

УДК 630*221.2:630*561

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.46

СТРОЕНИЕ И РОСТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЕЛИ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ ПОСЛЕ РУБКИ БЕРЁЗЫ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А. А. Дерюгин, Н. А. Рыбакова

Институт лесоведения Российской академии наук,
Российская Федерация, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, 21
E-mail: root@ilan.ras.ru

По данным 20-летних наблюдений рассматриваются строение и рост ели после рубки кислично-черничных березняков в связи с плотностью ели предварительной генерации в границах однородных парцелл. Наилучшие ростовые характеристики зарегистрированы в парцеллах жердняка с общей плотностью ели 4–5 тыс. шт. га⁻¹ при численности деревьев верхнего яруса около 2,0 тыс. шт. га⁻¹. Через 20 лет после рубки производительность древостоев ели возрастает почти на три класса бонитета, а запас стволовой древесины в возрасте 57 лет почти достигает запасов древесины в нормальных еловых древостоях II класса бонитета.

Ключевые слова: рубка берёзы; парцеллы; предварительная генерация ели; плотность; строение; рост; южная тайга.

Введение. Лесной фонд подзоны южной тайги Русской равнины характеризуется значительным участием древостоев мелколиственных пород, которые занимают около 48 % лесопокрытой площади. На значительной её части (75 %) под пологом таких древостоев имеется подрост или тонкомер ели [1]. Эффективный способ быстрого восстановления ельников в этих условиях – проведение рубки мелколиственных древостоев с сохранением предварительной генерации ели. Такие рубки, как правило, приводят к существенным изменениям пространственной структуры фитоценоза [2, 3] и плотности популяций ели. Динамика плотности лесных фитоценозов и её влияние на производительность древостоев была предметом изучения многих исследователей. Так, история данного вопроса подробно освещена в работах В.В. Кузьмичева [4] и Ю.П. Демакова [5]. Однако все эти исследования в основном относятся к лесным культурам или чистым естественным разновозрастным древосто-

ям. Влияние рубки мелколиственных древостоев на рост и формирование предварительной генерации ели в условиях южной тайги освещены в многочисленных работах, в частности в публикациях А.В. Грязькина [6], А.Я. Орлова и А.Ф. Ильюшенко [7], А. Коновалова, В. Дудина [8], А.А. Дерюгина и Ю.Б. Глазунова [9]. Однако влияние же плотности этой генерации ели на строение и производительность ельников, формирующихся после рубки мелколиственных древостоев, остаётся слабо изученным.

Цель работы – изучить строение и рост еловой популяции различной плотности, сохранившейся после рубки мелколиственного древостоя, в рамках однородной группы парцелл.

Объекты и методика исследований. Исследования проведены в подзоне южной тайги (Рыбинский район Ярославской обл.) на Северной ЛОС Института лесоведения Российской академии наук [10]. Объект исследований – насаждения, обра-

© Дерюгин А. А., Рыбакова Н. А., 2019.

Для цитирования: Дерюгин А. А., Рыбакова Н. А. Строение и рост предварительной генерации ели различной плотности после рубки берёзы в южной тайге Европейской части России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 3 (43). С. 46–56. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.46

зовавшиеся после рубки летом 1992 года древостоя составом 7БЗОс, возраст – 55 лет, кислично-черничной группы типов леса. Разработка лесосеки проведена по методу узких лент, ширина пазек 35 м и волоков 5–6 м. Валку деревьев проводили бензомоторными пилами под углом 35° к волоку, сучья обрубали на пазеках. Хлысты трелевали за вершину тракторами. Применённая технология позволила сохранить подрост и тонкомер ели на 88 % площади пазек. Через два года после рубки здесь были заложены две постоянные пробные площади по 0,35 га. Учитывая типологическую однородность насаждений на пробных площадях, в процессе анализа данные по ним были объединены в один массив.

На пробных площадях в год закладки, а затем дважды через каждые десять лет проводили картирование всех деревьев, измерение их биометрических характеристик, определение возраста, выделение биогеоценотических парцелл. Парцеллы выделены по структурным особенностям всех ярусов фитоценоза и обособлены в пространстве на всю вертикальную толщу. Для выделения парцелл были использованы методические подходы к изучению структуры древесных ценозов ряда авторов [11–13] и приняты определённые диагностические признаки для древесного, кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов фитоценоза. Методика выделения биогеоценотических парцелл подробно изложена в [3, 14]. В насаждениях, формирующихся после рубки берёзы, основанием для выделения парцелл приняты различия в ярусности, возрастной стадии (стадии онтоценогенеза) верхнего яруса, видовом составе ярусов (доминирующий и субдоминирующий виды), сомкнутости полога еловой популяции. При выделении парцелл *доминирующим в ценопопуляции ели принимали ярус, обладающий более высокой сомкнутостью полога.*

В ходе анализа парцеллярной структуры фитоценоза в древесном ярусе были выделены парцеллы с доминированием различных ярусов ели: с несомкнутым

подростом ели, с сомкнутым подростом (молодняком). Интенсивный рост и дифференциация деревьев ели в молодняке приводят к образованию древостоя с сомкнутым верхним ярусом – «жердняка», к которому относили участки с доминированием ели высотой более 4,0 м при сомкнутости полога более 50 %. Следующая стадия онтоценогенеза ели – стадия «возмужалости», в которой происходит активизация ростовых процессов и начало семяношения. Критерием, определяющим эту стадию онтоценогенеза, принято доминирование деревьев высотой более 13 м при сомкнутости их полога более 50 %. Для анализа отдельные парцеллы объединены в группы по однородности строения древесного яруса без учёта разнообразия напочвенного покрова парцеллы: с молодняком ели (E_M), с еловым жердняком (E_J), с елью в стадии возмужалости (E_B).

Объектом анализа в данной статье является группа парцелл елового жердняка (E_J), представленная на 43 % площади пазек в насаждении, которое формируется после рубки берёзняк. Данная группа представлена участками с общей густотой ели предварительной генерации от 2,76 до 11,31 тыс. шт. га⁻¹. В дальнейшем для удобства изложения эти участки обозначены $E_J(2,8)$, $E_J(3,8)$, $E_J(4,7)$, $E_J(6,4)$ и $E_J(11,3)$.

В формирующихся после рубки древостоях высотная дифференциация деревьев чётко не выражена, наблюдается высокая динамичность вертикальной структуры. Учитывая эти обстоятельства, в процессе анализа нами были выделены только два яруса древостоя – нижний и верхний. К нижнему отнесены деревья высотой 4,0 м и меньше (по лесоустроительной инструкции такие деревья относятся к подросту¹), к верхнему – остальные деревья. Насаждение на опытном объекте через два года после рубки берёзы характеризуется в (табл. 1).

¹ Лесоустроительная инструкция: утв. Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации 29. 03. 2018 № 122. М., 2018. 76 с.

Таблица 1

Таксационная характеристика насаждений в год закладки ПП

Ярус	Состав, %	N, тыс. экз. га ⁻¹	Средние			G, м ² га ⁻¹	M, м ³ га ⁻¹
			A, лет	H, м	D, см		
Верхний	41Б	0,22	42	12,8	10,6	2,15	16
	21Ос	0,02	56	22,7	21,6	0,77	8
	38Е	0,84	40	6,3	7,3	3,46	15
Нижний (подрост)	87Ос	26,16	3	0,9	-	-	-
	11Е	3,44	22	1,4	-	-	-
	2Б	0,38	2	0,5	-	-	-

Примечание: N – число деревьев, A – возраст, H – высота, D – диаметр ствола на высоте 1,3 м, G – сумма поперечного сечения стволов, M – запас стволовой древесины.

Результаты и обсуждение. Динамика парцеллярной структуры сопровождается изменениями численности составляющих фитоценоз древесных ярусов. В первые десять лет после рубки березняка на всех изучаемых участках группы парцелл *Е_ж* наблюдается увеличение численности деревьев верхнего яруса, что происходит за счёт перехода лидирующих деревьев нижнего яруса. Наиболее интенсивно этот процесс протекает на участке *Е_ж(2,8)*. Здесь за десять лет доля деревьев верхнего яруса возросла на 77 %, или на 0,81 тыс. шт. га⁻¹ (табл. 2). Значительное число перешедших в верхний ярус деревьев подроста (1,00 тыс. шт. га⁻¹) наблюдалось в *Е_ж(4,7)*.

На большинстве участков этой группы парцелл в первое десятилетие отпад деревьев незначителен и происходит главным образом в подросте. Основная же часть отпада приходится на второе десятилетие, когда выпадают в основном экземпляры из сохранившейся части подроста. В этот период в парцеллах с густотой ели 2,8–6,4 тыс. шт. га⁻¹ наблюдается уменьшение численности верхнего яруса. На участке *Е_ж(11,3)*, несмотря на отпад (10 %), произошло некоторое увеличение числа деревьев в этом ярусе, что свидетельствует о продолжающемся пополнении этой части древостоя за счёт подроста.

Таблица 2

Динамика численности ели на парцеллярных участках

Участки в группе парцелл (начальная густота ели, тыс. шт. га ⁻¹)	Ярус	Число растущих деревьев (тыс. шт. га ⁻¹) после рубки через			Отпад за период после рубки, лет			
		2 года	12 лет	22 года	2-12		13-22	
					тыс. шт. га ⁻¹	% от гр. 3	тыс. шт. га ⁻¹	% от гр. 4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Е_ж(2,8)</i>	Верхний	1,03	1,84	1,15	-	-	0,69	38
	Нижний	1,72	0,92	0,12	-	-	-	-
	Итого	2,75	2,76	1,27	-	-	0,69	25
<i>Е_ж(3,8)</i>	Верхний	1,71	2,02	1,98	-	-	0,30	15
	Нижний	2,08	1,02	0,20	0,35	17	0,82	80
	Итого	3,79	3,04	2,18	0,35	9	1,12	37
<i>Е_ж(4,7)</i>	Верхний	1,95	2,95	2,41	-	-	0,40	14
	Нижний	2,77	1,62	0,14	0,14	5	1,31	81
	Итого	4,72	4,57	2,55	0,14	3	1,71	37
<i>Е_ж(6,4)</i>	Верхний	2,76	3,15	2,41	0,21	8	0,21	7
	Нижний	3,67	1,38	0,21	1,50	41	1,17	85
	Итого	6,43	4,53	2,62	1,71	27	1,38	30
<i>Е_ж(11,3)</i>	Верхний	1,47	2,20	2,31	0,21	14	0,21	10
	Нижний	9,84	8,31	4,05	0,58	6	3,94	47
	Итого	11,31	10,51	6,36	0,79	7	4,15	39

В рассматриваемой парцеллярной группе в интервале общей густоты ели от 4 до 11 тыс. шт. га⁻¹ через 20 лет после рубки берёзы численность деревьев ели в верхнем ярусе находилась в диапазоне 2,0 – 2,4 тыс. шт. га⁻¹. Вероятно, эта густота является оптимальной для формирования еловых древостоев в данных условиях. Приведённая густота ели незначительно отличается от густоты нормальных еловых древостоев III класса бонитета в возрасте 55 лет² (2,3 тыс. шт. га⁻¹), что соответствует среднему возрасту и производительности ели на участках исследований.

Следует отметить, что по истечении 20 лет после рубки подрост на 81–100 % представлен ослабленными деревьями, которые при формировании будущих ельников будут иметь второстепенное значение и постепенно перейдут в отпад.

В рамках рассматриваемой группы парцелл проанализирована вертикальная структура верхнего яруса ельников, сформировавшихся через 20 лет после рубки берёзы. Деревья этого яруса составляют основу формирующихся древостоев.

На рис. 1 приведено распределение деревьев ели верхнего яруса по высот-

ным группам на участках с разной изначальной густотой ели. Для участков с густотой ели 2,8 – 6,4 тыс. шт. га⁻¹ вариация высоты не превышает 25 % (табл. 3). Распределение деревьев на *Еж(11,3)* характеризуется очень высокой вариацией высоты (40 %), что свидетельствует о некоторой высотной неоднородности совокупности деревьев на участке. На всех рассматриваемых участках высотное распределение не отвечает нормальному. Абсолютные значения коэффициентов эксцесса или асимметрии превышают критические. Из изложенного следует, что через 20 лет после рубки при среднем возрасте ели 55 лет вертикальная структура древостоев ели окончательно не сформировалась.

Следует отметить, что высотные распределения деревьев на участках с густотой ели 2,8 – 6,4 тыс. шт. га⁻¹ отличаются от участка *Еж(11,3)* по представленности относительно высоких (более 13 м) деревьев. Если на первых участках их доля изменяется от 71 до 80 %, то на последнем она составляет только 50 %. Наибольшее число таких деревьев (2,03 тыс. шт. га⁻¹) наблюдалось на участке *Еж(4,7)*.

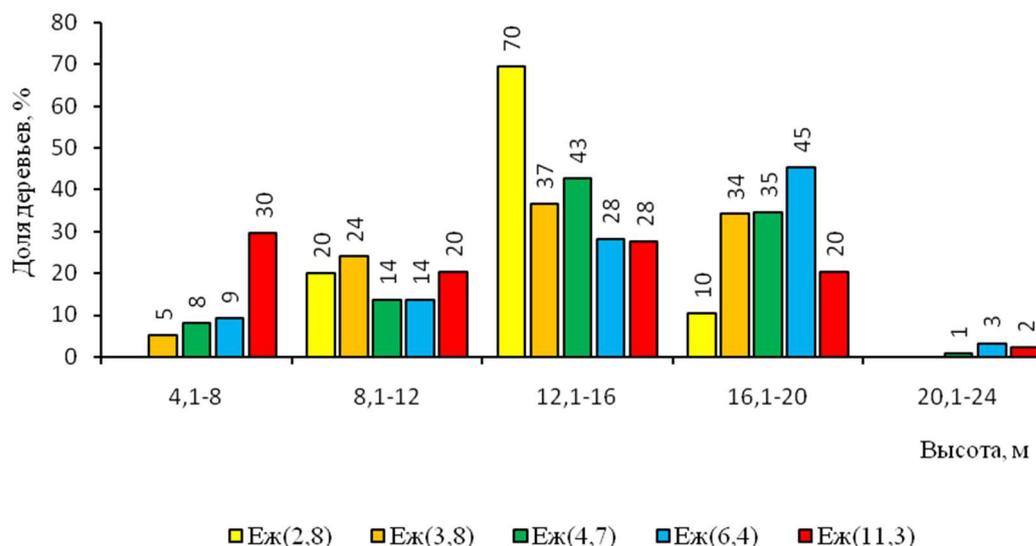


Рис. 1. Высотное распределение деревьев ели верхнего яруса через 20 лет после рубки берёзы в группе парцелл *Еж* на участках с разной общей густотой ели

² Общесоюзные нормативы для таксации лесов. Справочник / Загреев В.В., Баранов А.Ф., Гусев Н.Н. и др. М.: Колос, 1992. 496 с.

Таблица 3

Статистические характеристики рядов распределения верхнего яруса ели на участках парцелл с разной густотой

Участки в группе парцелл	Показатель	Значения статистик рядов распределения				
		коэффициент вариации, %	эксцесс		асимметрия	
			фактические	критические	фактические	критические
$E_{Ж(2,8)}$	Н, м	16	-1,02	0,91	0,04	0,71
	Д, см	25	-0,57	0,91	0,53	0,71
$E_{Ж(3,8)}$	Н, м	25	-0,24	0,84	-0,55	0,41
	Д, см	42	-0,57	0,84	0,18	0,41
$E_{Ж(4,7)}$	Н, м	25	0,63	0,83	-1,11	0,35
	Д, см	39	-0,24	0,83	0,17	0,35
$E_{Ж(6,4)}$	Н, м	25	0,66	0,84	-1,18	0,41
	Д, см	41	0,26	0,84	0,15	0,41
$E_{Ж(11,3)}$	Н, м	40	-1,25	0,85	-0,10	0,56
	Д, см	53	0,95	0,85	0,89	0,56

Детальный анализ показал, что через 20 лет после рубки берёзы часть деревьев ели из состава верхнего яруса выходит в лидеры, начинается формирование потенциального первого яруса (ель высотой более 13 м). Отставшие в росте деревья формируют второй ярус древостоя. Число деревьев в этих ярусах можно прогнозировать по общей численности деревьев ели сохранившихся после рубки берёзы. Эти зависимости могут быть представлены уравнением регрессии общего вида:

$$Y^{-1} = A + B/X^{0.5} + C * e^{(-X)}, \quad R^2 = 0,94,$$

$$Err = 0,16,$$

$$F_{факт} = 14,95 \dots 15,72 > F_{0,05} = 9,02,$$

где: Y – число деревьев в первом или втором ярусах, тыс. шт. га⁻¹; X – общее число деревьев ели в группе парцелл после рубки берёзы, тыс. шт. га⁻¹; A, B, C – коэффициенты в уравнениях регрессии; e – основание натурального логарифма; R^2 – коэффициент детерминации; Err – ошибка аппроксимации, тыс. шт. га⁻¹; $F_{факт}, F_{0,05}$ – значения F -критерия Фишера соответственно фактический и при уровне значимости 5 %.

Согласно установленной зависимости, в рассматриваемой группе парцелл $E_{Ж}$ через 20 лет после рубки берёзы число деревьев, формирующих первый ярус будущего древостоя, достигает максимума при общей численности ели сразу после рубки берёзы около 5 тыс. шт. га⁻¹, при этом число деревьев в верхнем ярусе может составлять 2,0–2,5 тыс. шт. га⁻¹. При мень-

шей или большей общей густоте число деревьев потенциального первого яруса уменьшается (рис. 2). Для потенциального второго яруса густота его увеличивается с ростом первоначальной густоты ели на участках парцелл.

Анализ показал, что распределение деревьев ели по ступеням толщины характеризуется ещё более значительной вариацией, чем вариация высоты. Коэффициент вариации диаметра ствола, так же, как и высоты, достигает максимального значения на участке парцеллы $E_{Ж(11,3)}$ – 53 %. На участках с густотой ели 2,8–6,4 тыс. шт. га⁻¹ распределения деревьев могут быть условно отнесены к нормальным – критические значения коэффициентов эксцесса и асимметрии больше фактических абсолютных значений. Только для $E_{Ж(11,3)}$ распределение не отвечает требованиям нормального распределения – фактические значения больше критических (табл. 3).

В лесотаксационной практике стволую древесину принято делить на сортаменты, начиная со ступени толщины 16 см [15]. На исследуемых участках наименьшая доля деревьев с диаметром стволов на высоте 1,3 м более 16 см наблюдалась на $E_{Ж(2,8)}$ – 20 % и $E_{Ж(11,3)}$ – 22 %, или соответственно 0,23 и 0,52 тыс. шт. га⁻¹. Эти параметры существенно лучше на трёх других участках. Здесь доля таких деревьев в древостое составила 28–38 % (рис. 3), а количество их изменялось от 0,71 до 0,92 тыс. шт. га⁻¹.

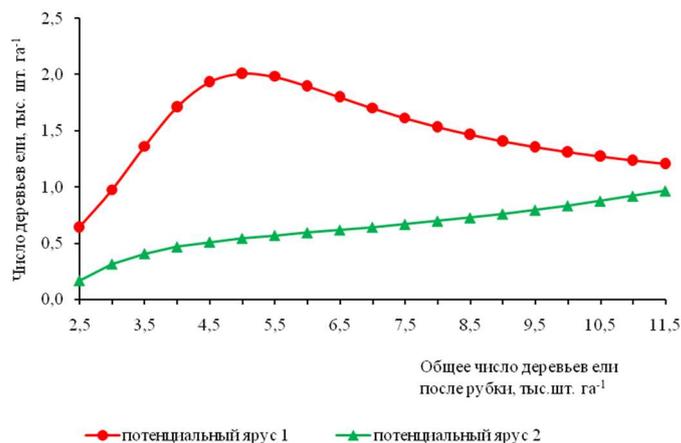


Рис. 2. Связь численности деревьев в потенциальных первом и втором ярусах с общей плотностью ели через 22 года после рубки берёзы на участках парцелл Е_Ж

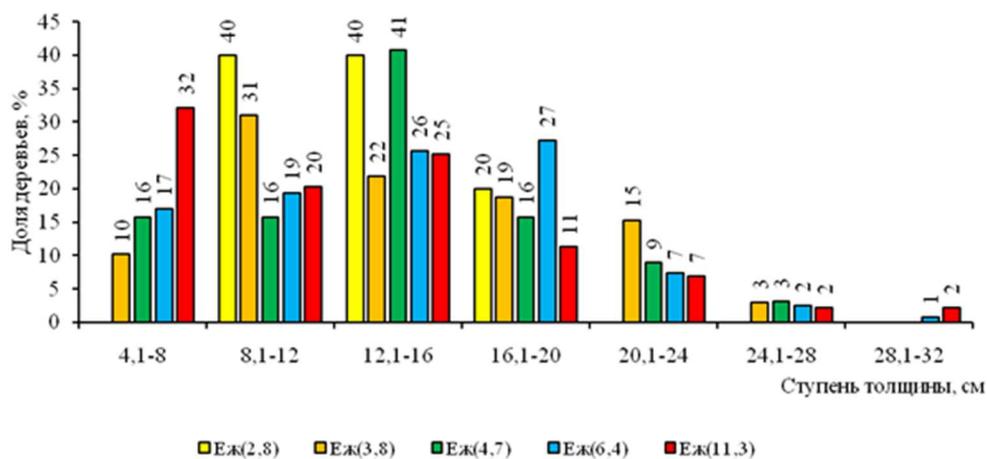


Рис. 3. Распределение деревьев ели верхнего яруса по ступеням толщины через 20 лет после рубки берёзы в группе парцелл Е_Ж на участках с разной общей плотностью ели

Таким образом, через 20 лет после рубки берёзы наиболее хозяйственно ценной структурой обладают еловые древостои на участках группы парцелл Е_Ж с общей плотностью ели сразу после рубки 4–6 тыс. экз. га⁻¹, при этом число деревьев верхнего яруса составляло 1,7–2,8 тыс. шт. га⁻¹.

При возрасте 35–44 года ель предварительной генерации после рубки берёзы быстро адаптируется к новым условиям среды и увеличивает прирост. В первые десять лет наиболее существенно отреагировал подрост, увеличив процент среднегодовического прироста на 7,4–8,0 % по высоте и на 13,6–14,0 % по объёму ствола. У деревьев верхнего яруса увеличение прироста происходило с меньшей интенсивностью, особенно на участке Е_Ж(11,3). Здесь проценты прироста по высоте (3,6 %) и по объёму ствола (5,4 %) были

существенно ниже значений на участках с меньшей плотностью ели (табл. 4).

Во второе десятилетие (давность рубки 13–22 года) на участках с плотностью ели 6,4 тыс. шт. га⁻¹ и меньше произошло резкое снижение процента прироста у деревьев всех ярусов. Особенно существенно уменьшился процент прироста по объёму ствола. По-видимому, в этот период обостряется внутривидовая конкуренция, а влияние на рост изменившихся условий среды отходит на второй план. Только в Е_Ж(11,3) через 20 лет после рубки процент прироста как по высоте, так и по объёму ствола у деревьев верхнего яруса увеличился. Последнее, вероятно, объясняется тем, что в этот период наблюдался большой отпад ели (37 %), сохранившейся после рубки берёзы, что способствовало интенсификации ростовых процессов у оставшихся деревьев.

Таблица 4

Процент среднепериодического прироста ели в зависимости от давности рубки берёзы и густоты ели в группе парцелл елового жердняка

Группа парцелл в год рубки (начальная густота ели, тыс.шт. га ⁻¹)	Ярус	Величина прироста за период, %					
		2–12		13–22		2–22	
		по высоте	по объёму ствола	по высоте	по объёму ствола	по высоте	по объёму ствола
<i>Еж(2,8)</i>	Верхний	6,4	12,1	3,3	6,0	4,6	7,7
	Нижний (подрост)	7,5	13,9	3,6	6,5	5,2	8,3
<i>Еж(3,8)</i>	Верхний	5,1	10,6	4,1	6,8	4,3	7,4
	Нижний (подрост)	7,7	13,6	3,8	8,2	5,3	8,5
<i>Еж(4,7)</i>	Верхний	5,1	10,7	3,8	6,7	4,2	7,4
	Нижний (подрост)	8,0	14,3	4,2	8,6	5,6	8,8
<i>Еж(6,4)</i>	Верхний	5,9	12,0	3,5	6,3	4,5	7,7
	Нижний (подрост)	7,4	14,0	2,8	6,2	4,9	8,3
<i>Еж(11,3)</i>	Верхний	3,6	5,4	4,4	7,4	3,8	7,4
	Нижний (подрост)	7,8	16,0	4,6	10,0	5,6	9,4

Таблица 5

Динамика таксационных характеристик верхнего яруса древостоев ели в связи с её густотой в группе парцелл елового жердняка

Группа парцелл*	Период после рубки, лет	N, тыс. шт. га ⁻¹	Средние			Относительная полнота	Класс бонитета	M, м ³ га ⁻¹
			A, лет	D _{1,3} , см	H, м			
<i>Еж(2,8)</i>	2	1,03	35	6,2	5,2	0,21	V	11
	12	1,84	45	10,3	9,7	0,64	IV	85
	22	1,15	55	13,6	13,9	0,53	III	126
<i>Еж(3,8)</i>	2	1,71	38	7,1	6,0	0,41	V	28
	12	2,02	48	11,2	9,0	0,87	IV	112
	22	1,98	57	14,4	14,0	1,07	III	282
<i>Еж(4,7)</i>	2	1,95	35	7,2	6,2	0,50	V	32
	12	2,95	46	10,5	9,2	1,00	IV	147
	22	2,41	57	14,9	15,0	1,23	III	362
<i>Еж(6,4)</i>	2	2,76	35	6,6	6,0	0,57	V	38
	12	3,16	43	10,3	9,7	1,14	IV	162
	22	2,41	53	13,9	14,8	1,17	III	338
<i>Еж(11,3)</i>	2	1,47	44	7,7	6,7	0,39	V	29
	12	2,21	47	9,9	7,8	0,88	IV	96
	22	2,31	55	12,1	11,8	1,00	IV	237

*Примечание: условные обозначения приведены в таблице 1.

В табл. 5 приведена динамика основных таксационных характеристик верхнего яруса формирующихся древостоев с различной после рубки берёзы густотой ели. В анализируемых вариантах густоты ели при несущественной разнице в среднем воз-

расте наилучшими значениями основных характеристик отличаются участки с общей густотой ели 4,7 тыс. шт. га⁻¹ (*Еж 4,7*) и при численности верхнего яруса сразу после рубки берёзы 1,95 тыс. шт. га⁻¹. На участках парцелл с численностью ели в интервале

3,8–11,3 тыс. шт. га⁻¹ наблюдается постепенное увеличение относительной полноты формирующихся ельников, которая достигает максимального значения (1,23) на участке парцелл *Еж(4,7)*. Снижение полноты ельника во втором десятилетии, зафиксированное на участке *Еж(2,8)*, объясняется отпадом деревьев верхнего яруса – 0,69 тыс. шт. га⁻¹ (38 %) (см. табл. 2).

За 20-летний период на большинстве участков производительность ельников увеличилась на два класса бонитета, запасы стволовой древесины – в 9–11 раз. Исключение составляет участок *Еж(11,3)*, где производительность древостоя возросла только на один класс бонитета (см. табл. 5).

В ходе анализа установлено, что увеличение общего числа деревьев не всегда приводит к росту запаса стволовой древесины верхнего яруса. Для изучаемой группы парцелл наибольший запас древесины через 20 лет после рубки составил 362 м³ га⁻¹ в *Еж(4,7)*. При увеличении общего числа деревьев до 11,3 тыс. шт. га⁻¹ запас древесины снизился до 237 м³ га⁻¹. Причиной явилась излишняя густота древостоя, приведшая к существенному снижению диаметра ствола и высоты по сравнению с участками, имеющими меньшую густоту ели в диапазоне 3,8–6,4 тыс. шт. га⁻¹.

Нами проведено сравнение таксационных характеристик нормальных ельников и ельников, сформировавшихся через 20 лет после рубки берёзы с начальной густотой ели 4,72 тыс. шт. га⁻¹. Предварительно число деревьев, площадь поперечного сечения стволов и запас древесины на участке *Еж(4,7)* были приведены к относительной полноте 1,00. Полученные значения таксационных показателей верхнего яруса в возрасте 57 лет составили: $N=1,96$ тыс. шт. га⁻¹, $D=14,9$ см, $H=15,0$ м, $M=294$ м³. Величина этих показателей не столь значительно отличается от значений для нормальных ельников II класса в том же возрасте ($N=2,05$, $D=16,1$, $H=16,6$, $M=309$). Таким образом, производительность рассматриваемых ель-

ников через 20-летний период после рубки ели повышается почти на три класса бонитета (до рубки берёзы бонитет подпологовой ели соответствовал V классу).

Выводы. В парцеллах с елью в стадии жердняка в течение 20 лет после рубки берёзы структура и рост предварительной генерации ели во многом зависят от её численности и состояния деревьев в год рубки.

Формирование структуры ельников, особенно вертикальной, в 20-летний период не завершается.

На рубку берёзы, независимо от густоты сохранённой ели, в первые десять лет лучше реагирует подрост: на 7,4 – 8,0 % увеличивается среднепериодический прирост в высоту, на 13,6 – 14,0 % по объёму ствола. У деревьев верхнего яруса увеличение прироста происходит с меньшей интенсивностью, особенно в парцеллах с высокой общей густотой популяции (около 11 тыс. шт. га⁻¹). Здесь проценты прироста по высоте и по объёму ствола почти вдвое ниже значений в парцеллах с меньшей густотой ели.

Во второе десятилетие в парцеллах жердняка ели с густотой 6,4 тыс. шт. га⁻¹ и менее процент среднепериодического прироста снижается у деревьев всех ярусов. В этот период обостряется внутривидовая конкуренция, а влияние на рост изменившихся условий среды отходит на второй план. В парцеллах с густотой ели более 11 тыс. шт. га⁻¹ процент прироста как по высоте, так и по объёму ствола у деревьев верхнего яруса увеличивается, что объясняется большим отпадом ели и соответственно интенсификацией ростовых процессов у оставшихся деревьев.

Для парцелл с жердняком ели высокая общая численность деревьев ели сразу после рубки не всегда ведёт к увеличению производительности еловых древостоев, что объясняется меньшими морфометрическими показателями деревьев в густых ельниках.

Наилучшие ростовые характеристики зарегистрированы в парцеллах жердняка с

общей густотой ели 4–5 тыс. шт. га⁻¹ при численности деревьев верхнего яруса около 2,0 тыс. шт. га⁻¹. Через 20 лет после рубки производительность древостоев ели возрастает почти на три класса бонитета, а запас стволовой древесины в возрасте 57 лет почти достигает запасов древесины в нормальных еловых древостоях II класса бонитета.

Уменьшение или увеличение густоты популяции ели от этого оптимума в рассматриваемых условиях приводит к снижению запаса стволовой древесины ели. В первом случае это связано только с численностью ели, во втором – с меньшими таксационными характеристиками, объясняемыми высоким уровнем внутривидовой конкуренции.

Список литературы

1. Писаренко А.И. Лесовосстановление. М.: Лесная промышленность, 1977. 256 с.
2. Пегов Л. А. Начальный период формирования структуры молодняков на вырубках в таежной зоне // Лесоведение. 1985. № 3. С. 55-60.
3. Рыбакова Н.А. Динамика пространственной структуры фитоценозов на вырубках березняков с елью предварительной генерации // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 3 (39). С. 5-15.
4. Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты). Йошкар-Ола: Изд-во «Периодика Марий Эл», 2000. 414 с.
5. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. Новосибирск: Наука, 2013. 208 с.
6. Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таёжных лесов (на примере ельников Северо-Запада России) / Министерство образования Российской Федерации, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия. Санкт-Петербург, 2001. 186 с.
7. Орлов А.Я., Ильюшенко А.Ф. Состояние подроста ели на сплошных вырубках в березняках южной тайги // Лесоведение. 1982. № 1. С. 18-25.
8. Коновалов А., Дудин В. Курица, несущая золотые яйца. Костромской опыт рубок и лесовосстановления во вторичных мягколиственных лесах // Российская лесная газета. 2004, № 14, апрель.
9. Дерюгин А.А., Глазунов Ю.Б. Рост деревьев ели предварительного возобновления после рубки березняков в подзоне южной тайги Русской равнины // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 5-18.
10. Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги. Памяти М.В. Рубцова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 348 с.
11. Дылис Н.В. Основы биогеоценологии. М.: Изд-во МГУ, 1978. 151 с.
12. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР) / Смирнова О.В., Чистякова А.А., Попадюк Р.В., Евстигнеев О.И. и др. // Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. 92 с.
13. The mosaic-cycle concept of ecosystem / Ed. Remmert H. Berlin, Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 1991. 168 p.
14. Рубцов М.В., Рыбакова Н.А. Динамика парцеллярной структуры лесных фитоценозов в процессе восстановления популяции ели в южнотаёжных березняках // Лесоведение. 2016. № 5. С. 323-331.
15. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1982. 552 с.

Статья поступила в редакцию 13.03.19

Принята к публикации 03.09.19

Информация об авторах

ДЕРЮГИН Анатолий Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства и биологической продуктивности, Институт лесоведения РАН. Область научных интересов – биогеоценология, лесоводство. Автор 76 публикаций.

РЫБАКОВА Наталья Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства и биологической продуктивности, Институт лесоведения РАН. Область научных интересов – биогеоценология, лесоводство, лесное почвоведение. Автор 55 публикаций.

UDC 630*221.2:630*561

DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.46

**STRUCTURE AND GROWTH OF PRELIMINARY GENERATION OF SPRUCE
OF DIFFERENT DENSITY AFTER BIRCH FELLING
IN THE SOUTHERN TAIGA OF EUROPEAN RUSSIA**

A. A. Derugin, N. A. Rybakova

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences,
21, Sovetskaya St., 21, Uspenskoe village, Odintsovskiy district, Moscow region, 143030,
Russian Federation
E-mail: root@ilan.ras.ru

Keywords: *felling of birch; parcels; preliminary generation of spruce; density; structure; growth; southern taiga.*

ABSTRACT

Introduction. Influence of the density of plantings on the formation and growth of forest stands remains the matter of attention for many researchers. Most of these studies are about forest plantations or pure natural even-age forest stands. Influence of the density of preliminary generation of spruce on the structure and productivity of small-leaved forests grown after felling is still faintly studied. **The goal of the research is** to study the effect of density of the remaining part of preliminary generation of spruce after birch felling on the structure and growth of forming spruce forests. **Objects and methods of research.** The research was conducted in the southern taiga subzone (Rybinsk district, Yaroslavl region) in the facilities of the Institute of Forest Science, RAS. Observations of preliminary generation of spruce after birch felling were made on two permanent sample plots (total area 0.7 ha), where the dynamics of horizontal (parcel) structure of plantations and morphometric characteristics of trees were observed for 24 years in the monitored mode. The analysis of the effect of population density on the structure and growth of spruce was performed for the most common group of parcels, where the dominant parcel is the polewood of spruce. The total density of spruce in the studied sites varied from 2.8 to 11.3 thousand pcs. ha⁻¹. **Results and discussion.** The structure and growth of spruce after birch felling in connection with the density of preliminary generation of spruce within the group of parcels formed by polewood of spruce are considered in accordance with 20-year observations. After felling, formation and growth of preliminary generation depends on the state, number, and morphometry of spruce trees in the year of felling. Increase in density of population of spruce causes slowing of the processes of differentiation of trees and not always leads to the increase in forest stands productivity. The best structure of stand is in the areas with the total density of spruce of 4-6 thousand pcs. ha⁻¹. Dependence between the number of trees of the first and second layers in 20 years after felling with the total number of spruce trees immediately after birch felling is established. Trees of the lower layer (undergrowth) react better to felling - in the first 10 years after felling, average increment in height increases by 7.4 – 8.0%, in terms of trunk volume - by 13.6-14.0%. The trees of upper layer grow with less intensity, it particularly concerns the parcels with high density of spruce. In the second decade, the percentage of growth decreases in all the layers. Increase in the volume of trunk has significantly slowed down. During this period, the intraspecific competition is increasing, and the impact of the changed environmental conditions on the growth of trees is less evident. For parcels with the polewood of spruce, high total number of spruce trees immediately after felling does not always lead to the increase in productivity of spruce stands, which is explained with lower morphometric indicators of trees in dense spruce forests. **Conclusion.** In the parcels with spruce in the stage of polewood, the structure and growth of preliminary generation of spruce depends on its size and condition of trees in the year of felling. In the first decade, the trees of lower layer (undergrowth) react better to the birch felling regardless the density of spruce. The reaction of trees of upper layer is less evident, it particularly concerns populations with higher density (11,0 thousand pcs. ha⁻¹). In 20 years after birch felling, the plots of parcels with the total density of spruce population of 4-5 thousand pcs. ha⁻¹ show better figures. Productivity of forest stand is 2 bonitet classes better, stock of stem wood increases by 9-11 times. Decrease or increase in the initial density of spruce population from this optimum leads to the decrease in the stock of spruce stem wood under the considered conditions.

REFERENCES

1. Pisarenko A.I. *Lesovosstanovlenie* [Forest Regeneration]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1977. 256 p. (In Russ.).
2. Pegov L.A. *Nachalnyy period formirovaniya struktury molodnyakov na vyrubkah v taезnoy zone* [The Initial Period of Formation of the Structure of Young

Growth in the Fellings of the Taiga Zone]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 1985. No3. Pp. 55-60. (In Russ.).

3. Rybakova N.A. Dinamika prostranstvennoy struktury fitotsenozov na vyrubkakh bereznyakov s elu predvaritelnoy generatsii [Dynamics of the Spatial Structure of Plant Communities on the Clearings of Birch with the Pre-Generation]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2018. No 3. Pp. 5-15. (In Russ.).

4. Demakov Yu.P. *Diagnostika ustoychivosti lesnykh ekosistem (metodologicheskiye i metodicheskiye aspekty)* [Diagnostics of Forest Ecosystems Stability (Methodological and Methodical Aspects)]. Yoshkar-Ola: Izd-vo Periodika Mariy El, 2000. 414 p. (In Russ.).

5. Kuzmichev V.V. Zakonomernosti dinamiki drevostoyev: printsipy i modeli [Regularities of Forest Stands Dynamics: Principles and Models]. Novosibirsk: Nauka. 2013. 208 p. (In Russ.).

6. Gryazkin A.V. Vozobnovitelnyy potentsial taezhnykh lesov (na primere elnikov Severo-Zapada Rossii [Regeneration Potential of Taiga Forests (Based on the Example of Spruce Forests in Russian North-West Region.)]. *Ministerstvo obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, Sankt-Peterburgskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya* [Ministry of Education of the Russian Federation, Saint-Petersburg State Forestry Engineering Academy]. Sankt-Peterburg, 2001. 186 p. (In Russ.).

7. Orlov A.Ya., Ilushenko A.F. Sostoyanie podrosta eli na sploshnykh vyrubkakh v bereznyakakh yuzhnoy taygi [The State of Spruce Undergrowth in Clean Fellings in the Birch Forests of Southern Taiga]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 1982, No 1. Pp. 18-25.

8. Kononov A., Dudin V. Kuritsa, nesushchaya zolotyie yaytsa. Kostromskoy opyt rubok i lesovostanovleniya vo vtorichnykh myagkolistvennykh lesakh [The Chicken Laying the Golden Eggs. The Kostroma Experience of Felling and Forest Regeneration in the Secondary Soft-Leaved Forests]. *Rossiyskaya lesnaya*

gazeta [Russian Forest Newspaper]. 2004, No 14, April. (In Russ.).

9. Derugin A.A., Glazunov Yu.B. Rost derevev eli predvaritelnogo vozobnovleniya posle rubki bereznyakov v podzone yuzhnoy taygi Russkoy ravniny [Growth of Spruce of Preliminary Regeneration after Birch Fellings in the Subzone of Southern Taiga of Russian Plain]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management]. 2018. No 2 (38). Pp. 5-18. (In Russ.).

10. Kompleksnye statsionarnye issledovaniya v lesakh yuzhnoy taygi. Pamyati M.V. Rubtsova [Integrated Stationary Studies in the Forests of Southern Taiga. In Memory of M. V. Rubtsov]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 1917. 348 p. (In Russ.).

11. Dylis N.V. *Osnovy biogeotsenologii* [Fundamentals of Biogeocenology]. Moscow: Izd-vo MGU. 1978. 151 p. (In Russ.).

12. Smirnova O.V., Chistyakova R.V., Popaduk R.V., Evstigneev O.I. et al. Populyatsionnaya organizatsiya rastitelnogo pokrova lesnykh territoriy (na primere shirokolistvennykh lesov evropeyskoy chasti SSSR) [Population Structure of Vegetation Cover of Forests (Based on the Example of Broad-Leaved Forests of European Part of the USSR)]. Pushchino: ONTI NTsBI AN SSSR. 1990. 92 p. (In Russ.).

13. The Mosaic-Cycle Concept of Ecosystem. Ed. Remmert H. Berlin, Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 1991. 168 p.

14. Rubtsov M.V., Rybakova N.A. Dinamika partselnykh struktury lesnykh fitotsenozov v protsesse vosstanovleniya populyatsii eli v yuzhno-taezhnykh bereznyakakh [The Dynamics of Parcel Structure of Forest Plant Formations in the Process of Restoration of Spruce Population in South Taiga Birch Forests]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2016. No 5. Pp. 323-331. (In Russ.).

15. Anuchin N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Estimation]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1982. 552 p. (In Russ.).

The article was received 13.03.19.

Accepted for publication 03.09.19.

For citation: Derugin A. A., Rybakova N. A. Structure and Growth of Preliminary Generation of Spruce of Different Density After Birch Felling in the Southern Taiga of European Russia. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No 3 (43). Pp. 46–56. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.46

Information about the authors

Anatoliy A. Derugin – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Forestry and Biological Productivity, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences. Research interests – biogeocenology, forestry. The author of 76 publications.

Natalia A. Rybakova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Forestry and Biological Productivity, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences. Research interests – biogeocenology, forestry, forest pedology. The author of 55 publications.