

Леса России и хозяйство в них. 2022. № 3. С. 4–16  
*Forests of Russia and economy in them. 2022. № 3. P. 4–16*

Научная статья

УДК: 630\*242

Doi: 10.51318/FRET.2022.56.44.001

## ВЛИЯНИЕ ПРОРЕЖИВАНИЯ ЛИНЕЙНО-СЕЛЕКТИВНЫМ СПОСОБОМ НА ЛЕНТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Алексей Евгеньевич Осипенко<sup>1</sup>, Константин Андреевич Башегуров<sup>2</sup>,  
Алексей Сергеевич Клинов<sup>3</sup>, Регина Александровна Осипенко<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

<sup>2</sup> bashegurovka@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

<sup>3</sup> alexklinov2002@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8229-4126>

<sup>4</sup> osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

**Аннотация.** На основе материалов исследований, выполненных на пробных площадях, произведена оценка влияния рубок прореживания умеренной, умеренно-высокой и высокой интенсивности на ленточные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающие в условиях типа леса сухой бор пологих всхолмлений. Наибольшие запасы древесины растущих деревьев на момент исследований зафиксированы в контрольных вариантах опыта, где прореживание не проводилось. Наибольший объем среднего дерева основного элемента леса наблюдается на первом контрольном участке, который до 60-летнего возраста рос и развивался с наименьшей густотой древостоя. Установлено, что в результате линейно-селективных рубок, проводимых в ленточных лесных культурах, средний диаметр древостоя увеличивается, если не нарушается лесоводственный принцип отбора деревьев в рубку. Увеличение среднего диаметра происходит за счет выборочного удаления отставших в росте деревьев и за счет оставления крайних рядов деревьев, характеризующихся большим средним диаметром по сравнению с диаметром центральных рядов ленточных культур. Результаты прореживания трех из пяти опытных участков были оценены положительно, а двух – отрицательно. Причины неудовлетворительных результатов рубок ухода – чрезмерно высокая интенсивность рубок на отдельных участках таксационных выделов и назначение в рубку деревьев со средним диаметром выше среднего. Рубки прореживания способствуют уменьшению количества сухостойных и валежных деревьев, что повышает пожарную безопасность в сосняках района исследований. В искусственных сосняках района исследований рекомендуется начинать рубки ухода во втором классе возраста. При проведении рубок ухода необходимо учитывать их густоту и характер размещения деревьев по площади.

**Ключевые слова:** рубка прореживания, интенсивность рубки, способ рубки, ленточные лесные культуры, ленточный бор, сухой бор пологих всхолмлений

**Финансирование:** работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-293.2022.5.

Scientific article

Doi: 10.51318/FRET.2022.56.44.001

## THE IMPACT OF LINE-SELECTIVE THINNING ON RIBBON PLANTATIONS OF SCOTS PINE

Alexey E. Osipenko<sup>1</sup>, Konstantin A. Bashegurov<sup>2</sup>,  
Alexey S. Klinov<sup>3</sup>, Regina A. Osipenko<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forestry Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> osipenkoae@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

<sup>2</sup> bashegurovka@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

<sup>3</sup> alexklinov2002@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8229-4126>

<sup>4</sup> osipenkora@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3359-3079>

**Abstract.** Based on materials of the studies performed on temporary sample plots, an assessment of the impact of moderate, light, and heavy thinning on ribbon plantations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing in the conditions of the forest type dry forest of gently sloping hill was made. The largest forest stock of growing trees at the time of the studies was recorded in the control experiments where thinning was not performed. The largest volume of the average tree of the main forest generation is observed in the first control plot, which, up to the age of 60, grew and developed with the lowest stand density. The study established that as a result of line and selective thinning performed in ribbon forest plantations, the average diameter of a forest stand increased if the silvicultural principle of selecting trees for thinning was not violated. The increase in the average diameter occurs due to the selective removal of stunted trees and by leaving the outer rows of trees, which are characterized by a larger average diameter compared to the central rows of ribbon plantations. The results of thinning for three of the five sample plots were evaluated as positive and the results for two of the five plots were found to be negative. The reasons for the unsatisfactory results of thinning are the excessively high intensity of felling in certain areas of taxation stands and the choice of trees with an average diameter above its average value for felling. Thinning cuts help to reduce the number of dead and fallen trees, which increases fire safety in the pine forests of the study area. In the artificial pine forests of the study area, it is recommended to start thinning the trees of the second age class. When performing the improvement thinning, it is necessary to take into account the density and nature of the tree placement by area.

**Keywords:** thinning, cutting intensity, cutting method, ribbon plantations, ribbon forest, dry forest of gently sloping hill

**Funding:** The study was performed as a part of the grant of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists, candidates of sciences, No. МК-293.2022.5.

### Введение

Рубка прореживания является важнейшим лесохозяйственным мероприятием, направленным на правильное формирование кроны и стволов деревьев, оставляемых на доращивание, на их размещение по площади, а также на формирование состава древостоя (Залесов, 2020). В зависимости

от правильности выполнения данного мероприятия изменения могут приводить как к положительным, так и к отрицательным результатам (Данчева, Залесов, 2016). Поэтому проведение рубок ухода не может быть основано на теоретических положениях и материалах, полученных в других лесорастительных райо-

нах страны (Лесоводственная эффективность..., 2009). В связи с большим разнообразием возможных типов лесных культур, методов и способов ухода за лесом, а также природно-климатических условий России проблема оптимизации рубок ухода видится нам актуальным направлением исследований. Отдельным

аспектом указанной проблемы является уход за древостоями искусственного происхождения, так как последние значительно отличаются по своему ходу роста и строению от естественных древостоев (Осипенко, Залесов, 2018; Рост по высоте..., 2019). Однако имеющиеся нормативные документы, регламентирующие рубки ухода, не учитывают происхождение древостоев. Как следствие, при проведении рубок ухода в лесных культурах зачастую не достигается желаемый лесоводственный эффект (формирование устойчивых, высокопродуктивных древостоев с желаемым средним диаметром). В связи с этим для различных лесных районов РФ и для Алтай-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров лесостепной зоны Алтайского края в частности необходимо разработать региональные рекомендации по рубкам ухода в искусственных насаждениях, учитывающие особенности различных типов лесных культур и типов леса. Для составления таких рекомендаций необходимо проанализировать имеющийся научный и производственный опыт проведения рубок ухода в лесных культурах.

### Цель, методика

#### и объекты исследования

Цель исследования: оценка влияния рубок прореживания, проводимых линейно-селективным способом, на ленточные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающие в условиях типа леса сухой бор пологих всхолмлений.

Исследования проведены на территории Бастанского участкового лесничества Ключевского лесничества Алтайского края в мае 2022 г. Объектом исследования являются средневозрастные (66–68 лет) искусственные сосновые древостои, произрастающие в условиях типа леса сухой бор пологих всхолмлений (тип лесорастительных условий А1). Все исследуемые древостои характеризуются IV классом бонитета. Создавались лесные культуры путем ручной посадки двухлетних сеянцев сосны в дно борозды. Способ посадки исследуемых культур – ленточный (полосный), по 6–12 рядов в ленте. В 2016 г. в исследуемых сосняках были проведены рубки прореживания различной интенсивности: ПП К5 – умеренная (27,3 %); ПП К6 – умеренно-высокая (38,0 %); ПП К1 и К2 – высокая (46,2 и 48,1 %); и ПП К10 – очень высокая (56,4 %) ПП К3 и К4 – контрольные варианты опыта, на них рубки не проводились. ПП К3 (контроль 1) – вариант контрольного участка с низкой плотностью древостоя, а ПП К4 (контроль 2) – с высокой плотностью. Лесные культуры рубились линейно-селективным способом: полностью вырубались некоторые ряды (каждый 3–5) и выборочно удалялись отдельные деревья в оставшихся рядах (Залесов, 2020).

Местонахождение и описание исследуемых лесных культур представлено в табл. 1. Внешний вид исследуемых лесных культур представлен на рис. 1–2.

Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Основы фитомониторинга, 2020). Основным методом исследования являлся метод пробных площадей. Пробные площади имели прямоугольную форму, размер – не менее 0,25 га. Границы пробных площадей в длину проходили по центру межленточных пространств. На пробных площадях производился сплошной пересчет деревьев с замером их диаметра на высоте 1,3 м и у основания ствола (на высоте 0,1–0,2 м). Пересчет осуществлялся мерной вилкой с односантиметровой ступенью толщины. Деревья разных элементов леса (сосна искусственного и естественного происхождения) учитывались отдельно.

Высоты деревьев измерялись при помощи высотомера Suunto RM-5/1520 PC. Средняя высота древостоев определялась графически, по среднему диаметру таксационному и графику высот. На каждой ПП было замерено 20–25 высот деревьев различных диаметров.

Для коррекции таксационной характеристики древостоев до рубки и в первый год после рубки применялся метод реконструкции структуры и роста насаждений (Коррекция..., 2018). Реконструкция таксационных показателей в исследуемых условиях возможна во многом благодаря довольно медленному разложению пней и валежных деревьев в районе исследований, что обусловлено бедностью и сухостью почв, на которых произрастают ленточные боры

Таблица 1  
Table 1Местонахождение и описание объектов исследования  
Location and description of research objects

№ ПП № SP	№ квартала № quarter	№ выдела № plot	Координаты GPS GPS coordinates	Год посадки Year of plant	Количество рядов в ленте, шт. Number of rows in the tape, pcs	Средний шаг посадки, м Average landing step, m	Ширина междурядий, м Distance between rows, m		Междюточные пространства, м Inter-tape spaces, m	Густота посадки, тыс. шт./га Planting density, thous. units/ha
							средняя average	в ленте in the feed		
K1	79	5	51°47.374' 79°26.109'	1958	10	0,80	2,5	1,7	7,5	5,0
K2	79	19	51°47.223' 79°26.546'	1958	11	0,85	2,1	1,3	8,2	5,6
K3	79	19	51°47.238' 79°26.524'	1958	11	0,85	2,1	1,3	8,5	5,6
K4	80	10	51°47.396' 79°27.230'	1958	6	0,80	2,5	1,5	6,0	5,0
K5	80	10	51°47.414' 79°27.358'	1958	7	0,93	2,7	1,3	10,0	4,0
K6	80	10	51°47.414' 79°27.335'	1958	12	0,92	2,2	1,4	8,8	4,9
K10	83	13	51°48.034' 79°29.254'	1956	8	0,77	3,5	1,3	17,5	3,7

(Shorohova, Kapitsa, 2014; Беховых и др., 2022). Кроме того, скудный живой напочвенный покров под пологом исследуемых сосновых древостоев совершенно не препятствует обнаружению и учету пней и валежа. По данным японских ученых (Коррекция..., 2018), метод реконструкции с учетом пней вырубленных деревьев позволяет корректировать таксационные показатели с точностью  $\pm 15\%$ .

Диаметры вырубленных деревьев на высоте 1,3 м определялись при помощи линейных уравнений зависимости диаметра на высоте 1,3 м от диаметра пня (Вайс, 2011). Уравнения



Рис. 1. Ленточные культуры сосны, не пройденные рубкой (ПП K3)  
Fig. 1. Uncut ribbon pine plantations (SP K3)



Рис. 2. Ленточные культуры сосны, пройденные рубкой (ПП К5)  
Fig. 2. Cut ribbon pine plantations (SP K5)

составлялись отдельно для каждой пробной площади. Коэффициенты детерминации полученных уравнений имели значения выше 0,9. Для вычисления диаметров живых деревьев на момент рубки их диаметры корректировались в меньшую сторону на среднюю величину прироста деревьев по диаметру за последние 6 лет (период после рубки). Данные о средней величине прироста деревьев по диаметру были получены путем измерения величины годичных колец на кернях, взятых у деревьев I–III классов Крафта на каждой ПП в количестве не менее 10 шт.

Густота древостоев до рубки вычислялась путем сложения количества стоящих и валежных деревьев на момент исследований и количества пней вырубленных деревьев. Валежные деревья прибавлялись к густоте в связи

с тем, что во время рубок прореживания валежник убирался вместе с порубочными остатками, а значит, валежные деревья, зафиксированные в момент исследований, выпали уже после прореживания.

Высота деревьев на момент рубки корректировалась по графику высот, построенному для определения средней высоты живых деревьев на момент исследований.

Средний шаг посадки определялся путем деления тройной длины пробной площади на сумму всех посадочных мест в трех случайных рядах культур на пробной площади. Средняя ширина междурядий определялась путем деления ширины пробной площади на количество рядов лесных культур, вошедших в неё. Густота посадки лесных культур вычислялась путем

деления  $10\,000\text{ м}^2$  на произведение среднего шага посадки и средней ширины междурядья.

На четырех из семи пробных площадей зафиксированы деревья сосны естественного происхождения. На трех пробных площадях их доля по запасу составляет более 5 %.

### Результаты исследования и их обсуждение

Таксационная характеристика исследуемых древостоев до рубки, после рубки и через 6 лет после рубки представлена в табл. 2.

Наибольшие запасы древесины растущих деревьев на момент исследований зафиксированы в контрольных вариантах опыта (ПП К3, К4). В древостоях, пройденных рубками, до полного восполнения вырубленного запаса древесины требуется прирост в объеме от 22 до 85  $\text{м}^3/\text{га}$  (13,4–52,1 %). Восполнение данных объемов вырубленной древесины может идти довольно долго (Луганский, Залесов, 1990; Эбель, 2009). Получить однозначный ответ, догонят ли опытные участки по запасу древесины контрольные участки, можно будет только после более долгосрочных наблюдений за объектами исследований.

Лучшие таксационные показатели (сочетание большого запаса растущих деревьев и среднего диаметра) из обследованных участков зафиксированы в контрольном варианте 1 на ПП К3 (см. рис. 1). Объясняется это тем, что к возрасту 60 лет на данном участке оставалось всего 1177 деревьев, что является

Таблица 2

Table 2

Таксационная характеристика искусственных древостоев  
Taxation indices of artificial forest stands

№ ПП № SP	Интенсивность рубки по запасу / количеству деревьев, % Intensity of felling by stock / number of trees, %	Элемент леса Elements of the forest	Средние Average			Густота текущая, шт./га Density current, pcs/ha	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га Sum of the cross-sectional areas, m <sup>2</sup> /ha	Относительная полнота Relative density	Объем среднего дерева, м <sup>3</sup> The volume of the middle tree, m <sup>3</sup>	Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га Stand stock, m <sup>3</sup> /ha
			возраст, лет Age, years	высота, м Height, m	диаметр, см Diameter, cm					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До рубки (2016 г.) Before felling (2016)										
K3	–	10С	60	13,7	15,0	1177	20,8	0,68	0,127	152
K4	–	9С	60	11,8	11,3	2435	24,4	0,84	0,062	154
		1С	54	11,9	12,1	192	2,2	0,08	0,078	15
K5	–	10С	60	12,6	13,4	1734	24,5	0,82	0,093	164
		+С	44	9,9	9,0	19	0,1	0,00	0,053	1
K6	–	10С	60	12,7	11,3	2696	26,9	0,90	0,066	179
K1	–	9С	60	10,7	10,6	2163	19,1	0,68	0,044	112
		1С	54	12,0	13,7	52	0,9	0,03	0,096	5
K2	–	10С	60	12,4	13,5	1604	23,0	0,79	0,092	154
K10	–	9С	62	12,6	12,5	1856	22,7	0,76	0,081	163
		1С	74	18,9	23,3	24	1,0	0,03	0,375	9
После рубки (2016 г.) After felling (2016)										
K3	0,0	10С	60	13,7	15,0	1177	20,8	0,68	0,129	152
K4	0,0	9С	60	11,8	11,3	2435	24,4	0,84	0,063	154
		1С	54	11,9	12,1	192	2,2	0,08	0,078	15
K5	<u>27,3</u> 39,3	10С	60	13,2	14,7	1045	17,6	0,61	0,114	119
		+С	44	9,9	9,0	19	0,1	0,00	0,053	1
K6	<u>38,0</u> 47,9	10С	60	13,2	12,2	1404	16,4	0,55	0,079	111
K1	<u>46,2</u> 52,3	9С	60	10,9	11,1	1004	9,6	0,34	0,058	58
		1С	54	12,0	13,7	52	0,9	0,03	0,096	5
K2	<u>48,1</u> 49,8	10С	60	12,4	13,6	806	11,7	0,40	0,099	80
K10	<u>56,4</u> 52,4	9С	62	12,1	11,8	870	9,5	0,32	0,076	66
		1С	74	18,9	23,3	24	1,0	0,03	0,375	9

Окончание табл. 2

The end of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Через 6 лет после рубки (2022 г.) 6 years after felling (2022)										
K3	0,0	10С	66	14,3	15,8	1165	23,2	0,76	0,148	172
K4	0,0	9С	66	12,4	12,2	2411	28,1	0,97	0,076	183
		1С	60	12,4	12,8	192	2,5	0,09	0,089	17
K5	$\frac{27,3}{39,3}$	10С	66	13,7	15,9	1034	20,5	0,67	0,137	142
		+С	50	10,6	10,0	19	0,1	0,01	0,053	1
K6	$\frac{38,0}{47,9}$	10С	66	13,6	13,2	1392	19,2	0,63	0,096	133
K1	$\frac{46,2}{52,3}$	9С	66	11,3	12,0	1004	11,3	0,40	0,069	69
		1С	60	12,4	14,6	52	0,9	0,03	0,115	6
K2	$\frac{48,1}{49,8}$	10С	66	13,3	15,4	806	14,9	0,50	0,132	106
K10	$\frac{56,4}{52,4}$	9С	68	12,9	12,9	838	10,9	0,36	0,093	78
		1С	80	19,2	24,2	24	1,1	0,04	0,458	11

наименьшим значением среди исследуемых древостоев. Как известно, меньшая густота древостоя способствует увеличению среднего диаметра (Минин, 2003; Эбель и др., 2014). Данный факт свидетельствует о том, что прореживание в районе исследований нужно начинать раньше 60-летнего возраста. О необходимости проведения рубок ухода в загущенных сосняках в более раннем возрасте (30–40 лет) писали и другие ученые (Влияние полноты..., 2014; Лесоводственная эффективность..., 2016; Оценка эффективности рубок..., 2020). Также одним из удачных опытов по проведению рубок прореживания можно считать участок лесных культур на ПП К5 с рубкой интенсивностью 27,3 % (см. рис. 2).

Наименьший объем среднего дерева, а следовательно, и ми-

нимальная ценность выращиваемой древесины наблюдается на ПП К1 и контрольном участке 2. Однако через 6 лет после рубки на ПП К1 зафиксировано увеличение данного показателя на 32,7 %, что на 12,7 % больше, чем на втором контрольном участке. Максимальный объем среднего дерева наблюдается на контрольном участке 1.

Довольно показательно сравнение таксационных показателей древостоев на ПП К4, К5 и К6, заложенных в одном выделе. На ПП К4 и К6 до рубки наблюдался одинаковый средний диаметр (11,3 см) и довольно высокая густота (2,4 и 2,7 тыс. шт./га), в то время как на ПП К5 при густоте 1,7 тыс. шт./га средний диаметр 13,4 см. Данный факт подтверждает, что густота древостоя оказывает определяющее влияние на величину среднего

диаметра. Различная текущая густота древостоев на ПП К4, К6 и К5 может быть следствием более низкой густоты посадки в ленте лесных культур с ПП К5, что, в свою очередь, обусловлено более широкими межленточными пространствами и шагом посадки.

При линейно-селективных рубках, проводимых в ленточных лесных культурах, средний диаметр древостоя увеличивается за счет выборочного удаления отставших в росте деревьев и за счет оставления крайних рядов деревьев, характеризующихся большим средним диаметром по сравнению с таковым в центральных рядах на  $2,3 \pm 0,3$  см (19,3 %). Из чего следует, что в ленточных культурах с меньшим количеством рядов линейно-селективный способ рубки будет иметь лучший лесоводственный

эффект, чем в культурах с большим количеством рядов.

Изменение таксационных показателей основного элемента леса по отношению к величине таксационных показателей до рубки приведено в табл. 3. Данные этой таблицы свидетельствуют, что средний диаметр и объем среднего дерева сразу после рубки увеличились на четырех из пяти опытных участков. На ПП К10 зафиксировано снижение данных показателей, что указывает на нарушение ле-

соводственного принципа отбора деревьев в рубку.

Через шесть лет после рубки почти на всех опытных участках объем среднего дерева увеличился сильнее в процентном отношении по сравнению с этим же показателем контрольных участков.

Для более детальной оценки количественных изменений, происходящих в древостое, использован показатель «эффективная продуктивность древостоя» (табл. 4), предложенный

Г. А. Владимировой (Владимирова, 1981; Залесов и др., 2007).

Эффективная продуктивность исследуемых древостоев находится в пределах от 129 до 201 м<sup>3</sup>/га. Наибольшая эффективная продуктивность наблюдается на ПП К6 и контрольном участке 2 (ПП К4), на которых была зафиксирована наибольшая густота древостоев до проведения рубки. Наименьшая эффективная продуктивность зафиксирована на ПП К1.

Таблица 3

Table 3

Изменение таксационных показателей основного элемента леса, %  
Change in taxation indices of the main forest generation, %

№ ПП № SP	Интенсивность рубки по запасу Forest stock cutting intensity	Средние Average		Густота текущая Density current	Сумма площадей сечений Sum of the cross-sectional areas	Относительная полнота Relative density	Объем среднего дерева The volume of the middle tree	Запас древостоя Stand stock
		высота height	диаметр diameter					
После рубки (2016 г.) After felling (2016)								
К3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
К4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
К5	27,3	4,8	9,7	-39,7	-28,2	-25,6	20,4	-27,4
К6	38,0	3,9	8,0	-47,9	-39,0	-38,9	19,1	-38,0
К1	46,2	1,9	4,7	-53,6	-49,7	-50,0	11,6	-48,2
К2	48,1	0,0	0,7	-49,8	-49,1	-49,4	3,4	-48,1
К10	56,4	-4,0	-5,6	-53,1	-58,1	-57,9	-13,6	-59,5
Через 6 лет после рубки (2022 г.) 6 years after felling (2022)								
К3	0,0	4,4	5,3	-1,0	11,5	11,8	14,3	13,2
К4	0,0	5,1	8,0	-1,0	15,2	15,5	20,0	18,8
К5	27,3	8,7	18,7	-40,4	-16,3	-18,3	45,2	-13,4
К6	38,0	7,1	16,8	-48,4	-28,6	-30,0	43,9	-25,7
К1	46,2	5,6	13,2	-53,6	-40,8	-41,2	32,7	-38,4
К2	48,1	7,3	14,1	-49,8	-35,2	-36,7	37,0	-31,2
К10	56,4	2,4	3,2	-54,8	-52,0	-52,6	6,0	-52,1

Таблица 4

Table 4

Эффективная продуктивность древостоя  
Effective stand productivity

№ ПП № SP	Интенсивность рубки по запасу, % Forest stock cutting intensity, %	Запас, вырубаемый при прореживании, м <sup>3</sup> /га Forest stock cut down during thin- ning, m <sup>3</sup> /ha	Запас общий, м <sup>3</sup> /га Stock total, m <sup>3</sup> /ha	Эффективная продуктивность Effective productivity		
				м <sup>3</sup> /га m <sup>3</sup> /ha	Отношение к контролю, % Ratio to the control value, %	
					№ 1	№ 2
K3	0,0	0	172	172	100,0	86,0
K4	0,0	0	200	200	116,3	100,0
K5	27,3	45	143	188	109,3	94,0
K6	38,0	68	133	201	116,9	100,5
K1	46,2	54	75	129	75,0	64,5
K2	48,1	74	106	180	104,7	90,0
K10	56,4	97	89	186	108,1	93,0

В табл. 5 приведены данные об эффективной работе древостоев. Этот показатель учитывает первоначальный запас и характеризует темпы прироста (Залесов и др., 2007).

Данные табл. 5 свидетельствуют, что эффективная работа древостоев после прореживания превышает данный показатель контрольных участков. Наибольшей величиной эффективной ра-

боты характеризуется древостой на ПП К2. Древостой на данном участке после прореживания имеет больший прирост на 1 м<sup>3</sup> запаса в 1,8 и 2,5 раза по сравнению с таковым на контрольных участках.

Таблица 5

Table 5

Эффективная работа древостоев  
Efficient work of forest stands

№ ПП № SP	Интенсивность рубки по запасу, % Forest stock cutting intensity, %	Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га Stand stock, m <sup>3</sup> /ha		Прирост, м <sup>3</sup> /га Increment, m <sup>3</sup> /ha		Эффективная работа древостоя, % Efficient work of forest stand, %	Отношение к контролю, % Ratio to the control value, %	
		после рубки after felling	через 6 лет after 6 years	общий total	на 1 м <sup>3</sup> наличного запаса on 1 m <sup>3</sup> of available stock		№ 1	№ 2
K3	0,0	152	172	20	0,13	13	100	72
K4	0,0	169	200	31	0,18	18	139	100
K5	27,3	120	143	23	0,19	19	146	104
K6	38,0	111	133	22	0,20	20	151	108
K1	46,2	63	75	12	0,19	19	145	104
K2	48,1	80	106	26	0,33	33	247	177
K10	56,4	75	89	14	0,19	19	142	102

Одним из наиболее важных результатов проведения рубок ухода является сокращение естественного отпада деревьев. Данные о количестве, средних диаметрах и запасах древесины сухостойных и валежных деревьев по состоянию на 2022 г. приведены в табл. 6.

Данные табл. 6 свидетельствуют, что прореживание в исследуемых сосняках приводит к уменьшению количества и запаса сухостойных и валежных деревьев, однако ни одна из исследуемых интенсивностей рубки не привела к полному отсутствию отмерших деревьев. Средние диаметры сухостойных и валежных деревьев меньше, чем у деревьев, оставленных для доращивания, что свидетельствует о том, что в исследуемых сосняках в отпад уходят преимущественно отставшие в росте деревья. Запас отмерших деревьев на участках, пройденных рубками, ниже, чем на

контрольных участках, особенно велика разница опытных участков со вторым контрольным участком.

Во всех выделах, в которых были заложены пробные площади, при лесоустройстве было назначено прореживание интенсивностью 10 %. По материалам отвода лесосек, в данных выделах было вырублено от 13,0 до 15,6 м<sup>3</sup>/га. По данным, полученным нами на пробных площадях, на исследуемых участках было вырублено от 45 до 97 м<sup>3</sup>/га, а интенсивность рубки по запасу составила от 27,3 до 56,4 %. Объяснить такое значительное расхождение можно неравномерным размещением деревьев в пределах выдела, неравномерным назначением деревьев в рубку, завышением средней высоты и среднего диаметра искусственных древостоев при лесоустройстве, а также тем, что рубки сильной и очень сильной интенсивности характеризуются

большой экономической эффективностью (Эбель, 2009).

Рубки ухода являются довольно дорогостоящим мероприятием, при котором производственники стараются минимизировать расходы и получить прибыль. С этой целью во время рубок ухода нарушается лесоводственный принцип отбора деревьев в рубку, что чаще всего приводит к отрицательным конечным результатам (Луганский, Залесов, 1990). Примером, подтверждающим данное утверждение, может служить ПП К10, на которой средний диаметр оставленных на доращивание деревьев после рубки уменьшился, а относительная полнота снизилась до 0,4. Позитивный момент заключается в том, что даже после снижения относительной полноты ниже 0,5 древостои не потеряли устойчивость к ветру, что подтверждается малым количеством валежных деревьев на опытных участках.

Таблица 6

Table 6

Сухостойные и валежные деревья в искусственных сосняках  
Dead standing and fallen trees in artificial pine forests

№ ПП № SP	Интенсивность рубки по запасу, % Forest stock cutting intensity, %	Сухостойные деревья Dead standing			Валежные деревья Fallen trees		
		Количество, шт./га Number, pcs/ha	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Запас, м <sup>3</sup> /га Stock, m <sup>3</sup> /ha	Количество, шт./га Number, pcs/ha	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Запас, м <sup>3</sup> /га Stock, m <sup>3</sup> /ha
К3	0,0	28	9,1	1,4	44	7,6	0,8
К4	0,0	116	6,8	2,5	1207	6,4	20,3
К5	27,3	11	7,3	0,2	30	4,1	0,2
К6	38,0	8	10,0	0,4	38	6,9	1,2
К1	46,2	12	5,0	0,1	0	–	0
К2	48,1	4	3,0	0,01	0	–	0
К10	56,4	0	–	0	32	5,3	0,3

### Выводы

1. Густота древостоев является важнейшим фактором, определяющим их средний диаметр и продуктивность. В связи с этим при проведении рубок ухода в древостоях искусственного происхождения необходимо учитывать их густоту и характер размещения деревьев по площади.

2. Начинать рубки прореживания в искусственных сосняках района исследований необходимо во втором классе возраста, чтобы к концу третьего класса возраста древостои уже имели желаемую густоту и средний диаметр. Кроме того, более ранние уходы снизят вероятность нарушения лесоводственного принципа отбора деревьев в рубку.

3. Наибольшим запасом ствольной древесины характеризуются древостои контрольных секций (172 и 200 м<sup>3</sup>/га). Наибольший объем среднего дерева основного элемента леса (0,148 м<sup>3</sup>) наблюдается на контрольном

участке 1 (ПП К3), насаждение которого до 60-летнего возраста росло и развивалось с наименьшей густотой древостоя.

4. Наибольшая эффективная продуктивность наблюдается на ПП К6 и контрольном участке 2 (ПП К4), на которых была зафиксирована наибольшая густота древостоев до проведения рубки. При этом эффективная работа древостоев на опытных участках после прореживания превышает данный показатель контрольных участков.

5. Рубки прореживания, проводимые линейно-селективным способом, в ленточных культурах сосны способствуют уменьшению количества сухостойных и валежных деревьев, а также при лесоводственном подходе увеличению среднего диаметра древостоя, что повышает пожарную безопасность в сосняках района исследований.

6. Линейно-селективный способ рубки позволяет лесопользо-

вателю найти баланс между лесоводственной и экономической эффективностью рубок ухода, так как при таком способе рубки появляется основание вырубить все (в том числе и лучшие) деревья в пределах определенных рядов, а оставшийся объем заготовки добирать худшими деревьями.

7. В целом результаты прореживания на ПП К2, К5 и К6 можно оценить положительно, а на ПП К1 и К10 скорее отрицательно. Причины неудовлетворительных результатов рубок ухода – чрезмерно высокая интенсивность рубок на отдельных участках в пределах таксационных выделов и нарушение лесоводственного принципа отбора деревьев в рубку. Для оценки долгосрочных последствий и уточнения сделанных выводов необходимы более долгосрочные наблюдения на заложенных пробных площадях.

### Список источников

Shorohova E., Kapitsa E. Influence of the substrate and ecosystem attributes on the decomposition rates of coarse woody debris in European boreal forests // *Forest Ecology and Management*. 2014. Т. 315. С. 173–184.

Беховых Ю. В., Беховых Л. А., Олешко В. П. Почвенные запасы влаги на гари соснового бора в сухостепной климатической зоне Алтайского края и параметры орошения для искусственного лесовосстановления // *Вестник Алтайск. гос. аграрн. ун-та*. 2022. № 2 (208). С. 33–41.

Вайс А. А. Нормативы для определения запасов вырубленных древостоев по пням в условиях Сибири // *Изв. высш. учеб. завед. Лесн. журн*. 2011. № 4. С. 24–28.

Владиминова Г. А. Экономическая эффективность рубок ухода. Новосибирск, 1981. 114 с.

Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них / А. В. Эбель, Е. И. Эбель, С. В. Залесов, Б. М. Муканов. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 221 с.

Данчева А. В., Залесов С. В. Влияние рубок ухода на состояние средневозрастных сосняков искусственного происхождения // *Вестник Башкир. гос. аграрн. ун-та*. 2016. № 2. С. 103–107.

- Залесов С. В. Лесоводство : учебник. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.
- Залесов С. В., Магасумова А. Г., Залесова Е. С. Оптимизация рубок ухода в сосняках Среднего Урала // Лесн. вестник. 2007. № 8. С. 18–21.
- Коррекция таксационных показателей методом реконструкции структуры и роста насаждений: может ли информация о пнях улучшить оценки? / Х. Сованчандара, Д. Мураками, С. Фуджи, Ш. Аизава, А. Осава // Сиб. лесн. журн. 2018. № 6. С. 25–45.
- Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника / С. В. Залесов, А. В. Данчева, А. В. Эбель, Е. И. Эбель // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. журн. 2016. № 3 (351). С. 21–30.
- Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках национального природного парка «Припышминские боры» / В. И. Крюк, А. Г. Магасумова, А. П. Пульников, Е. С. Залесова // Аграрн. вестник Урала. 2009. № 8. С. 103–105.
- Луганский Н. А., Залесов С. В. Рубки ухода в Свердловской области // Леса Урала и хоз-во в них. 1990. № 15. С. 5–18.
- Минин Н. С. Динамика роста лучших деревьев в сосняках искусственного происхождения под влиянием рубок ухода // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. журн. 2003. № 4. С. 25–30.
- Осипенко А. Е., Залесов С. В. Строение по диаметру искусственных и естественных сосновых древостоев в ленточных борах Алтайского края // Вестник Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. 2018. № 1. С. 85.
- Основы фитомониторинга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко : учеб. пособие. Изд. 3-е, доп. и перераб. Екатеринбург, 2020. 90 с.
- Оценка эффективности рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника на основе лесоводственного и древесно-кольцевого анализа / А. В. Данчева, М. А. Гурская, С. В. Залесов, Б. М. Муканов // Лесоведение. 2020. № 6. С. 503–514.
- Рост по высоте и диаметру сосновых древостоев в Западно-Сибирском подтаежно-лесостепном районе Алтайского края / А. Е. Осипенко, С. В. Залесов, Л. А. Белов, Д. А. Шубин // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. 2019. № 1. С. 56–66. URL: [http://lhi.vniilm.ru/PDF/2019/1/LHI\\_2019\\_01-05-Osipenko.pdf](http://lhi.vniilm.ru/PDF/2019/1/LHI_2019_01-05-Osipenko.pdf)
- Эбель Е. И. Лесоводственно-экономическая эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Эбель Екатерина Ильинична. Екатеринбург, 2009. 17 с.

## References

- Assessment of cleaning cuttings efficiency in pine forests of Kazakhstan hillocks based on forestry and annual rings analyses / A.V. Dancheva, M. A. Gurskaya, S. V. Zalesov, B. M. Mukanov // Lesovedenie. 2020. № 6. P. 503–514.
- Basics phytomonitoring / N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko : study guide. 3rd edition, expanded and revised. Yekaterinburg, 2020. 90 p.
- Bekhovykh Yu. V., Bekhovykh L. A., Oleshko V. P. Soil moisture holding of a burnt pine forest in the dry-steppe climatic zone of the Altai region and irrigation parameters for artificial reforestation // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 2 (208). P. 33–41.
- Correction of stand variable estimates obtained by the stand reconstruction technique: can stump information improve the predictions? / H. Sovanchandara, D. Murakami, S. Fujii, S. Aizawa, A. Osawa // Siberian Journal of Forest. 2018. № 6. P. 25–45.
- Dancheva A. V., Zalesov S. V. Thinning effect on the state of middle-aged artificial pine forest stands // Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2016. № 2. P. 103–107.
- Ebel E. I. Forestry and economic efficiency of logging care in the pine forests of the Kazakh melkosopochnik : abstract. dis. ... candidate of agricultural sciences / Ebel Ekaterina Ilyinichna. Yekaterinburg, 2009. 17 p.

Forestry effectiveness thinning operations piny stands in park «Pripishminske bori» / V. I. Kryuk, A. G. Magasumova, A. P. Pulnikov, E. S. Zalesova // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. № 8. P. 103–105.

Growth in height and diameter of pine stands in the West Siberian subtaiga-forest-steppe region of the Altai krai / A. E. Osipenko, S. V. Zalesov, L. A. Belov, D. A. Shubin // Forestry information. 2019. № 1. P. 56–66. URL: [http://lhi.vniilm.ru/PDF/2019/1/LHI\\_2019\\_01-05-Osipenko.pdf](http://lhi.vniilm.ru/PDF/2019/1/LHI_2019_01-05-Osipenko.pdf)

Influence of completeness and density on the growth of pine trees in the Kazakh Upland and the efficiency of thinning in them / A. V. Ebel, E. I. Ebel, S. V. Zalesov, B. M. Mukanov. Yekaterinburg : Ural state forestry un-t, 2015. 221 p.

Lugansky N. A., Zalesov S. V. Improvement felling in the Sverdlovsk region // Forests of the Urals and the economy in them. 1990. № 15. P. 5–18.

Minin N. S. Growth dynamics of best trees in pine stands of artificial origin under thinning influence // Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal. 2003. № 4. P. 25–30.

Osipenko A. E., Zalesov S. V. The diameter structure of artificial and natural forest stands in ribbon forests of Altai krai // Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2018. № 1. P. 85.

Shorohova E., Kapitsa E. Influence of the substrate and ecosystem attributes on the decomposition rates of coarse woody debris in European boreal forests // Forest Ecology and Management. 2014. T. 315. P. 173–184.

Silvicultural Effectiveness of Improvement Cutting in the Pine Forests of Kazakh Upland / S. V. Zalesov, A. V. Dancheva, A. V. Ebel, E. I. Ebel // Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal. 2016. № 3 (351). P. 21–30.

Vladimirova G. A. Economic efficiency of logging care. Novosibirsk, 1981. 114 p.

Weiss A. A. Standards for determination of cut stands resources according to stumps in condition of Siberia // Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal. 2011. № 4. P. 24–28.

Zalesov S. V. Forestry. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering un-t, 2020. 295 p.

Zalesov S. V., Magasumova A. G., Zalesova E. S. Cleaning cutting optimization in the piny wood of the Middle Urals // Lesnoy vestnik / Forestry bulletin. 2007. № 8. P. 18–21.

#### ***Информация об авторах***

*А. Е. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук;*

*К. А. Башегуров – аспирант;*

*А. С. Клинов – студент;*

*Р. А. Осипенко – кандидат сельскохозяйственных наук.*

#### ***Information about the authors***

*A. E. Osipenko – candidate of agricultural sciences;*

*K. A. Bashegurov – postgraduate student;*

*A. S. Klinov – student;*

*R. A. Osipenko – candidate of agricultural sciences.*

*Статья поступила в редакцию 30.08.2022; принята к публикации 09.09.2022.*

*The article was submitted 30.08.2022; accepted for publication 09.09.2022.*

---