

УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ, ЛЕСОУСТРОЙСТВО И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

FOREST MANAGEMENT, FOREST INVENTORY AND INFORMATION SYSTEMS IN FORESTRY

УДК 630*232

О. А. Севко, В. В. Коцан

Белорусский государственный технологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЕВ НА ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ

Долгосрочные исследования на постоянных пробных площадях дают наиболее полную информацию о динамике таксационных показателей и изменении пространственной структуры древостоев. В статье изложены результаты поддеревной таксации древостоев с учетом расположения стволов на пробных площадях с 2003 по 2023 г. С помощью Quantum GIS на электронных картах отмечено изменение пространственного размещения деревьев в связи с отпадом и рубками ухода.

На последнем этапе в 2024 г. был измерен радиальный прирост с помощью кернов у деревьев, рядом с которыми отпали или были вырублены соседние. При этом приведено разделение динамики радиального прироста для деревьев, находившихся до рубки под значительной конкуренцией соседних деревьев, и деревьев, не подверженных влиянию соседних деревьев как до, так и после рубки.

Проведенное исследование подтвердило влияние изменения пространственной структуры на динамику таксационных показателей древостоя. Дополнительное исследование радиального прироста по данным измерения кернов позволяет численно оценить увеличение прироста и его зависимость от изменения пространственной структуры, а также подтверждает влияние рубок ухода на прирост оставшихся деревьев (процент увеличения прироста по диаметру до 48% и процент увеличения прироста по объему до 31%).

Ключевые слова: пространственная структура, радиальный прирост, долгосрочное наблюдение, сложный древостой, таксационные показатели.

Для цитирования: Севко О. А., Коцан В. В. Исследование таксационных показателей и пространственной структуры древостоев на постоянных пробных площадях // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2026. № 1 (300). С. 5–15.

DOI: 10.52065/2519-402X-2026-300-1.

O. A. Sevko, V. V. Kotsan

Belarusian State Technological University

STUDY OF TAXACIN INDICATORS AND THE SPATIAL STRUCTURE OF FOREST STANDS IN PERMANENT SAMPLE PLOTS

Long-term studies on permanent sample plots provide the most complete information on the dynamics of taxation indicators and changes in the spatial structure of forest stands. This article presents the results of a tree-by-tree inventory of forest stands, taking into account the location of trunks in sample plots from 2003 to 2023. Using Quantum GIS, changes in the spatial distribution of trees due to mortality and thinning were noted on electronic maps.

At the final stage in 2024, radial growth was measured using core samples from trees near which neighboring trees had fallen or been felled. A distinction was made between the radial growth dynamics of trees that were under significant competition from neighboring trees before felling and trees that were not affected by neighboring trees either before or after felling.

The study confirmed the impact of spatial structure changes on the dynamics of forest stand taxation indicators. An additional study of radial growth based on core measurements allows for a quantitative assessment of the increase in growth and its dependence on spatial structure changes, as well as confirms the impact of thinning on the growth of remaining trees (a 48% increase in diameter growth and a 31% increase in volume growth).

Keywords: spatial structure, radial growth, long-term observation, complex tree stand, taxation indicators.

For citation: Sevko O. A., Kotsan V. V. Study of taxacin indicators and the spatial structure of forest stands in permanent sample plots // *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2026, no. 1 (300), pp. 5–15 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2026-300-1.

Введение. Изучение прироста древостоев – одно из наиболее актуальных и значимых направлений в лесной таксации, позволяющее верно оценить возможные ресурсы леса и возможную обеспеченность народного хозяйства древесиной на перспективу. Комплексное изучение этого вопроса начинается с долгосрочных наблюдений за лесом и изменением его таксационных характеристик. В дальнейшем полученные данные возможно использовать для анализа хода роста древостоя и прогноза получаемых объемов древесины на перспективу.

Долгосрочное (стационарное) наблюдение за лесом (от 10 лет до момента разложения древостоя) позволяет наиболее точно описать изменение всех его параметров за 5-летние периоды. При этом используется максимально точная таксация каждого древесного ствола с учетом его пространственного положения на пробной площади, что позволяет исследовать влияние пространственной структуры и конкурентных отношений с соседними деревьями на таксационные показатели каждого конкретного дерева, а следовательно, и древостоя в целом.

Исследования такого рода проводились различными зарубежными авторами с использованием параметров пространственного распределения деревьев для определения влияния экологических механизмов, оценки поддержания биоразнообразия и прогноза динамики таксационных показателей древостоев (J. H. Menge, P. Magdon, S. Wöllauer, 2023 [1]; Fang, 2005; Penttinen, 2000; Kokkila 2002).

Тем не менее мелкомасштабные пространственные распределения деревьев в отдельном древостое остаются плохо понятыми. Эмпирические исследования неоднократно показывали влияние пространственного распределения и размеров деревьев на конкуренцию (Ford, 1975; Chen, 2004), и в то же время, пространственное распределение и размер дерева являются результатом конкуренции.

Стремление описать изменение таксационных показателей древостоев с помощью математических моделей привело к выделению трех типов моделей. Модели динамики моногидовых лесных насаждений в литературе при описании роста смешанных лесов классифицируются по типам моделей: gap-модели (Shugart, 1984; Shugart and Smith, 1996), модели индивидуальных деревьев (Liu and Ashton, 1995) или модели предсказания роста и урожайности (Vanclay, 1995).

При этом основным параметром, связывающим морфологию древостоя с его функциональной организацией, является положение конкретного дерева в пространственной структуре древостоя [2].

Конкуренция, взаимодействие, отпад, распределение по площади, являясь принципиально детерминированными процессами, действительно целенаправленно изменяют структуры насаждений [3]. Одной из основных задач, решение которой зависит от пространственной структуры, является количественное моделирование основных процессов:

например конкурентного взаимодействия. Пространственная структура представляет интерес, так как влияет на динамику, состав и биоразнообразие сообществ [4]. Например, степень агрегации на уровне полога леса может существенно регулировать свет в подлеске и тем самым воздействовать на набор различных видов с разными функциональными особенностями. Следовательно, сложность структуры способствует флористическому и фаунистическому биоразнообразию [1].

Однако наибольший интерес вызывает влияние пространственной структуры и, соответственно, конкуренции на таксационные показатели древостоя и прирост в частности.

Связь текущего прироста деревьев с морфологическими и социальными показателями, а также роль горизонтальной структуры полога древостоя рассматриваются в работах А. А. Вайса, посвященных межвидовым и внутривидовым отношениям в сложных древостоях. Оценку рангового положения деревьев различных пород в древостое при исследовании их фитомассы предложено проводить двумя способами: либо с учетом характеристик центрального дерева, но без выявления оптимального радиуса влияния, либо без учета характеристик центрального дерева, но с выявлением оптимального радиуса влияния [5–7].

Пространственные взаимосвязи в размещении древесных пород и влияние их на производительность насаждения рассматривались в работах А. В. Манова, И. Н. Кутявина [8], С. В. Бойко [9], А. И. Бузыкина [10], В. Я. Грибанова [11]. Изучение пространственной структуры, динамики и продуктивности выявило численные взаимосвязи данных параметров [12]. Наличие данных о горизонтальной структуре древостоя позволяет выявить те деревья, которые активно увеличивают жизненное пространство и имеют текущий прирост выше среднего для данного насаждения.

Введение в описание пространственной структуры помимо горизонтального расположения деревьев вертикально-фракционной структуры позволило выявить ранговое распределение фракций фитомассы [13, 14]. Как результат, при детальном изучении пространственной структуры древостоев и прироста деревьев возможно установить оптимальный радиус влияния, обеспечивающий максимальный прирост ствола и фитомассы.

Изучение внутривидовых и межвидовых отношений, а также влияние пространственной структуры древостоев на таксационные показатели деревьев привело к необходимости использовать индекс конкуренции (CI), дающий количественное выражение конкурентных отношений между деревьями и позволяющий вычислять изменчивость биологической продуктивности деревьев в насаждении [15–19].

Основная часть. В Негорельском учебно-опытном лесхозе для изучения данного вопроса были заложены постоянные пробные площади со сплошной нумерацией и детальным картированием расположения деревьев (пробная площадь разбивалась на квадраты со стороной 5 м, внутри которых условные координаты определялись методом прямоугольных координат). Пробы были заложены в сосновых черничных: кв. 50 ППП № 39 (1-й ярус – 5С5Б, 2-й ярус – 10Е) и кв. 39 ППП № 31 (1-й ярус – 10С, 2-й ярус – 10Е). Исследование на ППП № 39 проводилось с 2003 по 2023 г., на ППП № 31 с 2011 по 2021 г.

Измерение таксационных характеристик проводилось поддеревно: измерялись по два перпендикулярных диаметра на высоте 1,3 м мерной вилкой, высота деревьев и протяженность крон лазерным высотомером, по четыре радиуса крон с помощью ультразвукового дальномера, а также определялись возраст и состояние деревьев. В итоге вычислены средние и общие таксационные показатели древостоев. По результатам полевых работ в QGIS строились электронные карты расположения деревьев пробных площадей в условных системах координат. К точкам, указывающим положение деревьев, подвязывался слой с параметрами крон для выявления перекрытий и определения кругов конкуренции соседних деревьев (рис. 1).

Указанные исследования на данных пробных площадях проводились по три раза за указанные периоды с повторяемостью 5–10 лет (табл. 1, 2).

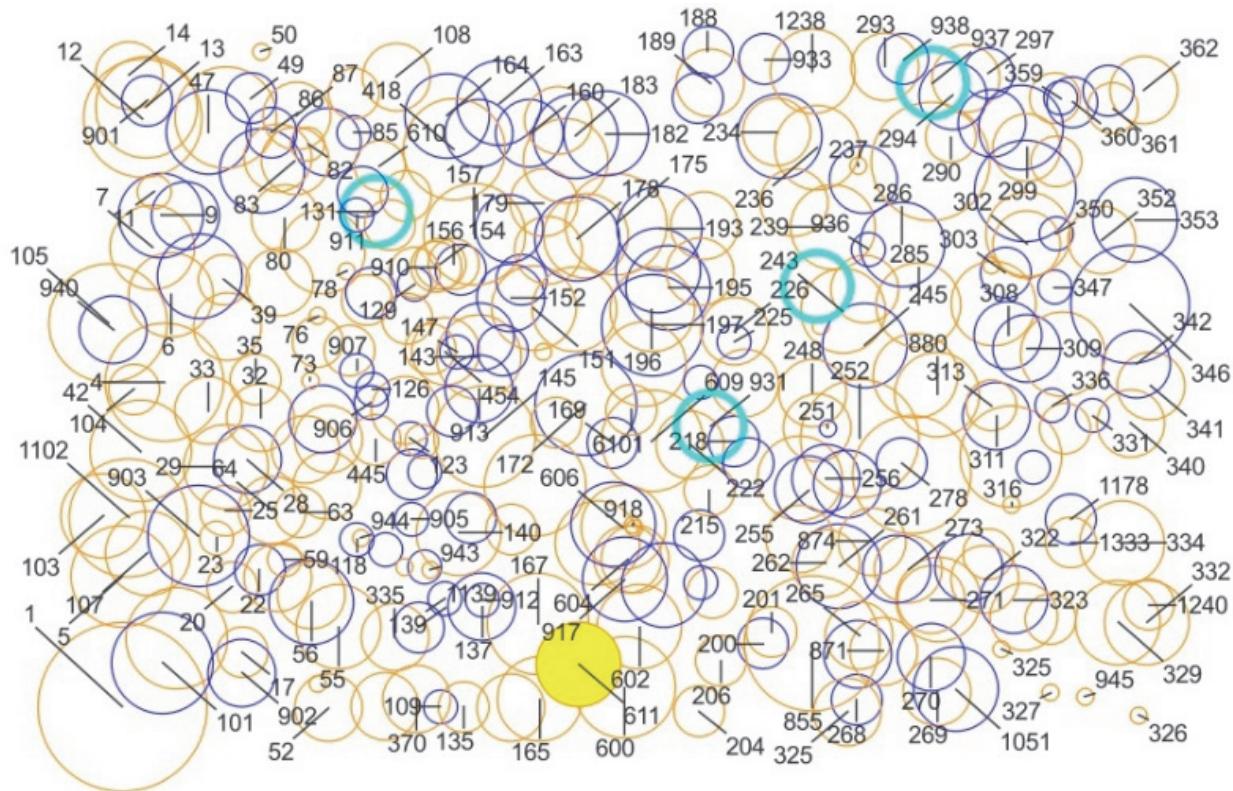


Рис. 1. Размещение деревьев на пробной площади

На последнем этапе наибольшее внимание было уделено изучению радиального прироста деревьев ели, в пределах круга конкуренции которых (рис. 2) за время исследования отпали или были вырублены соседние деревья.

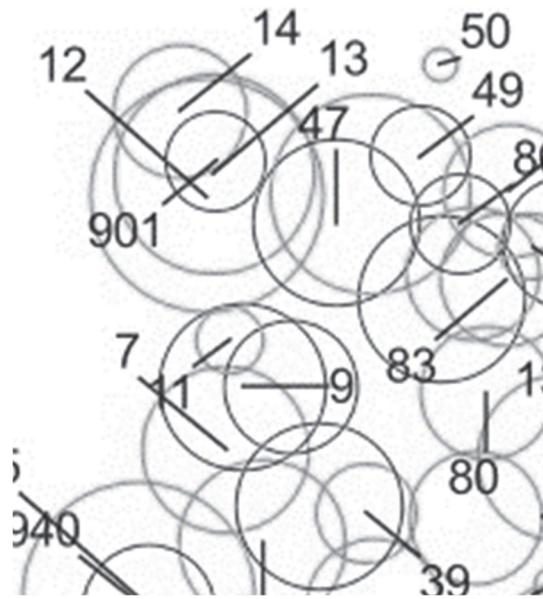


Рис. 2. Круги конкуренции

Для этого у 10% стволов брались керны, зачищались и измерялись размеры годичных колец за 10-летний период (рис. 3). Определялся радиальный прирост изучаемых деревьев, при этом оценивалась зависимость радиального прироста изучаемых деревьев ели от расстояния до вырубленных при рубках ухода деревьев.

**Таблица 1. Динамика таксационных показателей древостоя
на постоянной пробной площиади 39 с 2003 по 2020 г.**

Порода	Воз- раст, лет	ди- метр, см	высота, м	Средние показатели растущего древостоя				Средние показатели сухостоя				Сумма проектной крон, м ²
				на пробной площиади	сумма площа- дей сече- ний, м ²	число запас, м ³	число ство- лов, шт.	на 1 га	сумма площа- дей сече- ний, м ²	число запас, м ³	число ство- лов, шт.	
2003 г.												
Сосна	62	30,2	22,9	8,32	117	90,6	13,85	193	150,9	0,17	6	0,9
Ель	28	21,3	14,3	2,18	61	21,7	3,62	102	36,1	0,00	0	0,0
Береза	62	29,9	22,9	4,70	91	68,1	7,84	111	113,5	0,22	4	2,4
Осина	60	42,3	23,0	0,14	2	2,2	0,23	2	3,6	0,00	0	0,0
Всего	15,32			245	182	25,54	408	304	0,39	10	3	0,65
2013 г.												
Сосна	67	30,6	26,7	8,62	117	105,9	14,34	195	176,4	0,13	5	0,7
Ель	34	21,5	14,2	2,76	76	32,5	4,61	127	54,2	0,00	0	0,0
Береза	61	30,7	25,8	6,75	91	80,9	11,26	152	134,8	0,37	7	3,8
Осина	60	36,4	30,4	0,21	2	3,0	0,35	3	5,1	0,00	0	0,0
Всего	18,34			286	222	30,56	477	370	0,50	12	5	0,83
2023 г.												
Сосна	69	32,1	26,1	9,49	117	112,7	23,71	292	281,9	0,10	2	1,2
Ель	49	22,2	17,1	2,97	77	34,2	7,43	193	85,4	0,00	0	0,0
Береза	64	32,5	25,9	6,55	79	82,1	16,39	197	205,1	0,27	4	3,1
Осина	64	37,2	25,7	0,22	2	2,7	0,54	5	6,7	0,00	0	0,0
Всего	19,23			275	232	48,07	687	579	0,37	6	4	0,94
										15	11	12103,0

**Таблица 2. Динамика таксационных показателей древостоя
на постоянной пробной площасти 31 с 2011 по 2021 г.**

Порода	Воз- раст, диаметр, см	высота, м	Средние показатели растущего древостоя				Средние показатели сухостоя				Сумма проекций крон, м ²					
			на пробной площасти	на 1 га	на пробной площасти	на 1 га	сумма площа- дей сече- ний, м ²	число ство- лов, шт.	запас, м ³	сумма площа- дей сече- ний, м ²						
2021 г.																
Сосна	60	23,0	22,6	7,732	186	82,3	25,775	620	274,3	0,275	16	2,3	0,917	53	7,6	6049,38
Ель	35	13,9	14,6	1,629	108	14,4	5,430	360	48,1	0,013	2	0,1	0,043	7	0,3	2212,97
Береза	40	26,1	20,5	0,214	4	2,1	0,712	13,333	7,1	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	145,55
			Всего	9,575	298	99	31,916	993,33	329	0,288	18	2	0,960	60	8	8407,9
2016 г.																
Сосна	65	25,6	27,0	8,815	171	104,6	35,261	684	418,2	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	2431,19
Ель	40	15,7	16,8	2,068	107	18,9	8,271	428	75,5	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	1683,04
Береза	43	25,3	23,5	0,150	3	1,7	0,602	12	6,9	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	91,52
			Всего	11,122	282	126	44,487	1128	505	0,000	0	0	0,000	0	0	4225,0
2021 г.																
Сосна	70	26,8	26,8	9,088	161	111,2	36,352	644	444,7	0,401	19	3,7	1,602	76	14,9	2441,70
Ель	48	15,7	16,3	2,160	111	19,5	8,641	444	78,1	0,036	2	0,3	0,145	8	1,0	1249,52
Береза	53	23,5	22,0	0,174	4	2,0	0,694	16	8,0	0,000	0	0,0	0,000	0	0,0	76,27
			Всего	11,422	276	133	45,687	1104	531	0,437	21	4	1,747	84	16	3767,5



Рис. 3. Измерение ширины годичного слоя

На основании радиального прироста определялся относительный и абсолютный прирост по объему. Различия между средними приростами деревьев, находившихся под влиянием до рубки, и деревьев, не подвергенных влиянию срубленных деревьев, оказались значительными. У деревьев, находившихся под влиянием, через 5 лет после проведения рубки средний радиальный прирост увеличился по сравнению с приростом деревьев без влияния на 10–31% (табл. 3). Детальное изучение радиального прироста показывает, что рубка соседних деревьев дает увеличение радиального прироста у деревьев ели после рубки, согласно измерениям годичных слоев кернов, до 50–70%.

Таблица 3. Увеличение прироста стволов ели по объему

Номер дерева	Прирост по объему				Увеличение прироста по объему, %
	после рубки, м ³	после рубки, %	до рубки, м ³	до рубки, %	
162	0,04	46,14	0,05	33,33	12,81
183	0,06	39,75	0,06	30,00	9,75
150	0,02	51,91	0,06	30,00	21,91
190	0,04	45,25	0,07	31,82	13,43
72	0,03	56,70	0,04	36,36	20,34
28	0,02	71,20	0,04	40,00	31,20

Результаты исследования показали, что чем больше было соседнее вырубленное дерево и меньше расстояние до него, тем выше прирост в оставшемся рядом дереве ели. Для того чтобы избежать случайной составляющей, было выделено два тренда: деревья, около которых была проведена рубка, и деревья без рубки соседних деревьев. Показатели среднего радиального прироста для деревьев, подвергнутых конкуренции со стороны деревьев-соседей до рубки, значительно увеличиваются после рубки по сравнению с радиальным приростом тех деревьев, которые не зависели от конкуренции вырубаемых стволов. При этом наибольшее влияние оказывалось на радиальный прирост деревьев ели, находящихся во 2-м ярусе и, соответственно, более чувствительных к изменению режимов освещенности и питания, связанных с вырубкой соседних деревьев.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило влияние изменения пространственной структуры на динамику таксационных показателей древостоя.

Динамика таксационных показателей в течение 20-летнего периода позволяет максимально достаточно точно оценивать изменение таксационных показателей, а наличие данных о пространственном расположении деревьев позволяет оценивать влияние деревьев друг на друга.

Дополнительное исследование радиального прироста по данным измерения кернов подтверждает полученный ранее материал и позволяет численно оценить увеличение прироста и его зависимость от изменения пространственной структуры.

Анализируя материал, приведенный выше, можно точно сказать, что рубки ухода, в результате которых меняется пространственная структура, оказывают значительное влияние на увеличение радиального прироста. Это подтверждает процент увеличения прироста по диаметру (до 48%) и процент увеличения прироста по объему (до 31%).

Дальнейшее изучение данной проблемы позволит установить оптимальный радиус влияния, обеспечивающий максимальный прирост ствола, что в свою очередь позволит оптимизировать пространственную структуру древостоя рубками ухода.

Список литературы

1. Menge J. H., Magdon P., Wöllauer S. Impacts of forest management on stand and landscape-level microclimate heterogeneity of European beech forests // *Landscape Ecology*. 2023. No. 38 (4). URL: https://www.researchgate.net/publication/367544208_Impacts_of_forest_management_on_stand_and_landscape-level_microclimate_heterogeneity_of_European_beech_forests (data of access: 06.10.2025).
2. Плотников В. В. Морфология сообществ древесных растений – новый раздел лесоведения // *Вестник АН СССР*. 1974. № 8. С. 39–44.
3. Observed Climate Variability and Change / C. K. Folland [et al.] // Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001. P. 99–181.
4. Tihnan D. The resource – ration hypothesis of plant succession // *Amer. Naturalist*. 1985. Vol. 125, no. 6. P. 827–852.
5. Вайс А. А. Оценка рангового положения деревьев в древостое при исследовании их фитомассы // Успехи современного естествознания. 2021. № 7. С. 20–25.
6. Вайс А. А. Горизонтальная структура древостоев средней Сибири // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 45. С. 166–181. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorizontalnaya-struktura-drevostoev-sredney-sibiri> (дата обращения: 06.10.2026).
7. Вайс А. А. Связь текущего прироста деревьев с морфологическими и социальными показателями на примере древостоев Восточной Сибири // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 47. С. 113–129. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/svyaz-tekuschego-prirosta-dereviev-s-morfologicheskimi-i-sotsialnymi-pokazatelyami-na-primere-drevostoev-vostochnoy-sibiri> (дата обращения: 06.10.2025).
8. Манов А. В., Кутявин И. Н. Пространственные взаимосвязи в размещении древесных растений в среднетаежных коренных ельниках верховьев реки Печоры // Сибирский лесной журнал. 2021. № 2. С. 82–95.
9. Бойко С. В. Типы размещения деревьев в естественных сосняках // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси. Гомель, 2011. Вып. 71. С. 355–359.
10. Бузыкин А. И. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1985. 80 с.
11. Грибанов В. Я. Пространственная структура сосновых и лиственных деревьев // Продуктивность лесных фитоценозов: сб. ст. Красноярск, 1984. С. 42–47.

12. Загидуллина А. Т. Пространственная структура, динамика и продуктивность лишайниково-зеленомошных сосновых (Карельский лесной район): автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2021. 18 с.
13. Усольцев В. А., Цепордей И. С. Ранговое распределение фракций фитомассы деревьев в новом освещении // Сибирский лесной журнал. 2023. № 4. С. 41–51.
14. Усольцев В. А. Вертикально-фракционная структура фитомассы деревьев. Исследование закономерностей. Екатеринбург: УГЛУ, 2013. 601 с.
15. Сеннов С. Н. Итоги экспериментального изучения конкуренции в древостоях // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 1993. С. 160–172.
16. Коцан В. В. Взаимосвязи между таксационными показателями деревьев в кругах конкуренции на примере сосновых мшистых искусственного происхождения // Труды БГТУ. 2014. № 1: Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. С. 19–22.
17. Севко О. А., Пупенко А. В. Влияние пространственной структуры сосново-березовых древостоев на таксационные показатели деревьев сосны // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 37–42.
18. Севко О. А. Оценка зависимости текущего прироста сосновой части смешанных сосново-березовых древостоев от их пространственной структуры // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 41–45.
19. Вайс А. А. Научные основы оценки горизонтальной структуры древостоев для повышения их устойчивости и продуктивности: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск, 2014. 25 с.

References

1. Menge J. H., Magdon P., Wöllauer S. Impacts of forest management on stand and landscape-level microclimate heterogeneity of European beech forests, *Landscape Ecology*, 2023, no. 38 (4). Available at: https://www.researchgate.net/publication/367544208_Impacts_of_forest_manageent_on_stand_and_landscape-level_microclimate_heterogeneity_of_European_beech_forests (accessed 06.10.2025).
2. Plotnikov V. V. Morphology of woody plant communities – a new section of forestry. *Vestnik AN SSSR* [Bulletin of the USSR Academy of Sciences], 1974, no. 8, pp. 39–44 (In Russian).
3. Folland C. K., Karl T. R., Christy J. R., Clarke R. A., Gruza G. V., Jouzel J., Mann M. E., Oerlemans J., Salinger M. J., Wang S.-W. Observed Climate Variability and Change. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2001, pp. 99–181.
4. Tihnan D. The resource – ration hypothesis of plant succession. *Amer. Naturalist*, 1985, vol. 125, no. 6, pp. 827–852.
5. Vays A. A. Assessment of the rank position of trees in a forest stand when studying their phytomass. *Uspekhi sovremennoogo yestestvoznaniya* [Advances in modern natural science], 2021, no. 7, pp. 20–25 (In Russian).
6. Vays A. A. Horizontal structure of forest stands in Central Siberia. *Nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 2009, no. 45, pp. 166–181. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/gorizontalnaya-struktura-drevostoev-sredney-sibiri> (accessed 06.10.2026) (In Russian).
7. Vays A. A. The relationship between the current growth of trees and morphological and social indicators using the example of forest stands in Eastern Siberia. *Nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Scientific journal of the Kuban State

Agrarian University], 2010, no. 47, pp. 113–129. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/svyaz-tekuschego-prirosta-dereviev-s-morfologicheskimi-i-sotsialnymi-pokazatelyami-na-primere-drevostoev-vostochnoy-sibiri> (accessed 06.10.2026) (In Russian).

8. Manov A. V., Kutyavin I. N. Spatial relationships in the distribution of woody plants in middle-taiga primary spruce forests of the upper reaches of the Pechora River. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forestry Journal], 2021, no. 2, pp. 82–95 (In Russian).

9. Boyko S. V. Types of tree placement in natural pine forests. *Problemy lesovedeniya i lesovedstva: sbornik trudov Instituta lesa National'noy akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and silviculture: collection of papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus], Gomel, 2011, vol. 71, pp. 355–359 (In Russian).

10. Buzykin A. I. *Analiz struktury drevesnykh tsenozov* [Analysis of the structure of tree censoses]. Novosibirsk, Nauka. Sibirskoye otdeleniye Publ., 1985. 80 p. (In Russian).

11. Gribanov V. Ya. Spatial structure of pine and deciduous trees. *Produktivnost' lesnykh fitotsenozov* [Productivity of forest phytocenoses: collection of articles]. Krasnoyarsk, 1984, pp. 42–47 (In Russian).

12. Zagidullina A. T. *Prostranstvennaya struktura, dinamika i produktivnost' lishaynikovo-zelenomoshnykh sosnyakov (Karel'skiy lesnoy rayon)*. Avtoreferat dissertatsii kandidata biologicheskikh nauk [Spatial structure, dynamics and productivity of lichen-green moss pine forests (Karelian forest region). Abstract of thesis PhD (Biological)]. St. Petersburg, 2021. 18 p. (In Russian).

13. Usol'tsev V. A., Tsepordey I. S. Rank distribution of tree phytomass fractions in a new light. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forestry Journal], 2023, no. 4, pp. 41–51 (In Russian).

14. Usol'tsev V. A. *Vertikal'no-fraktsionnaya struktura fitomassy derev'yev. Issledovaniye zakonomernostey* [Vertical fractional structure of tree phytomass. A study of patterns]. Ekaterinburg, UGLU Publ., 2013. 601 p. (In Russian).

15. Sennov S. N. Results of an experimental study of competition in stands. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St.-Petersburg Forestry Academy], 1993, pp. 160–172 (In Russian).

16. Kotsan V. V. The relationship between taxation indicators of trees in the circles of competition on the example of mossy pine forests of artificial origin. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 1: Forestry, pp. 19–22 (In Russian).

17. Sevko O. A., Pupenko A. V. Influence of the spatial structure of pine-birch forest stands on taxation indicators of pine trees. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2, pp. 37–42 (In Russian).

18. Sevko O. A. Assessment of the dependence of the current growth of the pine part of mixed pine-birch stands on their spatial structure. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 41–45 (In Russian).

19. Vays A. A. *Nauchnyye osnovy otsenki gorizonta'noy struktury drevostoyev dlya povysheniya ikh ustoychivosti i produktivnosti*. Avtoreferat dissertatsii doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk [Scientific basis for assessing the horizontal structure of forest stands for increasing their stability and productivity. Abstract of thesis DSc (Agriculture)]. Krasnoyarsk, 2014, 25 p. (In Russian).

Информация об авторах

Севко Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший преподаватель кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: o.sevko@belstu.by. SPIN-код: 3706-0231.

Коцан Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Wolodia250@belstu.by. SPIN-код: 2584-3199. Scopus ID: 57728872800. ORCID: 0000-0003-4228-8041. ResearcherID: PHE-9717-2026.

Information about the authors

Sevko Oksana Aleksandrovna – PhD (Agriculture), Associate Professor, Senior Lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: o.sevko@belstu.by. SPIN code: 3706-0231.

Kotsan Vladimir Vasil'yevich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Wolodia250@belstu.by. SPIN code: 2584-3199. Scopus ID: 57728872800. ORCID: 0000-0003-4228-8041. ResearcherID: PHE-9717-2026.

Поступила 15.10.2025