

УДК 630\*232

**О. А. Севко, В. В. Коцан**

Белорусский государственный технологический университет

**ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ И ЕЛИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЛОЖНОГО ДРЕВОСТОЯ**

Представлено исследование влияния изменения пространственной структуры на радиальный прирост деревьев сосны и ели в сложном древостое. Полученные результаты позволяют оценить эффективность проводимых в древостое рубок ухода и оптимизировать в дальнейшем рубки ухода для максимизации прироста древостоев и получения максимальной прибыли от лесовыращивания.

На основании анализа пространственного распределения деревьев в сложном древостое проведена оценка влияния на радиальный прирост рассматриваемых деревьев сосны и ели расстояний до пней, образовавшихся в результате рубок ухода. При этом учитывалось межвидовое влияние растущих рядом деревьев. Также использовался регрессионный анализ зависимости радиального прироста от пространственной структуры древостоя вокруг исследуемых деревьев. Радиальный прирост изучался по кернам, отсканированным и измеренным с помощью *Quantum GIS*.

Детальное изучение радиального прироста показывает, что рубка соседних деревьев дает увеличение радиального прироста центральных деревьев сосны от 20 до 50%. В среднем для исследуемых деревьев – 30%. Увеличение радиального прироста у деревьев ели после рубки, согласно измерениям годичных слоев кернов, достигает 58–71%, в среднем для исследуемых деревьев – 49,2%.

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

**Для цитирования:** Севко О. А., Коцан В. В. Зависимость радиального прироста сосны и ели от изменения пространственной структуры сложного древостоя // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 20–26.

**O. A. Sevko, V. V. Kotsan**

Belarusian State Technological University

**DEPENDENCE OF THE RADIAL GROWTH OF PINE AND SPRUCE FROM CHANGES IN SPATIAL STRUCTURE COMPLEX STAND**

A study of the influence of changes in the spatial structure on the radial growth of pine and spruce trees in a complex forest stand is presented. The results obtained make it possible to evaluate thinnings carried out in the forest stand and optimize thinnings in the future to maximize the growth of forest stands and obtain the maximum profit from forest cultivation.

Based on the spatial distribution of trees in a complex forest stand, an assessment was made of the influence on the radial growth of the considered pine and spruce trees of the distance to the stumps formed as a result of thinning. Taking into account the interspecific influence of trees growing nearby. The study used a regression analysis of the dependence of the radial growth on the spatial structure of the forest stand around the trees under study. Radial growth was studied from cores scanned and measured using *Quantum GIS*.

It was revealed that the increase in increment in volume 5 years after the thinning of thinning. A detailed study of the radial increment shows that the felling of neighboring trees gives an increase in the radial increment of the central pine trees from 20 to 50%. On average for the studied trees – 30%. The increase in radial growth in spruce trees after felling, according to the measurements of annual layers of cores, reaches 58–71%, on average for the trees under study – 49.2%.

**Key words:** current growth, spatial structure, complex forest stand, regression analysis.

**For citation:** Sevko O. A., Kotsan V. V. Dependence of the radial growth of pine and spruce from changes in spatial structure complex stand. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 20–26 (In Russian).

**Введение.** В настоящее время наиболее актуально создание смешанных и сложных древостоев, так как они являются более устойчивыми к болезням и вредителям, что особенно актуально для лесного хозяйства нашей страны в связи с массовыми усыханиями хвойных лесов.

Проведя сравнительный анализ поврежденных сосновых насаждений в условиях массовых усыханий, Пупенко А. В. и Севко О. А. выявили, что менее устойчивыми являются чистые сосновые насаждения. При практически равных долях чистых и смешанных древостоев усыхают

в подавляющем большинстве чистые насаждения сосны (91%) [1].

Береза является основной сопутствующей лиственной породой в сосновых насаждениях и оказывает различное влияние на сосну [2, 3]. По результатам многочисленных исследований И. Н. Рахтеенко можно сделать вывод, что характер влияния березы на развитие сосны в сложных и смешанных насаждениях зависит от состава насаждений [4, 5].

При небольшой примеси (20–30%) береза оказывает положительное влияние на рост и развитие сосны, выступая в качестве здорового конкурента и подгона для сосны. С увеличением доли березы в составе насаждения она оказывает угнетающее действие на сосну [6, 7].

Ф. Н. Харитонович в своих работах утверждает, что в большинстве случаев береза оказывает антагонистическое влияние на сосну и ель, особенно в наиболее благоприятных для ее произрастания лесорастительных условиях. По наблюдениям И. Н. Рахтеенко, более всего береза оказывает отрицательное действие в почве, путем вытеснения корневых систем сосны в нижние менее плодородные слои [5].

В работах О. А. Неволлина и О. О. Ереминой изложено утверждение, что для сосново-березовых насаждений характерен переход в сложные насаждения путем появления жизнеспособного подростка ели с последующим образованием ею второго яруса [7]. При этом отмечено, что возможно успешное развитие только елового подростка, так как ель является теневыносливым древесным видом.

Исследования изменчивости таксационных показателей в сложных сосново-березовых насаждениях отражены в различных белорусских и зарубежных литературных источниках [8–10].

При изучении изменчивости биологической продуктивности деревьев в насаждении многие ученые выделяют особую роль внутривидовых и межвидовых отношений, конкуренции между произрастающими рядом деревьями. Вклад конкуренции, или количественное выражение конкурентных отношений, предлагается определять с использованием индекса конкуренции (CI). Такому подходу следовали С. Н. Сеннов, В. В. Коцан, О. А. Севко [11–14].

Исследования естественного возобновления ели под пологом приспевающих и спелых насаждений, проведенные К. В. Лабохой и Д. В. Шиманом [15], показали, что более успешное естественное возобновление ели наблюдается в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов и дубово-темнохвойных лесов, в которых обеспечение подростом спелых и приспевающих насаждений ели составляет 47,7 и 45,5% соответственно.

В работах В. Н. Коновалова и В. Л. Зарубиной [16, 17] рассматривалось развитие подпологовой ели в березняках черничных. Выявлена обратная связь интенсивности роста ели и возраста березы. При увеличении возраста березы у подпологовой ели наблюдается дефицит солнечной энергии, что приводит к снижению ростовых процессов. Для сохранения высокой жизнедеятельности ели в березняках необходимо своевременно осуществлять меры содействия путем проведения рубок ухода.

Исследования межвидовых и внутривидовых отношений между деревьями в древостое, как правило, оцениваются либо без учета характеристик центрального дерева, но с выявлением оптимального радиуса влияния; либо с учетом характеристик центрального дерева, но без выявления оптимального радиуса влияния [18].

В исследованиях В. А. Усольцева и М. М. Семьшева эти подходы совмещаются. Влияние нескольких показателей конкуренции на фитомассу и прирост ствола дерева оценивается с учетом его таксационных характеристик и установлением оптимального радиуса влияния [19].

**Основная часть.** В данной работе представлены результаты исследования, проведенного в сложном сосново-березовом древостое со вторым ярусом ели в возрасте 65 лет, расположенном в 11-м выделе 49-го квартала Негорельского учебно-опытного лесхоза (табл. 1).

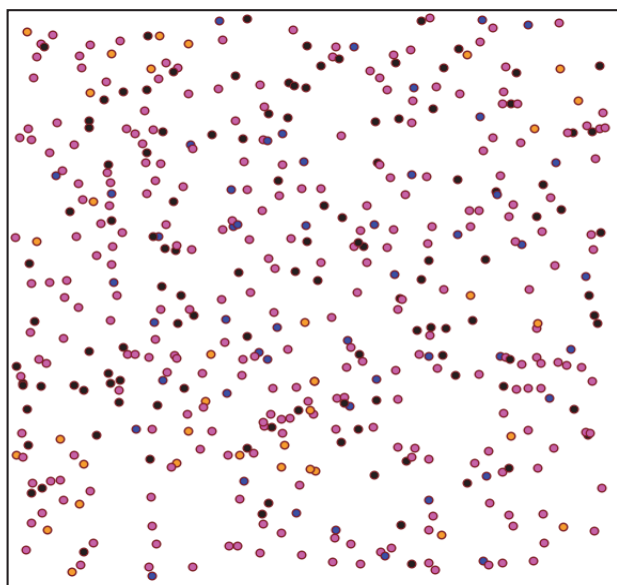
Таблица 1

**Таксационные показатели древостоя**

Порода	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	Запас, м <sup>3</sup>
Сосна	69	32,1	26,8	14,5	175
Ель	25	17,3	17,3	28,3	273
Береза	65	31,3	27,4	18,5	235
Всего	–	–	–	61,3	683

Влияние изменения пространственной структуры оценивалось параллельно с межвидовыми отношениями в древостое.

На пробной площади для каждого дерева в системе условных координат методом линейных засечек с помощью ультравзучкового дальномера определялись координаты. Далее проводилась детальная таксация деревьев: для каждого из них измерялся диаметр в двух взаимно перпендикулярных направлениях, высота самого дерева и высота начала кроны, возраст, класс роста по Крафту, 4 радиуса кроны. На основании экспериментальных данных с помощью компонентов QGIS была сформирована цифровая карта пробной площади (рис. 1) с векторным и атрибутивными слоями.

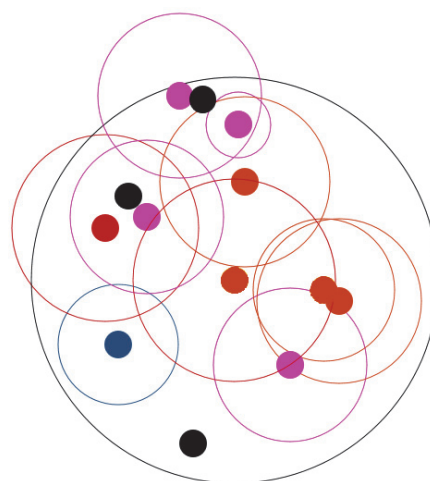


● – сосна; ● – ель; ● – береза; ● – пень

Рис. 1. Цифровая карта пробной площади

На основании стратифицированной выборки определялось по 10% стволов сосны и ели, на которые визуальное оказывалось влияние соседствующих деревьев, или окруженных пнями деревьев (рис. 2), определялись круги конкуренции. У данных деревьев брались керны, на основании анализа которых в последствии определялся средний годичный радиальный прирост, а также исследовалось изменение радиального прироста за последние 10 лет.

При этом оценивалась зависимость радиального прироста центральных деревьев сосны и ели от расстояния до соседних деревьев и до вырубленных при рубках ухода. На первом этапе собирались данные по всем центральным и соседним деревьям с учетом средних расстояний.



● – сосна; ● – ель; ● – береза; ● – пень

Рис. 2. Круг конкуренции влияния соседних деревьев

Регрессионный анализ выявил, что оптимальными для описания зависимости радиального прироста от средних показателей соседних деревьев и среднего расстояния до них являются параболы 3-го порядка (коэффициент детерминации для сосны – 0,37, для ели – 0,47).

Однако данный метод оценки влияния изменения пространственной структуры на прирост не дает полной картины. Для получения уточненных данных у деревьев, имеющих в своих кругах конкуренции от 3 пней и более, определялось среднее расстояние до пней, появившихся в результате рубки ухода; по кернам измерялся радиальный прирост для каждого года и оценивалось его увеличение после рубки (табл. 2). Графическое изображение позволяет увидеть увеличение радиального прироста сосен через год после рубки (рис. 3).

Таблица 2

**Расчет увеличения радиального прироста сосны**

Номер слоя	Номер дерева							
	10	261	283	391	395	54	74	7
1	0,74	0,86	1,62	1,83	1,23	1,86	0,93	0,60
2	0,99	0,97	1,66	1,91	1,28	2,07	1,01	0,88
3	0,97	1,11	1,78	2,02	1,30	2,12	1,03	1,15
4	1,14	1,16	1,85	2,07	1,45	2,14	1,08	1,16
5	1,27	1,17	1,98	2,18	1,49	2,17	1,14	1,27
6	1,88	1,24	2,06	2,18	1,52	2,29	1,16	1,52
7	1,64	1,24	2,08	2,23	1,53	2,29	1,27	1,80
8	1,53	1,71	2,16	2,48	1,72	2,46	1,39	1,93
9	1,56	1,76	2,32	2,75	1,77	2,59	1,74	2,44
10	1,64	2,14	2,43	3,00	1,88	3,28	1,98	2,48
Средний радиальный прирост до рубки, мм	0,96	0,98	1,69	1,96	1,27	2,07	1,01	0,95
Средний радиальный прирост после рубки, мм	1,67	1,49	2,13	2,47	1,62	2,58	1,45	1,91
Увеличение среднего радиального прироста, %	42,51	34,23	20,66	20,65	21,60	19,77	30,34	50,26

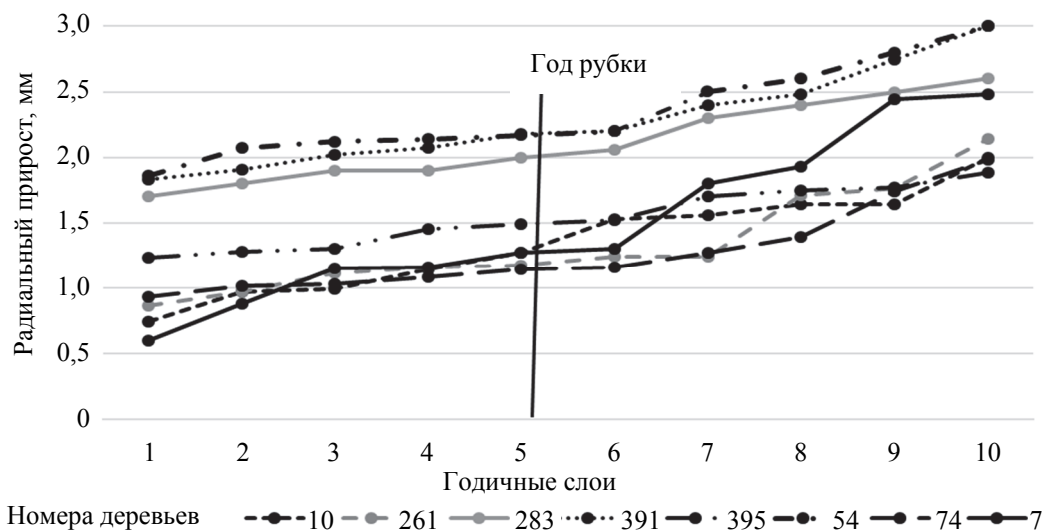


Рис. 3. Увеличение радиального прироста сосны по годичным слоям

В результате было выявлено, что после рубки близстоящих деревьев прирост значительно увеличился. Детальное изучение радиального прироста показывает, что рубка соседних деревьев дает увеличение радиального прироста центральных деревьев сосны от 20 до 50%. В среднем для исследуемых деревьев – 30%.

Увеличение радиального прироста у деревьев ели после рубки, согласно измерениям годичных слоев кернов, достигает 58–71% (табл. 3), в среднем для исследуемых деревьев – 49,2%. Различия между средними приростами деревьев, находившихся под влиянием до рубки, и деревьев, не подверженных влиянию срубленных деревьев, оказались также значительными. У деревьев, которые находились под влиянием, после проведения рубки средний радиальный прирост увеличился по сравнению

с приростом деревьев без влияния на 30–50% (рис. 4).

Исследование показало, что изучение влияния изменения пространственной структуры должно проводиться не по усредненным данным, а отдельно для каждого дерева, причем с ежегодной оценкой радиального прироста и сравнением его изменения в различных условиях.

Далее на основании ширины годичного слоя рассчитывался прирост дерева по объему. Процент текущего прироста по объему определялся по способу Шнейдера:

$$P_V = (Ki) / D,$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от протяженности кроны и энергии роста в высоту;  $i$  – ширина годичного слоя, мм;  $D$  – диаметр без коры на высоте 1,3 м в настоящее время, см.

Таблица 3

Расчет увеличения радиального прироста ели

Номер слоя	Номер дерева							
	191	246	318	138	242	236	233	305
1	0,40	0,55	1,62	0,89	0,79	0,24	0,37	1,34
2	0,24	0,73	1,22	0,74	0,99	0,34	0,50	1,27
3	0,34	1,42	1,14	0,60	0,99	0,36	0,55	1,17
4	0,53	1,32	1,12	0,62	1,29	0,73	0,41	0,92
5	0,99	1,74	0,97	0,77	0,97	0,92	0,46	1,10
6	0,60	1,81	1,44	0,87	1,54	1,19	0,75	1,22
7	0,84	1,41	2,83	1,54	1,22	1,18	0,58	2,55
8	1,14	2,26	2,63	1,74	1,33	0,91	0,73	2,31
9	1,17	1,49	3,03	1,34	1,42	1,17	0,78	2,73
10	1,04	1,39	3,71	1,49	1,23	1,60	1,41	1,78
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

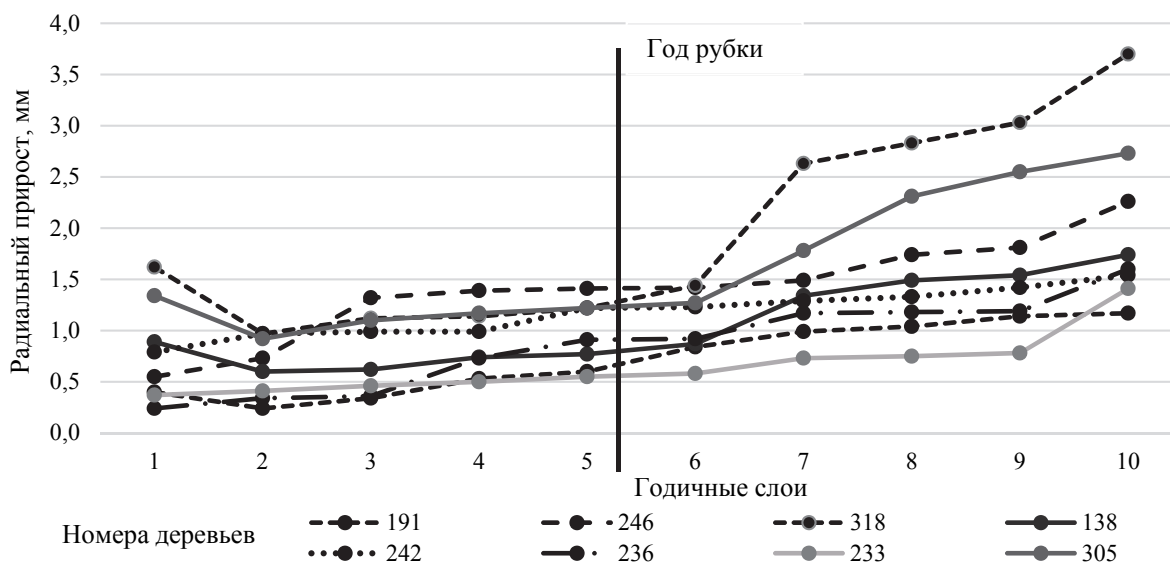


Рис. 4. Увеличение радиального прироста ели по годичным слоям

Таблица 4  
Изменение прироста деревьев сосны

Номер дерева	Прирост по объему				Увеличение прироста по объему, %
	до рубки		после рубки		
	м³	%	м³	%	
10	0,25	11,48	0,39	17,46	5,98
261	0,15	19,67	0,22	29,90	10,24
283	0,31	28,17	0,40	35,50	7,33
391	0,36	33,75	0,45	42,53	8,78
395	0,27	18,26	0,34	23,29	5,03
54	0,43	31,76	0,54	39,59	7,83
74	0,14	22,49	0,19	32,29	9,80
7	0,18	16,95	0,36	34,08	17,13

Таблица 5  
Изменение прироста деревьев ели

Номер дерева	Прирост по объему				Увеличение прироста по объему, %
	до рубки		после рубки		
	м³	%	м³	%	
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

Это должно учитываться при формировании лучших по составу сложных насаждений, что в

свою очередь позволит снизить отрицательное влияние конкурентных отношений между деревьями различных пород.

**Заключение.** Изменение пространственной структуры в результате проведения рубок ухода позволяет увеличить радиальный прирост, а следовательно, и прирост по объему растущих стволов на 50–70%.

Для оптимизации процесса лесовыращивания и достижения максимальных показателей радиального прироста и прироста по объему следует учитывать влияние пространственной структуры при проектировании мероприятий по возобновлению древостоев, а также формированию лучших по составу смешанных насаждений рубками ухода, что в свою очередь снизит отрицательное влияние конкурентных отношений между деревьями различных пород.

Результаты данной работы можно использовать для планирования рубок ухода за древостоями. Формирование пространственной структуры может улучшить эффект проведения рубок ухода, так как даст возможность оптимизировать отбор деревьев в рубку, что будет способствовать улучшению качества рубок и увеличению количества получаемых сортиментов, а также максимальной продуктивности насаждений в более короткие сроки.

Данная работа выполнена при поддержке БРФФИ.

### Список литературы

1. Севко О. А., Пупенко А. В. Сравнительный анализ показателей чистых и смешанных сосновых насаждений в условиях массового усыхания в подзоне широколиственно-сосновых лесов Беларуси // Лесное хозяйство: тез. докл. 82-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–14 февр. 2019 г. Минск, 2019. С. 18.

2. Романов В. С. Изучение сосново-березовых культур в лесах БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Минск, 2056. 18 с.
3. Взаимоотношения древесных пород в чистых и смешанных насаждениях / И. Н. Рахтеенко [и др.] // Эколого-физиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах. Минск: Наука и техника, 1976. С. 117–123.
4. Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. М.: Гослесбумиздат, 1952. 104 с.
5. Попов В. К. Сосново-березовые культуры Центральной лесостепи. Воронеж: Квадрат, 1997. 224 с.
6. Грибанов В. Я. Пространственная структура сосновых и лиственных деревьев // Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск, 1984. С. 42–47.
7. Неволин О. А., Еремина О. О. Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов европейского севера России. Архангельск: Изв. высш. учеб. заведений, 1996. 45 с.
8. Коцан В. В. Классификация деревьев на основании пространственной структуры при назначении в рубки ухода // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 24–27.
9. Мирошников В. С. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Минск, 1955. 128 с.
10. Рубцов В. И. Биологическая продуктивность сосны в лесной зоне. М.: Наука, 1976. 224 с.
11. Сеннов С. Н. Итоги экспериментального изучения конкуренции в древостоях // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 1993. № 11. С. 160–172.
12. 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.
13. 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.
14. Севко О. А. Оценка зависимости текущего прироста сосновой части смешанных сосновоберезовых древостоев от их пространственной структуры // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 41–45.
15. Лабоха К. В., Шиман Д. В. Особенности естественного возобновления под пологом приспевающих и спелых еловых насаждений на почвах недостаточного и умеренного увлажнения // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2010. Вып. XVIII. С. 72–75.
16. Коновалов В. Н., Зарубина Л. В. Оценка жизнеспособности ели в березняке черничном в процессе его возрастного развития // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журн. 2016. № 5 (353). С. 44–60.
17. Зарубина Л. В. Рост подпологового возобновления ели на вырубках березняка черничного // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2016. № 216. С. 58–68.
18. 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.
19. Усольцев В. А., Семьшев М. М. Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ. Екатеринбург: УрОРАН, 2007. 137 с.

### References

1. Sevko O. A., Pupenko A. V. Comparative analysis of indicators of pure and mixed pine plantations in conditions of mass drying in the subzone of broad-leaved pine forests of Belarus. *Lesnoye khozyaystvo tezisy dokladov 82-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov* [Forestry: Abstracts of the Scientific and Technical Conference faculty, Researchers and Graduate Students]. Minsk, 2019, p. 18 (In Russian).
2. Romanov V. S. *Izucheniye sosново-berezovykh kul'tur v lesakh BSSR. Avtoreferat dissertatsii kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [The study of pine-birch crops in the forests of the BSSR. Abstract of thesis PhD (Agriculture)]. Minsk, 1956. 18 p. (In Russian).
3. Rakhteenko I. N., Martinovich B. S., Krot L. A., 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, pp. 117–123 (In Russian).
4. Rakhteenko I. N. *Kornevyye sistemy drevesnykh i kustarnikovyykh porod* [Root systems of trees and shrubs]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1952. 104 p. (In Russian).
5. Popov V. K. *Sosново-berezovyye kul'tury Tsentral'noy lesostepi* [Pine-birch cultures of the Central forest-steppe]. Voronezh, Kvadrat Publ., 1997. 224 p. (In Russian).
6. 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).

7. Nevolin O. A., Eremina O. O. *Podrost i yego znachenije v formirovanii vysokoproduktivnykh sosnovykh lesov yevropeyskogo severa Rossii* [Undergrowth and its importance in the formation of highly productive pine forests in the European North of Russia]. Arkhangelsk, Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Publ., 1996. 45 p. (In Russian).

8. 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).

9. Miroshnikov V. S. *Sosnovo-berezovyye nasazhdeniya BSSR, ikh stroeniye, lesovodstvennoye i khozyaystvennoye znachenije. Dissertatsiya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Pine-birch plantations of the BSSR, their structure, silvicultural and economic significance. Dissertation DSc (Agriculture)]. Minsk, 1955. 128 p. (In Russian).

10. Rubtsov V. I. *Biologicheskaya produktivnost' sosny v lesnoy zone* [Biological productivity of pine in the forest zone]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 224 p. (In Russian).

11. Sennov S. N. Results of an experimental study of competition in stands. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [St.-Petersburg Forestry Engineering Academy], 1993, no. 11. pp. 160–172 (In Russian).

12. 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).

13. 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).

14. 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).

15. Labokha K. V., Shiman D. V. Features of natural regeneration under the canopy of ripening and ripe spruce plantations on soils of insufficient and moderate moisture. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2010, issue XVIII, pp. 72–75 (In Russian).

16. Kononov V. N., Zarubina L. V. Evaluation of the viability of spruce in a blueberry birch forest in the process of its age development. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of higher educational Institutions. Forest Journal], 2016, no. 5 (353), pp. 44–60 (In Russian).

17. Zarubina L. V. Growth of under-log renewal of spruce in felling areas of blueberry birch forest. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the Saint-Petersburg Forestry Academy], 2016, no. 216, pp. 58–68 (In Russian).

18. Vays A. A. *Nauchnyye osnovy otsenki gorizontol'noy struktury drevostoyev dlya povysheniya ikh ustoychivosti i produktivnosti. Avtoreferat dissertatsii kandidata 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).

19. Usoltsev V. A., Semyshev M. M. *Produktivnyye kharakteristiki s uchetom konkurentsii derev'yev v iskusstvennykh i estestvennykh sosnyakakh: sravnitel'nyy analiz* [Productive characteristics taking into account the competition of trees in artificial and natural pine forests: a comparative analysis]. Ekaterinburg, UrORAN Publ., 2007. 137 p. (In Russian).

#### 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 15.03.2022