

А.Е. Осипенко, К.А. Башегуров, Р.А. Осипенко, С.В. Залесов

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ
В СОСНЯКАХ НОВИЧИХИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА
АЛТАЙСКОГО КРАЯ ПОСЛЕ РУБОК ОБНОВЛЕНИЯ**

Введение. В ленточных борах Алтайского края сосняки преимущественно разновозрастные [Осипенко, Залесов, 2023], что обусловлено зонально-типологическими условиями, а также характером пирогенного и антропогенного воздействия на них [Кутявин и др., 2021; Lundqvist et al., 2019]. При этом деление деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на поколения по размеру весьма условно, поскольку угнетенные старые деревья могут быть ниже и тоньше молодых, выросших в благоприятных условиях [Осипенко и др., 2020].

Выборочная система рубок, принятая в ленточных борах, частично способствует омоложению сосновых насаждений и усиливает дифференциацию их структуры [Дебков и др., 2017; Szmyt, 2025]. Однако при выборочных рубках возможна отрицательная селекция: вырубаются крупные и быстрорастущие деревья, а медленнорастущие и угнетенные оставляются «на дорастивание», что дает последним больше шансов на оставление потомства [Tikhonova et al., 2021; Huang et al., 2023].

При правильном применении рубки обновления могут быть более эффективны, чем добровольно- и группово-выборочные рубки, для омоложения насаждений и естественного возобновления сосны [Годовалов и др., 2009; Луферов, 2020]. Однако для того, чтобы рубки обновления были эффективны, необходимо учитывать зонально-типологические особенности лесов, их целевое назначение и состояние [Иванов, Семенякин, 2021; Прищепов, Рожков, 2024].

Несмотря на накопленный опыт применения рубок обновления [Ключников, Парамонов, 2003; Залесов и др., 2014; Желдак и др., 2022], результаты нередко оказываются неудовлетворительными из-за отклонений от технологии или отсутствия должного планирования [Лабоха и др., 2021].

В ленточных борах Алтайского края рубки обновления широко применялись с 1995 по 2008 гг. [Маленко и др., 2012; Желдак и др., 2022], но

затем были фактически прекращены из-за отсутствия четких критериев их проведения. В 2017 г., после принятия актуальных на тот момент Правил ухода за лесами (Приказ Минприроды России от 22.11.2017 г. № 626), возможность применения рубок обновления в защитных лесах была восстановлена [Мартынюк и др., 2019]. Таким образом, с учетом истории применения и существующих проблем, связанных с реализацией рубок обновления в ленточных борах, становится актуальной задача анализа их эффективности с точки зрения формирования молодого поколения леса.

Цель работы – оценить эффективность рубок обновления с точки зрения формирования молодого поколения леса в сосновых насаждениях ленточных боров Алтайского края.

Материалы и методика исследования. Полевые исследования проведены в сентябре 2024 г. на территории Новичихинского лесничества Алтайского края, относящегося к Алтае-Новосибирскому району лесостепей и ленточных боров (Приказ Минприроды РФ от 18.08.2014 № 367).

Объектами исследования являются естественные сосновые насаждения типов леса: сухой бор пологих всхолмлений (СБП), свежий бор (СВБ) и травяной бор (ТРБ), пройденные рубками обновления (ОБН) в 2003-2005 гг. На пробных площадях (ПП) Н9 и Н16 также была проведена группово-выборочная рубка (ГВР). Рубки проводились по безопасной технологии с использованием бензопил и тракторов типа МТЗ-82. Порубочные остатки сжигались в пожаробезопасный период [Залесов и др., 2023].

Рубки различной интенсивности (табл. 1) в исследуемых сосняках проводились путем равномерного изреживания старших поколений деревьев. На ПП Н9 и Н10 осуществлялся заключительный прием обновления.

На пробных площадях размером 0,25–0,30 га был выполнен сплошной пересчет деревьев диаметром от 4 см с определением высот у части экземпляров. Подрост (деревья диаметром < 4 см) и подлесок учитывались на площадках размером 4 м² (по 20 шт. на каждой ПП), заложенных по диагоналям. Изучение компонентов насаждения осуществлялось с использованием общеизвестных методик [Бунькова и др., 2020].

На большинстве ПП для оценки текущих приростов по высоте и диаметрам было измерено по 30 экземпляров подроста и по 10 модельных деревьев. Замеры диаметров проводились у основания ствола и на высоте 1,3 м. На ПП Н17 измерения не проводились из-за недостаточного количества подроста. Характеристика древостоев и подроста до рубки (табл. 2, 3) приведена по материалам лесоустройства 2003 г.

Таблица 1

Местонахождение лесных участков и характеристика рубок

Location of forest plots and characteristics of felling

№ ПП	Координаты GPS, с.ш. / в.д.	Участковое лесничество	№ квартала	№ выдела	Площадь выдела, га	Характеристика рубки		
						Вид	Год	Интенсивность, %
Н9	52°10.142' 81°18.392'	Новичинское	22	33	8,1	ОБН	2004	45
						ГВР	2012	10
Н10	52°10.363' 81°16.840'	Новичинское	6	21	6,5	ОБН	2004	60
Н15	52°09.228' 81°09.114'	Мельниковское	31	11	4,3	ОБН	2005	50
Н16	52°10.757' 81°12.040'	Мельниковское	44	19	11,0	ОБН	2005	50
						ГВР	2021	25
Н17	52°10.870' 81°17.978'	Новичинское	8	49	2,7	ОБН	2003	30

Таблица 2

Таксационная характеристика древостоев до рубки

Taxation characteristics of stands before felling

№ ПП	Тип леса	Класс бонитета	Ярус	Состав	Элемент леса	Средние			Относительная полнота	Запас, м³/га
						Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см		
Н9	СБП	IV	1	6С4С	6С	145	21	36	0,3	100
					4С	95	20	28		
			2	6С4С	6С	55	16	14	0,6	120
					4С	30	10	10		
Н10	СВБ	III	1	7С3С	7С	140	23	40	0,4	150
					3С	105	22	30		
			2	7С3С	7С	45	16	16	0,5	100
					3С	25	10	8		
Н15	СБП	III	1	7С3С	7С	120	23	32	0,6	215
					3С	55	16	16		
Н16	СВБ	III	1	7С2С1С	7С	120	23	32	0,7	230
					2С	70	18	18		
					1С	45	11	12		
Н17	ТРБ	II	1	9С1Б	9С	105	27	36	0,9	380
					1Б	45	17	16		

Таблица 3

Характеристика подроста до рубки
Characteristics of undergrowth before felling

№ ПП	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Густота, тыс. шт./га
Н9	10С	10	1,0	4,0
Н10	10С	15	2,0	5,0
Н15	10С	10	1,5	7,0
Н16	10С	10	1,5	6,0
Н17	10С	20	1,5	1,5

Средние значения диаметров и высот элементов леса рассчитывались по стандартным методикам. Возраст деревьев уточнялся по мутовкам и древесным кернам. Запас древесины, относительная полнота, а также бонитет определялись по общеизвестным таблицам и шкалам [Загребев и др., 1992; Третьяков и др., 1952].

Для статистической оценки различий использован *H*-критерий Краскела–Уоллиса. Обработка данных проводилась в Excel-2013 и Statistica 8.

Результаты исследования. Таксационная характеристика древостоев спустя 19-21 год после рубок обновления представлена в табл. 4.

После рубки обновления на четырех из пяти участков зафиксировано изменение класса бонитета. Понижение бонитета на ПП Н10 связано с тем, что молодняк сформировался из подроста, который более 10 лет развивался под пологом материнских деревьев. Переоценка бонитета на ПП Н15 по сравнению с материалами лесоустройства 2003 г., по-видимому, обусловлена занижением среднего возраста древостоя. Повышение бонитета на ПП Н9 и Н17, вероятно, связано с изъятием во время рубок угнетенных и больных деревьев [Рогозин, Разин, 2015].

На ПП Н9 в рамках рубки обновления планировалось полное удаление первого яруса (средний возраст элементов леса 95 и 145 лет в 2003 г.). Однако даже после проведения дополнительной группово-выборочной рубки через 8 лет полностью реализовать это не удалось.

На ПП Н10, где также планировалось удаление первого яруса, интенсивность рубки была на 15% выше, что позволило за один прием преобразовать двухъярусное насаждение в молодняк, хотя в составе древостоя остались единичные, преимущественно угнетенные, деревья старшего поколения. С точки зрения возобновления леса на ПП Н10 получены наилучшие результаты.

Таблица 4

Таксационная характеристика древостоев в 2024 г.

Taxation characteristics of stands in 2024

№ ПП	Класс бони-тета	Состав	Эле-мент леса	Средние			Густота, шт./га	Полнота		Запас, м³/га
				Воз-раст, лет	Высо-та, м	Диаме-тр, см		Абсо-лютная, м²/га	Относи-тельная	
Н9	III	9С1С+С	9С	121	23,6	31,1	198	15,1	0,41	153
			1С	91	15,3	16,5	127	2,7	0,09	23
			+С	22	5,1	5,0	234	0,5	0,03	2
Итого:							559	18,3	0,53	178
Н10	IV	10С ед.С	10С	31	6,3	6,3	2160	6,7	0,39	29
			ед.С	98	19,8	29,2	52	3,5	0,10	34
Итого:							2212	10,2	0,49	63
Н15	IV	6С2С2С	6С	150	21,1	36,5	86	8,9	0,27	95
			2С	111	15,0	17,9	165	4,2	0,15	34
			2С	28	6,8	6,2	1880	5,7	0,29	25
Итого:							2131	18,8	0,71	154
Н16	III	9С1С	9С	132	23,3	33,9	123	11,2	0,30	122
			1С	38	6,5	5,9	723	2,0	0,10	8
Итого:							846	13,2	0,40	130
Н17	I	8С2Б	8С	103	28,6	39,6	162	19,9	0,43	264
			2Б	50	15,8	14,6	408	6,8	0,21	56
Итого:							570	26,7	0,64	320

На ПП Н15 и Н16, где проводился первый прием рубки обновления, сформировались полноценные молодые поколения, вошедшие в состав древостоя. Дополнительно после рубок появился новый подрост, однако его жизнеспособность невысока – преобладают особи мелкой и средней категорий (табл. 5). Это свидетельствует о затенении подроста последующей генерации как материнским пологом, так и подростом предварительной генерации.

На ПП Н17 рубка обновления в комплексе с минерализацией поверхности почвы (в качестве меры содействия естественному возобновлению) не дали положительного эффекта. Количество подроста сосны сократилось, в составе насаждения увеличилась доля березы. Это согласуется с результатами работ [Малиновских, 2020, 2024; Желдак и др., 2022; Залесов и др., 2023], где отмечено, что в условиях типа леса «травяной бор» при снижении полноты происходит разрастание подлеска и живого напочвенного покрова.

Таблица 5

Характеристика подроста, всходов и подлеска в 2024 г.
Undergrowth, seedling, and underwood characteristics in 2024

Показатель		№ ПП				
		Н9	Н10	Н15	Н16	Н17
Состав подлеска		–	10АЖ	–	–	10АЖ
Густота подлеска, тыс. шт./га		0	0,3	0	0	5,5
Высота подлеска, м		–	0,9	–	–	1,7
Густота всходов, тыс. шт./га		1,6	0	0	3,0	0
Состав подроста		10С	10С	10С	10С+Б	5Б3Ос2С
Мелкий подрост						
Густота, тыс. шт./га	Жизнеспособный	0,4	0,6	0,1	0,1	0
	Сомнительный	1,4	0	0	0,3	0
	Нежизнеспособный	2,1	0,1	0,3	0,9	0
Встречаемость, %		35	25	10	20	0
Возраст, лет		5	5	5	7	–
Диаметр основания ствола, см		0,4	0,9	0,4	0,8	–
Диаметр кроны, см		12,4	25,3	12,7	23,7	–
Средний подрост						
Густота, тыс. шт./га	Жизнеспособный	2,3	0,1	0,1	1,8	0
	Сомнительный	1,1	0,1	0,9	0,5	0
	Нежизнеспособный	5,1	1,3	3,6	4,5	0
Встречаемость, %		75	35	80	70	0
Возраст, лет		15	22	14	15	–
Диаметр основания ствола, см		1,8	1,6	1,2	1,8	–
Диаметр ствола, на высоте 1,3 м, см		0,3	0,6	0,5	0,7	–
Диаметр кроны, см		57,9	45,1	41,1	59,6	–
Крупный подрост						
Густота, тыс. шт./га	Жизнеспособный	6,8	1,4	6,3	5,4	0,5
	Сомнительный	0,9	0	1,6	2,9	0
	Нежизнеспособный	1,5	2,8	1,6	1,4	0,8
Встречаемость, %		60	55	90	50	20
Возраст, лет		20	29	25	21	30
Диаметр основания ствола, см		3,6	3,9	3,6	4,1	–
Диаметр ствола, на высоте 1,3 м, см		1,6	1,9	1,8	2,4	–
Диаметр кроны, см		94,9	86,7	102,1	110,9	–
В пересчете на крупный жизнеспособный подрост						
Густота, тыс. шт./га		10,0	1,8	7,8	8,5	0,5
Встречаемость, %		90	45	85	60	5
Возраст, лет		16	25	21	17	30

Густота жизнеспособного подроста, пересчитанная на категорию крупного, варьирует в пределах от 0,5 до 10,0 тыс. шт./га. Жизнеспособный подрост на исследуемых участках относится преимущественно к категории крупного. Наибольшие диаметры стволов и крон подроста наблюдаются на ПП Н16, что объясняется низкой относительной полнотой древостоя. Относительно небольшое количество подроста на ПП Н10, вероятно, является следствием высокой густоты сформированного молодняка и куртинным характером расположения деревьев в нем.

На рис. 1 представлены данные о текущих приростах по высоте для модельных деревьев, а также для подроста различных категорий за период с 2000 по 2024 гг.

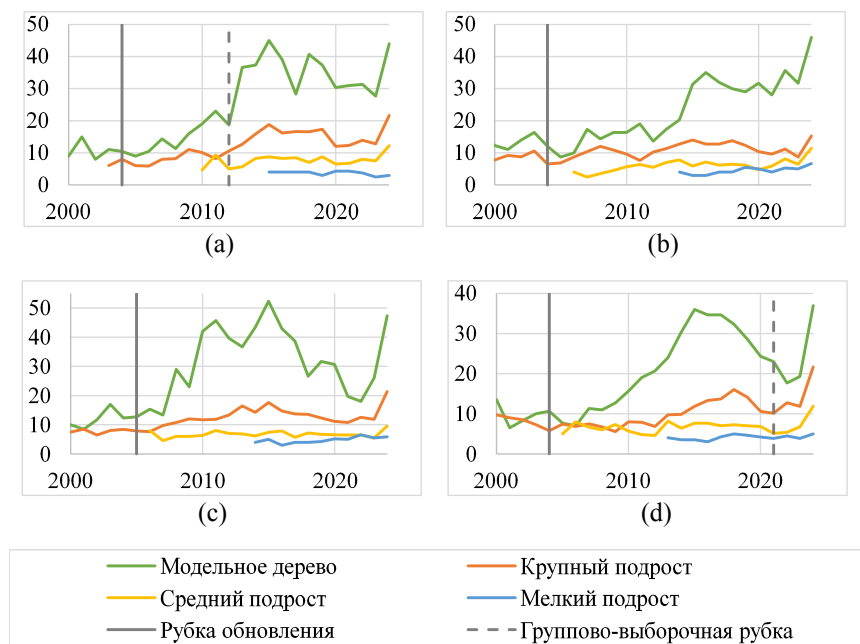


Рис. 1. Текущие приросты по высоте (см) модельных деревьев и подроста сосны за период с 2000 по 2024 гг. на участках: (а) – Н9, (б) – Н10, (с) – Н15, (д) – Н16

Fig. 1. Current height increases (in cm) of model trees and pine undergrowth for the period from 2000 to 2024 on the plots: a – Н9, б – Н10, с – Н15, d – Н16

Реакция подроста на рубку обновления выражалась в увеличении приростов по высоте через 2–3 года после вмешательства. Более крупные эк-

земляры характеризовались наиболее интенсивным приростом. Пик прироста приходится на 2015–2018 гг., после чего наблюдается спад, вероятно, вызванный усилением внутривидовой конкуренции за ресурсы, усугубленной засушливыми условиями в мае (рис. 2). В 2024 г. при благоприятном сочетании осадков и температуры прирост вновь увеличился.

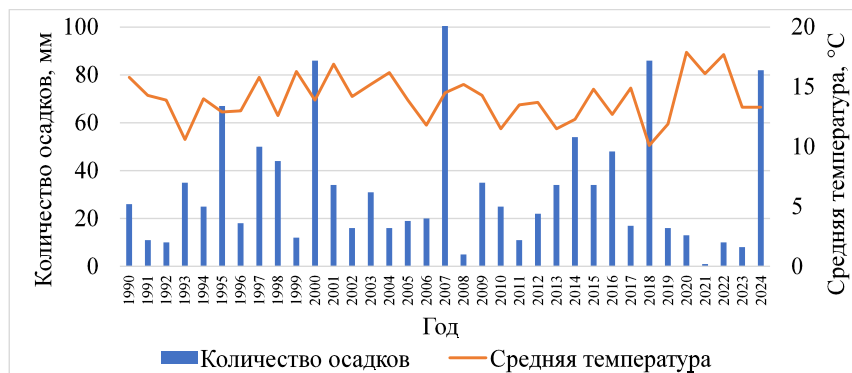


Рис. 2. Количество осадков и средняя температура воздуха в мае за период с 1990 по 2024 гг. (по данным метеостанции в г. Рубцовск)

Fig. 2. Precipitation and average air temperature in May for the period from 1990 to 2024 (according to the weather station in Rubtsovsk)

У подроста последующей генерации (категории мелкий и средний) прирост, за исключением 2024 г., не превышал 10 см в год. Следовательно, достижение средней высоты 1 м требует порядка 15 лет. Основной вклад в формирование древостоя вносит подрост предварительной генерации: от 33 до 74% жизнеспособных экземпляров относятся к категории крупного.

Применение *H*-критерия Краскела-Уоллиса для установления различий по величине текущих приростов подроста и модельных деревьев на исследуемых участках дало следующие результаты: для мелкого подроста различия в ходе роста при уровне значимости 0,05 не существенны (*H*-критерий расчетный – 5,73, *p*-значение – 0,125); для среднего подроста различия существенны (*H*-критерий расчетный – 9,62, *p*-значение – 0,022); для крупного подроста различия не существенны (*H*-критерий расчетный – 5,11, *p*-значение – 0,164); для модельных деревьев результат не значим (*H*-критерий расчетный – 5,74, *p*-значение – 0,125).

На всех участках зафиксированы валежные деревья (табл. 6). Среди погибших деревьев младших поколений преобладают экземпляры, постра-

давшие от механических повреждений и самоизреживания. Валежные деревья старших поколений представлены преимущественно ветровалом, причем как старым, так и свежим.

Таблица 6

Количество и запас валежных деревьев

Number and stock of fallen trees

№ ПП	Валежные деревья младших поколений		Валежные деревья старших поколений	
	Количество, шт./га	Запас, м ³ /га	Количество, шт./га	Запас, м ³ /га
H9	152	0,7	4	4,2
H10	280	0,3	8	3,6
H15	264	1,1	10	4,4
H16	100	1,7	17	16,7
H17	0	0	12	31,0

Отпад деревьев старшего поколения варьирует от 2,3 до 11,4% запаса древостоев, что сопоставимо с выборочной рубкой очень слабой и слабой интенсивности. Наиболее существенный вывал деревьев зафиксирован на ПП H16 и H17. Учитывая типы леса на этих участках (СВБ и ТРБ), отпад может оказывать существенное влияние на восстановительные процессы.

В условиях типов леса СВБ и СБП возобновление сосны происходит успешнее, чем в типе леса ТРБ, что подтверждается результатами исследований [Осипенко, Залесов, 2024]. Для улучшения возобновления в травяных борах могут быть перспективны чересполосные постепенные рубки [Залесов и др., 2023] с последующим созданием культур и агротехническими уходами или содействием естественному возобновлению [Годовалов и др., 2009; Семенякин, Тихонова, 2024].

При полноте древостоя 0,3–0,5 формирование нового поколения сосны в ленточных борах возможно, однако даже при относительной полноте 0,3–0,4 рост подроста и молодняка замедлен. На открытых участках в районе исследований сосна достигает к 20 годам 3,0–6,5 м [Швиденко и др., 2008], тогда как под пологом – в среднем 1,7 м.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку методик оценки экологических функций ленточных боров и изучение влияния лесохозяйственных мероприятий на насаждения различных типов леса с целью создания устойчивой системы ведения хозяйства [Желдак и др., 2022; Banaś et al., 2018].

Выводы:

1. В условиях типов леса «свежий бор» и «сухой бор пологих всхолмлений» рубки обновления позволили омолодить сосновые насаждения и накопить в них достаточное количество подроста для успешного возобновления леса. В условиях травяного бора рубка обновления негативно отразилась на подросте и древостое;

2. Подрост сосны после рубок обновления в условиях типов леса «свежий бор» и «сухой бор пологих всхолмлений» имеет схожую динамику роста в высоту, а также по диаметру стволов и крон. После рубки обновления текущие приросты подроста предварительной генерации увеличиваются в течение 10-14 лет, после чего начинают уменьшаться;

3. Формирование нового поколения сосны происходит преимущественно за счет подроста предварительной генерации. Подрост последующей генерации принимает в этом процессе незначительное участие, так как угнетается более крупным подростом и деревьями старшего возраста;

4. Для завершения смены поколений и предотвращения отпада деревьев на участках Н9, Н15 и Н16 рекомендуется осуществить заключительный прием рубки обновления. На участке Н10 следует провести рубку единичных деревьев и уход за молодняком;

5. На участке Н17 рекомендуется реализация мер по содействию естественному возобновлению с последующей рубкой обновления либо проведение чересполосной постепенной рубки и создание лесных культур. В обоих случаях необходимы качественные агротехнические уходы за самоомом и культурами сосны.

Вклад авторов. Осипенко А.Е. – планирование эксперимента, сбор полевых материалов, камеральная обработка данных, написание текста статьи; Башегуров К.А. – планирование эксперимента, сбор полевых материалов, редактирование текста статьи; Осипенко Р.А. – камеральная обработка данных; Залесов С.В. – редактирование текста статьи.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-76-00009, <https://rscf.ru/project/24-76-00009/>

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ООО «Новичиха-лес» А.Ю. Толстикову и В.А. Овчинникову за предоставленную информацию об объектах исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бунькова Н.П., Залесов С.В., Залесова Е.С., Магасумова А.Г., Осипенко Р.А. Основы фитомониторинга: учеб. пособие; изд. 3-е, доп. и перераб. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2020. 90 с.

Годовалов Г.А., Ежова М.Г., Шипицина О.В., Секерин И.М. Изучение эффективности рубок обновления различными способами // Аграрный вестник Урала. 2009. № 6(60). С. 66-68.

Дебков Н.М., Ильинцев А.С., Васильев А.С. Оценка подпологового возобновления в сосняках южной тайги Томской области // Лесной вестник. 2017. Т. 21, № 1. С. 28-35. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-28-35.

Желдак В.И., Маленко А.А., Мартынюк А.А., Сидоренков В.М., Лямцев Н.И., Коршунов Н.А., Корякин В.А., Рябцев О.В., Малиновских А.А., Дороженкова Э.В., Конюшенков М.Е., Курсыкова Е.С., Сидоренкова Е.М., Трушина И.Г., Трушина Н.И. Ленточные боры и ведение хозяйства в них: монография / под ред. А.А. Мартынюка. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2022. 216 с.

Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.

Залесов С.В., Залесова Е.С., Данчева А.В., Федоров Ю.В. Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи // ИВУЗ. Лесной журнал. 2014. № 6(342). С. 20-31.

Залесов С.В., Осипенко А.Е., Толстиков А.Ю., Усов М.В., Гоф А.А., Савин В.В. Воспроизводство и омоложение ленточных боров Алтайского края: монография. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2023. 357 с.

Иванов В.В., Семенякин Д.А. Влияние выборочных рубок на продуктивность сосновых древостоев в условиях Красноярской лесостепи // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 58-67. DOI: 10.15372/SJFS20210106.

Ключников М.В., Парамонов Е.Г. Рубки обновления и переформирования в особо ценных сосняках. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2003. 117 с.

Кутявин И.Н., Манов А.В., Осипов А.Ф., Кузнецов М.А. Строение древостоев северотаежных сосняков // ИВУЗ. Лесной журнал. 2021. № 2(380). С. 86-105. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105.

Лабоха К.В., Прищепов А.А., Луферов А.О. Пути формирования естественных сосновых насаждений рубками обновления // Труды БГТУ. Сер. 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2021. № 2(246). С. 51-57. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-246-6-51-57.

Луферов А.О. Ход естественного возобновления соснового подроста под пологом насаждений с проведенными рубками промежуточного пользования и постепенными рубками главного пользования // Труды БГТУ. Сер. 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2020. № 1. С. 39-47.

Маленко А.А., Семенов М.И., Елизаров В.А. К вопросу о рубках ухода в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12(98). С. 54-57.

Малиновских А.А. Степень развития растительного покрова в разных типах лесорастительных условий на гарях в ленточных борах Алтайского края // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2020. Т. 24, № 4. С. 43-51. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51.

Малиновских А.А. Оценка успешности естественного возобновления сосны обыкновенной в пригородных лесах Барнаула // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3(90). С. 15-25.

Мартынюк А.А., Сидоренков В.М., Желдак В.И., Лямцев Н.И., Рябцев О.В., Жафяров А.В. Ленточные боры Алтайского края – состояние и совершенствование хозяйства в них // Лесохозяйственная информация. 2019. № 1. С. 33-48. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2019.1.03.

Осипенко А.Е., Залесов С.В. Разновозрастность сосновых древостоев как фактор гармонизации системы лесохозяйственных мероприятий в ленточных борах Алтайского края // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 1 (49). С. 129-145. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/9.

Осипенко А.Е., Залесов С.В. Обеспеченность подростом сосновых насаждений Алтае-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2024. Т. 28, № 3. С. 15-25. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25.

Осипенко А.Е., Осипенко Р.А., Залесов С.В. Возрастная структура сосновых древостоев в Алтае-Новосибирском районе лесостепей и ленточных боров // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 89-100. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2020.3.08.

Прищепов А.А., Рожков Л.Н. Лесные насаждения Беларуси с установленным режимом лесопользования в форме рубок обновления // Труды БГТУ. Сер. I: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2024. № 2(282). С. 38-45. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-5.

Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2015. 277 с.

Семенякин Д.А., Тихонова И.В. Использование многофакторного анализа данных в оценке состояния предварительного и последующего возобновления сосняков после выборочных рубок // ИВУЗ. Лесной журнал. 2024. № 1. С. 33-51. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-33-51.

Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. Таблицы для таксации лесов. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 854 с.

Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильсон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Се-

верной Евразии: нормативно-справочные материалы. 2-е изд., доп. М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2008. 886 с.

Banaś J., Zięba S., Bujoczek L. An example of uneven-aged forest management for sustainable timber harvesting // *Sustainability*. 2018. No. 10(9). Art. no. 3305. DOI: 10.3390/su10093305.

Huang C., Bai T., Li Y., Huang H., Zheng D., Jiang W. Genetic diversity and fine-scale spatial structure of *Pinus yunnanensis* var. *tenuifolia* after selective logging of large-diameter trees // *Journal of Central South University of Forestry & Technology*. 2023. No. 43(10). P. 60-69. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2023.10.007.

Lundqvist L., Ahlström M. A., Petter Axelsson E., Mörling T., Valinger E. Multi-layered Scots pine forests in boreal Sweden result from mass regeneration and size stratification // *Forest Ecology and Management*. 2019. No. 441. P. 176-181. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.03.044.

Szmyt J. Group-selection system as alternative management of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests facing climate change // *European Journal of Forest Research*. 2025. Vol. 144. P. 133-148. DOI: 10.1007/s10342-024-01746-1.

Tikhonova I.V., Ekart A.K., Kravchenko A.N., Tikhonova N.A. Genetic variability in *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, and *Abies sibirica* populations and in felling in the southern taiga of Central Siberia // *Russian Journal of Genetics*. 2021. Vol. 57. P. 297-310. DOI: 10.1134/S1022795421030133.

References

Banaś J., Zięba S., Bujoczek L. An example of uneven-aged forest management for sustainable timber harvesting. *Sustainability*, 2018, no. 10(9), art. no. 3305. DOI: 10.3390/su10093305.

Bunkova N.P., Zalesov S.V., Zalesova E.S., Magasumova A.G., Osipenko R.A. Fundamentals of phytomonitoring. 3rd ed, suppl. and rev. Yekaterinburg: USFEU Publ., 2020. 90 p. (In Russ.)

Debkov N.M., Ilyintsev A.S., Vasiļev A.S. The evaluation of regeneration under the pine forest canopy of southern taiga in the Tomsk region. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 28–35. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-28-35. (In Russ.)

Godovalov G.A., Yezhova M.G., Shipitsyna O.V., Sekirin I.M. Study of efficiency of cutting of updating by various ways. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2009, no. 6(60), pp. 66-68. (In Russ.)

Huang C., Bai T., Li Y., Huang H., Zheng D., Jiang W. Genetic diversity and fine-scale spatial structure of *Pinus yunnanensis* var. *tenuifolia* after selective logging of large-diameter trees. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2023, no. 43(10), pp. 60-69. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2023.10.007.

Ivanov V.V., Semenyakin D.A. Influence of selective logging on the productivity of pine trees in the conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *Siberian*

Journal of Forest Science, 2021, no. 1, pp. 58-67. DOI: 10.15372/SJFS20210106. (In Russ.)

Klyuchnikov M.V., Paramonov E.G. Regeneration and Restocking Felling in Especially Valuable Pine Forests. Barnaul: AltSU Publ., 2003. 117 p. (In Russ.)

Kutyavin I.N., Manov A.V., Osipov A.F., Kuznetsov M.A. Stand Structure of Northern Taiga Pine Forests. *IVUZ. Russian Forestry Journal*, 2021, no. 2(380), pp. 86-105. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-86-105. (In Russ.)

Labokha K.V., Prishchepov A.A., Luferov A.O. Ways of formation of natural pine forests by renovation felling. *Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2(246), pp. 51–57. DOI: 10.52065/2519-402X-2021-246-6-51-57. (In Russ.)

Luferov A.O. Process of natural regeneration of *Pinus sylvestris* undergrowth under the canopy of forest stands with passed intermediate and shelterwood cuttings. *Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources*, 2020, no. 1, pp. 39-47. (In Russ.)

Lundqvist L., Ahlström M.A., Petter Axelsson E., Mörling T., Valinger E. Multi-layered Scots pine forests in boreal Sweden result from mass regeneration and size stratification. *Forest Ecology and Management*, 2019, no. 441, pp. 176-181. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.03.044.

Malenko A.A., Semenov M.I., Elizarov V.A. On improvement cuttings in belt pine forests of the Altai region. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2012, no. 12(98), pp. 54-57. (In Russ.)

Malinovskikh A.A. Plant cover development degree under different types of forest growth conditions on burnt areas in the belt pine forests of the Altai region. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4. pp. 43-51. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51. (In Russ.)

Malinovskikh A.A. Evaluation of natural regeneration success of scots pine in the suburban forests of the city of Barnaul. *Forests of Russia and economy in them*, 2024, no. 3(90), pp. 15-25. (In Russ.)

Martynyuk A.A., Sidorenkov V.M., Zheldak V.I., Lyamtsev N.I., Ryabtsev O.V., Zhafyarov A.V. Ribbon Relict Pine Forests in the Altay Territory – Current Forest Management and its Improvement. *Forestry information*, 2019, no. 1, pp. 33-48. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.1.03.

Osipenko A.E., Osipenko R.A., Zalesov S.V. Age Structure and Composition of Pine Stands in the Altai-Novosibirsk Region of Forest-Steppe and Ribbon Forests. *Forestry information*, 2020, no. 3, pp. 89-100. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.08. (In Russ.)

Osipenko A.E., Zalesov S.V. Age differences of pine stands as a factor of harmonization of the system of forest management activities in ribbon forests of the Altai krai. *Forestry Engineering journal*, 2023, vol. 13, no. 1(49), pp. 129-145. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/9. (In Russ.)

Osipenko A.E., Zalesov S.V. Young pine plantations availability in Altai-Novosibirsk region of forest-steppes and ribbon forests. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 3, pp. 15–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25. (In Russ.)

Prishchepov A.A., Rozhkov L.N. Forests of Belarus with an established forest use regime in the form of renovation felling. *Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 2(282), pp. 38–45. DOI: 10.52065/2519-402X-2024-282-5. (In Russ.)

Rogozin M.V., Razin G.S. Development of Tree Stands. Models, Laws, Hypotheses. Perm: PSU Publ., 2015. 277 p. (In Russ.)

Semenyakin D.A., Tikhonova I.V. The Use of Multivariate Data Analysis in Assessing the State of Advance and After-Regeneration of Pine Forests after Selective Felling. *IVUZ. Russian Forestry Journal*, 2024, no. 1, pp. 33–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-33-51. (In Russ.)

Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nilson S., Buluy Yu.I. Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia (standard and reference materials). 2nd ed., exp. Moscow: Federal Forestry Agency, 2008. 886 p. (In Russ.)

Szmyt J. Group-selection system as alternative management of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests facing climate change. *European Journal of Forest Research*, 2025, vol. 144, pp. 133–148. DOI: 10.1007/s10342-024-01746-1.

Tikhonova I.V., Ekart A.K., Kravchenko A.N., Tikhonova N.A. Genetic variability in *Pinus sylvestris*, *Picea obovata*, and *Abies sibirica* populations and in felling in the southern taiga of Central Siberia. *Russian Journal of Genetics*, 2021, vol. 57, pp. 297–310. DOI: 10.1134/S1022795421030133.

Tretyakov N.V., Gorsky P.V., Samoilovich G.G. The Taxator's Handbook. Tables for Forest Taxation. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1952. 854 p. (In Russ.)

Zagreev V.V., Sukhih V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. All-Union Standards for Forest Taxation. Moscow: Kolos, 1992. 495 p. (In Russ.)

Zalesov S.V., Osipenko A.E., Tolstikov A.Yu., Usov M.V., Gof A.A., Savin V.V. Reproduction and rejuvenation of ribbon pine forests in the Altai krai: monograph. Yekaterinburg: USFEU Publ., 2023. 357 p. (In Russ.)

Zalesov S.V., Zalesova E.S., Dancheva A.V., Fedorov Yu.V. Experience of Regeneration Fellings in the Even-Aged Pine Forests of the Northern Forest-Steppe Subzone. *IVUZ. Russian Forestry Journal*, 2014, no. 6(342), pp. 20–31. (In Russ.)

Zheldak V.I., Malenko A.A., Martynyuk A.A., Sidorenkov V.M., Lyamtsev N.I., Korshunov N.A., Koryakin V.A., Ryabtsev O.V., Malinovskikh A.A., Doroshchenkova E.V., Konyushenkov M.E., Kursikova E.S., Sidorenkova E.M., Trushina I.G., Trushina N.I. Pine forests and its management: monograph / ed. by A.A. Martynyuk. Pushkino: VNIILM Publ., 2022. 216 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 13.03.2025

Осипенко А.Е., Башегуров К.А., Осипенко Р.А., Залесов С.В. Естественное возобновление в сосняках Новичихинского лесничества Алтайского края после рубок обновления // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 141–158. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.141-158

Изучено влияние рубок обновления на молодое поколение леса в сосновых насаждениях Новичихинского лесничества Алтайского края. Давность рубок составляет 19-21 год, интенсивность рубок варьирует от 30 до 60%. Рубки обновления проводились путем равномерного изреживания старших поколений деревьев сосны. Приведена таксационная характеристика древостоев и подроста до и после рубок. Определены текущие приросты по высоте. Оценено количество и запас валежных деревьев на исследуемых участках. Установлено, что в условиях типов леса «свежий бор» и «сухой бор пологих всхолмлений» рубки обновления позволили омолодить сосновые насаждения и накопить в них достаточное количество подроста для успешного возобновления леса. В условиях травяного бора рубка обновления негативно отразилась на подросте и древостое. Доказано, что молодое поколение в сосновых насаждениях, пройденных рубкой обновления, формируется преимущественно за счет подроста предварительной генерации. Выявлено, что подрост сосны после рубок обновления в условиях типов леса «свежий бор» и «сухой бор пологих всхолмлений» имеет схожую динамику роста в высоту. Установлено, что после рубки обновления текущие приросты по высоте подроста предварительной генерации увеличиваются в течение 10-14 лет, после чего начинают уменьшаться. Рекомендовано на трех обследованных участках осуществить заключительный прием рубки обновления; на одном участке – провести рубку единичных деревьев и уход за молодняком; еще на одном участке необходимы меры по содействию естественному возобновлению и последующее проведение рубки обновления, либо проведение чересполосной постепенной рубки и создание лесных культур на вырубленных полосах.

Ключевые слова: рубка обновления, *Pinus sylvestris*, подрост, возобновление, поколение леса, текущий прирост, густота.

Osipenko A.E., Bashegurov K.A., Osipenko R.A., Zalesov S.V. Natural regeneration in the pine forests of the Novichikhinsky forest district in the Altai krai following regeneration felling. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 141–158 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.141-158

The influence of regeneration felling on the younger generation of forests in the pine plantations of the Novichikhinsky forest district in the Altai Krai has been

studied. The age of felling is 19-21 years; the intensity of felling varies from 30 to 60%. The regeneration felling was carried out by evenly thinning the older generations of pine trees. The taxation characteristics of stands and undergrowth before and after felling are given. The current height increases are determined. The number and stock of dead trees on the studied plots are estimated. The study shows that in the conditions of fresh forest and dry forest on gentle slopes, the felling allowed rejuvenating pine plantations and accumulating a sufficient amount of undergrowth in them for successful forest regeneration. In the conditions of the grassy forest, the regeneration felling negatively affected the undergrowth and the forest stand. The study proves that the younger generation in pine plantations subjected to regeneration felling is formed mainly due to pre-generation undergrowth. The study revealed that after regeneration felling in the conditions of fresh forest and dry forest on gentle slopes, the undergrowth of pine trees shows a similar growth dynamics in height. It has been established that after regeneration felling, the current height gains of the pre-generation undergrowth increase over a period of 10-14 years, after which they begin to decrease. It is recommended to carry out the final regeneration felling on three studied plots; on one plot, it is recommended to cut down single trees and take care of young ones; on another plot, measures are needed to promote natural regeneration and subsequent regeneration felling, or to carry out interlaced gradual felling and the creation of forest crops in the cut-down strips.

Key words: regeneration felling, *Pinus sylvestris*, undergrowth, regeneration, forest generation, current growth, density.

ОСИПЕНКО Алексей Евгеньевич – доцент Уральского государственного лесотехнического университета, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 9805-1800. ORCID: 0000-0002-6148-1747.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: osipenkoae@m.usfeu.ru

OSIPENKO Aleksey E. – PhD (Agricultural), Assistant Professor, Ural State Forestry Engineering University. SPIN-code: 9805-1800. ORCID: 0000-0002-6148-1747.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: osipenkoae@m.usfeu.ru

БАШЕГУРОВ Константин Андреевич – доцент Уральского государственного лесотехнического университета, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 7573-8390. ORCID: 0000-0002-9050-8902.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: bashegurovka@m.usfeu.ru

BASHEGUROV Konstantin A. – PhD (Agricultural), Assistant Professor, Ural State Forestry Engineering University. SPIN-code: 7573-8390. ORCID: 0000-0002-9050-8902.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: bashegurovka@m.usfeu.ru

ОСИПЕНКО Регина Александровна – доцент Уральского государственного лесотехнического университета, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 9512-7269. ORCID: 0000-0003-3359-3079.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: osipenkora@m.usfeu.ru

OSIPENKO Regina A. – PhD (Agricultural), Assistant Professor, Ural State Forestry Engineering University. SPIN-code: 9512-7269. ORCID: 0000-0003-3359-3079.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: osipenkora@m.usfeu.ru

ЗАЛЕСОВ Сергей Вениаминович – профессор, заведующий кафедрой лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета, профессор, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 8652-3165. ORCID: 0000-0003-3779-410X.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: zalesovsv@m.usfeu.ru

ZALESOV Sergey V. – DSc (Agricultural), Head of the Forestry Department, Ural State Forestry Engineering University, Professor. SPIN- code: 7599-8125. ORCID: 0000-0003-3779-410X.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: zalesovsv@m.usfeu.ru