

ПОПУЛЯЦИЯ ЕЛИ ПОД ПОЛОГОМ ПЕРЕСТОЙНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ В ЗОНЕ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А.А. Дерюгин, Ю.Б. Глазунов✉, Ю.Г. Львов

ФГБУН «Институт лесоведения РАН» (ИЛАН РАН), 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское,
ул. Советская, д. 21

root@ilan.ras.ru

Приведены результаты исследований подпологовой популяции ели в перестойных березняках кисличных Московской обл. Работы выполнены на постоянной пробной площади в период 2008–2018 гг. Установлен волнообразный характер процесса возобновления ели под пологом березняков с периодичностью 30–40 лет в пределах возраста рассматриваемых березняков. Определено, что основу формирующихся под пологом ельников составляют деревья с периодом возобновления менее 30 лет, которые к наступлению распада березняков образуют первый и второй ярусы со средним возрастом, приближающимся к возрасту количественной спелости. Дана характеристика возрастной структуры популяции ели в березняках возрастом 115 лет, отличающаяся доминированием деревьев двух возрастных групп — 21–40 и 91–120 лет, на долю которых приходится соответственно 29 % и 37 % численности популяции. Формирующиеся ельники относятся к условно разновозрастным древостоям. В вертикальной структуре популяции выявлено доминирование особей (около 40 %) высотой 2,0 м. Возрастная динамика древостоя направлена на некоторое увеличение деревьев подроста и первого яруса, при этом происходит уменьшение численности второго яруса. Это объясняется появлением новых особей ели и переходом части деревьев второго яруса в первый. Установлено, что в подпологовой популяции ели в перестойных березняках преобладают ослабленные особи. Наилучшим состоянием отличаются деревья первого яруса (категория состояния $K_C = 1$). Состояние деревьев подростка за период наблюдений не изменялось, оставаясь ослабленным ($K_C = 2,3–2,4$). Положительной динамикой характеризовалась совокупность деревьев второго яруса — из категории сильно ослабленных ($K_C = 2,7$) она за счет отпада перешла в категорию ослабленных ($K_C = 2,0$). Лучшим состоянием отличаются деревья с периодом возобновления до 30 лет. В результате сукцессионного процесса после распада березняков сформируются низкополнотные ельники с продуктивностью, соответствующей III классу бонитета.

Ключевые слова: перестойные березняки, ель под пологом, возрастная и вертикальные структуры, состояние, смешанные леса

Ссылка для цитирования: Дерюгин А.А., Глазунов Ю.Б., Львов Ю.Г. Популяция ели под пологом перестойных березняков в зоне смешанных лесов европейской части России // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 3. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-5-13

Исследования сукцессионных процессов, тесно связанных со сменой пород, остаются актуальными в настоящее время. Повышенный интерес обусловлен необходимостью, в частности для эксплуатационных лесов, замены мягколиственных насаждений на хозяйственно ценные коренные хвойные насаждения. Преобладание сплошнолесосечной формы хозяйства, недостаточность объемов рубок ухода в молодняках обусловили появление в лесном фонде значительных площадей, занятых производными березняками. В Центральном федеральном округе, где расположена основная часть площади хвойно-широколиственных (смешанных) лесов, доля березовых насаждений составляет 36 %, в эксплуатационных лесах — около 20 %. Часто под пологом березняков спонтанно в ходе демулационных процессов развивается популяция ели. Ее восстановительно-возрастная динамика в березняках европейской части России была объектом

изучения многих исследователей в разных лесных районах страны [1–20]. Данная проблема являлась предметом исследований ряда зарубежных авторов [21–26]. Тем не менее слабым звеном в этих исследованиях остается недостаточная изученность процесса в березняках, находящихся в конце стадии старения — начале стадии распада.

Цель работы

Цель работы — изучение возрастной, вертикальной структуры и состояния подпологовой популяции ели в перестойных березняках возрастом 105–115 лет зоны смешанных лесов.

Объект и методы исследований

Исследования выполнены Институтом лесоведения РАН в хвойно-широколиственном (смешанном) лесном районе (Московская обл., Можайский район). Объект исследований — подпологовая популяция ели в производных перестойных березняках. Работы проводили на постоянной пробной площади (ППП), заложенной

Т а б л и ц а 1

Характеристика первого яруса древостоя на постоянной пробной площади

Characteristics of the first story of a forest on a permanent trial plot

Год учета	Состав, %	Число деревьев, тыс. экз./га	Средние			Сумма площадей сечения стволов, м ² /га	Относительная полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га
			возраст, лет	высота, м	диаметр ствола на высоте 1,3 м, см			
2008	69Б	0,21	105	30,9	38,3	24,18	0,70	316
	21Е	0,08	100	28,8	33,1	7,22	0,13	98
	10С	0,03	105	30,6	40,9	3,41	0,07	46
2018	63Б	0,17	115	33,1	43,1	25,87	0,71	339
	27Е	0,11	112	30,4	34,2	10,00	0,18	143
	10С	0,02	115	33,2	47,9	3,60	0,08	52

Условные обозначения: Б — береза повислая (*Betula pendula* Ehrh.), Е — ель европейская (*Picea abies* L.), С — сосна (*Pinus sylvestris* L.)

в среднеполнотном насаждении. Тип леса — березняк-кисличник, продуктивность березы соответствует Ia классу бонитета.

На ППП с интервалом 10 лет выполнен комплекс работ по установлению характеристик всех деревьев. Были измерены высота и диаметр стволов, параметры крон, определен возраст, установлено состояние каждого дерева ели. По состоянию деревья подразделяли на нормальные, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие, погибшие.

В первом ярусе древостоя доминирует береза, доля которой в составе за межучетный период вследствие отпада несколько уменьшилась (табл. 1). Абсолютная и относительная полноты, запас стволовой древесины березы практически не изменились, запас отпада компенсировался увеличением высоты и диаметра стволов.

Второе место в составе древостоя занимает ель. Ее возраст почти соответствует возрасту рубки для Московской обл. (101–120 лет). За 10-летний период ее доля возросла с 21 до 27 %, запас древесины увеличился в 1,5 раза, относительная полнота — в 1,4 раза. Третья порода в составе первого яруса — сосна, таксационные показатели которой за период наблюдений слабо изменились.

При обработке и анализе данных использованы статистические методы [27] и методы, описанные в ранее опубликованных работах [28–30].

Результаты и обсуждение

На процесс возобновления популяции ели под пологом березняков имеются различные точки зрения. В некоторых работах отмечается, что ель под пологом березняков возобновляется при достижении ими возраста 20–30 лет, что ограничивает возрастной диапазон популяции — около 30 лет [31–36]. Данные выводы основаны на исследованиях, которые не охватывают весь возрастной спектр березняков, в частности древостой

в возрасте, приближающемся к стадии распада. В березняках Подмосковья подрост ели под их пологом может быть представлен возрастным рядом от 3–5 до 50–60 лет [37].

Многолетними стационарными наблюдениями в режиме мониторинга на постоянных пробных площадях в южной тайге установлено, что возобновление подпологовой ели может проходить в ранние и поздние сроки. В первом случае формирование популяции происходит за счет особей, появившихся в березняках до 30–40-летнего возраста, во втором — ель появляется в более поздние сроки по причине отсутствия генеративных деревьев [30]. Кроме того установлено, что процесс возобновления ели не ограничивается одним периодом — в стадии старения березы под ее пологом появляется новая генерация ели [38].

В соответствии с полученными в ходе исследования результатами установлено, что объек-

Т а б л и ц а 2

Распределение деревьев ели по периодам возобновления в годы учета (%)

Distribution of spruce trees by periods of renewal in the years of accounting (%)

Период возобновления, лет	2008 г.	2018 г.
0–10	25,8	24,2
11–20	13,3	11,3
21–30	7,4	5,8
31–40	5,0	4,0
41–50	3,6	1,5
51–60	3,8	3,1
61–70	2,7	2,5
71–80	11,0	10,7
81–90	17,5	16,6
91–100	9,8	8,6
101–110	0,3	11,7
Итого	100	100

тивным показателем, характеризующим процесс возобновления подпологовой еловой популяции, является период возобновления — разница между средним возрастом березы и возрастом ели [29]. Этот показатель позволяет рассматривать совместно процесс формирования березняка и популяции ели. Изучаемые березняки относятся к объекту с ранним возобновлением. Здесь первая генерация ели появилась в первые 30 лет жизни березы. На нее приходится около 46 % численности ели, учтенной в 2008 г. (табл. 2).

В последующие 40 лет (31–70 лет) процесс возобновления как бы затухает. Однако это не означает, что в этот период появляется мало всходов. Испытывая сильную внутривидовую конкуренцию со стороны первой генерации ели, значительная часть появившихся всходов погибает. В течение последующих 30 лет (71–100) наблюдался второй пик возобновления, доля особей этого периода составила почти 38 %.

Через 10 лет (2018 г.) распределение деревьев ели по периодам возобновления не претерпело существенных изменений, только несколько уменьшились доли деревьев в каждом периоде. Это объясняется появлением третьей генерации ели с периодом возобновления 101–110 лет (см. табл. 2). Однако численность этой генерации составила только 109 шт./га. Сильная конкуренция со стороны двух предыдущих генераций обуславливает высокую вероятность отпада значительной ее части, поскольку 95 % числа особей отнесены к ослабленным и сильно ослабленным. Это подтверждается исследованиями в перестойных березняках южной тайги, где в семенной 2011 г. появилось 42 тыс. всходов на 1 га, однако в течение 3 лет значительная их часть погибла. Оставшиеся растения были отнесены к категории ослабленных [39].

Анализ процесса возобновления ели под пологом березняков свидетельствует о его волнообразном характере с периодичностью 30–40 лет в пределах возраста рассматриваемых березняков.

Период возобновления определяет возрастную структуру подпологовой популяции ели. В изучаемых березняках она характеризуется кривыми распределения с двумя пиками. В год закладки ППП это возрастные группы 11–30 и 81–100 лет (рис. 1). На долю таких деревьев приходится соответственно 31 и 35 % общей численности популяции, что в абсолютном выражении составляет 300 и 337 деревьев на 1 га (табл. 3).

Через 10 лет характер возрастного распределения деревьев ели почти не изменился, только кривые сместились на величину межмониторингового периода. Долевое участие доминирующих возрастных групп осталось на уровне первого учета — 2008 г. К изменениям в возрастной струк-

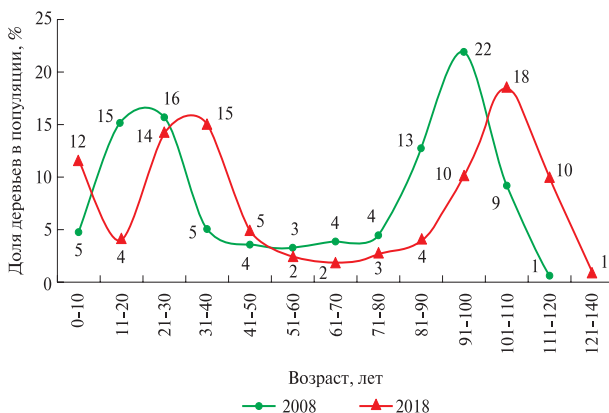


Рис. 1. Возрастное распределение деревьев ели под пологом перестойного березняка

Fig. 1. Age distribution of spruce trees under the canopy of overmature birch forest

Таблица 3

Численность деревьев разного возраста по годам учета

The number of trees of different ages by years of accounting

Возрастная группа, лет	Число деревьев (шт./га ⁻¹) в году	
	2008	2018
0–10	46	109
11–20	147	37
21–30	153	132
31–40	49	141
41–50	35	46
51–60	32	23
61–70	37	17
71–80	43	26
81–90	124	37
91–100	213	95
101–110	89	173
111–120	6	92
121–130	–	9
Итого	973	939

туре популяции можно отнести некоторое снижение доли деревьев, имевших возраст в 2008 г. 91–100 лет, а также появление особей (12 % численности) возрастом менее 10 лет (см. рис. 1).

Оценка возрастной структуры по значению стандартного отклонения (*G*) показала, что формирующиеся под пологом перестойных березняков ельнички могут быть отнесены к условно одновозрастным (при учете 2008 г. — *G* = 28, при учете 2018 — *G* = 33) [40].

Вертикальная структура популяции ели в изучаемых березняках за годы проведения мониторингов существенно не изменилась. Доминируют (40 и 44 %) особи высотой 0,1–2,0 м (рис. 2). Их численность практически осталась на одном уровне — 389 и 409 шт./га (табл. 4).

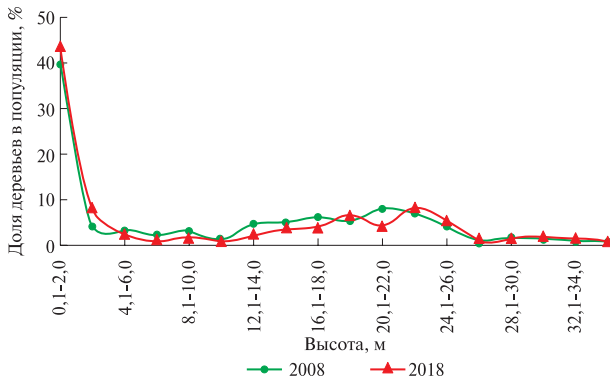


Рис. 2. Распределение деревьев ели по группам высот
Fig. 2. Distribution of spruce trees by height groups

Т а б л и ц а 4

Распределение числа деревьев ели по группам высот в годы учета

Distribution of the number of spruce trees by height groups in the years of accounting

Группа высот, м	Число деревьев (шт./га) в году	
	2008	2018
0,1-2,0	389	409
2,1-4,0	40	78
4,1-6,0	32	23
6,1-8,0	23	9
8,1-10,0	29	17
10,1-12,0	12	9
12,1-14,0	46	20
14,1-16,0	49	35
16,1-18,0	60	37
18,1-20,0	52	63
20,1-22,0	78	40
22,1-24,0	69	78
24,1-26,0	40	52
26,1-28,0	12	12
28,1-30,0	17	14
30,1-32,0	14	20
Более 32,0	12	23
Итого	973	939

За 10-летний период доля деревьев подроста увеличилась с 50 до 55 %, деревьев первого яруса — с 10 до 12 %. В первом случае такая динамика объясняется появлением новых особей ели, во втором — переходом деревьев второго яруса в первый. В отличие от этих элементов древостоя во втором ярусе (деревья высотой 8,1–24,0 м) наблюдалось уменьшение численности деревьев с 395 до 300 шт./га (см. табл. 4). Это с одной стороны, как было показано выше, связано с переходом части деревьев в первый ярус, с другой – с отпадом существенной части таких деревьев. Следует отметить, что за межмониторинговый период в общей численности отпада в популяции на долю деревьев второго яруса приходится 46 %.

Таким образом, численность деревьев первого и второго ярусов (деревья высотой более 8 м), являющихся основой формирующегося под пологом березы ельника, к 115 годам (учет 2018 г.) составляет 420 шт./га. Это значение на 20 % меньше, чем численность ели в нормальном древостое ели IV класса бонитета, полнота которого приведена к суммарной полноте первого и второго ярусов ели (0,50) в изучаемых насаждениях.

К одной из важных характеристик древостоев, определяющих перспективность, относится их состояние. Анализ состояния растущих деревьев в годы наблюдений показал, что в подпологовой популяции ели преобладали ослабленные особи (категория 2), доля которых составила 48 % в год закладки ППП (2008 г.) и 43 % спустя 10 лет (рис. 3). Среди деревьев второго яруса эти значения соответственно составляют 56 и 61 %, среди деревьев подроста — 49 и 41 %.

Доминирование в популяции ослабленных деревьев предопределило категорию состояния (K_C), которая была рассчитана по представленности растущих деревьев разного состояния. За 10-летний период в целом для популяции значение K_C практически не изменилось ($K_C = 2,0$ в 2008 г., $K_C = 2,1$ в 2018 г.), т. е. состояние популяции можно характеризовать как ослабленное.

Анализ состояния деревьев в разных ярусах древостоя показал следующее. Первый ярус, как в год закладки, так и спустя 10 лет, составляют здоровые особи. Состояние деревьев второго яруса сначала характеризовалось как сильно ослабленное ($K_C = 2,7$). Через 10 лет состояние улучшилось до ослабленного ($K_C = 2,0$), что является следствием отпада части сильно ослабленных деревьев (21 % числа деревьев при первом учете). Состояние деревьев подроста за межмониторинговый период почти не изменилось ($K_C = 2,3-2,4$) и характеризовалось как ослабленное.

Относительным постоянством состояния в течение 10 лет отличаются деревья с определенным периодом возобновления. По значению K_C можно выделить деревья с периодом возобновления до 30 лет ($K_C = 1,7$). Для поколений ели, возобновившихся в более поздние сроки, значения K_C оставались в пределах 2,3–2,5. Ухудшение состояния деревьев с увеличением периода возобновления, как уже отмечалось, объясняется внутривидовой конкуренцией со стороны поколения ели, возобновившегося в первые 20–30 лет после рубки древостоя.

В результате проведенных работ была получена 10-летняя динамика таксационных показателей подпологовой популяции ели. В изучаемых березняках в этот период наблюдается уменьшение общей численности деревьев ели, что связано главным образом с отпадом деревьев второго яруса. За счет изменения статуса небольшого

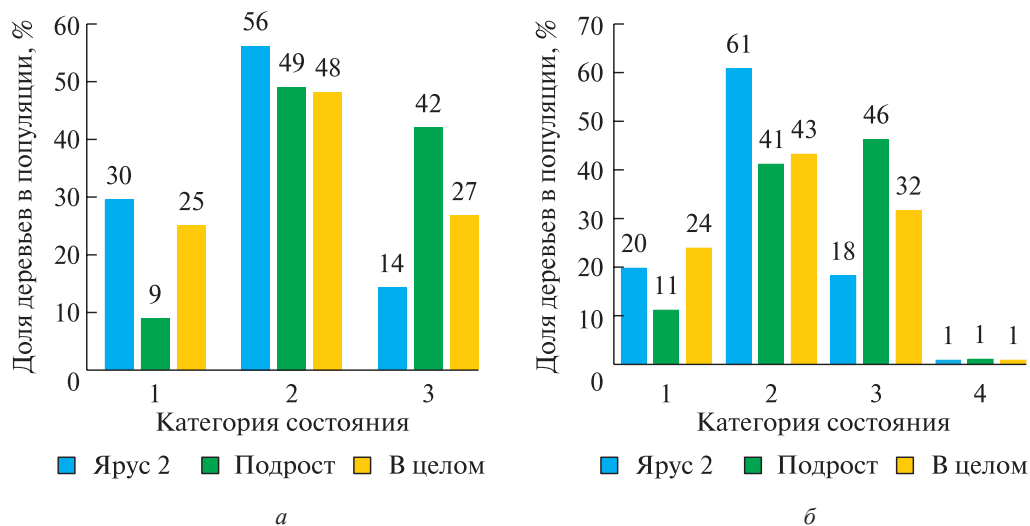


Рис. 3. Распределение деревьев ели по состоянию в год закладки постоянной пробной площади (а) и через 10 лет (б)
Fig. 3. Distribution of spruce trees as of the year of establishment of the permanent trial plot (a) and 10 years later (b)

Т а б л и ц а 5

Таксационная характеристика подпологовой популяции ели

Taxation characteristics of the sub-covered spruce population

Год учета	Ярус	Число деревьев, тыс. экз./га	Средние			Сумма площадей сечения стволов, м ² /га	Относительная полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га
			возраст, лет	высота, м	диаметр ствола на высоте 1,3 м, см			
2008	1	0,08	100	28,8	33,1	7,22	0,13	98
	2	0,54	88	16,8	18,7	14,80	0,45	122
	Подрост	0,54	28	1,8	—	—	—	—
2018	1	0,11	112	30,4	34,2	10,00	0,18	143
	2	0,31	100	18,7	21,3	11,18	0,32	102
	Подрост	0,52	28	1,5	—	—	—	—

числа деревьев этого яруса происходит увеличение числа деревьев первого яруса. Численность подроста практически осталась без изменения. В этой части популяции отпад компенсировался появлением нового поколения ели (табл. 5).

Уменьшение численности деревьев ели второго яруса, несмотря на увеличение среднего значения диаметра стволов, приводит к некоторому снижению суммарных абсолютной и относительной полноты ели первого и второго ярусов — с 0,58 до 0,50. В результате происходящих процессов к возрасту 115 лет запас стволовой древесины первого и второго ярусов ели составил 245 м³/га (2018), что на 25 м³/га больше, чем в возрасте 105 лет (2008). Учитывая динамику состояния деревьев (увеличение доли ослабленных и сильно ослабленных во втором ярусе), их возраст (равен возрасту количественной спелости ели III класса бонитета), а также изменения в вертикальной структуре дре-

востоя (отсутствие переходов деревьев из подроста во второй ярус), в перспективе можно ожидать дальнейшего снижения суммарной численности и полноты первого и второго ярусов. В результате такой динамики после распада березняков могут сформироваться низкополнотные ельники, что подтверждают результаты ранее выполненных исследований в южной тайге и в смешанных лесах Русской равнины [20, 29].

Выводы

Исследованиями популяции ели, развивающейся под пологом перестойных березняков, установлено следующее. В зоне смешанных лесов основу формирующихся ельников часто составляют деревья с периодом возобновления менее 30 лет, которые к наступлению распада березняков образуют первый и второй ярусы со средним возрастом, приближающимся к возрасту

количественной спелости (100 лет). Возрастная структура популяции ели в березняках возрастом 115 лет характеризуется доминированием деревьев двух возрастных групп — 21–40 и 91–120 лет, на долю которых приходится соответственно 29 и 37 % численности популяции. Ельники под пологом перестойных березняков относятся к условно одновозрастным древостоям.

Вертикальная структура еловой популяции за рассматриваемый 10-летний период не претерпела существенных изменений. Доминируют (40–44 %) особи высотой до 2,0 м. Незначительно увеличилась доля деревьев подроста и первого яруса (соответственно на 6 % и 3 %), представленность деревьев второго яруса уменьшилась на 9 %.

Состояние подпологовой популяции ели в перестойных березняках характеризуется как ослабленное. Наилучшим состоянием отличаются деревья первого яруса (категория состояния $K_C = 1$). Состояние деревьев подроста за период наблюдений не изменялось, оставаясь ослабленным ($K_C = 2,3–2,4$). Положительной динамикой характеризовалась совокупность деревьев второго яруса — из категории сильно ослабленных ($K_C = 2,7$) она за счет отпада перешла в категорию ослабленных ($K_C = 2,0$). Лучшим состоянием отличаются деревья с периодом возобновления до 30 лет.

В популяции ели, развивающейся под пологом перестойных березняков, наблюдается уменьшение суммарной численности и относительной полноты деревьев ели первого и второго ярусов. Результат этого процесса после распада производных березняков — формирование низкополнотных ельников продуктивностью, соответствующей III классу бонитета, что существенно меньше для рассматриваемых условий местопроизрастания (I класс бонитета) региона исследований.

Список литературы

- [1] Чупров Н.П. О роли подроста ели в формировании елово-березовых насаждений // Лесное хозяйство, 1963. № 5. С. 7–9.
- [2] Чупров Н.П. Влияние некоторых факторов на рост ели предварительного возобновления // Лесное хозяйство, 1967. № 8. С. 17–20.
- [3] Чертовской В.Г., Мелехов И.С., Крылов Г.В. Таежное лесоводство. М.: Лесная пром-сть, 1974. 232 с.
- [4] Мелехов И. С. Лесоведение. М.: Лесная пром-сть, 1980. 408 с.
- [5] Побединский А.В. Рубки главного пользования. М.: Лесная пром-сть, 1980. 192 с.
- [6] Бугаев В.А., Гладышева Н.В. Об особенностях роста ели под пологом лиственных пород // Лесное хозяйство, 1982. № 4. С. 19–21.
- [7] Орлов А.Я. Почвенно-экологические основы лесоводства в южной тайге. М.: Наука, 1991. 104 с.
- [8] Сеннов С.Н. Динамика еловых древостоев разного происхождения. // Лесоведение, 1992. № 1. С. 3–10.
- [9] Рубцов М.В., Дерюгин А.А., Никитин А.П. Возрастная структура популяции ели под пологом березняков южной тайги // Лесоведение, 2000. № 4. С. 28–34.
- [10] Дебков Н.М. Количественные и качественные параметры возобновления под пологом древостоев, сформировавшихся из предварительных генераций // ИВУЗ Лесной журнал, 2015. № 1/343. С. 35–44.
- [11] Григорьева А.А. Оценка состояния подроста ели под пологом древостоев в разных типах леса // Известия СПбГЛУ, 2008. № 183. С. 7–13.
- [12] Беляева Н.В. Оценка жизненного состояния популяций подроста ели на парцеллярном уровне // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2013. № 35. С. 38–41.
- [13] Теринов Н.Н. Метод формирования темнохвойных насаждений // Тр. СПб НИИ лесного хозяйства, 2013. Вып. 1. С. 64–71.
- [14] Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Динамика возрастной структуры популяции ели под пологом южно-таежных березняков Русской равнины // Хвойные бореальной зоны, 2013. Т. XXXI. № 1–2. С. 9–14.
- [15] Дебков Н.М., Грязькин А.В., Ковалев Н.В. Состояние предварительного возобновления под пологом березняков в средней тайге в условиях Томской области // Леса России и хозяйство в них, 2015. № 1 (51). С. 24–32.
- [16] Зарубина Л.В. Состояние естественного возобновления ели в мелколиственных лесах на Севере России // ИВУЗ Лесной журнал, 2016. № 3. С. 52–65.
- [17] Дебков Н.М., Булатова А.А. Особенности возобновления под пологом березняков южной тайги Томской области // Леса России и хозяйство в них, 2016. № 1 (56). С. 17–24.
- [18] Матвеева А.С., Беляева Н.В., Данилов Д.А. Структура подроста ели разных фенологических форм по высоте в зависимости от состава и строения древостоя в различных типах леса // Лесотехнический журнал, 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 115–129.
- [19] Теринов Н.Н., Андреева Е.М., Залесов С.В., Луганский Н.А. Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения // ИВУЗ Лесной журнал, 2020. № 3 (375). С. 9–23.
- [20] Дерюгин А.А., Глазунов Ю.Б. Об оценке перспективности подроста ели под пологом березняков южной тайги // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 4. С. 12–18. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-12-18.
- [21] Gadov K. Waldstruktur und Wachstum. Universitätsdrucke Göttingen, 2003. 241 p.
- [22] Kuusela K. The dynamics of Boreal Forests, 1990, sitra 112, 172 p.
- [23] Lundqvist L., Fridman E. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged Picea abies stands // Scand J. For Res, 1996, v. 11, pp. 364–369.
- [24] Lundqvist L., Nilson K. Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway spruce forest in northern Sweden // Scand J. For Res., 2007, v. 22, pp. 304–309.
- [25] Majasalmi T., Rautiainen M. The impact of tree canopy structure on understorey variation in a boreal forest // Forest ecology and management, 2020, v. 466, p. 118100.
- [26] Pukkala T., Lähde E., Laiho O. Species interactions in even- and uneven-aged boreal forests. J Sust For, 2013, v. 32, p. 1–33.
- [27] Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.
- [28] Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Возрастная динамика морфоструктуры и рост популяции ели под пологом березняков южной тайги // Идеи биогеоценологии в лесоведении и лесоразведении. М.: Наука, 2006. С. 63–81.
- [29] Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Возрастная динамика морфоструктуры и состояния популяции ели под пологом южнотаежных березняков // Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги (Памяти М.В. Рубцова). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 125–153.
- [30] Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Восстановительно-возрастная динамика популяции ели под пологом южнотаежных березняков при демулационном процессе // Продукционный процесс и структура лесных биогеоце-

- нозов: теория и эксперимент (Памяти А.И. Уткина). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. С. 206–228.
- [31] Белов С.В. Лесоводство. М.: Лесная пром-сть, 1983. 352 с.
- [32] Чупров Н.П. Зональные особенности возрастной структуры березово-еловых древостоев Европейского Севера // Лесоведение, 1988. № 3. С. 11–20.
- [33] Яковлев Г.В. Особенности последующего возобновления ели в подзоне южной тайги // Возобновление и формирование лесов на вырубках. М.: ВНИИЛМ, 1975. С. 120–130.
- [34] Яруткин И.А. Оптимальный возраст лиственных древостоев для возобновления ели обыкновенной в подзоне хвойно-широколиственных лесов // Вопросы повышения продуктивности лесов. Йошкар-Ола: Марийское книжное изд-во, 1976. С. 10–13.
- [35] Кравчинский Д.М. О последствиях сплошных рубок в еловых и лиственных лесах средней и северной тайги. СПб: Типография П.П. Сойкина, 1901. 31 с.
- [36] Кайрюкшис Л. Формирование елово-лиственных молодняков. Каунас: Литовский научно-исследовательский ин-т лесного хозяйства, 1959. 245 с.
- [37] Алексеев В.И. Возобновление ели на вырубках. М.: Наука, 1978. 130 с.
- [38] Дерюгин А.А., Глазунов Ю.Б. Сравнительный анализ структуры подпологовых популяций ели в березняках южной тайги и смешанных лесов Русской равнины // Лесохозяйственная информация, 2019. № 2. С. 15–24.
- [39] Татарников Д.В. Текущее возобновление в ходе демультипликативных сукцессий в южной тайге // Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги (Памяти М.В. Рубцова). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 188–208.
- [40] Лебков В.Ф. Дендрометрические основы структурно-динамической организации древесных ценозов сосны: дис. ... д-ра биол. наук; 06.03.03. М.: Ин-т лесоведения РАН, 1992. 43 с.

Сведения об авторах

Дерюгин Анатолий Александрович — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории лесоводства и биологической продуктивности, Институт лесоведения РАН, da45@mail.ru

Глазунов Юрий Борисович — канд. с.-х. наук, зав. лабораторией лесоводства и биологической продуктивности, Институт лесоведения РАН, root@ilan.ras.ru

Львов Юрий Георгиевич — инженер-исследователь, Институт лесоведения РАН, root@ilan.ras.ru

Поступила в редакцию 29.11.2021.

Одобрено после рецензирования 27.01.2022.

Принята к публикации 04.04.2022.

SPRUCE POPULATION UNDER THE CANOPY OF OVERMATURE BIRCH FORESTS IN THE MIXED FOREST ZONE OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

A.A. Deryugin, Yu.B. Glazunov, Yu.G. L'vov

Institute of Forest Science RAS, 21, Sovetskaya st., village Uspenskoe, Odintsovo district, 143030, Moscow reg., Russia

root@ilan.ras.ru

The results of studies of the under-canopy population of spruce (*Picea abies* L.) in over-mature birch forests (*Betuletum oxalidosum*) of the Moscow region are presented. The purpose of the research was to study of the renewal process periodicity, age, vertical structure and condition of the spruce population. The work was carried out on a permanent trial plot in the period 2008–2018. The undulating feature of the spruce renewal process under the canopy of birch forest with a frequency of 30–40 years within the age of the birch trees under consideration has been established. It is determined that the basis of spruce forests formed under the canopy are trees with a renewal period of less than 30 years, which by the onset of the decay of birch forests form the first and second layers with an average age approaching the age of quantitative maturity. The age structure of the spruce population in birch forests aged 115 years is characterized by the dominance of trees of two age groups — 21–40 and 91–120 years, which account for 29 % and 37 % of the population, respectively. The emerging spruce forests belong to conditionally even-aged stands. Trees with a height of 2,0 m dominate (about 40 %) in the vertical structure of the population. The age dynamics of the stand is aimed at a slight increase in undergrowth trees and the first storey, and a decrease in the number of the second storey trees occurs. This is due to the emergence of new spruce specimens and the transition of part of the trees of the second storey to the first one. It was found that weakened trees predominate in the under-canopy population of spruce in overmature birch forests. Trees of the first layer are in the best condition (status category $C_s = 1$). The state of undergrowth trees during the observation period did not change, remaining weakened ($C_s = 2,3–2,4$). The set of trees of the second layer was characterized by positive dynamics — from the category of strongly weakened ($C_s = 2,7$), due to the mortality, it moved to the category of weakened ($C_s = 2,0$). Trees with a renewal period of up to 30 years are in the best condition. As a result of the succession process, after the decay of birch forests, low-density spruce forests with a productivity corresponding to the III site class will be formed.

Keywords: over-mature birch forests, spruce under the canopy, age and vertical structures, condition, mixed forests

Suggested citation: Deryugin A.A., Glazunov Yu.B., L'vov Yu.G. *Populyatsiya eli pod pologom perestoynykh bereznyakov v zone smeshannykh lesov evropeyskoy chasti Rossii* [Spruce population under the canopy of overmature birch forests in the mixed forest zone of the european part of Russia]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-5-13

References

- [1] Chuprov N.P. *O roli podrosta eli v formirovaniy elovo-berezovykh nasazhdeniy* [On the role of spruce undergrowth in the formation of spruce-birch forests]. *Lesnoe khozyaistvo* [Forestry], 1963, no. 5, pp. 7–9.
- [2] Chuprov N.P. *Vliyaniye nekotorykh faktorov na rost eli predvaritel'nogo vozobnovleniya* [The influence of some factors on the growth of spruce of preliminary regeneration]. *Lesnoe khozyaistvo* [Forestry], 1967, no. 8, pp. 17–20.
- [3] Chertovskoi V.G., Melekhov I.S., Krylov G.V. i dr. *Taehnoe lesovodstvo* [Taiga silviculture]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1974, 232 p.
- [4] Melekhov I.S. *Lesovedeniye* [Forest science]. Moscow: Lesnaya promyshlennost'. 1980. 408 s.
- [5] Pobedinskii A.V. *Rubki glavnogo pol'zovaniya* [Principal felling]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1980, 192 p.
- [6] Bugaev V.A., Gladysheva N.V. *Ob osobennostyakh rosta eli pod pologom listvennykh porod* [On the features of the growth of spruce under the canopy of deciduous species]. *Lesnoe khozyaistvo* [Forestry], 1982, no. 4, pp. 19–21.
- [7] Orlov A.Ya. *Pochvenno-ekologicheskie osnovy lesovodstva v yuzhnoi taiga* [Soil and ecological foundations of forestry in the southern taiga]. Moscow: Nauka [Science], 1991, 104 p.
- [8] Sennov S.N. *Dinamika elovykh drevostoev raznogo proiskhozhdeniya* [Dynamics of spruce stands of different origins]. *Lesovedeniye* [Forest science], 1992, no. 1, pp. 3–10.
- [9] Rubtsov M.V., Deryugin A.A., Nikitin A.P. *Vozrastnaya struktura populyatsii eli pod pologom bereznyakov yuzhnoi taigi* [Age structure of the spruce population under the canopy of birch forests of the southern taiga]. *Lesovedeniye* [Forest science], 2000, no. 4, pp. 28–34.
- [10] Debkov N.M. *Kolichestvennyye i kachestvennyye parametry vozobnovleniya pod pologom drevostoev, sformirovavshikhysya iz predvaritel'nykh generatsiy* [Quantitative and qualitative parameters of renewal under the canopy of stands formed from preliminary generations]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2015, no. 1/343, pp. 35–44.
- [11] Grigor'eva A.A. *Otsenka sostoyaniya podrosta eli pod pologom drevostoev v raznykh tipakh lesa* [Assessment of the spruce undergrowth condition under the canopy of stands in different forest types]. *Izvestiya SPbGLU*, 2008, no. 183, pp. 7–13.
- [12] Belyaeva N.V. *Otsenka zhiznennogo sostoyaniya populyatsii podrosta eli na partsellyarnom urovne* [Assessment of the spruce undergrowth populations vital state at the parcel level]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2013, no. 35, pp. 38–41.
- [13] Terinov N.N. *Metod formirovaniya temnokhoivnykh nasazhdeniy* [The method of forming dark coniferous plantations]. *Proceedings of St. Petersburg Research Institute of Forestry*, 2013, v. 1, pp. 64–71.
- [14] Rubtsov M.V., Deryugin A.A. *Dinamika vozrastnoi struktury populyatsii eli pod pologom yuzhno-taehnykh bereznyakov Russkoi ravniny* [Dynamics of the spruce population age structure under the canopy of the southern taiga birch forests of the Russian Plain]. *Khvoynye boreal'noi zony* [Coniferous boreal zone], 2013, t. XXXI, no. 1–2, pp. 9–14.
- [15] Debkov N.M., Gryaz'kin A.V., Kovalev N.V. *Sostoyaniye predvaritel'nogo vozobnovleniya pod pologom bereznyakov srednei taigi v usloviyakh Tomskoi oblasti* [The state of preliminary renewal under the canopy of middle taiga birch forests in the conditions of the Tomsk region / Forests of Russia and the economy in them]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2015, no. 1 (51), pp. 24–32.
- [16] Zarubina L.V. *Sostoyaniye estestvennogo vozobnovleniya eli v melkolistvennykh lesakh na Severe Rossii* [The state of spruce natural regeneration in small-leaved forests in the North of Russia]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2016, no. 3, pp. 52–65.
- [17] Debkov N.M., Bulatova A.A. *Osobennosti vozobnovleniya pod pologom bereznyakov yuzhnoi taigi Tomskoi oblasti* [Features of renewal under the canopy of birch forests in the Tomsk region southern taiga]. *Lesa Rossii i khozyaistvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2016, no. 1 (56), pp. 17–24.
- [18] Matveeva A.S., Belyaeva N.V., Danilov D.A. *Struktura podrosta eli raznykh fenologicheskikh form po vysote v zavisimosti ot sostava i stroeniya drevostoya v razlichnykh tipakh lesa* [The structure of different phenological forms spruce undergrowth heights depending on the composition and structure of the stand in different types of forest]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering Journal], 2017, t. 7, no. 3 (27), pp. 115–129.
- [19] Terinov N.N., Andreeva E.M., Zalesov S.V., Luganskii N.A. i dr. *Vosstanovleniye elovykh lesov: teoriya, otechestvennyi opyt i metody resheniya* [Restoration of spruce forests: theory, native experience and methods of solution]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2020, no. 3 (375), pp. 9–23.
- [20] Deryugin A.A., Glasunov Yu.B. *Ob otsenke perspektivnosti podrosta eli pod pologom bereznyakov yuzhnoi taygi* [Prospect assessment of undergrowth spruce under canopy of birch forests in southern taiga]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 12–18. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-12-18
- [21] Gadow K. *Waldstruktur und Wachstum*. Universitätsdrucke Göttingen, 2003. 241 p.
- [22] Kuusela K. *The dynamics of Boreal Forests*, 1990, sitra 112, 172 p.
- [23] Lundqvist L., Fridman E. *Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged Picea abies stands*. *Scand J. For Res*, 1996, v. 11, pp. 364–369.
- [24] Lundqvist L., Nilson K. *Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway spruce forest in northern Sweden*. *Scand J. For Res.*, 2007, v. 22, pp. 304–309.
- [25] Majasalmi T., Rautiainen M. *The impact of tree canopy structure on understorey variation in a boreal forest*. *Forest ecology and management*, 2020, v. 466, p. 118100.
- [26] Pukkala T., Lähde E., Laiho O. *Species interactions in even- and unevenaged boreal forests*. *J Sust For*, 2013, v. 32, p. 1–33.
- [27] Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher school], 1980, 293 p.
- [28] Rubtsov M.V., Deryugin A.A. *Vozrastnaya dinamika morfostruktury i rost populyatsii eli pod pologom bereznyakov yuzhnoi taigi* [Age dynamics of morphostructure and growth of the spruce population under the canopy of birch forests of the southern taiga]. *Idei biogeotsenologii v lesovedenii i lesorazvedenii* [Ideas of Biogeocenology in Forest Science and Forest Breeding]. Moscow: Nauka, 2006, pp. 63–81.

- [29] Rubtsov M.V., Deryugin A.A. *Vozrastnaya dinamika morfostruktury i sostoyaniya populyatsii eli pod pologom yuzhnotaezhnykh bereznyakov* [Age dynamics of the morphostructure and state of the spruce population under the canopy of southern taiga birch forests]. Kompleksnye statsionarnye issledovaniya v lesakh yuzhnoi taigi (Pamyati M.V. Rubtsova) [Complex stationary studies in the forests of the southern taiga (In memory of M.V. Rubtsova)]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2017, pp. 125–153.
- [30] Rubtsov M.V., Deryugin A.A. *Vosstanovitel'no-voznrastnaya dinamika populyatsii eli pod pologom yuzhno-taezhnykh bereznyakov pri demutatsionnom protsesse* [Recovery-age dynamics of the spruce population under the canopy of southern taiga birch forests during the demutation process]. Produktionnyi protsess i struktura lesnykh biogeotsenozov: teoriya i eksperiment (Pamyati A.I. Utkina) [Production process and structure of forest biogeocenoses: theory and experiment (In memory of A.I. Utkina)]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2009, pp. 206–228.
- [31] Belov S.V. *Lesovodstvo* [Silviculture]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1983, 352 p.
- [32] Chuprov N.P. *Zonal'nye osobennosti vozrastnoi struktury berezovo-elovykh drevostoev Evropeiskogo Severa* [Zonal features of the birch-spruce stands age structure of the European North]. Lesovedenie [Forest science], 1988, no. 3, pp. 11–20.
- [33] Yakovlev G.V. *Osobennosti posleduyushchego vozobnovleniya eli v podzone yuzhnoi taigi* [Features of the spruce renewal after felling of the main crop in the southern taiga subzone]. Vozobnovlenie i formirovanie lesov na vyrubkakh [Renewal and formation of forests in clearings]. Moscow: VNIILM, 1975, pp. 120–130.
- [34] Yartukin I.A. *Optimal'nyi vozrast listvennykh drevostoev dlya vozobnovleniya eli obyknovvennoi v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov* [The optimal age of deciduous stands for the Norway spruce renewal in the subzone of coniferous-deciduous forests]. Voprosy povysheniya produktivnosti lesov [Problems of increasing the productivity of forests]. Ioshkar-Ola: Mariiskoe kn. izd-vo, 1976, pp. 10–13.
- [35] Kravchinskii D.M. *O posledstviyakh sploshnykh rubok v elovykh i listvennykh lesakh srednei i severnoi taigi* [On the consequences of clearcuts in spruce and deciduous forests of the middle and northern taiga]. St. Petersburg: P.P. Soykina, 1901, 31 p.
- [36] Kairyukshtis L. *Formirovanie elovo-listvennykh molodnyakov* [Formation of spruce-deciduous young stands]. Kaunas: Lit. nauchno-issledovatel'skii in-t lesnogo khozyaistva [Lithuanian Research Institute of Forestry], 1959, 245 p.
- [37] Alekseev V.I. *Vozobnovlenie eli na vyrubkakh* [Regeneration of spruce in felling areas]. Moscow: Nauka [Science], 1978, 130 p.
- [38] Deryugin A.A., Glazunov Yu.B. *Sravnitel'nyi analiz struktury podpologovykh populyatsii eli v bereznyakh yuzhnoi taigi i smeshannykh lesov Russkoi ravniny* [Comparative analysis of the under-canopy spruce populations structure in birch forests of the southern taiga and mixed forests of the Russian Plain]. Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry Information], 2019, no. 2, pp. 15–24.
- [39] Tatarnikov D.V. *Tekushchee vozobnovlenie v khode demutatsionnykh suksessii v yuzhnoi taige* [Current renewal during demutational successions in the southern taiga]. Kompleksnye statsionarnye issledovaniya v lesakh yuzhnoi taigi (Pamyati M.V. Rubtsova) [Comprehensive stationary research in the forests of the southern taiga (In memory of M.V. Rubtsov)]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2017, pp.188–208.
- [40] Lebkov V.F. *Dendrometricheskie osnovy strukturno-dinamicheskoi organizatsii drevesnykh tsenozov sosny* [Dendrometric foundations of the structural-dynamic organization of pine tree cenoses]. Dis. ... Dr. Sci. (Biol.). Moscow: Institute of Forest Science RAN, 1992, 43 p.

Authors' information

Deryugin Anatoliy Aleksandrovich — Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Institut of Forest Science, da45@mail.ru

Glazunov Yuriy Borisovich — Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of Forestry and Biological productivity, Institut of Forest Science, root@ilan.ras.ru

L'vov Yuriy Georgievich — Research Engineer, Institut of Forest Science, root@ilan.ras.ru

Received 29.11.2021.

Approved after review 27.01.2022.

Accepted for publication 04.04.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
 The authors declare that there is no conflict of interest