

УДК 630\*232

**О. А. Севко**

Белорусский государственный технологический университет

**ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА СОСНОВОЙ ЧАСТИ  
СМЕШАННЫХ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
ОТ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ**

Для определения уровня зависимости текущего прироста сосновой части смешанных сосново-березовых древостоев от их пространственной структуры использовались материалы подеревной таксации 408 деревьев на пробных площадях: таксационные показатели, параметры крон, а также координаты  $X$  и  $Y$ . Построение пространственной модели распределения деревьев по площади с указанием диаметров крон и площадей пересечения кругов конкуренции деревьев обеих пород проводилось с использованием Quantum GIS. Для нахождения зависимости текущего прироста сосновой части древостоя от влияния примеси березы у 44 деревьев сосны был определен радиальный прирост, полученные данные были разделены на три группы интенсивности прироста: интенсивный, средний и слабый. Различными методами на основании таксационных показателей деревьев определен текущий прирост для выделенных деревьев. С помощью Quantum GIS было вычислено расстояние до ближайших к сосне стволов берез.

Зависимость текущего прироста деревьев сосны от таксационных показателей деревьев березы и пространственной структуры древостоя определялась при помощи регрессионного анализа. Основными критериями для оценки уравнений послужили коэффициент корреляции, объясненная доля дисперсии и стандартная ошибка отдельных факторов. В результате исследования были выделены регрессионные уравнения с коэффициентами корреляции для сосны с интенсивным приростом – 0,84, для сосны со средним приростом – 0,56, для доминантной – 0,95.

**Ключевые слова:** текущий прирост, пространственная структура, сосново-березовый древостой, регрессионный анализ.

**O. A. Sevko**

Belarusian State Technological University

**EVALUATION OF DEPENDENCE CURRENT INCREMENT  
A PINE PART OF THE MIXED PINE-BIRCH FOREST STANDS  
FROM THEIR SPATIAL STRUCTURE**

To determine the level of dependence of the current growth of the pine mixed pine-birch forest stands on their spatial structure of materials used hearth-jealous taxation 408 trees on the plots: inventory indices, parameters crowns, as well as  $X$  and  $Y$ . The construction of the spatial distribution model for trees area indicating the diameter and crown area of intersection of circles competition trees both breeds performed using Quantum GIS. To determine the dependence current present-growth pine part of the stand from the influence of impurities birch trees in 44 pine radial growth was determined, the data were divided into three groups-intensity of growth: strong – radial growth for 10 years, 0–10 mm, average – 10–20 mm and the weak – 20 mm and more. Different methods based on the definition of forest indices of trees, dividing the current gain for the selected trees. With Quantum GIS was to determine the distance to the closest to the trunk of a birch pine.

The dependence of the current increment of trees pine trees from the forest indices baa-cuts and spatial stand structure was determined using regression analysis. The main criteria for the evaluation of equations served as the correlation coefficient, the explanation of the proportion of variance and standard error of the individual factors. As a result, studies have highlighted the regression equation with correlation coefficients for pine-intensive growth – 0.84, pine average growth – 0.56 for the dominant-term – 0.95.

**Key words:** gain, spatial structure, pine-birch forest stands, regression analysis.

**Введение.** Анализ лесокультурного опыта показывает, что сосновые, еловые и другие насаждения даже в экстремальных условиях местопроизрастания лучше по возможности создавать смешанными. Взаимоотношения древесных пород могут быть самыми различными

в зависимости от климатических и почвенных условий. Но такие насаждения, безусловно, являются более устойчивыми к энтомовамедителям и особенно к грибным заболеваниям.

Исследования динамики таксационных показателей смешанных сосново-березовых древостоев

приведены в различных литературных источниках как белорусских, так и зарубежных авторов [1, 2]. Актуальность данного вопроса указывает на необходимость уточнения значимости межвидового влияния в сосново-березовых древостоях, выявления численных показателей этих связей и использования их для дальнейшего формирования древостоев.

**Основная часть.** Оценка влияния примеси березы на текущий прирост деревьев сосны проводилась по данным таксации 408 деревьев сосново-березового древостоя 1-го класса бонитета орлякового типа леса в возрасте 67 лет. На пробной площади для каждого дерева определены: диаметр С-Ю и З-В, высота, возраст, диаметр кроны С-Ю и З-В, протяженность кроны, качественная категория, особенность кроны, площадь поперечного сечения и объем каждого ствола, а также координаты  $X$  и  $Y$  в условной системе координат.

Оценка влияния пространственной структуры проводилась на основании схемы расположения деревьев на пробной площади, построенной при помощи программных средств Quantum GIS.

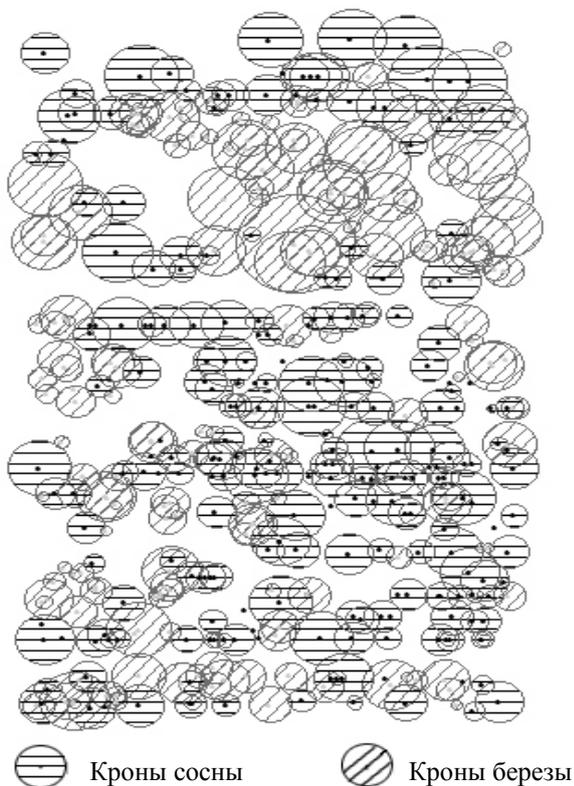


Схема расположения деревьев и перекрытия крон березы и сосны на пробной площади

На схеме указаны диаметры крон и их пересечения, хорошо видна довольно сильная конкуренция березы и сосны в насаждении.

Для определения зависимости текущего прироста сосны от примеси березы у 44 деревьев сосны измерялся радиальный прирост (обработаны данные по кернам). В зависимости от величины радиального прироста за 10 лет данные разделены на три группы: слабый радиальный прирост за 10 лет – 0–10 мм, средний – 10–20 мм и интенсивный – 20 мм и более.

Для определения процента текущего прироста по объему ( $P_V$ ) у исследуемых деревьев использовались методы Шнейдера:

$$P_V = \frac{Ki}{d_a};$$

Г. М. Турского:

$$P_V = (k + 2)P_a = (k + 2) \frac{200}{n} \frac{d_a - d_{a-n}}{d_a + d_{a-n}}$$

и Пресслера:

$$P_V = \frac{200(r^x - (r-1)^x)}{n(r^x + (r-1)^x)},$$

где  $r$  – относительный диаметр, определяемый как отношение диаметра без коры на высоте 1,3 м в настоящее время к текущему периодическому приросту по диаметру на высоте 1,3 м;  $x$  – показатель степени, который зависит от энергии роста в высоту и протяженности кроны;  $n$  – период прироста, лет.

Вычислялся годичный процент прироста по объему, а далее, непосредственно, текущий годичный прирост по объему (табл. 1).

Результаты расчетов по трем методам получились очень близкие. Для дальнейшей обработки были приняты показатели текущего прироста, полученные по формуле Шнейдера.

Для оценки зависимости текущего прироста от пространственной структуры сосново-березовых древостоев было найдено среднее расстояние до стволов березы, расположенных на расстоянии, равном диаметру кроны центральной в группе сосны с известным текущим приростом.

Далее определялась корреляция между текущим приростом деревьев сосны и параметрами пространственной структуры и таксационными показателями деревьев березы в каждой группе. Наибольшее влияние на текущий прирост по объему деревьев сосны по результатам корреляционного анализа оказывают: среднее расстояние до берез в группе, высота, диаметры крон и объем ствола деревьев березы.

На основании регрессионного анализа в пакете программ STATISTICA 10.0 определялась корреляция между текущим приростом деревьев сосны и указанными параметрами.

Таблица 1

## Таксационно-пространственные показатели исследуемых деревьев

Характеристики деревьев сосны					Показатели деревьев березы			
Радиальный прирост за 10 лет, мм	Диаметр, см	Процент прироста, %	Объем ствола, м <sup>3</sup>	Годичный прирост по объему, м <sup>3</sup>	Среднее расстояние до сосны в группе, м	Высота, м	Диаметр кроны, м	Объем ствола, м <sup>3</sup>
Слабый прирост деревьев сосны								
6	10,25	2,93	0,05	0,0015	2,63	19,5	3,3	0,1967
9,5	20,90	2,27	0,34	0,0078	4,13	23,3	3,7	0,2282
9	9,40	4,79	0,05	0,0024	2,82	20,2	3,0	0,2699
4	11,95	1,67	0,06	0,0010	2,40	17,5	1,7	0,1401
5	15,45	1,62	0,43	0,0070	2,52	27,8	3,8	0,3977
6	13,00	2,31	0,33	0,0076	3,00	22,1	3,4	0,2383
3,5	14,10	1,24	0,11	0,0013	3,28	16,3	2,2	0,0997
5,5	18,80	1,46	0,09	0,0013	3,35	21,2	3,3	0,1934
6	16,40	1,83	0,22	0,0041	2,28	23,9	3,0	0,2981
6,5	16,60	1,96	0,12	0,0039	3,22	22,1	2,7	0,2318
5	12,50	2,00	0,08	0,0016	3,69	26,3	7,0	0,7240
5	19,05	1,31	0,29	0,0038	3,21	24,3	4,7	0,4411
5,5	16,40	1,68	0,20	0,0034	2,86	24,7	4,0	0,3945
6	16,50	1,82	0,18	0,0033	2,65	18,8	1,7	0,1129
Средний прирост деревьев сосны								
10	17,75	3,21	0,20	0,0064	2,03	18,1	3,3	0,1873
16	21,65	4,21	0,35	0,0149	1,96	21,6	3,6	0,1578
14,5	20,70	3,99	0,31	0,0123	2,59	19,8	3,3	0,2177
17,5	22,70	4,39	0,38	0,0166	5,07	16,8	2,7	0,1200
15,5	16,35	5,40	0,19	0,0102	3,21	20,0	2,3	0,2300
18	23,00	4,46	0,38	0,0170	3,77	23,7	3,0	0,2642
14	19,90	4,01	0,29	0,0116	3,02	22,2	2,9	0,2297
12,5	28,25	2,52	0,32	0,0080	3,03	21,1	3,0	0,2150
12,5	20,40	3,49	0,31	0,0109	3,50	21,2	2,5	0,1954
10,5	20,40	2,93	0,22	0,0063	3,87	19,3	2,4	0,1462
13,5	21,80	3,53	0,33	0,0116	3,63	21,1	3,5	0,2316
15	18,50	4,62	0,26	0,0120	2,45	18,5	2,7	0,1702
12	18,45	3,71	0,22	0,0083	3,39	23,9	3,0	0,2981
10	19,25	2,96	0,29	0,0086	2,50	20,3	2,9	0,1996
15	19,40	4,41	0,29	0,0130	3,90	22,7	1,8	0,2892
18	16,05	6,39	0,14	0,0088	4,19	22,5	5,8	0,3756
18,5	20,40	5,17	0,33	0,0169	3,58	17,8	2,2	0,1284
19,5	25,65	4,33	0,48	0,0209	4,44	20,6	3,3	0,2426
11	29,35	2,14	0,67	0,0144	6,70	21,3	4,3	0,2977
Интенсивный прирост деревьев сосны								
26	27,10	6,04	0,62	0,0377	4,74	25,4	3,5	0,3237
24,5	28,75	5,37	0,80	0,0431	3,99	22,5	2,9	0,2170
22,5	15,45	9,17	0,16	0,0151	4,13	26,3	3,3	0,3336
30	19,90	9,50	0,79	0,0748	5,17	20,7	3,4	0,1932
23	25,30	5,73	0,54	0,0309	2,86	20,8	2,3	0,2143
25,3	28,70	5,55	0,70	0,0389	7,42	22,9	4,5	0,5181
25,4	24,90	6,43	0,47	0,0301	5,43	22,3	5,0	0,3786
32	25,85	7,80	0,52	0,0407	5,25	20,6	4,8	0,3081
20	17,25	7,30	0,21	0,0150	3,45	22,0	2,6	0,2318

Таблица 2

**Результаты регрессионного анализа влияния таксационно-пространственных показателей березовой части древостоя на текущий прирост по объему деревьев сосны**

Уравнение	Объясненная доля дисперсии	Коэффициент корреляции $R$
Низкий прирост деревьев сосны		
$Z_V = b_0 + b_1H + b_2D_k^2H + b_3V^3 + b_4L / (b_5L^2 + b_6H + b_7)$	0,71	0,84
$Z_V = b_0 + b_1H^2 + b_2D_k^2 + b_3 / V + b_4L^2$	0,64	0,80
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2$	0,294	0,54
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2 + b_4 (\log(H))^2$	0,604	0,78
Средний прирост деревьев сосны		
$Z_V = b_0 + b_1H + b_2D_k^2H + b_3V^3 + b_4L / (b_5L^2 + b_6H + b_7)$	0,31	0,56
$Z_V = b_0 + b_1H^2 + b_2D_k^2 + b_3 / V + b_4L^2$	0,23	0,48
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2$	0,21	0,46
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2 + b_4 (\log(H))^2$	0,23	0,48
Интенсивный прирост деревьев сосны		
$Z_V = b_0 + b_1H + b_2D_k^2H + b_3V^3 + b_4L / (b_5L^2 + b_6H + b_7)$	0,90	0,95
$Z_V = b_0 + b_1H^2 + b_2D_k^2 + b_3 / V + b_4L^2$	0,88	0,94
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2$	0,86	0,93
$Z_V = b_0 + b_1 (\log(D_k))^2 + b_2 / V + b_3 (\log(L))^2 + b_4 (\log(H))^2$	0,87	0,94

При выборе регрессионных уравнений, наиболее точно описывающих взаимосвязь текущего радиального прироста и прироста по объему ( $Z_V$ ) с таксационно-пространственными показателями березовой части древостоя (высотой ( $H$ ), диаметром крон ( $D_k$ ), объемом ( $V$ ) и средним расстоянием до деревьев ( $L$ )), в качестве основных критериев отбора уравнений служили коэффициент корреляции ( $R$ ) и показатель объясненной доли дисперсии.

Подобранные в результате многофакторного анализа регрессионные уравнения для деревьев сосны с наименьшим и наибольшим текущим приростом имеют достаточно высокие показатели данных критериев (табл. 2).

Так, коэффициент корреляции текущего прироста по объему для деревьев сосны с радиальным текущим приростом за 10 лет до 10 мм составил 0,84, а с интенсивным (радиальный прирост за 10 лет – свыше 20 мм) коэффициент корреляции отдельных уравнений достигал до 0,94–0,95. Относительно невысокая корреляция (до 0,56) наблюдается при анализе влияния таксационно-пространственных показателей березовой части древостоя на текущий прирост по объему у деревьев сосны со средним радиальным приростом (от 10 до 20 мм за 10 лет).

Следует отметить, что наименьшая корреляция между таксационно-пространственными показателями березы и текущим приростом по объему деревьев сосны отмечена у хвойной породы с текущим приростом средней интенсивности.

Причем корреляция перечисленных характеристик деревьев березы с радиальным приростом сосны для всех интенсивностей прироста была ниже, чем при оценке регрессионных уравнений для прироста по объему.

В результате анализа расстояний между деревьями сосны и березы в пределах био группы было выявлено:

- среднее расстояние до ближайших берез в био группах с угнетенной сосной составляет в среднем 3,0 м и менее;

- сосна имеет средний прирост там, где в пределах двух диаметров ее кроны находятся стволы березы, и расстояние между ними составляет порядка 3,5 м;

- доминирующее положение сосна занимает в био группах со средним расстоянием до деревьев березы 4,7 м.

Выявленные закономерности позволят в дальнейшем смоделировать оптимальную пространственную структуру смешанных сосново-березовых древостоев, на основе которой впоследствии можно будет разрабатывать программы формирования древостоев, использовать в качестве рекомендаций к рубкам ухода или при целевом лесовыращивании.

**Заключение.** Проведенные исследования показали значительное влияние таксационных характеристик березовой части древостоев и их пространственной структуры на прирост деревьев сосны. Возможность численной оценки такого влияния позволяет в дальнейшем создать модели оптимизации породного состава

древостоев, направленные на целевое выращивание древостоев. При этом следует учитывать пространственную структуру выращиваемых древостоев для более обоснованного выбора

деревьев в рубку и формирования насаждений заданных параметров прироста, а следовательно, и размерно-качественной характеристики выращиваемой древесины.

### Литература

1. Мирошников В. С. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / БЛТИ. Минск, 1955. 128 с.
2. Проблемы лесоведения и лесоводства на радиоактивно загрязненных землях: сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси; ред. В. Ф. Багинский. Гомель, 2004. Вып. 60. 474 с.

### References

1. Miroshnikov V. S. *Sosново-berezovyye nasazhdeniya BSSR, ih stroenie, lesovodstvennoe i hozyaystvennoe znachenie* [Pine-birch stands BSSR, their structure, silvicultural and economic value. Abstract of thesis cand. of agr. sci.]. Minsk, 1955. 128 p.
2. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva na radioaktivno zagryaznennyih zemlyah* [Problems of Forest science and Forestry in the contaminated land]. Gomel, 2004, issue 60, 474 p.

### 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

### Information about the authors

**Sevko Oksana Aleksandrovna** – Ph. D. Agriculture, assistant professor, assistant professor, Department of Forest Management. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: o.sevko@belstu.by

Поступила 16.02.2015