — обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИЛ КарНЦ РАН), sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 05.02.2025.

Одобрено после рецензирования 24.03.2025.

Принята к публикации 15.04.2025.

FEATURES OF FLORA, GROUND COVER RECREATIONAL TRANSFORMATION AND WOOD INCREMENT OF URBAN SPRUCE FORESTS

V.V. Timofeeva✉, S.M. Sinkevich

Forest Research Institute of the Karelian Research Centre RAS, 11, Pushkinskaya st., 185910, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

timofeevavera2010@yandex.ru

The article presents the study results of the flora, stand and ground cover of spruce block green belt and controlled wooded area adjacent to the city. The flora of inner-city spruce forests is 2 times richer than in test areas. A change in the systematic and ecological-cenotic structure of the spruce stands' flora under the influence of recreational impact is characterized, because of which the share of forest species decreases by 2,9 times and is replaced by meadow and ruderal elements with a groundbreaking strategy. It has been established that the degradation of the grass-shrub layer occurs when the trampling area reaches 25...35 % or more; the moss-lichen layer begins to collapse already at 15 % of the trampled area. Over the past 40 years, the dynamics of radial growth have revealed a general due to age decline for all objects by an average of 1,5 % per year. Against its background, stable synchronism of oscillations within ± 30 % of the average level was noted, indicating a satisfactory state of urban spruce plantations. The growth depression during unfavorable seasons in subsequent years is compensated for by an intensive increase, but in the case of an increased degree of recreational impact, it becomes irreversible. It is indicated that unregulated recreation in the future, even with a low degree of trampling, can have a significant negative impact on the growth of stands. As a measure to increase the stability of spruce stands, the formation of deciduous edges is recommended.

Keywords: urban forest, spruce (*Picea abies*), annual rings increment, ground vegetation, floristic diversity

Suggested citation: Timofeeva V.V., Sin'kevich S.M. *Osobennosti rekreatsionnoy transformatsii flory, zhivogo napochvennogo pokrova i dinamiki prirosta gorodskikh el'nikov* [Features of flora, ground cover recreational transformation and wood increment of urban spruce forests]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2025, vol. 29, no. 4, pp. 52–63. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-4-52-63

References

- [1] Kuchko A.A. *Optimizatsiya rekreatsionnogo lesopol'zovaniya v zelenoy zone g. Petrozavodsk* [Optimization of recreational forest management in the green zone of Petrozavodsk]. *Optimizatsiya rekreatsionnogo lesopol'zovaniya* [Optimization of recreational forest management]. Moscow: Nauka, 1990, pp. 32–38.
- [2] Novikov S.G., Medvedeva M.V., Pekkoev A.N., Timofeeva V.V. *Diagnostika pochv, raspolozhennykh v gradiente urbotekhnogennogo vozdeystviya* [Diagnostics of soils located in the gradient of urban-technogenic impact]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Dokuchaev Soil Bulletin], 2021, no. 108, pp. 55–82. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-108-55-82
- [3] *Atlas Karel'skoy ASSR* [Atlas of the Karelian ASSR]. Moscow, 1989, 40 p.
- [4] Rysin L.P., Rysin S.L. *Urbolesovedenie* [Urban Forestry]. Moscow: Tovarichestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, 240 p.
- [5] Mayorova E.I., Shershneva V.D. *Gorodskie lesa Moskvy v svete izmeneniy Lesnogo kodeksa Rossiyskoy Federatsii 2023 goda* [Moscow urban forests in view of Russian Federation Forestry Code changes in 2023]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 3, pp. 87–95. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-87-95
- [6] Yushkevich M.V., Shiman D.V., Klysh A.S. *Rekreatsionnoe lesovodstvo* [Recreational forestry]. Minsk: BG TU, 2021, book 1, 258 p.
- [7] Rysin L.P. *Rekreatsionnoe lesopol'zovanie: nauchnye i prakticheskie aspekty* [Recreational forest management: scientific and practical aspects]. *Lesobiologicheskie issledovaniya na severo-zapade taizhnoy zony Rossii: itogi i perspektivy: mater. nauch. konf., posvyashchennoy 50-letiyu Instituta lesa Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Forest biology research in the northwest of the Russian taiga zone: results and visions: Proceedings of the Scientific Conference celebrating the 50th anniversary of the Forest Research Institute Karelian Research Centre of RAS]. Petrozavodsk, October 3–5, 2007. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2007, pp. 83–94.
- [8] OST 56-100-95. *Metody i edinitsy izmereniya rekreatsionnykh nagruzok na lesnye prirodnye komplekсы* [Methods and units of measurement of recreational loads on forest natural complexes]. Moscow, 1995, 8 p. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/471826617> (accessed 15.11.2024).
- [9] Zakamskiy V.A., Musin Kh.G. *Otsenka lesnykh territoriy dlya massovogo otdykha po stadiyam rekreatsionnoy digressii* [Forests evaluation for tourism by recreational digression stages]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2013, no. 2 (18), pp. 20–29.
- [10] Tarasova N.P., Bednova O.V., Kuznetsov V.A. *Sistema gorodskikh okhranyaemykh prirodnnykh territoriy i ustoychivoe razvitie megapolisa* [The system of urban protected natural areas and sustainable development of the metropolis]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of urbanized territories], 2011, no. 3, pp. 12–17.

- [11] Karpisonova R.A. *Dubravyy lesoparkovoy zony g. Moskvy* [Oak groves of the forest park zone of Moscow]. Moscow: Nauka, 1967, 103 p.
- [12] Repshas E.A., Palishkis E.E. *Opredelenie sostoyaniya i ekologicheskoy emkosti rekreatsionnykh lesov (metodicheskie rekomendatsii)* [Determination of the state and ecological capacity of recreational forests (methodological recommendations)]. Kaunas, 1981, 16 p.
- [13] Kuchko A.A. *Diagnostika narushennosti rekreatsionnykh nasazhdeniy v Karelii* [Diagnostics of disturbance of recreational plantings in Karelia] *Ekologicheskaya bezopasnost' rekreatsionnogo lesopol'zovaniya: Tezisy dokl. na mezhdunar. simpoziume* [Ecological safety of recreational forest management: theses at the International Symposium], Salaspils, 06–09 September 1988. Salaspils, 1988, pp. 37–39.
- [14] Emsis I.V. *Opyt prikladnogo izucheniya lesov rekreatsionnogo naznacheniya v Latvii* [Experience of applied study of recreational forests in Latvia]. *Optimizatsiya rekreatsionnogo lesopol'zovaniya* [Optimization of recreational forest management]. Moscow: Nauka, 1990, pp. 15–23.
- [15] Taran I.V., Spiridonov V.N., Belikova N.D. *Lesa goroda* [City forests]. Novosibirsk: SB RAS, 2004, 196 p.
- [16] Rysin S.L., Novoselov V.V., Fedyaeva A.M. *Rekreatsionnyy potentsial lesoparkovykh nasazhdeniy na territorii GBS RAN (g. Moskva)* [Recreational potential of forest park plantations on the territory of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow)]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2020, no. 56, pp. 186–190.
- [17] Burova N.V., Feklistov P.A. *Antropogennaya transformatsiya prigorodnykh lesov* [Anthropogenic transformation of suburban forests]. Arkhangel'sk: Arkhangel'sk State Technical University, 2007, 264 p.
- [18] Shvaleva N.P., Feoktistov S.V., Zalesova M.S., Godovalov G.A. *Vliyaniye rekreatsionnykh nagruzok na vidovoy sostav zhivogo napochvennogo pokrova v usloviyakh g. Snezhinsk* [The influence of recreational loads on the species composition of the living ground cover in the conditions of the city of Snezhinsk]. *Lesa Urals i khozyaystvo v nikh* [Ural forests and their management]. Ekaterinburg, 2004, iss. 25, pp. 147–151.
- [19] Polyakova G.A., Malysheva T.V., Flerov A.A. *Antropogennoe vliyaniye na sosnovyye lesa Podmoskov'ya* [Anthropogenic impact on pine forests of the Moscow region]. Moscow: Nauka, 1981, 144 p.
- [20] Rysina G.P., Rysin L.P. *Otsenka antropotolerantnosti lesnykh travyanistykh rasteniy* [Assessment of anthropotolerance of forest herbaceous plants]. *Prirodnye aspekty rekreatsionnogo ispol'zovaniya lesa* [Natural aspects of recreational use of forests]. Moscow: Nauka, 1987, pp. 26–35.
- [21] Kazanskaya N.S., Lanina V.V., Marfenin N.N. *Rekreatsionnye lesa* [Recreational forests]. Moscow, 1977, 96 p.
- [22] Gryaz'kin A.V., Kochkin A.A., Petrik V.V. *Dinamika sostava rastitel'nosti nizhnikh yarusov v parkovykh fitotsenozakh* [Dynamics of Understory Vegetation Structure in the Park Phytocenosis]. *Russian Forestry Journal*, 2017, no. 6, pp. 46–55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.46
- [23] Dyrenkov S.A. *Izmeneniya lesnykh biogeotsenozov pod vliyaniem rekreatsionnykh nagruzok i vozmozhnosti ikh regulirovaniya* [Changes in forest biogeocenoses under the influence of recreational loads and the possibilities of their regulation]. *Rekreatsionnoye lesopol'zovanie v SSSR* [Recreational forest management in the USSR]. Moscow: Nauka, 1983, pp. 20–34.
- [24] Smaglyuk K.K., Seredin V.I., Pitikin A.I., Parpan V.I. *Issledovanie rekreatsionnogo lesopol'zovaniya v Karpatakh* [Research of recreational forest use in the Carpathians]. *Rekreatsionnoye lesopol'zovanie v SSSR* [Recreational forest management in the USSR]. Moscow: Nauka, 1983, pp. 81–95.
- [25] Kishchenko I.T., Ol'khina E.S. *Rost vegetativnykh organov Picea abies (L.) Karst. v antropogennoy srede* [Growth of vegetative organs *Picea abies* (L.) Karst. in anthropogenic environment]. *Russian Forestry Journal*, 2021, no. 3, pp. 59–72. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-59-72
- [26] Matveev S.M., Mironenko A.V., Timashchuk D.A. *Lesovodstvennyy i dendroklimaticheskiy analiz iskusstvennykh sosnovykh fitotsenozov, podverzhennykh rekreatsionnoy digressii v prigorodnoy zone g. Voronezha* [Silvicultural and dendroclimatic analysis of artificial pine phytocenoses exposed to recreational digression in a suburban Area of Voronezh]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya* [Journal of Siberian Federal University. Biology], 2015, no. 4, pp. 410–425. DOI: 10.17516/1997-1389-2015-8-4-410-425
- [27] Ismailov N.I. *Vliyaniye rekreatsii na tekushchiy prirost dubovykh nasazhdeniy* [The Impact of recreation on the current growth of oak plantations]. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. IL NAN Belarusi* [Problems of Forest Science and Silviculture: coll. scientific papers of the Institute of Forestry of the National Academy of Sciences of Belarus.], Gomel', 2015, iss. 75, pp. 451–459.
- [28] Kukarskikh V.V., Devi N.M., Bubnova M.O., Agafonov L.I. *Rekreatsiya i radial'nyy prirost sosnyakov pamyatnika prirody «Ozero Turgoyak», Yuzhnyy Ural* [Recreation and radial growth of pine forests of the natural monument «Lake Turgoyak», South Urals]. *Ekologiya* [Russian Journal of Ecology], 2022, no. 3, pp. 189–201. DOI: 10.31857/S0367059722030076
- [29] Simonenkov V.S., Simonenkova V.A., Gilazieva S.R., Kalyakina R.G., Angal't E.M. *Vliyaniye rekreatsii na radial'nyy prirost sosny obyknovennoy* [Influence of recreation on radial growth of the common pine tree]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya* [Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology], 2024, v. 24, iss. 1, pp. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-1-111-117>
- [30] Rysin L.P., Polyakova G.A. *Vliyaniye rekreatsionnogo lesopol'zovaniya na rastitel'nost'* [The impact of recreational forest use on vegetation]. *Prirodnye aspekty rekreatsionnogo ispol'zovaniya lesa* [Natural aspects of recreational use of forests]. Moscow: Nauka, 1987, pp. 4–26.
- [31] *Poryadok otvoda i taksatsii leseosek. Uverzhden prikazom Minprirody Rossii ot 17.10.2022 № 688* [The procedure for the allocation and taxation of logging areas. App. by order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 17.10.2022 no. 688]. Moscow, 2022. 32 p. Available at: <https://minjust.consultant.ru/documents/33560> (accessed 27.03.2025).

- [32] Rumyantsev D.E., Lipatkin V.A., Cherakshev A.V., Vorob'eva N.S. *Metodicheskie rekomendatsii po otboru kernov drevesiny dlya tseley dendrokronologicheskikh issledovaniy v lesovedenii i lesovodstve* [Guidelines for the selection of wood cores for the purposes of dendrochronological studies in forestry and silviculture]. Moscow, 2022, 43 p. DOI: 10.54092/9785907607187
- [33] Shpalte E.P. *Novaya tekhnika dlya issledovaniya shiriny godichnykh kolets* [New technique for studying the tree rings width]. *Lesnoe khozyaystvo* [Silviculture], 1974, no. 1, pp. 56–57.
- [34] Kravchenko A.V., Gnatyuk E.P., Kryshen' A.M. *Osnovnye tendentsii formirovaniya flory mladogo taezhnogo goroda (na primere g. Kostomukshi, Respublika Kareliya)* [Main trends in the formation of the flora of a young city in taiga (case study of Kostomuksha, Republic of Karelia)]. *Biogeografiya Karelii (flora i fauna taezhnykh ekosistem)*. Trudy KarNTs RAN. Vyp. 4 [Biogeography of Karelia (flora and fauna boreal ecosystems). Proceedings of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. Vol. 4]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2003, pp. 59–75.
- [35] Kravchenko A.V., Timofeeva V.V., Rudkovskaya O.A., Fadeeva M.A. *Sosudistye rasteniya goroda Belomorska (Respublika Kareliya)* [Vascular plants of the town of Belomorsk, Republic of Karelia]. Trudy KarNTs RAN. Seriya: Biogeografiya [Transactions of the Karelian Research Centre of Russian Academy of Science. Biogeography Series], 2016, no. 7, pp. 51–71. DOI: 10.17076/bg333
- [36] Burova N.V. *Tipologicheskii analiz tsenoflory el'nikov Arkhangel'skoy oblasti* [Typological analysis of spruce forests coenoflora (Arkhangel'sk region)]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Estestvennyye nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series «Natural sciences»], 2015, no. 4, pp. 35–43. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2015.4.35
- [37] Genikova N.V., Gnatyuk E.P., Kryshen' A.M. *Tsenoflora el'nikov chernichnykh Vostochnoy Fennoskandii* [Coenoflora of bilberry spruce forests in Eastern Fennoscandia]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical J.], 2019, t. 104, no. 5, pp. 699–716. DOI: 10.1134/S0006813619050041
- [38] Timofeeva V., Kutenkov S. Analysis of recreational impact on living ground cover in forests on Paanajärvi National Park (Republic of Karelia, Russia). *Oulanka Reports*. Oulun Yliopisto, Oulu, 2009, no. 29, pp. 16–26.
- [39] Sin'kevich S.M. *Antropogennaya dinamika prirosta el'nikov v zelenoy zone promyshlennogo tsentra* [Anthropogenic dynamics of spruce forest growth in the green zone of the industrial center]. *Antropogennoe vozdeystvie na prirodu Severa i ego ekologicheskie posledstviya: Tezisy dokl. Vseross. soveshch. Kol'skiy NTs RAN* [Anthropogenic impact on the Nature of the North and its ecological consequences: report summary of the All-Russian Conference]. Apatity, 22–25 June 1998. Apatity: Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, 1998, pp. 181–182.
- [40] D'yakonov V.V., Krutov V.I., Sin'kevich S.M. *Sostoyanie lesov zelenoy zony g. Petrozavodsk* [The state of forests of the green zone of Petrozavodsk]. *Ekologicheskii monitoring lesnykh ekosistem: Tezisy dokl. Vseross. soveshch. Izd-vo KarNTs RAN* [Ecological monitoring of forest ecosystems: report summary of the All-Russian conference]. Petrozavodsk, 06–10 September 1999. Petrozavodsk: Karelian Research Centre RAS, 1999, p. 41.

Acknowledgments

The authors are grateful to M.A. Boychuk (Institute of Forestry of the Karelian Institute of Science and Technology) and R.P. Obabko (Institute of Forestry of the Karelian Institute of Science and Technology) for their help in identifying moss species.

The study was carried out within the framework of state assignments of FIC Karelian Research Centre RAS (Forest Institute).

Authors' information

Timofeeva Vera Vladimirovna  — Cand. Sci. (Biology), Research Fellow, Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (FRI KarRC RAS), timofeevavera2010@yandex.ru

Sin'kevich Sergei Mikhailovich — Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (FRI KarRC RAS), sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Received 05.02.2025.

Approved after review 24.03.2025.

Accepted for publication 15.04.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest