

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*221.2:630\*561

DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.5

### РОСТ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ РУБКИ БЕРЕЗНЯКОВ В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

*А. А. Дерюгин, Ю. Б. Глазунов*

Институт лесоведения РАН,

Российская Федерация, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, 21

E-mail: da45@mail.ru

*Рассматривается влияние рубки кислично-черничных березняков на рост предварительной генерации ели в условиях южной тайги. По данным 20-летних наблюдений на постоянных пробных площадях и анализа хода роста 340 модельных деревьев изучена реакция деревьев разного возраста и высоты на динамику основных таксационных характеристик деревьев в сравнении с деревьями, развивающимися под пологом берёзы.*

**Ключевые слова:** южная тайга; рубка березняков; предварительная генерация ели; рост.

**Введение.** Исследования демутиационных процессов в производных насаждениях мелколиственных пород, динамики роста подпологовой ели остаются актуальными в связи с необходимостью скорейшего восстановления коренных еловых древостоев в таёжной зоне. Один из важных аспектов таких исследований – изучение влияния рубки мелколиственных древостоев на рост предварительной генерации ели. Целесообразность проведения таких рубок подтверждена работами практически всех авторов, в том числе ведущих лесоводов России [1–10]. В последнее время в лесохозяйственную практику внедряются такие рубки ухода, как рубки «обновления» и «переформирования», которые так же как рубки с сохранением подроста направлены на формирование хозяйственно ценных еловых древостоев [11, 12]. Не-

смотря на относительную изученность происходящих после таких рубок процессов, разнообразие лесорастительных условий, характеристик древостоев, сезона рубки, применяемых техники и технологий лесосечных работ привносит своеобразие в результаты проводимых рубок в каждом конкретном случае. Об этом в частности свидетельствуют исследования возрастной динамики структуры популяции ели в насаждениях после рубки березняков с сохранением предварительной генерации ели [13]. Выявить общие закономерности формирования насаждений после рубки мелколиственных древостоев с подпологовой елью можно только в процессе обобщения различных исследований в этом направлении. Результаты нашей работы дополняют существующую базу данных подобного рода исследований.

© Дерюгин А. А., Глазунов Ю. Б., 2018.

**Для цитирования:** 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. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 5–18. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.5

**Цель** работы – исследовать влияние рубки верхнего полога мелколиственных пород (берёзы) на рост различных возрастных и высотных групп подпологовой популяции ели.

**Объекты и методика исследований.** Исследования проводили в подзоне южной тайги (Рыбинский район Ярославской области) на объектах Северной ЛОС Института лесоведения РАН. Общее руководство работами и их методическая постановка осуществлялись доктором сельскохозяйственных наук М. В. Рубцовым.

Рост ели предварительной генерации изучали после опытной рубки березняков в возрасте 55 лет. Рубка проведена под руководством научного сотрудника Института лесоведения РАН А. Д. Серякова в кислично-черничном березняке возрастом 55 лет в летний сезон 1992 г. Разра-

ботка лесосеки проведена по методу узких лент, ширина пасек 35 м, волоков 5–6 м. Валку деревьев проводили бензиномоторными пилами под углом 35° к волоку, сучья обрубали на пасаках. Хлысты трелевали за вершину тракторами. Через год после рубки здесь были заложены две постоянные пробные площади (ПП 14 и ПП 15) общей площадью 7000 м<sup>2</sup> и рядом с ними заложена контрольная ПП 16 площадью 1925 м<sup>2</sup>. На всех ПП в год закладки, а затем дважды через каждые 10 лет проводили картирование всех деревьев, измеряли их биометрические характеристики, определяли возраст. Учитывая типологическую однородность ПП 14 и ПП 15, в процессе анализа данные по ним были объединены в один массив. Характеристика насаждений на опытном объекте в год закладки ПП приведена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика насаждений в год закладки ПП

Ярус	Состав, %	Численность, тыс. экз. га <sup>-1</sup>	Средние значения			Сумма площади поперечного сечения стволов на 1,3 м, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>
			возраст, лет	высота, м	диаметр ствола на 1,3 м, см		
Вырубка (ПП 14 и ПП 15)							
1	58Б	0,09	55	18,2	15,1	1,58	14
	33Ос	0,02	56	22,7	21,6	0,77	8
	9Е	0,02	60	14,1	14,7	0,26	2
2	67Е	0,82	41	6,2	7,2	3,21	13
	33Б	0,13	36	9,3	8,0	0,57	2
Подрост	87Ос	26,16	3	0,9	-	-	-
	11Е	3,44	23	1,6	-	-	-
	2Б	0,38	2	0,5	-	-	-
Контроль (ПП 16)							
1	60Б	0,38	55	26,2	23,2	16,23	190
	34Ос	0,10	55	28,2	32,6	8,66	108
	6Е	0,02	81	24,0	30,6	1,52	18
2	78Е	0,82	37	7,9	8,2	4,36	21
	22Б	0,16	45	11,9	8,7	0,92	6
Подрост	99Е	3,88	24	2,2	-	-	-
	1Б	0,03	33	4,9	-	-	-

**Примечание:** состав подроста определён по числу деревьев.

Через год после рубки на пробных площадях в первом ярусе преобладали мелколиственные породы. На вырубке это – оставленные в процессе рубки тонкомерные деревья берёзы и осины. Второй ярус представлен преимущественно елью в возрасте около 40 лет. В подросте на вырубке, в отличие от контроля, доминирует порослевая осина, возобновившаяся главным образом на волоках.

Для детального анализа роста деревьев ели разного возраста и высоты были использованы данные модельных деревьев, взятых на участках рубок с сохранением подроста и второго яруса через 20 лет после их проведения. Всего было взято 340 модельных деревьев, возраст которых в год проведения рубки составлял 1–92 года, высота – 0,1 – 17,2 м.

Со всех моделей после их раскряжёвки были взяты спилов-диски. Схема отбора спилов была следующая: у поверхности земли; далее до высоты 1 м через каждые 25 см; затем на высотах 1,3 м; 2,0; 2,5; 3,0 м; в последующем через 1,0 или 2,0 м в зависимости от текущего годичного прироста ели в высоту. Диаметры стволов на спилах измеряли через каждые пять лет. Обработку спилов проводили в двух вариантах. Первый вариант – принятая в лесной таксации методика анализа ствола, когда измерения проводят по принятым возрастным интервалам (в нашем случае пятилетним) [14]. Второй вариант – при обработке спилов за точку отсчёта принимали год проведения рубки. Такая методика даёт возможность проанализировать рост дерева в связи с изменением возраста относительно года рубки. Последнее позволяет установить также период адаптации деревьев к изменяющимся в результате рубки условиям среды.

**Результаты и обсуждение.** Детальному изучению динамики биометрических характеристик деревьев ели предварительной генерации по материалам обработки модельных деревьев предшествовал анализ тенденций изменения в соот-

ношении высот деревьев одного возраста после рубки берёзы (вырубка) и под пологом березняков (контроль). Для этого по годам мониторинга проведено распределение всех деревьев ели на объектах исследований по пятилетним возрастным группам и по ним проведена статистическая обработка высот деревьев ели для установления степени различий (по Т-критерию) средних высот деревьев на вырубке и контроле в рамках пятилетних возрастных групп. Результаты обработки приведены в табл. 2.

Установлено, что практически сразу после рубки берёзы средние высоты елей на вырубке в выделенных возрастных группах были меньше или не отличались от таковых на контроле. Абсолютные фактические значения Т-критерия по большинству возрастных групп на контроле достоверно больше табличных при уровне значимости 0,05 (минусовые значения введены с целью иллюстрации превышения средних высот деревьев на контроле над высотами на вырубке).

Через 10 лет после рубки соотношение высот на объектах изменяется. Средняя высота деревьев возрастом до 25 лет на вырубке становится достоверно больше высот деревьев на контроле. Исключение составляет возрастная группа 1–5 лет, где при вполне ощутимой разнице (0,2 м) различие недостоверно из-за малого числа деревьев такого возраста на ПП. В возрастных группах старше 25 лет ситуация мало изменяется. Достоверного различия не наблюдается или средняя высота деревьев на контроле остаётся достоверно больше высот деревьев на вырубке (табл. 2).

Через 20 лет после рубки берёзы превышение высоты деревьев ели на вырубке по сравнению с контролем происходит уже в более широком возрастном диапазоне – до 40 лет (различие достоверно при уровне значимости 0,05). У деревьев других возрастных групп различие в средних высотах оказалось недостоверным. Тем не

Таблица 2

## Изменение средней высоты деревьев ели на вырубке и контроле в связи с возрастом деревьев и давностью рубки

Возраст ели в год рубки берёзы, лет	Давность рубки берёзы											
	1 год				10 лет				20 лет			
	высота (м) на		значение Т-критерия		высота (м) на		значение Т-критерия		высота (м) на		значение Т-критерия	
	вырубке	контроле	T <sub>факт</sub>	T <sub>0,05</sub>	вырубке	контроле	T <sub>факт</sub>	T <sub>0,05</sub>	вырубке	контроле	T <sub>факт</sub>	T <sub>0,05</sub>
1-5	0,1±0,004	0,1±0,002	-	1,98	0,6±0,03	0,4±0,01	1,36	1,97	1,3±0,10	0,7±0,18	1,21	1,98
6-10	0,3±0,01	0,2±0,02	1,04	1,97	1,0±0,05	0,5±0,04	3,45	1,97	2,0±0,17	1,0±0,12	2,34	1,97
11-15	0,5±0,01	0,6±0,03	-2,89	1,97	1,5±0,08	1,0±0,08	3,34	1,97	3,2±0,23	1,6±0,18	3,26	1,97
16-20	0,8±0,03	1,0±0,06	-3,50	1,97	2,5±0,12	2,0±0,19	1,97	1,97	5,3±0,32	3,2±0,43	3,49	1,97
21-25	1,5±0,04	1,8±0,13	-3,01	1,97	3,8±0,12	3,3±0,26	1,97	1,97	8,1±0,28	6,9±0,62	1,98	1,97
26-30	2,4±0,05	3,6±0,10	-10,8	1,97	4,8±0,14	5,4±0,20	-2,55	1,97	10,0±0,29	9,0±0,37	2,12	1,97
31-35	3,4±0,08	4,6±0,16	-7,96	1,96	6,7±0,18	7,2±0,29	-1,62	1,97	12,6±0,30	10,1±0,54	2,92	1,97
36-40	4,5±0,11	5,9±0,36	-4,56	1,98	8,1±0,21	9,1±0,76	-1,48	1,97	13,9±0,32	14,4±0,77	-0,51	1,97
41-45	6,1±0,29	8,4±0,85	-2,64	1,99	9,2±0,37	12,7±0,76	-3,00	2,00	14,0±0,52	15,8±1,22	-1,12	2,00
46-50	7,2±0,47	6,5±1,49	0,51	2,02	10,1±0,57	9,9±1,53	0,13	2,02	15,5±0,64	14,8±1,55	0,32	2,04
51-55	6,6±0,40	10,0±1,56	-3,05	2,04	9,4±0,47	12,3±1,68	-2,32	2,04	15,2±0,75	15,0±2,10	0,09	2,04
56-60	8,6±0,50	12,2±1,65	-2,64	2,11	10,4±0,69	13,4±2,19	-1,79	2,11	15,1±0,87	15,3±2,19	-0,10	2,04

**Примечание:** T<sub>факт</sub> и T<sub>0,05</sub> соответственно фактические и табличные при уровне значимости 0,05 значения; отрицательные значения T<sub>факт</sub> свидетельствуют о превышении средней высоты деревьев на контроле.

менее, следует отметить, что, по сравнению с данными измерений через год после рубки, при последнем мониторинге разница в абсолютных значениях высот существенно сократилась. Так, если в первый учёт разница в высотах для возрастной группы 56–60 лет была равна 3,6 м, то при последнем учёте высота деревьев на вырубке была меньше только на 0,2 м (табл. 2). Это свидетельствует о более интенсивном росте деревьев этих возрастных групп на вырубке и главным образом во втором десятилетии после рубки берёзы.

Анализ показал, что во всех выделенных возрастных группах в период 11–20 лет после рубки среднепериодический (за 10 лет) прирост в высоту был больше прироста на контроле. В старших возрастных группах на вырубке прирост был почти в два раза больше, чем на контроле (рис. 1).

Таким образом, через 20 лет ситуация с приростом в высоту деревьев разного возраста существенно изменилась по сравнению с ситуацией в год рубки берёзы, когда приросты на контроле в большинстве возрастных групп были больше, чем на вырубке (рис. 2).

Как следует из вышеизложенного, реакция деревьев подпологовой популяции на рубку берёзы, если не учитывать размещение по территории вырубке, во многом зависит от их возраста. Однако его установление при определении пер-

спективности дерева сопряжено с трудностями. Использование возрастного бурава требует больших временных затрат, а часто это просто невозможно из-за малых размеров деревьев в подросте. Определение же возраста по мутовкам может нести ошибку до 10 лет. В связи с этим для объектов исследований была проанализирована связь возраста деревьев ( $A_R$ ) с их высотой ( $H_R$ ) в год рубки берёзы. Установлено, что рассматриваемая функция может быть аппроксимирована уравнениями регрессии вида  $H_R = a \cdot A_R^b$  с коэффициентами детерминации  $R^2 = 0,63–0,66$ . Фактические значения критерия Фишера ( $F_{\text{факт}} = 1576,33–5885,27$ ) существенно выше табличных ( $F_{\text{табл}} = 3,00$ ) при уровне значимости 0,05. Кроме этого, по материалам анализа модельных деревьев установлено наличие связи высоты деревьев в год рубки с площадью поперечного сечения стволов на высоте 1,3 м, объёмом ствола в течение 20 лет после рубки. Эти связи могут быть аппроксимированы уравнениями регрессии вида  $y = a + b \cdot x^c$ . Значения коэффициентов детерминации и Фишера свидетельствуют о надёжности выявленных связей. Следует отметить, что по мере увеличения давности рубки теснота связей уменьшается (табл. 3). Таким образом, высота деревьев ели в год рубки, наряду с возрастом, может быть использована для анализа реакции деревьев ели на рубку берёзы.

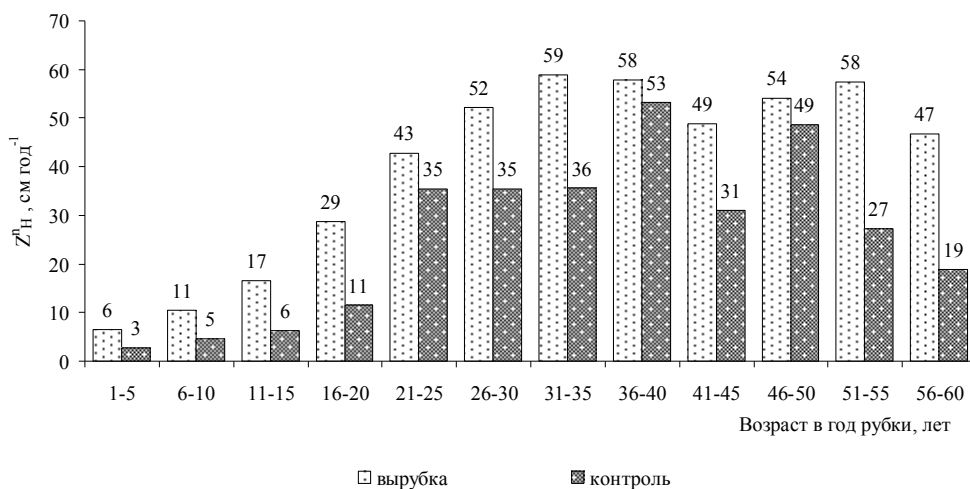


Рис. 1. Среднепериодический прирост в высоту ( $Z_n$ ) деревьев ели разного возраста в период 11–20 лет после рубки берёзы

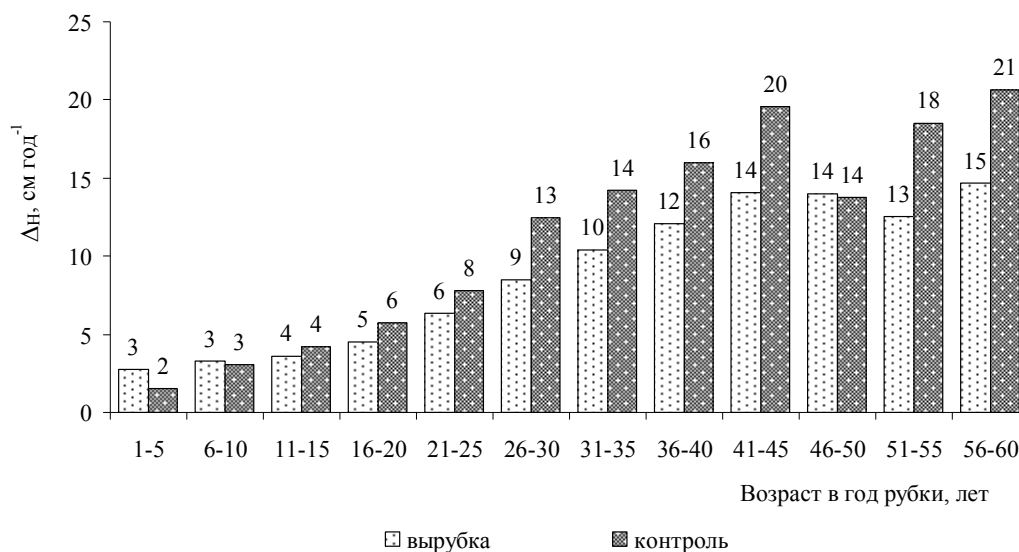
Рис. 2. Средний прирост в высоту ( $\Delta_H$ ) деревьев ели разного возраста в год рубки берёзы

Таблица 3

**Показатели связи высоты деревьев ели в год рубки берёзы с отдельными биометрическими характеристиками**

Характеристики	Статистические показатели связи	В год рубки	Период после рубки, лет			
			5	10	15	20
Высота (H)	$R^2$	-	0,93	0,81	0,69	0,56
	$F_{\text{факт}}$	-	1951,03	603,4	301,4	177,97
	$F_{0,05}$	-	2,7	2,7	2,7	2,7
	Ошибка, м	-	$\pm 0,6$	$\pm 1,2$	$\pm 1,9$	$\pm 2,6$
Площадь поперечного сечения стволов на высоте 1, 3 м (G)	$R^2$	0,95	0,89	0,81	0,71	0,62
	$F_{\text{факт}}$	944,12	720,27	541,48	319,84	218,61
	$F_{0,05}$	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7
	Ошибка, мм <sup>2</sup>	$\pm 10,01$	$\pm 11,16$	$\pm 17,63$	$\pm 30,77$	$\pm 44,31$
Объём ствола (V)	$R^2$	0,98	0,97	0,91	0,80	0,68
	$F_{\text{факт}}$	9441,26	4719,98	1453,63	545,53	298,22
	$F_{0,05}$	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
	Ошибка, дм <sup>3</sup>	$\pm 1,9$	$\pm 3,2$	$\pm 7,5$	$\pm 17,3$	$\pm 29,8$

**Примечание:**  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $F_{\text{факт}}$ ,  $F_{0,05}$  – коэффициенты Фишера соответственно фактические и табличные при уровне значимости 0,05.

В результате анализа модельных деревьев по тенденции возрастной динамики высоты были выделены три высотные группы деревьев по высоте в год рубки берёзы ( $H_R$ ): 2,0 м и меньше (группа 1), 2,1–6,0 м (группа 2), больше 6,0 м (группа 3). Это деление несколько отличается от

ранее предложенного [15]. В ходе последующих исследований установлена нецелесообразность выделения высотной группы деревьев 1,0 м и меньше, так как изменения высоты по сравнению с группой 1,1–2,0 оказались статистически недостоверными.

Для выделенных высотных групп модельных деревьев была проанализирована динамика периодического (за пять лет) прироста в высоту ( $Z_H$ ). Установлено, что деревья 1 и 2 групп реагируют на изменение условий среды в результате рубки уже в первые пять лет после её проведения (рис. 3). Так, прирост деревьев группы 1 через 10 лет после рубки берёзы увеличивается почти в семь раз, а у деревьев группы 2 – почти в три раза. У последних наблюдалось максимальное значение прироста –  $Z_H=320$  см, или  $64$  см год<sup>-1</sup>. Максимальная интенсивность увеличения  $Z_H$  у деревьев высотной группы 1 (процент периодического прироста –  $P_H=88,0\%$ ) наблюдалась уже в первые пять лет после рубки, у деревьев группы 2 ( $P_H=45,7\%$ ) – несколько позже, через 10 лет.

У деревьев группы 3 реакция на рубку замедлена. В течение первых пяти лет их прирост в высоту оставался на уровне дорубочного периода (рис. 3). Увеличение  $Z_H$  у таких деревьев происходило с существенно меньшей интенсивностью. Максимальные значения периодического при-

роста ( $Z_H=160$  см) и процента прироста ( $P_H=12$ ) наблюдались только через 15 лет после рубки. Согласно ранее выполненным исследованиям усиление прироста в высоту у деревьев ели второго яруса ( $H_R > 6$  м) происходит через 6–7 лет после рубки [16]. Нами установлено, что максимум прироста в высоту у этих деревьев наступает на пять лет позже, чем у относительно молодых деревьев подроста. Его значение существенно меньше, чем у деревьев высотных групп 1 и 2 ( $H_R < 6,1$  м) (рис. 3).

Существенное ослабление влияния рубки на рост ели предварительной генерации наблюдается во второе десятилетие после её проведения. В последнее пятилетие  $Z_H$  в выделенных высотных группах уменьшается в 1,3 – 1,8 раза. К этому времени большая часть деревьев ели выходят в первый и второй ярусы древостоя. Сомкнутость крон деревьев ели увеличивается почти в два раза (с 0,40 до 0,79), что приводит к обострению внутривидовой конкуренции и как следствие к снижению прироста в высоту.

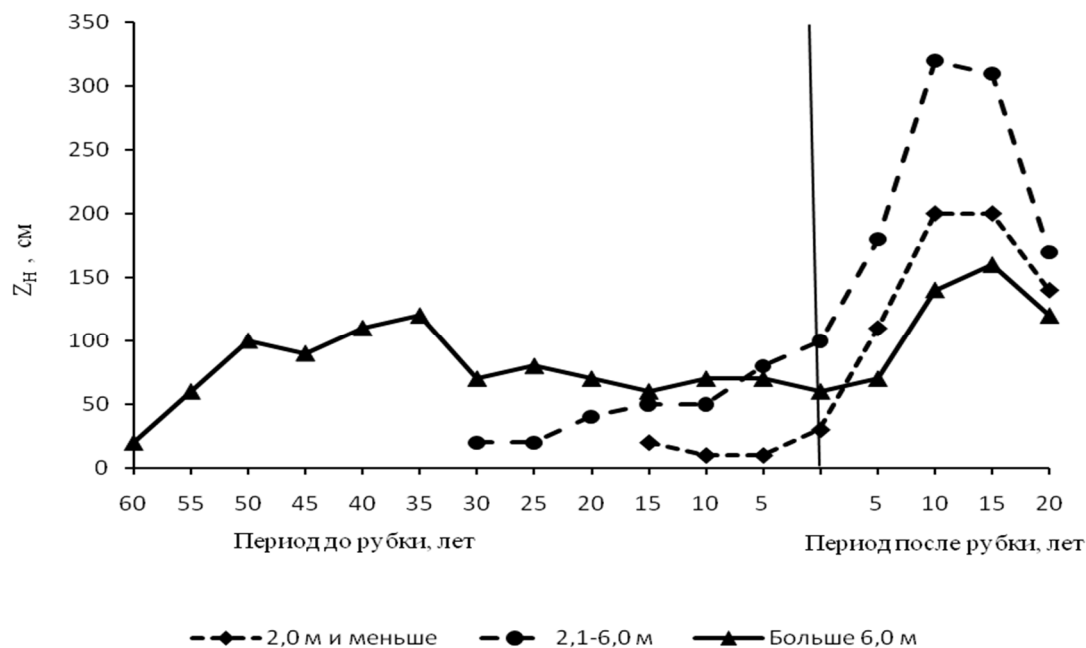


Рис. 3. Динамика периодического (за 5 лет) прироста ели в высоту ( $Z_H$ ) до и после рубки берёзы

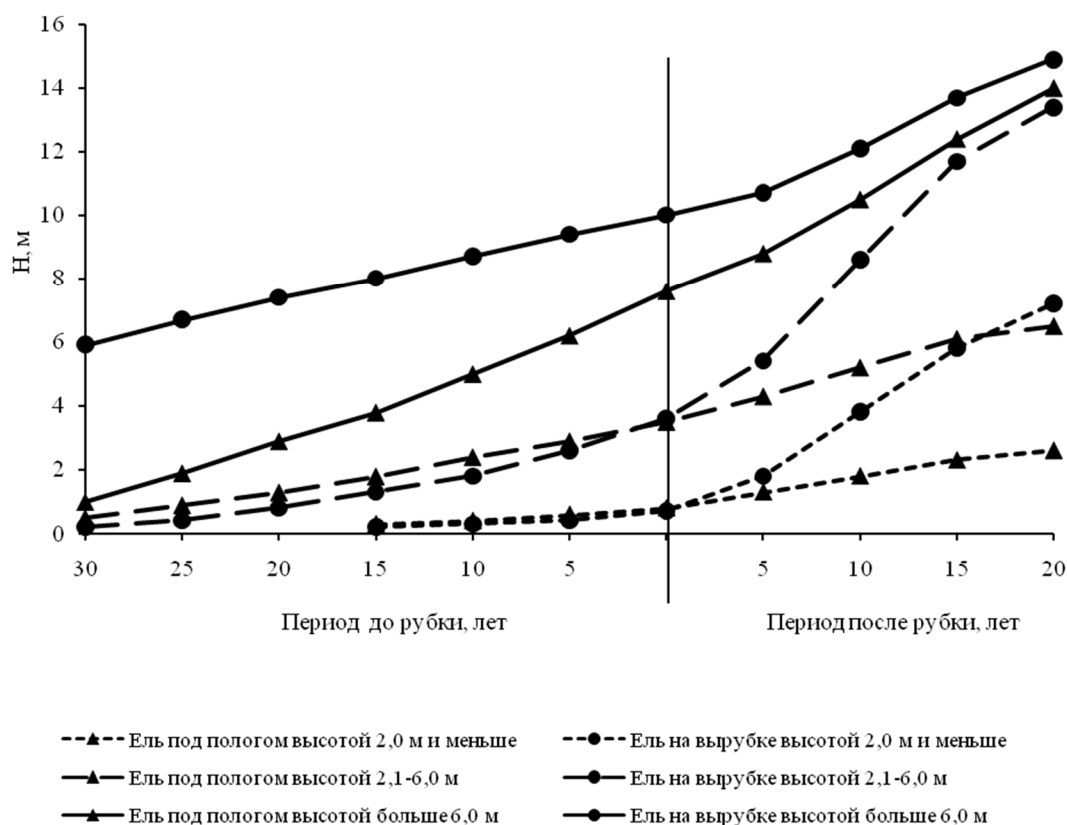


Рис. 4. Динамика высоты деревьев ели ( $H$ ) разных высотных групп до и после рубки берёзы

Через 20 лет после рубки высота деревьев группы 2 почти достигает высоты лидировавших ( $H_R > 6$  м) под пологом берёзы деревьев ели (рис. 4). Эти деревья будут участвовать в формировании первого яруса будущих ельников. По наблюдениям, на опытных объектах (вырубке) доля таких деревьев составит 32 % от их числа в год рубки, или 62 % общего числа деревьев (около 450 шт. га<sup>-1</sup>) первого яруса через 20 лет после рубки. Основная часть деревьев высотной группы 1 (45 %) перейдёт в отпад, около 35 % останутся в подросте, 19 % войдут в состав второго яруса и только 1 % будут участвовать в формировании первого яруса.

Анализ особенностей роста ели после рубки берёзы только по динамике высоты был бы не совсем полным без рассмотрения изменения таких характеристик, как площади поперечного сечения стволов и их объёма.

В табл. 4 и 5 приведена динамика периодического прироста и процента периодического прироста деревьев ели разных высотных групп по площади поперечного сечения стволов на высоте 1,3 м и объёму ствола. До рубки приросты  $Z_G$  и  $Z_V$  у деревьев в опыте и на контроле отличались не столь значительно, особенно это относится к приросту по объёму ствола (табл. 4).

На вырубке, по сравнению с контролем, превышение  $Z_G$  и  $Z_V$  у деревьев всех выделенных по  $H_R$  групп прослеживается в течение всего 20-летнего периода. Наиболее активно на изменения условий среды реагируют деревья высотных групп 1 и 2. В первые пять лет после рубки периодический прирост  $Z_V$  у них увеличивается в 3 – 5 раз при значениях  $P_V$ , равных 92 и 149 %. У деревьев высотной группы 3 (высота более 6,0 м)  $Z_V$  возрастает в 1,7 раза, а процент прироста остаётся на уровне значений для деревьев в подпологовом ельнике (табл. 4 и 5).



Таблица 4

**Изменение периодического прироста деревьев по площади поперечного сечения и объёму ствола в ельниках на вырубке и в подпологовом ельнике**

Высотная группа – высота в год рубки, м	Периодический прирост за									
	5 лет до рубки		период после рубки, лет							
			1-5		6-10		11-15		16-20	
	$Z_{G_2}$ см <sup>2</sup>	$Z_{V_3}$ дм <sup>3</sup>	$Z_{G_2}$ см <sup>2</sup>	$Z_{V_3}$ дм <sup>3</sup>	$Z_{G_2}$ см <sup>2</sup>	$Z_{V_3}$ дм <sup>3</sup>	$Z_{G_2}$ см <sup>2</sup>	$Z_{V_3}$ дм <sup>3</sup>	$Z_{G_2}$ см <sup>2</sup>	$Z_{V_3}$ дм <sup>3</sup>
Ельник, формирующийся на вырубках										
1 - 2,0 и меньше	-	0,1	-	0,5	8,3	2,6	14,8	7,4	12,8	9,8
2 - 2,1-6,0	5,9	1,6	13,7	4,9	35,4	18,5	52,5	39,2	42,5	40,4
3 - больше 6,0	11,1	8,1	22,5	13,9	43,2	29,4	52,7	43,6	38,8	40,5
Подпологовый ельник										
1 - 2,0 и меньше	-	0,1	-	0,3	2,4	0,6	3,2	1,0	2,7	1,1
2 - 2,1-6,0	4,4	1,4	6,5	2,5	9,4	4,4	9,4	6,0	8,4	6,9
3 - больше 6,0	14,3	7,7	15,2	9,3	17,7	12,4	17,8	16,4	17,4	18,9

**Примечание:**  $Z_G$  – прирост по площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м;  $Z_V$  – прирост по объёму ствола.

Таблица 5

**Процент периодического прироста (по Пресслеру М.) по площади поперечного сечения и объёму ствола в ельниках на вырубке и в подпологовом ельнике**

Высотная группа – высота в год рубки, м	Процент периодического прироста за период после рубки, лет							
	1-5		6-10		11-15		16-20	
	$P_G$	$P_V$	$P_G$	$P_V$	$P_G$	$P_V$	$P_G$	$P_V$
Ельник, формирующийся на вырубках								
1 - 2,0 и меньше	-	149	126	142	81	108	40	63
2 - 2,1-6,0	81	92	85	109	61	86	32	47
3 - больше 6,0	23	23	33	36	30	35	17	25
Подпологовый ельник								
1 - 2,0 и меньше	-	83	88	81	58	60	32	41
2 - 2,1-6,0	45	54	42	55	30	46	21	35
3 - больше 6,0	22	24	21	25	17	25	14	23

**Примечание:** процент прироста по:  $P_G$  – площади поперечного сечения ствола;  $P_V$  – объёму ствола.

Максимального значения  $Z_G$  у всех деревьев достигает через 11–15 лет после рубки берёзы (табл. 4). Прирост по объёму ствола ( $Z_V$ ) у деревьев высотой более 6 м через 15 лет после рубки начинает снижаться, а у деревьев меньшей высоты тенденция его увеличения сохраняется, хотя интенсивность падает, о чём свидетельствуют уменьшающиеся значения  $P_V$

(табл. 5). В отличие от  $Z_G$  максимальные значения  $Z_V$  у деревьев разных высот наблюдаются в разные периоды. У деревьев высотной группы 3 это происходит через 15 лет после рубки, а у деревьев групп 1 и 2 – через 20 лет после рубки (табл. 4). Высокие проценты прироста  $P_G$  и  $P_V$  сохраняются при давности рубки до 10 лет, в дальнейшем их значения снижа-

ются. При давности рубки 16–20 лет эти значения у деревьев высотой более 6,0 м приближаются к значениям, полученным для подпологовых ельников (табл. 5).

Основная часть прироста, произошедшего в течение 20-ти лет после рубки, по площади сечения (59–77 %) и по объёму ствола (66–85 %) приходится на период 6–15 лет после рубки. Это на пять лет позже по сравнению с периодом для прироста в высоту.

Периодический прирост по объёму ствола является интегральным выражением приростов  $Z_H$  и  $Z_G$ . В результате анализа корреляционных связей процентов периодического прироста установлено, что у невысоких деревьев ( $H_R < 2,1$  м, средний возраст в год рубки 13 лет) в течение 20-летнего периода после рубки прирост по объёму ствола главным образом обусловлен приростом в высоту. Корреляционные отношения ( $\eta$ ) зависимости  $P_V = f(P_H)$  равны 0,64–0,82, что больше значений  $\eta$  для зависимости  $P_V = f(P_G)$  (табл. 6).

Для деревьев возрастной группы 2 ( $H_R = 2,1–6,0$  м, средний возраст в год рубки 31 год) нарастание объёма в большей мере связано с приростом по площади поперечного сечения стволов, особенно через пять лет после рубки берёзы, когда связь  $P_V = f(P_G)$  носит почти функциональный характер  $-\eta = 0,94–0,97$ , она достоверна при уровне значимости 0,05 (табл. 6).

У деревьев высотой более 6,0 м (средний возраст в год рубки 62 года) в течение первых после рубки 15-ти лет увеличение прироста  $Z_V$  в равной мере обеспечивается приростами  $Z_H$  и  $Z_G$ . Корреляционные отношения связи  $P_V$  с  $P_H$  изменяются в интервале 0,84 – 0,95, с  $P_G$  – 0,82 – 0,98. В последующие годы первая связь становится слабее ( $\eta = 0,67$ ). При давности рубки 15 – 20 лет прирост деревьев ели по объёму стволов в большей степени обеспечивается приростом по площади поперечного сечения стволов (табл. 6).

Таблица 6

Связь процентов периодического прироста деревьев ели

Период после рубки, лет	Высотная группа – высота в год рубки, м	Показатели связи процента прироста объёма ( $P_V$ ) ствола с				
		$P_H$		$P_G$		$F_{0,05}$
		$\eta$	$F_{\text{факт}}$	$\eta$	$F_{\text{факт}}$	
1-5	1 - 2,0 м и меньше	0,81	464,58	-	-	3,00
	2 - 2,1-6,0	0,89	53,81	0,94	104,84	3,80
	3 - больше 6,0 м	0,92	56,36	0,90	21,43	4,00
6-10	1 - 2,0 м и меньше	0,64	152,93	0,55	95,80	3,00
	2 - 2,1-6,0	0,46	1,59	0,96	164,56	3,80
	3 - больше 6,0 м	0,95	108,22	0,98	304,87	4,00
11-15	1 - 2,0 м и меньше	0,81	219,98	0,69	220,03	3,00
	2 - 2,1-6,0	0,81	11,18	0,97	98,70	3,80
	3 - больше 6,0 м	0,84	26,74	0,82	10,72	4,00
16-20	1 - 2,0 м и меньше	0,82	243,58	0,72	259,55	3,00
	2 - 2,1-6,0	0,36	1,88	0,95	56,01	3,80
	3 - больше 6,0 м	0,67	8,89	0,94	83,20	4,00

**Примечание:**  $\eta$  – корреляционное отношение;  $F_{\text{факт}}$ ,  $F_{0,05}$  – коэффициенты Фишера соответственно фактические и табличные при уровне значимости 0,05.

Рассмотренные изменения роста ели в связи с рубкой березняков являются усреднёнными и относятся в целом для площади вырубki. Они не вскрывают особенностей динамики роста ели в связи со значительной территориальной неоднородностью формирующегося на вырубке фитоценоза. Разнообразие условий формирования насаждений после рубки березняков можно проиллюстрировать на примере опытного объекта (ПП 14 и ПП 15), где натурными исследованиями было выделено 29 парцеллярных структур, отличающихся по составу и строению фитоценозов [17]. Это, безусловно, не может не сказаться на состоянии и росте ели, вышедшей из-под полога берёзы в результате её рубки. Изучение роста ели в связи с парцеллярной структурой фитоценозов является следующим этапом наших исследований, которые позволят дифференцированно подойти к назначению и проведению лесоводственных мероприятий в таких насаждениях.

**Выводы.** Время реакции деревьев ели на изменения условий среды в результате рубки берёзы в значительной мере определяется их возрастом. В первые 10 лет после рубки наилучшим образом реагируют деревья возрастом до 25 лет, их высота становится существенно больше, чем у деревьев под пологом. В последующие 10 лет это происходит с деревьями возрастом до 40 лет. Деревья более старших возрастов (41–60 лет) увеличивают прирост в высоту, но по высоте они часто уступают деревьям в подпологовой популяции.

Учитывая сложность установления возраста, в качестве показателя, определяющего реакцию ели на рубку берёзового полога, можно использовать высоту дерева в год проведения рубки, которая хорошо коррелирует с возрастом, площадью поперечного сечения ствола и объёмом ствола. Выделено три высотные группы деревьев в год рубки берёзы: 2,0 м и меньше; 2,1 – 6,0 м; более 6,0 м.

Положительная реакция на рубку берёзы наблюдается у всех деревьев уже в

первые пять лет. Деревья высотой 2,0 м и менее реагируют увеличением прироста в высоту, деревья высотой 2,1–6,0 м – увеличением прироста как в высоту, так и прироста по площади поперечного сечения стволов, деревья высотой более 6,0 м – только увеличением прироста по площади поперечного сечения стволов. У последних в этот период прирост в высоту остаётся на уровне дорубочного периода. Только через пять лет после рубки наблюдается его усиление.

Максимумы прироста в высоту у деревьев высотой 6,0 м и меньше наступают через 10 лет после рубки, у деревьев высотой более 6,0 м – на пять лет позже. Такие значения приростов по площади поперечного сечения стволов у всех деревьев независимо от их высоты наблюдаются в период 11–15 лет после рубки. В пределах рассматриваемого 20-летнего периода наибольшие значения прироста по объёму стволов у деревьев высотой 6,0 м и меньше отмечены при давности рубки 16–20 лет, у деревьев большей высоты – 11–15 лет.

После рубки берёзы в течение 20-летнего периода прирост объёма стволовой древесины у деревьев высотой 2,0 м и меньше главным образом обусловлен приростом в высоту. У деревьев высотой в год рубки 2,1–6,0 м нарастание объёма в большей мере связано с приростом по площади поперечного сечения стволов. У деревьев высотой более 6,0 м в течение первых после рубки 15-ти лет увеличение прироста по объёму в равной мере обеспечивается приростами по высоте и площади поперечного сечения стволов, а при давности рубки более 15 лет – приростом по площади поперечного сечения стволов.

Влияние рубки берёзы на рост подпологовой популяции ели наблюдается в течение 16–20 лет. За этот период почти в два раза увеличивается сомкнутость крон деревьев ели, обостряется внутривидовая конкуренция, приводящая к существенному снижению приростных характеристик.

## Список литературы

1. *Ткаченко М.Е.* Общее лесоводство. Л.: Гослестехиздат, 1938. 746 с.
2. *Мелехов И.С.* Рубки и возобновление леса на Севере. Архангельск: Архангельское книжное изд-во, 1960. 202 с.
3. *Побединский А.В.* Рубки и возобновление в таёжных лесах СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 200 с.
4. *Побединский А.В.* Рубки главного пользования. М.: Лесная промышленность, 1980. 192 с.
5. *Алексеев В.И.* Возобновление ели на вырубках. М.: Наука, 1978. 130 с.
6. *Орлов, А.Я., Ильюшенко А.Ф.* Состояние подроста ели на сплошных вырубках в березняках южной тайги // Лесоведение. 1982. № 1. С. 18-25.
7. *Орлов А.Я., Серяков А.Д.* Формирование еловых древостоев из подроста на вырубках мелколиственных лесов // Лесное хозяйство. 1991. № 1. С. 23-25.
8. *Синкевич С.М.* Оценка эффективности сохранения подроста на сплошных вырубках // Известия вузов. Лесной журнал. 2005. № 6. С. 30-36.
9. *Успенский Е.И.* Ход роста елового подроста на свежих вырубках // Ботанико-лесоводственные исследования. Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1972. С. 130-135.
10. *Дудин В.А., Коновалов А.Н.* Способы рубок как средство ускоренной трансформации вторичных мягколиственных лесов в коренные хвойные // Лесное хозяйство. 2006. № 1. С. 16-18.
11. *Желдак В.И.* Вопросы эколого-лесоводственного обеспечения управления защитными лесами // Проблемы и перспективы совершенствования лесоводственных мероприятий в защитных лесах: Сб. статей Международной научно-практической конференции. 18-20 июня 2013. Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. С. 53-65.
12. *Багаев С.В.* Рубки переформирования в березняках со вторым ярусом и подростом ели в Костромской области // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. 2016. № 4. С. 84-92. URL:<http://lhi.vniilm.ru/>
13. Возрастная структура популяции ели на вырубках с сохраненным еловым подростом / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин, А.П. Никитин и др. // Лесоведение. 2001. № 5. С. 68-71.
14. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.-Л.: Гослесбуиздат, 1952. 157 с.
15. *Дерюгин А.А., Серяков А.Д.* Адаптация подпологовой ели к условиям рубки в подзоне южной тайги // Лесохозяйственная информация. 2002. № 8. С. 12-17.
16. *Рубцов, М.В., Дерюгин А.А., Серяков А.Д.* Закономерности роста ели после рубки верхнего яруса березы // Лесоведение. 2005. № 6. С. 17-27.
17. *Рыбакова Н.А., Рубцов М.В.* Динамика парцеллярной структуры фитоценозов на вырубках с елью предварительной генерации // Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги. Памяти М.В. Рубцова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 155-171.

Статья поступила в редакцию 19.02.18.

## 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 75 публикаций.

*ГЛАЗУНОВ Юрий Борисович* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лесоводства и биологической продуктивности, Институт лесоведения РАН. Область научных интересов – биогеоценология, лесоводство. Автор 45 публикаций.

UDC 630\*221.2:630\*561

DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.5

## GROWTH OF SPRUCE OF ADVANCE REGENERATION AFTER BIRCH GROVES FELLING IN THE SUBZONE OF SOUTHERN TAIGA OF RUSSIAN PLAIN

*A. A. Derugin, Yu. B. Glazunov*

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences,  
21, Sovetskaya St., Uspenskoe village, Odintsovskiy district, Moscow region, 143030, Russian Federation  
E-mail: da45@mail.ru

**Keywords:** southern taiga; felling of birch forests; preliminary generation of spruce; growth.

### ABSTRACT

**Introduction.** Study of demutative processes in the industrial plantations of small-leaved species, and study of growth dynamics of subordinate population of spruce are of current importance. It is explained with the necessity to achieve the fastest recovery of spruce stands in the taiga region. Study of the influence of felling of small-leaved stands on the growth of preliminary generation of spruce is one of the aspects of such studies. The goal of the research is to study the influence of felling of upper canopy of birch on the growth of age and high level groups of subordinate population of spruce. **Objects and methods.** The growth of spruce of preliminary generation was studied under the canopy of sorrel-myrtillus birch groves and after felling of these groves aged 55 at the permanent samples of Northern forest experimental station of the Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (south taiga subzone – Rybinskiy district, Yaroslavl region). Growth course of 340 model trees of spruce was analyzed in detail in 20 years after felling. **Results and discussion.** Time response of spruce trees on the changes of environment, arising from birch felling, is mainly determined with the age and height of trees in the year of felling. The specificity of reaction differs for the trees of different height groups. Apical growth is typical for the trees lower 2,0 m, the trees with 2,1–6,0 m height are characterized with apical growth increase and growth per cross-section area of stem, the trees higher 6,0 m show only growth per cross-section area of stem (apical growth is remained at the level of pre-felling period). Maximum apical growth is found to be in 10 years after felling (trees ≤ 6,0 m), in 15 years after felling (trees > 6,0 m). **Conclusion.** As the factor, determining the perspectives for spruce growth after felling of birch, it is desirable to use the height of trees in the year of felling. Three groups of trees with different height (trees ≤ 2,0 m; trees 2,1–6,0 m; trees > 6,0 m) are revealed in accordance with the extent of response of trees to the changes of environment and dynamics of biometric data. Positive effect of all the spruce trees to birch felling is observed in the first five years. The duration of positive effect of felling on spruce growth is observed during 16–20 years. Crown density of spruce is twice increased, and intraspecific competition, determining considerable lowering of increment, becomes pointed during the period.

### REFERENCES

1. Tkachenko M.E. *Obshchee lesovodstvo* [General Forestry]. Leningrad: Goslestekhizdat, 1938. 746 p. (In Russ.).
2. Melekhov I.S. Rubki i vozobnovlenie lesa na Severe [Fellings and Forest Regeneration in the North]. Arkhangelsk: Arkhangelskoe knizhnoe izdatelstvo, 1960. 202 p. (In Russ.).
3. Pobedinskiy A.V. *Rubki i vozobnovlenie v taezhnykh lesah SSSR* [Fellings and Forest Regeneration in the USSR Taiga]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1973. 200 p. (In Russ.).
4. Pobedinskiy A.V. *Rubki glavnogo polzovaniya* [Final Fellings]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1980. 192 p. (In Russ.).
5. Alekseev V.I. *Vozobnovlenie eli na vyrubkakh* [Spruce Regeneration on the Clearance]. Moscow: Nauka, 1978. 130 p. (In Russ.).
6. Orlov A.Ya., Ilushenko A.F. Sostoyanie podrosta eli na sploshnykh vyrubkakh v bereznyakh yuzhnoy taigi [The State of Spruce Undergrowth on the Clean Felling in the Birch Groves of South Taiga]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 1982. No 1. Pp. 18-25. (In Russ.).
7. Orlov A.Ya., Seryakov A.D. Formirovanie elovykh drevostoev iz podrosta na vyrubkakh melkolistvennykh lesov [Formation of Spruce Stand of the Undergrowth at the Clearance of Small-Leaved Species]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 1991. No 1. Pp. 23-25. (In Russ.).
8. Sinkevich S.M. Otsenka effektivnosti sokhraneniya podrosta na sploshnykh vyrubkakh [An Assessment of Efficiency of Undergrowth Preservation at the Clean Felling]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of Universities. Forest Journal]. 2005. No 6. Pp. 30-36. (In Russ.).

9. Uspenskiy E.I. Khod rosta elovogo podrosta na svezhikh vyrubkakh [Growth Course of Spruce Undergrowth at the Fresh Fellings]. *Botaniko-lesovodstvennyye issledovaniya* [Botanical and Silvicultural Research]. Gorkiy: Volgo-Vyatskoe knizhnoe izdatelstvo, 1972. Pp. 130-135. (In Russ.).

10. Dudin V.A., Konovalov A.N. Spособы rubok kak sredstvo uskorennoy transformatsii vtorichnykh myagkolistvennykh lesov v korennyye khvoynye [Felling System as a Means of Accelerated Transformation of Secondary Soft-Wooded Broad-Leaved Forests into Primary Coniferous Forests]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2006. No 1. Pp. 16-18. (In Russ.).

11. Zheldak V.I. Voprosy ekologo-lesovodstvennogo obespecheniya upravleniya zashchitnymi lesami [The Issues of Ecological and Silvicultural Provision to Manage Protection Forests]. *Sb. statey Mezhdunarodnoy Nauchno-prakticheskoy konferentsii. Problemy i perspektivy sovershenstvovaniya lesovodstvennykh meropriyatiy v zashchitnykh lesakh: 18-20 iunya 2013*. [Collected papers of International Scientific and Practical Conference. Problems and Perspectives to Enhance the Silvicultural Measures in Protection Forests. June, 18-20 2013]. Pushkino: VNIILM, 2014. Pp. 53-65. (In Russ.).

12. Bagaev S.V. Rubki pereformirovaniya v bereznyakakh so vtorym yarusom i podrostom eli v Kostromskoy oblasti [Restocking Cut in the Birch Groves with the Second Layer and Spruce Undergrowth in Kostroma Region]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya: elektronnyy setevoy zhurnal* [Forestry-

Based Information: e-network journal]. 2016. No 4. Pp. 84-92. URL:<http://lhi.vniilm.ru/> (In Russ.).

13. Rubtsov M.V., Derugin A.A., Nikitin A.P. et al. Vozrastnaya struktura populyatsii eli na vyrubkakh s sokhranennym elovym podrostom [Age Structure of Spruce Population at the Felling with the Preserved Spruce Undergrowth]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2001. No 5. Pp. 68-71. (In Russ.).

14. Anuchin N.P. Lesnaya taksatsiya [Estimation]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1952. 157 p. (In Russ.).

15. Derugin A.A., Seryakov A.D. Adaptatsiya podpologovoy eli k usloviyam vyrubki v podzone yuzhnoy taygi [Adaptation of Subordinate Spruce to the Condition of Felling in the Subzone of Southern Taiga]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry-Based Information]. 2002. No 8. Pp. 12-17. (In Russ.).

16. Rubtsov M.V., Derugin A.A., Seryakov A.D. Zakonomernosti rosta eli posle rubki verkhnego yarusy berezy [Regularities of Spruce Growth after Felling of Upper Layer of Birch]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2005. No 6. Pp. 17-27. (In Russ.).

17. Rybakova N.A., Rubtsov M.V. Dinamika partsellyarnoy struktury fitotsenozov na vyrubkakh s elu predvaritelnoy generatsii [Dynamics of Crofting Structure of Plant Association at the Felling to Obtain Preliminary Generation]. *Kompleksnyye statsionarnyye issledovaniya v lesakh yuzhnoy taygi. Pamyati M.V. Rubtsova* [Complex Stationary Research in the Southern Taiga Forests. In Memory of M.V. Rubtsov]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2017. Pp. 155-171. (In Russ.).

The article was received 19.02.18.

**For citation:** Derugin A. A., Glazunov Yu. B. Growth of Spruce of Advance Regeneration after Birch Groves Felling in the Subzone of Southern Taiga of Russian Plain. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018. No 2(38). Pp. 5–88. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.2.5

#### Information about the authors

*DERUGIN Anatoliy Aleksandrovich* – 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 75 publications.

*GLAZUNOV Yuri Borisovich* – 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. The author of 45 publications.