

УДК 630*232

О. А. Севко, В. В. Коцан

Белорусский государственный технологический университет

**ЗАВИСИМОСТЬ ПРИРОСТА РАСТУЩЕЙ ЧАСТИ ДРЕВОСТОЯ
ОТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫРУБАЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

В статье изложены результаты исследования влияния пространственного размещения вырубемых при рубках ухода деревьев на радиальный прирост и прирост по объему оставшихся после рубки деревьев. При этом приведено разделение динамики радиального прироста для деревьев, находившихся до рубки в значительной конкуренции с соседними деревьями, и деревьев, не подверженных влиянию соседних деревьев ни до, ни после рубки.

Точность проведенных исследований обусловлена применением высокотехнологичных методов закладки пробных площадей, инструментальным определением радиального прироста деревьев сосны и ели, использованием возможностей Quantum GIS для обработки данных отсканированных ядер и создания цифровых карт пробных площадей, а также задействованием программных средств для дальнейшей обработки результатов.

В процессе исследования выявлено, что после рубки соседних деревьев наблюдается увеличение на 58–60% радиального прироста у деревьев ели, находящихся до рубки под пологом или под значительным влиянием соседних деревьев. В общем средний радиальный прирост деревьев ели, находящихся под влиянием, на 30–50% больше после проведения рубки, чем у деревьев без влияния соседних. У деревьев сосны, не подверженных значительной конкуренции со стороны соседних деревьев до рубки, изменение прироста после рубки незначительно. Прирост по объему у деревьев, находящихся рядом с вырубленными, увеличивается после рубки до 45–48%.

Ключевые слова: текущий прирост, пространственная структура, сложный древостой, регрессионный анализ.

Для цитирования: Севко О. А., Коцан В. В. Зависимость прироста растущей части древостоя от пространственного размещения вырубемых деревьев // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 2 (282). С. 21–29.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-3.

O. A. Sevko, V. V. Kotsan

Belarusian State Technological University

**DEPENDENCE OF THE GROWTH OF THE GROWING PART OF THE TREE
STAND FROM THE SPATIAL PLACEMENT OF CUTTED TREES**

The article presents the results of a study of cut-down areas in the forest during felling, caring for trees on radial growth and volumetric growth remaining after cutting trees. At the same time, a definition is given of the dynamics of radial growth for trees that were before cutting under the control of competition between remaining trees and trees, and not the gradual influence of trees both before and after cutting.

The accuracy of the research is due to high-tech methods for laying trial plots, instrumentally determined radial growth of pine and spruce trees, as well as the use of Quantum GIS capabilities for processing scanned core data and creating digital maps of trial plots, as well as the use of software for further processing of the results

Based on the results of a study of radial growth, it was revealed that felling neighboring trees increases the radial growth of spruce trees that are under the canopy or under significant influence of neighboring trees after felling up to 58–60%. In trees that were under influence, after felling, the average radial growth increased by 30–50% compared to the growth of trees without influence. For pine trees that were not subject to significant competition from neighboring trees before felling, the change in growth after cutting neighboring trees was not significant. The increase in volume for trees located next to those cut down increases after felling to 45–48% for trees.

Keywords: current growth, spatial structure, complex forest stand, regression analysis.

For citation: Sevko O. A., Kotsan V. V. Dependence of the growth of the growing part of the tree stand from the spatial placement of cutted trees. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 2 (282), pp. 21–29 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-3.

Введение. Одним из принципов ведения лесного хозяйства является обеспечение улучшения породного состава и качества лесов, повышение

их продуктивности. Основным способом достижения данной цели является проведение рубок, которые позволяют формировать высокопродуктивные

лесные насаждения, предотвращать потери древесины в соответствии с технологическими требованиями, установленными СТБ 1361–2002 «Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Рубки промежуточного пользования. Требования к технологиям».

Благодаря рубкам ухода происходит формирование хозяйственно ценных, высокопродуктивных и устойчивых насаждений [1].

Важнейшими организационно-техническими элементами рубок ухода являются отбор деревьев в рубку, интенсивность и метод рубки ухода. Правильное назначение деревьев в рубку позволяет эффективно использовать солнечную энергию за счет планового формирования крон деревьев и сомкнутости полога, что обеспечивает рост массы хвои, увеличение площади углеродного и минерального питания оставшихся после рубки деревьев и способствует сохранению деревьев с лучшими селекционными категориями и формами [2].

В настоящее время при отборе деревьев в рубку в соответствии с «Правилами рубок леса в Республике Беларусь» деревья классифицируются на лучшие, вспомогательные (полезные) и нежелательные. Для выращивания оставляют лучшие и вспомогательные деревья, а нежелательные удаляют [1].

При отборе деревьев в рубку в основном учитывается горизонтальная структура насаждения, поэтому использование понятия «пространственная структура» и ее учет при оценке взаимоотношений внутри древостоя становятся закономерными [1–3].

Изучение влияния пространственной структуры на прирост и дальнейшее развитие древостоя позволит обосновать и оптимизировать выбор и назначение организационно-технических элементов в каждом конкретном случае [4].

При этом общеизвестна классификация Крафта, которая описывает пространственно-конкурентные отношения деревьев по соотношению высот соседних деревьев, их размера и качества кроны. Принадлежность к определенному классу отражает положение дерева в насаждении, а значит, и его потенциал роста [3].

Для классификации деревьев в древостое могут использоваться различные критерии, например соотношение высоты центрального дерева к средней высоте деревьев-конкурентов. В результате классы получили следующие названия: доминирующие, средние и угнетенные деревья [5].

В работах А. А. Вайса, посвященных межвидовым и внутривидовым отношениям в сложных древостоях, отмечено, что оценить отношения между деревьями различных пород можно либо с учетом характеристик центрального дерева, но без выявления оптимального радиуса влияния, либо без учета характеристик центрального дерева, но с выявлением оптимального радиуса влияния [6].

Вопросы влияния пространственного размещения деревьев на производительность насаждения

рассматривались в работах С. В. Бойко, А. И. Бузыкина [7–10]. Учет размещения деревьев позволяет выделить те из них, которые активно увеличивают жизненное пространство и имеют текущий прирост выше среднего для данного насаждения.

В результате исследований смешанных насаждений В. Я. Грибанов и И. В. Прокопцев пришли к выводу, что горизонтальная структура в молодых и средневозрастных насаждениях соответствует групповому распределению, а в спелых и созревающих лесах наблюдается равномерное расположение растений [11].

Влияние нескольких показателей конкуренции рассматривается В. А. Усольцевым [3]. В его работах объединены оба подхода. В результате его исследований устанавливался оптимальный радиус влияния, обеспечивающий максимальный прирост ствола и фитомассы.

Для оценки внутривидовых и межвидовых отношений С. Н. Сеннова, В. В. Коцана, О. А. Севко используют индекс конкуренции (СИ), дающий количественное выражение конкурентных отношений между деревьями. Его применение возможно для вычисления изменчивости биологической продуктивности деревьев в насаждении [12–15].

Изменение конкурентных отношений в древостое после проведения рубок ухода и влияние изменения пространственной структуры на прирост оставшейся части древостоя являются при этом важнейшими вопросами, решение которых позволит оптимизировать пространственную структуру древостоя, а следовательно, окажет влияние на отбор деревьев в рубку.

Основная часть. Вопросы влияния рубок ухода на оставшуюся часть древостоя, а именно прирост оставшихся деревьев, приобретают особое значение при целевом лесовыращивании. Важно знать не только объем вырубаемой древесины, но и то, какое именно влияние окажет рубка на рост соседних деревьев. Следовательно, необходимо детальное изучение прироста стволов, находящихся рядом с вырубемыми. При этом на первый план выходит влияние пространственной структуры древостоя: размещение деревьев, их форма и размеры до и после рубки.

Для изучения данного вопроса были заложены пробные площади с детальным картированием расположения деревьев, при этом использовались различные методики.

1. Разбивка пробной площади на квадраты со стороной 5 м. Внутри каждого квадрата условные координаты определяются методом прямоугольных координат (рис. 1).

2. Прокладывание ломаного буссольного хода по пробной площади с таким расчетом, чтобы с его точек методом полярных координат можно было определить положение каждого дерева (рис. 2).

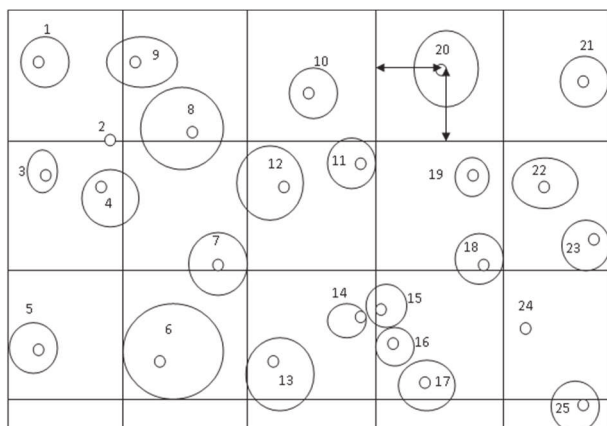


Рис. 1. Метод прямоугольных координат

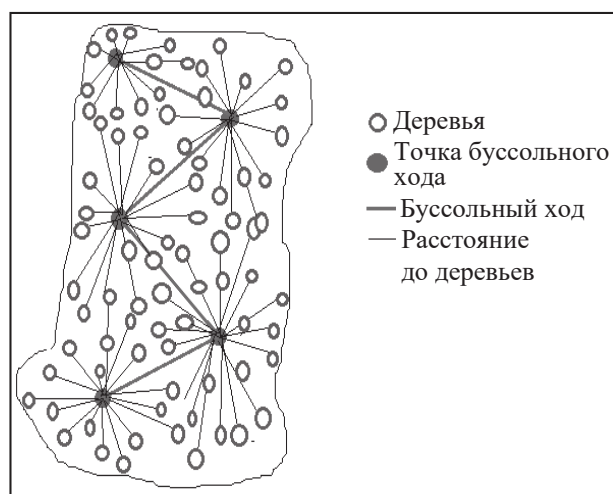


Рис. 2. Метод полярных координат

3. Разбивка пробной площади на квадраты со стороной 10 м. Внутри каждого квадрата положение

деревьев определяется методом линейных засечек с помощью ультразвукового дальномера (рис. 3).

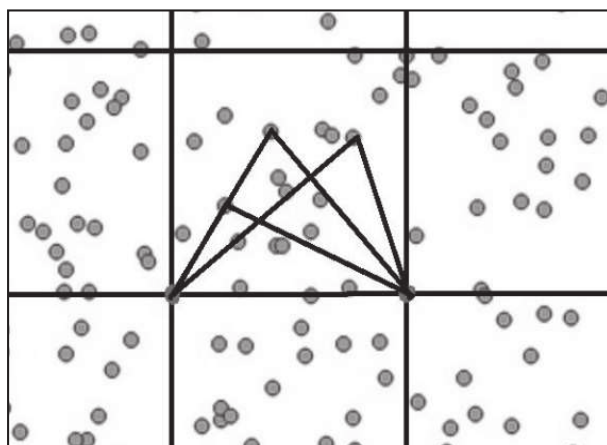


Рис. 3. Метод линейных засечек

Измерение таксационных характеристик проводилось подеревно, определялись порода, ярус, возраст, два перпендикулярных диаметра на высоте 1,3 м с вычислением среднего диаметра D , высота ствола H , с помощью ультразвукового дальномера определялись по четыре перпендикулярных радиуса кроны R с вычислением среднего радиуса кроны K , протяженность кроны, состояние по Крафту, а также координаты X и Y в условной системе координат. В результате определены средние и общие таксационные показатели древостоев. Пробы были заложены в ельнике черничном (ПП № 1: Е. чер., 31 год, 8Е2С+Б), сосняке орляковом (ПП № 2: 1-й ярус – 5С5Б, 60 лет, 2-й ярус – 10Е, 25 лет) и сосняке черничном (ПП № 3: С. чер, 65 лет, 5С2ЕЗБ, ель 30 лет) (табл. 1).

Таблица 1

Таксационные показатели древостоев на пробных площадях

Тип леса	ТУМ	Характеристика по элементам леса										
		Ярус	Элемент леса	Доля участия, %	Возраст, лет	Класс бонитета	Диаметр, см	Высота, м	Сумма площадей сечения, м ² /га	Полнота	Количество деревьев, шт./га	Запас, м ³ /га
Е. чер.	С3	1-й	Е	77	31	I	12	14,4	22,80	0,67	2033	190
			С	20			25,8	21,3	5,20	0,14	100	49
			Б	3			10,7	10,7	1,10	0,04	117	8
Итого				100	–	–	–	29,10	0,85	2250	247	
С. ор.	С2	1-й	С	43	64	I	32,2	26,9	14,65	0,24	180	172
			Б	57	60		31,1	28,8	18,65	0,36	245	234
		Итого	100	–	–	–	–	33,30	0,60	425	406	
		2-й	Е	100	25	I	16,7	19,9	28,83	0,51	495	280
Итого				100	–	–	–	–	62,13	1,01	920	686
С. чер.	С3	1-й	С	48	65	I	31,6	25,3	23,20	0,59	292	279
			Е	22	30		21,9	17,0	8,10	0,19	189	81
			Б	30	65		32,9	25,6	15,80	0,50	187	197
Итого				100	–	–	–	–	45,80	1,28	668	554

По результатам полевых работ с помощью компонентов QGIS строились цифровые карты расположения деревьев пробных площадей в условных системах координат (рис. 4–6)

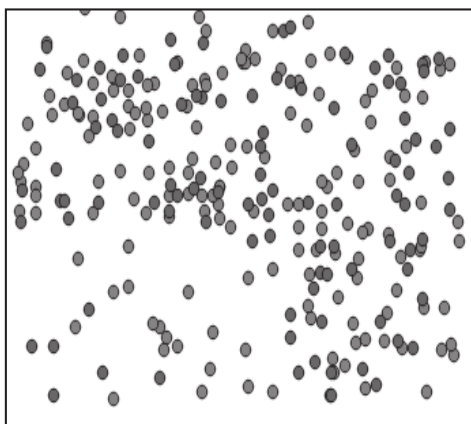


Рис. 4. Цифровая карта ПП № 1

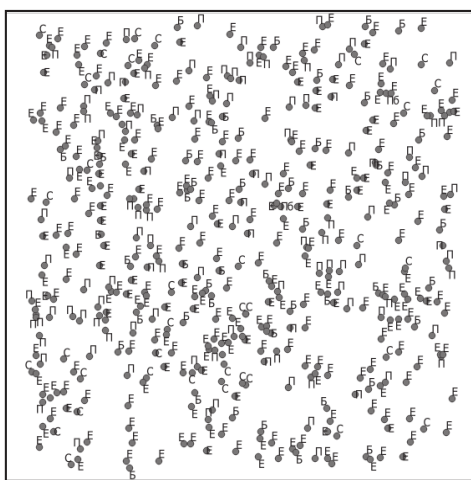


Рис. 5. Цифровая карта ПП № 2

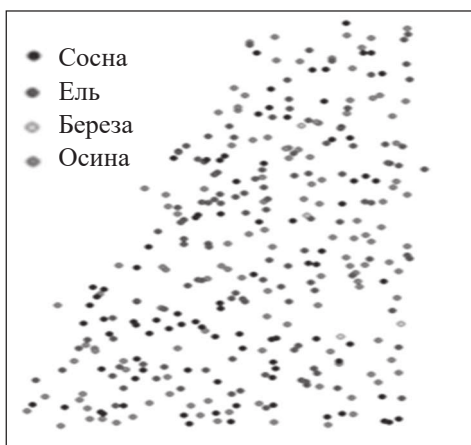


Рис. 6. Цифровая карта ПП № 3

К точкам, указывающим положение деревьев, подвязывался слой с параметрами крон для выявления перекрытий и определения кругов конкуренции соседних деревьев (рис. 7).

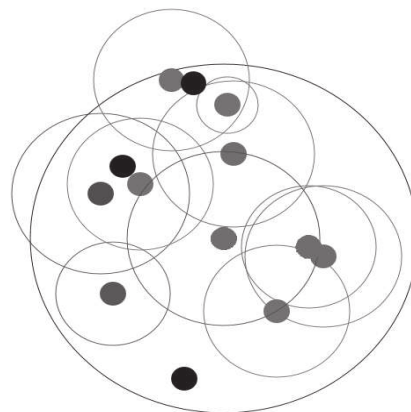


Рис. 7. Выделение кругов конкуренции

С помощью цифровых карт отбирались стволы ели, находящиеся либо рядом с пнями, либо под видимым воздействием соседних деревьев, т. е. наблюдалось перекрытие их крон и кругов конкуренции соседними деревьями.

На данном этапе наибольшее внимание было уделено изучению радиального прироста деревьев ели, около которых в пределах их круга конкуренции во время рубки были вырублены соседние деревья. Для этого у подобранных стволов брались керны, зачищались и измерялись размеры годовичных колец за 10-летний период (рис. 8).



Рис. 8. Вид отсканированных кернов

Обработка кернов проводилась в программе QGIS, с увеличением и масштабированием для избежания ошибок. Проводилось измерение каждого слоя, начиная с крайнего от коры (табл. 2–4). Для изучаемых деревьев определялся средний радиальный прирост, при этом оценивалась зависимость радиального прироста изучаемых

деревьев от расстояния до вырубленных при рубках ухода деревьев.

Таблица 2
Динамика радиального прироста деревьев на ПП № 1

Номер дерева	Номер годичного слоя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	1,9	1,9	1,8	1,6	1,8	1,7	1,7	2,1	2,1	2,3
56	1,7	1,4	1,5	1,3	1,5	1,4	1,3	1,6	1,5	1,5
85	1,7	1,4	1,3	1,1	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,7
88	1,3	0,8	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4
94	1,8	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7	2,0	2,1	2,0
113	1,6	1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,4	1,6	1,5
116	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,7	1,4	1,7	1,9	1,9
158	1,2	1,0	1,2	1,1	1,0	0,9	1,0	1,1	1,3	1,1
188	1,1	1,0	0,7	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0
194	1,0	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	1,0	1,1	1,0
226	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,3	1,3	1,3
256	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	1,2	1,0	1,2
266	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,2	1,2
343	1,2	1,0	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9	1,2	1,2	1,3
351	1,2	1,5	1,2	1,0	1,2	1,1	1,3	1,7	1,5	2,0
369	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,9
392	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	0,9	1,2	1,3	1,0	1,2
405	1,2	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0
32	1,7	1,4	1,5	1,3	1,5	1,4	1,3	1,6	1,5	1,5
375	1,7	1,4	1,3	1,1	1,3	1,2	1,4	1,5	1,6	1,6

Таблица 3
Динамика радиального прироста деревьев на ПП № 2

Номер дерева	Номер годичного слоя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для сосны										
10	0,7	1	1	1,1	1,3	2,9	1,8	1,5	1,6	1,6
283	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4
391	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,2	2,2	2,5	2,8	2,8
395	1,2	1,3	1,3	1,8	1,5	1,5	2,2	1,7	1,8	1,9
54	0,9	1,1	1,1	1,6	2,2	2,3	2,3	2,5	2,6	3,3
7	0,6	0,9	1,2	1,2	1,8	1,5	1,8	1,9	2,4	2,5
74	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,6
261	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,7	1,5	1,7
Для ели										
191	0,4	0,2	0,3	0,5	1,0	0,6	0,8	1,1	1,2	1,0
246	0,6	0,7	1,4	1,3	1,7	1,8	1,4	2,3	1,5	1,4
318	1,6	1,2	1,1	1,1	1,0	1,4	2,8	2,6	3,0	3,7
138	0,9	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9	1,5	1,7	1,3	1,5
236	0,2	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,2	0,9	1,2	1,6
305	1,3	1,3	1,2	0,9	1,1	1,2	2,6	2,3	2,7	1,8
242	0,8	1,0	1,0	1,3	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,2
233	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,8	0,6	0,7	0,8	1,4

Детальное изучение радиального прироста показывает, что после рубки соседних деревьев увеличение радиального прироста у ели, согласно измерениям годичных слоев кернов, составило 58–60%. Различия между средними при-

ростами деревьев, находившихся под влиянием до рубки, и деревьев, не подверженных влиянию срубленных деревьев, оказались также значительными. У деревьев, находившихся под влиянием, после проведения рубки средний радиальный прирост увеличился по сравнению с приростом деревьев без влияния на 30–50%.

Таблица 4
Динамика радиального прироста деревьев на ПП № 3

Номер дерева	Номер годичного слоя									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для ели										
290	1,7	1,8	1,3	1,7	2,5	2,4	2,4	2,1	1,2	1,6
384	1,7	1,7	1,5	1,4	2,2	4,1	3,8	3,5	3,1	3,2
402	1,4	2,3	1,9	2,1	2,0	2,7	1,7	3,6	4,2	3,3
409	2,2	2,6	1,1	1,9	2,6	3,7	4,1	3,6	2,6	2,2
235	0,9	0,7	1,6	1,4	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Для сосны										
16	1,3	0,9	1,1	1,9	1,9	2,5	2,6	2,8	1,7	3,6
138	2,5	2,0	2,1	2,7	2,9	2,9	2,2	2,7	1,9	1,7
81	1,4	1,6	1,6	1,3	1,6	1,9	1,9	1,8	1,4	1,7
91	1,9	1,2	0,7	0,9	1,4	1,2	1,3	0,7	1,6	2,2
22	0,9	0,7	0,6	0,9	0,8	1,1	1,1	1,3	0,7	1,1
42	0,5	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5	1,1

Результаты исследования показали, что чем больше было соседнее вырубленное дерево и меньше расстояние до него, тем больше наблюдался прирост в оставшемся рядом дереве ели. Для того чтобы избежать случайной составляющей, было выделено два тренда: деревья, около которых была проведена рубка, и деревья, возле которых рубка не проводилась.

Показатели среднего радиального прироста для деревьев, подверженных конкуренции со стороны деревьев-соседей до рубки, значительно увеличиваются после нее 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 втором ярусе и, соответственно, более чувствительных к изменению режимов освещенности и питания, связанных с вырубкой соседних деревьев.

Далее определялись средние значения ширины слоев до и после рубки для деревьев сосны и ели. Рассчитывался средний периодический радиальный прирост каждого дерева до рубки и после (табл. 3, 4). Впоследствии вычислялся процент увеличения радиального прироста (табл. 5).

Графическое изображение позволяет увидеть увеличение радиального прироста изучаемых деревьев ели через год после рубки (рис. 9).

Таблица 5

Влияние рубок на средний радиальный прирост

ПП № 1												
Номер дерева	17	56	85	226	256	343	351	369	392	405	32	375
Средний радиальный прирост до рубки, мм	1,72	1,31	0,97	0,87	1,04	1,21	1,59	1,02	0,96	0,77	1,38	0,99
Средний радиальный прирост после рубки, мм	2,19	1,63	1,34	1,13	1,19	1,70	1,77	1,15	1,31	1,33	1,56	0,95
Увеличение среднего радиального прироста, %	21,31	19,26	27,86	23,3	12,64	28,77	9,98	11,3	26,53	41,71	11,56	-4,20
ПП № 2												
Номер дерева	191	246	318	138	242	236	233	305				
Средний радиальный прирост до рубки, мм	0,38	1,00	1,21	0,71	0,93	0,31	0,46	1,16				
Средний радиальный прирост после рубки, мм	0,96	1,68	2,93	1,29	1,24	1,10	0,85	2,12				
Увеличение среднего радиального прироста, %	60,65	40,43	58,59	44,66	25,33	71,77	45,94	45,21				
ПП № 3												
Номер дерева	290	384	402	409	235							
Средний радиальный прирост до рубки, мм	1,63	1,56	1,95	1,69	1,17							
Средний радиальный прирост после рубки, мм	1,93	3,31	2,73	3,16	1,62							
Увеличение среднего радиального прироста, %	15,54	52,87	28,57	46,52	27,78							

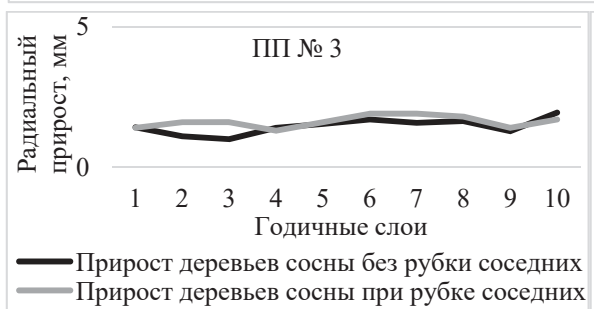
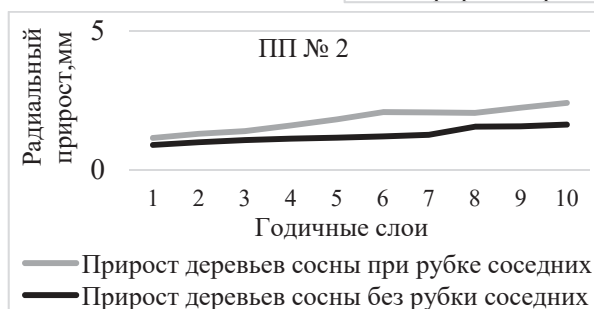
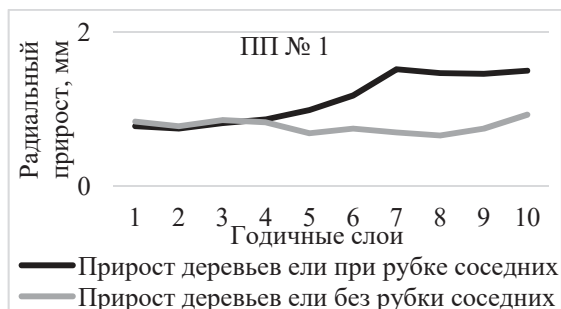


Рис. 9. Средние значения радиального прироста при влиянии и без влияния рубки соседних деревьев

Таблица 6

Изменение прироста деревьев ели по объему

Номер дерева	Прирост деревьев ели по объему				Увеличение прироста по объему, %
	до рубки, м ³	до рубки, %	после рубки, м ³	после рубки, %	
ПП № 1					
17	0,14	0,18	56,78	72,16	15,38
56	0,07	0,09	66,78	82,71	15,93
85	0,03	0,04	62,97	87,29	24,32
88	0,15	0,18	51,77	60,52	8,75
266	0,04	0,05	60,64	78,51	17,87
343	0,07	0,10	49,76	69,85	20,09
351	0,12	0,14	53,74	59,70	5,96
369	0,02	0,03	57,00	64,26	7,26
392	0,05	0,07	43,64	59,39	15,76
405	0,01	0,02	66,76	114,53	47,77
32	0,07	0,08	59,00	66,71	7,71
375	0,04	0,03	57,19	54,89	-2,30
ПП № 2					
191	0,01	18,51	0,04	46,77	28,26
246	0,10	24,09	0,16	40,47	16,38
318	0,13	26,28	0,32	63,64	37,36
138	0,04	28,30	0,07	51,42	23,12
242	0,08	26,24	0,11	34,99	8,75
233	0,02	11,63	0,06	41,25	29,63
305	0,02	18,61	0,03	34,39	15,78
ПП № 3					
290	0,09	54,89	0,12	68,90	14,02
384	0,09	50,27	0,17	93,77	43,50
402	0,09	80,43	0,13	113,51	33,08
409	0,07	88,48	0,11	133,91	45,43
235	0,05	40,89	0,05	58,52	17,63

Однако для лесного хозяйства и его производственной составляющей большее значение имеет прирост по объему. Поэтому в дальнейшем с помощью методики Шнейдера был вычислен процент прироста по объему по формуле

$$P = \frac{K_i}{d},$$

где K – коэффициент Шнейдера, зависящий от протяженности кроны и энергии роста; i – ширина годичного слоя, годичный радиальный прирост, мм; d – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см.

На основании этого показателя определен прирост по объему. Исходя из данных табл. 6 можно сделать вывод, что прирост у исследуемых деревьев ели, около которых была проведена рубка соседних деревьев, существенно увеличивался по объему после рубки (до 45–48 %), у деревьев, рядом с которыми не вырубались соседние деревья, процент изменения прироста по объему незначительный. Это все свидетельствует о большой значимости и существенном влиянии рубок на прирост в древостое.

Анализируя материал, приведенный выше, можно точно сказать о возможности рубок ухода. Видно, как значительно увеличился прирост после изъятия деревьев. Это подтверждается показателями увеличения прироста по диаметру (до 48%) и по объему (до 45%).

Заключение. Исследование зависимости радиального прироста от изменения пространственной структуры древостоя показало значительную связь радиального прироста остающихся деревьев с изменением пространственной структуры древостоя. Если в работах Е. Ассмана (1961) было предложено при назначении рубок ухода полноту насаждений выражать тремя степенями: максимальная, оптимальная и критическая [16], то в настоящее время в Германии и Финляндии используется подход на основании абсолютной полноты (сумм площадей сечений) и верхних высот при проектировании интенсивности, не превышающей «природного отпада», с учетом оптимального размещения и прироста деревьев [6, 11].

Полученные в результате исследования данные (увеличение радиального прироста до 30–50%

и прироста по объему свыше 40%) подтверждают необходимость учета пространственной структуры при назначении деревьев в рубку для оптимизации прироста и максимизации производительности древостоев.

Исследование показало, что формирование оптимальной пространственной структуры древостоя позволяет формировать максимально продуктивные насаждения с оптимальной сортиментной структурой.

Список литературы

1. Правила рубок в лесах Республики Беларусь: РД РБ 02080.019.2016. Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2016. 93 с.
2. Антонов О. И. Повышение качественной продуктивности насаждений – задача интенсивного лесного хозяйства // Лесной журнал. 2017. № 1. С. 86–94.
3. Усольцев В. А., Семышев М. М. Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ. Екатеринбург: УрОРАН, 2007. 137 с.
4. Санкович М. М., Янушко А. Д. Организация производства и управление предприятием лесного хозяйства. Минск: БГТУ, 2004. 271 с.
5. Коцан В. В. Классификация деревьев на основании пространственной структуры при назначении в рубки ухода // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 24–27.
6. Вайс А. А. Научные основы оценки горизонтальной структуры древостоев для повышения их устойчивости и продуктивности: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. Красноярск, 2014. 25 с.
7. Бойко С. В. Типы размещения деревьев в естественных сосняках // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса Нац. акад. наук Беларуси, Гомель, 2011. Вып. 71. С. 355–359.
8. Бузыкин А. И. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1985. 80 с.
9. Рахтеенко И. Н., Мартинович Б. С., Кабашникова Г. И. Взаимоотношения древесных пород в чистых и смешанных насаждениях // Эколого-физиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах. Минск: Наука и техника, 1976. 16 с.
10. Неволлин О. А., Еремина О. О. Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов Европейского Севера России // Изв. вузов. Лесной журн. Архангельск, 1998. № 4. С. 12–18.
11. Грибанов В. Я. Пространственная структура сосновых и лиственных деревьев // Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск, 1984. С. 42–47.
12. Сеннов С. Н. Итоги экспериментального изучения конкуренции в древостоях // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 1993. С. 160–172.
13. Коцан В. В. Взаимосвязи между таксационными показателями деревьев в кругах конкуренции на примере сосняков мшистых искусственного происхождения // Труды БГТУ. 2014. № 11: Лесное хоз-во. С. 19–22.
14. 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.
15. 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.
16. Assmann E. Waldetragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. Munchen: Bonn: Wien: Verlagsges, 1961. 490 p.

References

1. PD RB 02080.019.2016. Rules for felling in the forests of the Republic of Belarus. Minsk, Minleskhov Respubliki Belarus' Publ., 2016. 93 p. (In Russian).
2. Antonov O. I. Improving the qualitative productivity of plantations is the task of intensive forestry. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 2017, no. 1, pp. 86–94 (In Russian).
3. Usoltsev V. A., Semyshev M. M. *Produktionnyye kharakteristiki s uchetom konkurentsii derev'yev v iskusstvennykh i estestvennykh sosnyakh: sravnitel'nyy analiz* [Productive characteristics taking into account the competition of trees in artificial and natural pine forests: a comparative analysis]. Ekaterinburg, UrOAN Publ., 2007. 137 p. (In Russian).
4. Sankovich M. M., Yanushko A. D. *Organizatsiya proizvodstva i upravleniye predpriyatiyem lesnogo khozyaystva* [Organization of production and management of a forestry enterprise]. Minsk, BG TU Publ., 2004. 271 p. (In Russian).

5. Kotsan V. V. Classification of trees based on spatial structure when assigned to thinning. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 24–27 (In Russian).

6. Vays A. A. *Nauchnyye osnovy otsenki gorizontal'noy stryktury 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).

7. Boyko S. V. Types of tree placement in natural pine forests. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Problems of forest and forestry: collection of scientific papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel', 2011, issue 71, pp. 355–359 (In Russian).

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

9. Rakhtenko I. N., Martinovich B. S., Kabashnikova G. I. The relationship of tree species in clean and mixed stands. *Ekologo-fiziologicheskiye osnovy vzaimodeystviya rasteniy v fitotsenozakh* [Ecological and Physiological Basis for the Interaction of Plants in Phytocenoses]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1976. 216 p. (In Russian).

10. Nevolin O. A., Eremina O. O. Undergrowth and its importance in the formation of highly productive pine forests in the European North of Russia. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News from Universities. Forest Journal], 1998, no. 4, pp. 12–18 (In Russian).

11. Griбанov V. Ya. The spatial structure of pine and deciduous trees. *Produktivnost' lesnykh fitotsenozov* [Productivity of forest phytocenoses]. Krasnoyarsk, 1984, pp. 42–47 (In Russian).

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

13. 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).

14. 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).

15. 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).

16. Assmann E. *Waldetragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen*. Munchen, Bonn, Wien, Verlagsges, 1961. 490 p. (In German).

Информация об авторах

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

Коцан Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Information about the authors

Sevko Oksana Aleksandrovna – 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: o.sevko@belstu.by

Kotsan Vladimir Vasil'yevich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Поступила 13.03.2024