

Научная статья
УДК 630.221.2:630.181.522
EDN EZLCXP
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.01

Оценка конкуренции в популяции ели под пологом южно-таежных березняков разных стадий возрастного развития

Наталья Алексеевна Рыбакова¹
кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. Приведены результаты изучения динамики внутривидовой конкуренции ели под пологом южно-таежных березняков в возрасте от 40 до 115 лет (Ярославская обл., Северная ЛОС ИЛАН). Для анализа использован индекс конкуренции CVU, который рассчитывается по соотношению объемов кроны деревьев (по Biding). Внутривидовая конкуренция ели рассматривается в березняках различных стадий возрастного развития: возмужания (интенсивного изреживания и роста березы в возрасте от 11 до 50 лет), зрелости (снижения темпов изреживания и роста, 51–80 лет) и старения (слабого изреживания и роста, 81–120 лет). Расчет индекса конкуренции CVU проведен с учетом динамики парцеллярной структуры насаждений.

По результатам исследования установлено, что конкуренция елей во втором ярусе популяции постепенно увеличивается от CVU = 0,2 в стадии возмужания (возраст березы 41–50 лет) до CVU = 5,2 в первой половине стадии старения (91–100 лет). Во второй половине стадии старения (101–115 лет) индекс CVU снижается до 3,1. Значение CVU изменяется в соответствии с динамикой парцеллярной структуры фитоценоза. Средневзвешенная величина индекса CVU во втором ярусе ели с учетом представленности групп парцелл в каждой возрастной стадии березы в стадии возмужания составляет 1,94, в стадии зрелости – 1,56 и увеличивается до 3,1 в стадии старения.

Ключевые слова: южно-таежные березняки, возрастные стадии, популяция ели, индекс конкуренции.

Для цитирования: Рыбакова Н.А. Оценка конкуренции в популяции ели под пологом южно-таежных березняков разных стадий возрастного развития. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2024. № 1. С. 5–14. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.01. <https://elibrary.ru/ezlcxp>.

¹ Институт лесоведения РАН, старший научный сотрудник (с. Успенское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация), 1986620@gmail.com

Original article

EDN EZLCXP

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.01

Assessment of Competition in the Spruce Population under the Canopy of South Taiga Birch Forests of Different Stages of Age Development

Natalya A. Rybakova¹

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. The results of determining the dynamics of intrapopulation competition are presented of the spruce layer under the canopy of southern taiga birch forests aged from 40 to 115 years (Northern LOS ILAN, Yaroslavl region). For the analysis, we used the CVU competition index, which was calculated based on the ratio of tree crown volumes (according to Biding). The competition index (CVU) was used to analyze the relationships between the layers of the spruce population in the stand, between the leading and competing trees of the same layer. Intrapopulation competition of spruce layer is considered at various stages of age development of birch forests: the youth stage (intensive thinning and growth of birch at the age of 11 to 50 years), maturity (decrease in the rate of thinning and growth, 51–80 years) and aging (weak thinning and growth, 81–120 years). The calculation of the competition index CVU was carried out taking into account the dynamics in the parcel structure of plantings. The competition of spruce trees in the second tier of the population gradually increases from CVU = 0.2 in the youth stage (birch age 41–50 years) to CVU = 5.2 in the first half of the aging stage (91–100 years).

In the second half of the aging stage (101–115 years), the CVU index decreases to 3.1. The value of the CVU index changes in accordance with the dynamics in the parcels structure at different stages of plantings ontogenesis is studied. The weighted average value of the CVU index in the second tier of spruce, taking into account the representation of parcels in each age stage of birch, is: at the maturity stage – 1.94, at the maturity stage – 1.56 and increases to 3.1 at the aging stage. Calculated taking into account the representation of parcels in each age stage of birch, the weighted average value of the CVU index in the second tier of spruce is: in the youth stage of birch – 1.94, in the stage of maturity – 1.56 and increases to 3.1 in the stage of aging.

Key words: southern taiga birch forests, age stages, spruce population, competition index.

For citation: Rybakova N. Assessment of Competition in the Spruce Population under the Canopy of South Taiga Birch Forests of Different Stages of Age Development. – Text : electronic // Forestry Information. 2024. № 1. P. 5–14. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.01. <https://elibrary.ru/ezlcxp>.

¹ Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, Senior Researcher (Uspenskoe village, Odintsovo city, Moscow region, Russian Federation), 1986620@gmail.com

Введение

В южной тайге европейской части России около 48 % площади лесных земель занято мелколиственными, преимущественно березовыми, насаждениями, образовавшимися после рубки коренных ельников. Под пологом 3/4 таких древостоев формируется популяция ели, восстановительная динамика которой определяется возрастным развитием березняков. Изреживание древостоев березы в разных стадиях ее возрастного развития обуславливает внутривидовую конкуренцию в популяции ели. Формирование подростка ели начинается под пологом 10–40-летних березняков, сомкнутого второго яруса ели – в стадии зрелости березняков (51–80 лет) [1].

Для количественной оценки внутривидовой конкурентной конкуренции древесных видов используют различные индексы конкуренции [2–7]. Сравнительный анализ методов расчета индексов конкуренции сделан А.С. Касаткиным [8]. Нами проведено исследование внутривидовой конкурентной конкуренции ели в процессе ее восстановления в типичных для южной тайги березовых насаждениях с использованием индекса CVU.

Цель работы – определение конкуренции в популяции ели под пологом березняков разных возрастных стадий с учетом динамики парцеллярной структуры насаждения.

Материалы и методика исследований

Исследования проведены в елово-березовых насаждениях южной тайги (Северная лесная опытная станция Института лесоведения РАН, Ярославская обл., Рыбинский район, Пригородное участковое лесничество). Березняки I–II классов бонитета сформировались после сплошной рубки коренных ельников. В составе первого яруса древостоя доминирует берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) – 91–100 %, ель обыкновенная (*Picea abies* L.) встречается единично в березняках старше 80 лет.

В березняках кислично-черничной группы [9], в которых в процессе демутационной смены формируются ельники, заложено 12 постоянных пробных площадей (ППП). При мониторинге в 40–115-летних березняках рассмотрены 3 стадии их возрастного развития: возмужания (интенсивного изреживания и роста березы, в возрасте от 11 до 50 лет), зрелости (снижения темпов изреживания и роста, 51–80 лет) и старения (слабого изреживания и роста, 81–120 лет) [1].

Ценопопуляция ели на пробных площадях представлена подростом и вторым ярусом. Через 10 и 20 лет после закладки на них проводили повторный учет с выполнением всего комплекса работ. Период наблюдений составил 30 лет.

На ППП проведено картирование и сплошной перебор всех деревьев; определены их принадлежность к ярусам древостоя, возраст, биометрические показатели, в том числе параметры кроны елей (площадь, протяженность по высоте дерева); рассчитаны объем кроны, горизонтальная сомкнутость полога и крон деревьев ели. Возраст ели в подросте установлен по числу мутовок, в первом и втором ярусах – путем подсчета годичных слоев на кервах. Ко второму ярусу относили деревья ели, высота которых составляла 25–80 % средней высоты деревьев березы, к подросту – деревья, имеющие меньшую высоту.

Для оценки внутривидовой конкурентной конкуренции ели под пологом березняков использован индекс конкуренции CVU, предложенный Biging [4]. Индекс CVU рассчитывается как отношение объемов крон лидирующих и конкурирующих деревьев:

$$CVU = \frac{CV_i}{CV_j},$$

где:

CV_i – объем кроны лидирующего дерева i ;

CV_j – объем кроны дерева-конкурента j .

Расчет индекса CVU проведен для пяти пробных площадей (ПП 8, 10, 12, 17, 19) по результатам их 3-кратного мониторинга. В насаждениях преобладает групповое размещение деревьев.

Лидирующие в группах деревья ели определяли на планах ППП с нанесенными линиями горизонтальной проекции их крон. К лидирующим относили деревья, кроны которых перекрывают кроны конкурирующих деревьев более чем на 70 %. Индексы конкуренции CVU рассчитаны между лидирующими и подчиненными (конкурирующими) деревьями во втором ярусе ели, а также между деревьями второго яруса и подроста.

Конкурентные отношения в популяции ели установлены с учетом парцеллярной структуры насаждения [10]. Критерии выделения парцелл по морфоструктуре ценопопуляции ели и метода их выделения изложены в [11].

Результаты и обсуждение

В 40–115-летних березняках выделены 22 биогеоценотические парцеллы. Для выявления особенностей трансформации ярусов-эдификаторов парцеллы объединены в 5 групп по сходству структуры древесного яруса: B_1 (березовая с единичной елью в подросте), $B_1-E_{\text{нп}}$ (березовая с несомкнутым подростом ели), $B_1-E_{\text{сп}}$ (березовая с сомкнутым подростом), B_1-E_2 (березовая с сомкнутым вторым ярусом ели), $B_1-E_{2\text{н}}$ (березовая с несомкнутым вторым ярусом ели) (табл. 1).

В стадии возмужания березняка (41–50 лет) отмечается значительная дробность парцеллярной структуры фитоценоза – до 120 участков различных парцелл на 1 га. Около 30 % площади

занято парцеллами с единичным подростом ели (группа парцелл B_1). Парцеллы с несомкнутым подростом ели составляют 39 % площади, с сомкнутым подростом – 22 %. Парцеллы с преобладанием елей второго яруса сформировались лишь на 9 % площади березняков.

В стадии зрелости увеличивается число елей второго яруса, размеры крон и сомкнутость елового полога (до 67 %) (табл. 2). Наблюдается нарастание монопарцеллярности структуры фитоценоза. Число парцеллярных участков уменьшается до 11 шт./га. Представленность группы парцелл B_1-E_2 с доминированием второго яруса ели повышается от 43 % в начале стадии зрелости до 100 % в конце. В березняке 71–80 лет в первый ярус древостоя переходит 0,1 тыс. шт./га елей.

В конце стадии зрелости и начале стадии старения березы в возрасте 71–90 лет еловая популяция представлена только парцеллами B_1-E_2 . В возрасте 91–100 лет начинается разрушение монопарцеллярности строения фитоценоза. Увеличение числа парцелл связано с групповым вывалом берез и появлением в образовавшихся “окнах” молодого поколения ели (парцеллы группы $E_{\text{нп}}$). Появление подроста связано с семеношением ели первого и, частично, второго ярусов.

Снеголом и ветровал елей приводят к образованию парцелл с несомкнутым вторым ярусом (парцеллы группы $B_1-E_{2\text{н}}$). Общее число участков парцелл в стадии старения березняков постепенно увеличивается до 21 шт./га. Доминируют парцеллы со вторым ярусом ели (84 %). Число елей

Таблица 1. Представленность групп парцелл в возрастных стадиях березняков, %

Стадия возрастного развития березняков	Возрастная группа березняков, лет	Средний возраст березы, лет	Доля групп парцелл, %				
			B_1	$B_1-E_{\text{нп}}$	$B_1-E_{\text{сп}}$	B_1-E_2	$B_1-E_{2\text{н}}$
Возмужание	41–50	45	30	39	22	9	-
	51–60	57	15	20	22	43	-
Зрелость	61–70	67	7	-	2	91	-
	71–80	74	-	-	-	100	-
Старение	81–90	85	-	-	-	100	-
	91–100	95	4	-	-	92	4
	101–110	105	7	5	-	84	4
	115	115	6	6	-	84	4

первого яруса постепенно повышается от 0,2 тыс. до 0,8 тыс. шт./га, сомкнутость полога – от 1 до 12 % (табл. 2).

В стадии возмужания березняка лидирующими являются 97 % (рис. 1) деревьев второго яруса и около 25 % елей подроста. Во втором ярусе в парцеллах с сомкнутым подростом Б₁-Е_{сп} лидеры оказывают влияние в среднем на 2,9 елей подроста, в парцеллах с несомкнутым подростом Б₁-Е_{нп} – на 1,8 елей. В парцеллах Б₁-Е₂ лидирующие в группах ели конкурируют с 2,4 деревьями второго яруса и 2,1 елями в подросте.

В стадии зрелости березняка число лидирующих елей второго яруса постепенно увеличивает-ся от 0,32 тыс. шт./га в первом 10-летию стадии (29 % общего количества елей) до 0,7 тыс. шт./га

в третьем 10-летию (44 %). В начале стадии зрелости березняка (51–60 лет) в парцеллах Б₁-Е_{сп} и Б₁-Е_{нп} число конкурирующих елей составляет 3,8 и 2,1 соответственно. В парцеллах со сформировавшимся вторым ярусом Б₁-Е₂, в котором количество елей достигает максимальной величины (1,4 тыс. шт./га), доля лидирующих елей составляет 45 %.

В стадии старения при выходе части елей в первый ярус число лидирующих елей второго яруса постепенно снижается с 0,70 тыс. до 0,17 тыс. шт./га. Лидирующими являются лишь 36 % елей второго яруса и ели, вышедшие в первый ярус древостоя. Лидирующие ели оказывают влияние на 1,6 конкурирующих елей второго яруса.

ТАБЛИЦА 2. СРЕДНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛИ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ СТАДИЯХ БЕРЕЗНЯКА

ВОЗРАСТ БЕРЕЗЫ, ЛЕТ	ГРУППА ПАРЦЕЛЛ	ЯРУС ДРЕВОСТОЯ	ВОЗ- РАСТ, ЛЕТ	КОЛИЧЕСТВО, ТЫС. ШТ./ГА	ВЫСО- ТА, М	ДИАМЕТР СТВОЛА НА ВЫСОТЕ 1,3 М, ММ	СОМКНУТОСТЬ, %		СРЕДНИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОН	
							ПОЛОГА	КРОН	ПЛОЩАДЬ ПРОЕКЦИИ, М ²	ОБЪЕМ, М ³
41–50	Б ₁ -Е _{нп}	2	46	0,2	7,4	78	10	11	5,2	10,0
		Подрост	24	2,5	1,9	35	36	41	1,3	0,57
	Б ₁ -Е _{сп}	2	43	0,4	6,4	68	18	19	4,9	7,8
		Подрост	27	5,8	2,5	36	78	100	1,76	0,93
51–60	Б ₁ -Е _{нп}	2	49	0,2	8,7	90	7	7	5,9	13,2
		Подрост	33	2,8	3,1	46	36	44	2,2	1,4
		Б ₁ -Е _{сп}	2	51	0,3	9,2	105	19	21	7,8
		Подрост	39	3,3	4,96	65	76	97	2,97	1,1
	Б ₁ -Е ₂	2	52	1,4	9,27	94	67	81	6,6	16,4
		Подрост	38	2,6	2,53	36	31	39	1,6	0,64
61–70	Б ₁ -Е ₂	2	57	1,3	10,7	107	67	76	6,0	14,1
		Подрост	40	1,3	2,4	34	13	14	1,2	0,4
71–80	Б ₁ -Е ₂	1	73	0,1	23,8	261	1	1	14,1	34,9
		2	68	1,2	10,9	107	57	67	5,7	8,3
		Подрост	50	0,8	3,9	49	12	15	1,5	0,7
81–90	Б ₁ -Е ₂	1	83	0,1	25,9	280	1	1	8,4	48,0
		2	77	1,1	12,3	120	46	50	4,7	9,0
		Подрост	63	0,5	4,8	54	8	9	1,6	0,9
91–100	Б ₁ -Е ₂	1	89	0,2	26,0	226	3	4	13,5	59,0
		2	77	1,0	13,3	132	49	52	5,4	10,7
		Подрост	58	0,4	3,7	57	1	1	0,7	0,3
101–110	Б ₁ -Е ₂	1	88	0,4	24,1	250	10	10	12,3	61,5
		2	82	0,6	15,1	147	33	33	5,1	13,4
		Подрост	29	0,9	0,9	36	3	3	0,3	0,1
115	Б ₁ -Е ₂	1	97	0,8	25,8	276	12	12	14,8	86,1
		2	51	0,4	16,8	173	36	35	8,9	35,1
		Подрост	38	0,7	1,2	-	3	3	0,3	0,1

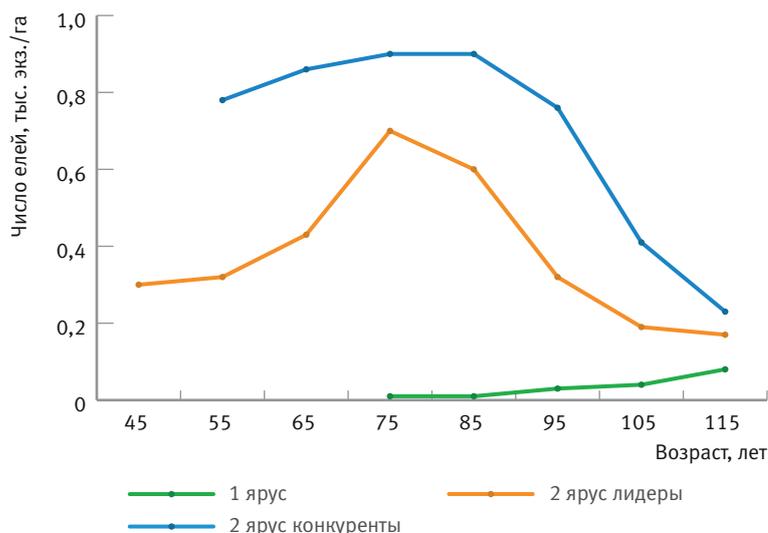


Рис. 1. Число лидирующих и конкурирующих елей в разных возрастных стадиях березняка, тыс. шт./га

Высота и объем кроны лидирующих и конкурирующих елей второго яруса значительно варьируют. Различия по высоте елей в березняке в стадии возмужания составляют лишь 13 % (рис. 2), что определяется невысокой плотностью елей второго яруса и сомкнутостью полога (от 10 до 18 % в разных парцеллах). В стадии зрелости березняка различия увеличиваются до 22 %, в стадии старения – до 24 %. В стадии старения березняка ели, вышедшие в первый ярус

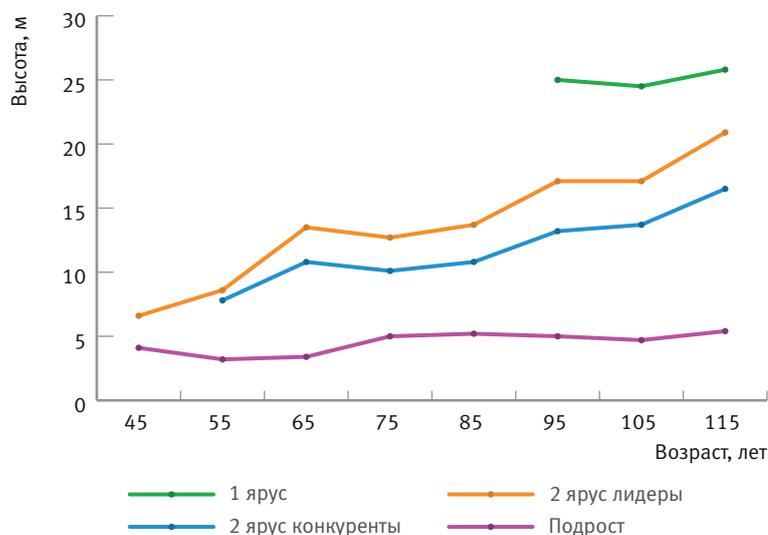


Рис. 2. Динамика высоты лидирующих и конкурирующих деревьев ели

древостоя, превосходят по высоте лидирующие ели второго яруса на 41–43 %.

Различия по объему кроны между лидирующими и конкурирующими елями второго яруса в березняках в стадии зрелости составляют около 25 %, резко увеличиваясь в конце этой стадии – до 52 %, в стадии старения березняка они достигают в среднем около 60 % (рис. 3).

Нами установлено, что объем кроны елей, лидирующих во втором ярусе в березняках, наиболее тесно связан с площадью горизонтальной проекции кроны (коэффициент корреляции равен 0,9), у конкурирующих деревьев – с их высотой (коэффициенты корреляции с увеличением возраста березняка изменяются от 0,48 до 0,93) [12].

В стадии возмужания березняка в возрасте 41–50 лет невысокие плотность и сомкнутость полога елей второго яруса определяют низкий индекс конкуренции. В парцелле с сомкнутым подростом $B_1-E_{СП}$, числом елей второго яруса 0,4 тыс. шт./га и сомкнутостью полога 18 % индекс конкуренции составляет 0,3, что выше, чем в парцелле с несомкнутым подростом $B_1-E_{НП}$ с числом елей 0,2 тыс. шт./га и сомкнутостью полога 10 % ($CVU = 0,1$) (табл. 3). Влияние елей второго яруса на подрост в парцеллах группы $B_1-E_{СП}$ характеризуется индексом $CVU = 4,2$, что значительно выше, чем в парцеллах $B_1-E_{НП}$ (CVU равен 2,6).

Начало интенсивной дифференциации по росту и развитию в подросте ели приводит к тому, что в первом 10-летии стадии зрелости березняка (51–60 лет) площадь парцелл группы B_1-E_2 увеличивается до 43 %, число елей второго яруса – до 1,4 тыс. шт./га, сомкнутость полога – до 67 %. Смыкание полога ели ведет к обострению конкуренции и началу процесса изреживания генерации; индекс конкуренции во втором ярусе ели повышается до 1,9. В 51–60-летнем березняке начинается семеношение лидирующих елей второго яруса. Доля семеносящих елей составляет всего 2 % популяции.

В парцеллах с подростом ели $B_1-E_{НП}$, где формирование второго яруса не завершено и сомкнутость полога второго яруса ели всего 7 %,

влияние второго яруса ели на подрост значительно – $CVU = 11,7$. В парцелле $B_1-E_{сп}$ при более высокой сомкнутости полога ели (19 %) $CVU = 22,3$.

Во втором 10-летию стадии зрелости березняка (61–70 лет) в парцеллах B_1-E_2 , занимающих 91 % пробных площадей, с сомкнутостью полога второго яруса ели 67 % индекс конкуренции увеличивается до 2,9. Влияние второго яруса ели на подрост достигает максимальной величины – $CVU = 31,6$.

В третьем 10-летию стадии зрелости березняка (71–80 лет) завершается дифференциация второго яруса ели. При увеличении площади парцеллы B_1-E_2 до 100 % индекс CVU повышается незначительно и составляет 3,3. Изреживание подростка ели (до 0,8 тыс. шт./га) способствует снижению влияния второго яруса на подрост – $CVU = 25,8$.

В первом (81–90 лет) и втором 10-летиях (91–100 лет) стадии старения березняка CVU постепенно увеличивается от 4,0 до 5,2 соответственно. В этот период во втором ярусе ели снижаются плотность популяции (до 1,0–1,1 тыс. шт./га) и сомкнутость полога (до 46–49 %). Во второй половине стадии старения березняка отмечается

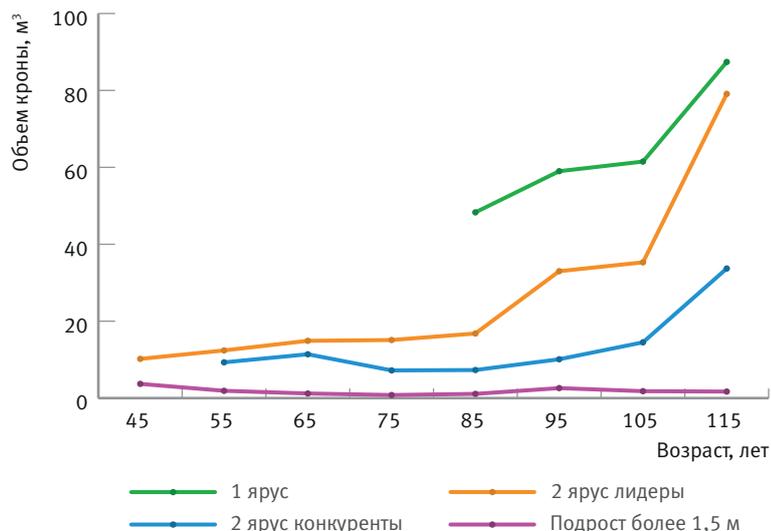


Рис. 3. Динамика объема кроны лидирующих и конкурирующих деревьев ели

уменьшение индекса конкуренции во втором ярусе ели до 3,1. Влияние второго яруса ели на подрост в этот период максимально – в возрасте 115 лет CVU равен 32,0. Ель в подросте сильно ослаблена, значительная часть её погибает.

В 115-летнем березняке 0,1–0,2 тыс. шт./га елей выходит в первый ярус древостоя. Ели первого

Таблица 3. Индекс конкуренции CVU в популяции ели в березняках различных возрастных стадий

Стадия возрастного развития березняка	Возраст березы, лет	Группа парцелл	Индекс конкуренции деревьев (CVU)	
			во 2-м ярусе	влияние 2-го яруса на подрост ¹
Возмужание	41–50	$B_1-E_{сп}$	0,3	4,2
		$B_1-E_{нп}$	0,1	2,6
Зрелость	51–60	B_1-E_2	1,9	15,1
		$B_1-E_{сп}$	1,2	22,3
		$B_1-E_{нп}$	0,1	11,7
	61–70	B_1-E_2	2,9	31,6
Старение	71–80	B_1-E_2	3,3	25,8
	81–90	B_1-E_2	4,0	18,5
91–100		B_1-E_2	5,2	19,8
		B_1-E_2	3,2	26,8
101–110		$B_1-E_{2н}$	1,6	12,5
	115	B_1-E_2	6,6 ²	-
		B_1-E_2	3,1	32,0
$B_1-E_{2н}$		2,5	13,7	

¹ Подрост высотой более 1,5 м.

² Влияние 1-го яруса ели на 2-й.

яруса с кронами большого объема (48–59 м³) при сомкнутости полога 1–3 % оказывают значительное влияние на второй ярус – CVU = 6,6.

В стадии старения березы в возрасте более 100 лет за счет выпадения части елей в результате усыхания и снеголома появляются парцеллы с несомкнутым вторым ярусом ели (Б₁-Е_{2н}), в которых индекс CVU ниже, чем в парцеллах Б₁-Е₂. В возрасте березы 101–110 лет в парцелле Б₁-Е₂ CVU = 3,2, в Б₁-Е_{2н} CVU = 1,6, в возрасте березы 115 лет – CVU = 3,1 и CVU = 2,5 соответственно.

Расчеты средневзвешенной величины индекса CVU с учетом представленности групп парцелл в каждой возрастной стадии показали, что в стадии возмужания березняка он составляет 1,94. В стадии зрелости средний индекс снижается до 1,56, при этом в возрасте березы 51–60 лет он равен 1,41, в 61–70 лет достигает 1,6, в возрасте 71–80 лет – 1,67. Средневзвешенная величина индекса в стадии старения составляет 3,1, что значительно выше, чем в стадии возмужания и зрелости.

Выводы

1. В стадии возмужания березняка в возрасте 41–50 лет к лидирующим в популяции относятся 97 % елей второго яруса и 25 % подростка. При переходе к стадии зрелости число лидирующих

елей второго яруса снижается до 45 %, в стадии старения – до 36 %. Все ели, выходящие в первый ярус древостоя, лидирующие.

2. В стадии возмужания березняка лидирующие во втором ярусе древостоя ели по высоте превышают конкурирующие на 13 %. Различия по высоте увеличиваются в стадиях зрелости и старения до 22 и 24 % соответственно. Ели первого яруса превосходят по высоте лидирующие ели второго яруса в среднем на 42 %. Различия по объему крон лидирующих и конкурирующих елей в березняках в стадии зрелости составляют около 25 %, увеличиваясь в конце этой стадии до 52 %, в стадии старения – до 60 %.

3. Конкуренция елей во втором ярусе в разных стадиях возрастного развития березняка постепенно увеличивается: от CVU = 0,2 в стадии возмужания до CVU = 5,2 в первой половине стадии старения, а во второй половине стадии старения индекс CVU снижается до 3,1.

4. Влияние второго яруса ели на подрост возрастает от CVU = 3,4 в стадии возмужания березняка до CVU = 25,8 в конце стадии зрелости. В первой половине стадии старения индекс снижается до 19,8, а во второй возрастает до 32.

5. С учетом представленности групп парцелл в возрастных стадиях березняка средневзвешенная величина индекса CVU составляет 1,94 в стадии возмужания, 1,56 – в стадии зрелости, 3,1 – в стадии старения.

Список источников

1. Рубцов, М.В. Динамика возрастной структуры популяции ели под пологом южно-таежных березняков Русской равнины / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин // Хвойные boreальной зоны. – 2013. – Т. 3. – № 1–2. – С. 9–14.
2. Кузьмичев, В.В. Оценка взаимодействия деревьев в лесных фитоценозах / В.В. Кузьмичев, Т.Н. Миндеева, В.П. Черкашин // Известия Сибирского отделения АН СССР. Сер.: Биологические науки. – 1989. – № 3. – С. 133–139.
3. Усольцев, В.А. Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ / В.А. Усольцев, М.М. Семьшев // Вестник МарГТУ. – 2010. – № 2. – С. 5–13.
4. Biging, G.S. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees / G.S. Biging, M.A. Dobbertin // Forest Science. – 1992. – Vol. 38. – P. 695–720.
5. Ledermann, T. Effects of competitor spacing in individual-tree indices of competition / T. Ledermann // Can. J. For. Res. – 2001. – Vol. 31. – P. 2143–2150. DOI:10.1139/x01-153.
6. Pukkala, T. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots Pine / T. Pukkala, T. Kolström // Silva Fennica. – 1987. – Vol. 21. – № 1. – P. 55–67.
7. Stadt, K.J. A comparison on non-spatial and spatial, empirical and resource-based competition indices for predicting the diameter growth of trees in maturing boreal mixed wood stands : Project Report / K.J. Stadt, C. Huston, V.J. Lieffers. – Edmonton : Department of Renewable Resources, University of Alberta. – 2002. – 32 p.
8. Касаткин, А.С. Индексы конкуренции в лесных насаждениях / А.С. Касаткин, М.М. Семьшев // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – Вып. 21. – С. 88–90.
9. Орлов, А.Я. Почвенно-экологические основы лесоводства в южной тайге / А.Я. Орлов. – Москва : Наука, 1991. – 104 с.
10. Дылис, Н.В. О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов / Н.В. Дылис, А.И. Уткин, И.М. Успенская // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1964. – Т. 69. – Вып. 4. – С. 65–73.
11. Рубцов, М.В. Динамика парцеллярной структуры лесных фитоценозов в процессе восстановления популяции ели в южно-таежных березняках / М.В. Рубцов, Н.А. Рыбакова // Лесоведение. – 2016. – № 5. – С. 323–331.
12. Рыбакова, Н.А. Динамика внутривидовой конкуренции ели под пологом южно-таежных березняков и после рубки березы. – Текст : электронный / Н.А. Рыбакова // Лесхоз. информ.: электрон. сетевой журн. – 2021. – № 3. – С. 21–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.02. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru>.

References

1. Rubcov, M.V. Dinamika vozrastnoj struktury populyacii eli pod pologom yuzhno-taezhnyh bereznyakov Russkoj ravniny / M.V. Rubcov, A.A. Deryugin // Hvojnye boreal'noj zony. – 2013. – T. 3. – № 1–2. – S. 9–14.
2. Kuz'michev, V.V. Ocenka vzaimodejstviya derev'ev v lesnyh fitocenzah / V.V. Kuz'michev, T.N. Mindeeva, V.P. Cherkashin // Izvestiya Sibirskogo otdeleniya AN SSSR. Ser.: Biologicheskie nauki. – 1989. – № 3. – S. 133–139.
3. Usol'cev, V.A. Produkcionnye harakteristiki s uchetom konkurencii derev'ev v iskusstvennyh i estestvennyh sosnyakah: sravnitel'nyj analiz / V.A. Usol'cev, M.M. Semyshev // Vestnik MarGTU. – 2010. – № 2. – S. 5–13.
4. Biging, G.S. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees / G.S. Biging, M.A. Dobbertin // Forest Science. – 1992. – Vol. 38. – P. 695–720.
5. Ledermann, T. Effects of competitor spacing in individual-tree indices of competition / T. Ledermann // Can. J. For. Res. – 2001. – Vol. 31. – P. 2143–2150. DOI:10.1139/x01-153.
6. Pukkala, T. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots Pine / T. Pukkala, T. Kolström // Silva Fennica. – 1987. – Vol. 21. – № 1. – P. 55–67.

7. Stadt, K.J. A comparison on non-spatial and spatial, empirical and resource-based competition indices for predicting the diameter growth of trees in maturing boreal mixed wood stands : Project Report / K.J. Stadt, C. Huston, V.J. Liefers. – Edmonton : Department of Renewable Resources, University of Alberta. – 2002. – 32 p.
8. Kasatkin, A.S. Indeksy konkurencii v lesnyh nasazhdeniyah / A.S. Kasatkin, M.M. Semyshev // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. – 2008. – Vyp. 21. – S. 88–90.
9. Orlov, A.Ya. Pochvenno-ekologicheskie osnovy lesovodstva v yuzhnoj tajge / A.Ya. Orlov. – Moskva : Nauka, 1991. – 104 s.
10. Dylis, N.V. O gorizontal'noj strukture lesnyh biogeocenov / N.V. Dylis, A.I. Utkin, I.M. Uspenskaya // Byul. MOIP. Otd. biol. – 1964. – T. 69. – Vyp. 4. – S. 65–73.
11. Rubcov, M.V. Dinamika parcellyarnoj struktury lesnyh fitocenozov v processe vosstanovleniya populyacii eli v yuzhno-taezhnyh bereznyakah / M.V. Rubcov, N.A. Rybakova // Lesovedenie. – 2016. – № 5. – S. 323–331.
12. Rybakova, N.A. Dinamika vnutripopulyacionnoj konkurencii eli pod pologom yuzhno-taezhnyh bereznyakov i posle rubki berezy. – Tekst : elektronnyj / N.A. Rybakova // Lesohoz. inform.: elektron. setevoy zhurn. – 2021. – № 3. – S. 21–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.02. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru>.