



Научная статья

УДК 630*228.8:630*24:630*5

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-9-21

Формирование рубками ухода биологически устойчивых сосняков защитного назначения в Северном Казахстане

А.В. Данчева¹, д-р с.-х. наук; ResearcherID: [AAG-7263-2019](https://orcid.org/0000-0002-5230-7288)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

С.В. Залесов², д-р с.-х. наук; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, д. 7, г. Тюмень, Россия, 425003; a.dancheva@mail.ru

²Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; zalesovsv@m.usfeu.ru

Поступила в редакцию 24.02.21 / Одобрена после рецензирования 20.05.21 / Принята к печати 23.05.21

Аннотация. Проанализированы последствия проведения рубок ухода на постоянной пробной площади. Объектом ухода служили естественные чистые одновозрастные сосняки сухих аридных условий произрастания Казахского мелкосопочника (на примере Государственного национального природного парка «Бурабай»). Первый прием рубок проведен в 1994 г. под руководством А.А. Вейсмана в 25–30-летних насаждениях, интенсивность – от 12,5 до 49,7 %. Кроме рабочих секций заложенная в ходе исследований пробная площадь имела контрольные секции, где рубки ухода не осуществлялись. Через 70 лет после начала эксперимента во всех контрольных и рабочих секциях были установлены таксационные показатели древостоев и проанализированы последствия рубок ухода. Экспериментально доказано, что в сухих сосняках Северного Казахстана запас древостоев в рабочих секциях даже через 70 лет после проведения ухода не достигает объемов запаса в контроле. Указанное относится и к секциям, пройденным рубкой слабой интенсивности. В то же время рубки снижают запас напочвенных горючих материалов и сухостоя, увеличивают средний диаметр деревьев пропорционально интенсивности изреживания. Это способствует повышению пожароустойчивости и рекреационной привлекательности насаждений. Отмечена растянутость ряда распределения деревьев по естественным ступеням толщины во всех секциях: количество естественных ступеней толщины в 1,8 раза больше по сравнению с нормативным распределением, что является одним из доказательств специфичности строения исследуемых сосняков. Наиболее перспективно применение рубок ухода сильной интенсивности по запасу. В процессе рубок из древостоя изымаются сухостойные, больные и отставшие в росте деревья. Рубки рекомендуются в 2 приема в возрасте 20–25 и 40–50 лет.

Ключевые слова: сосновые древостои, рубки ухода, интенсивность изреживания, таксационные показатели, Северный Казахстан, Казахский мелкосопочник, сосновые древостои Казахского мелкосопочника

Для цитирования: Данчева А.В., Залесов С.В. Формирование рубками ухода биологически устойчивых сосняков защитного назначения в Северном Казахстане // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 1. С. 9–21. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-9-21>

Original article

Formation of Biologically Stable Protective Pine Forests by Improvement Thinning in Northern Kazakhstan

*Anastasiya V. Dancheva*¹, Doctor of Agriculture; ResearcherID: [AAG-7263-2019](https://orcid.org/0000-0002-5230-7288),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5230-7288>

*Sergey V. Zalesov*², Doctor of Agriculture; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

¹Northern Trans-Ural State Agricultural University, ul. Respubliki, 7, Tyumen, 425003, Russian Federation; a.dancheva@mail.ru

²Ural State Forest Engineering University, ul. Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; zalesovsv@m.usfeu.ru

Received on February 24, 2021 / Approved after reviewing on May 20, 2021 / Accepted on May 23, 2021

Abstract. The article deals with the effect of thinning in a permanent trial plot (PTP). The objects of care were natural clean even-aged pine forests growing in arid conditions of the Kazakh Uplands (case study of the Burabay National Park). The first thinning led by A.A. Weisman was carried out in 1994 in 25–30-year-old stands with the care intensity from 12.5 to 49.7 %. Besides the operating sections, the trial plot laid out during the research had control sections, where thinning was not carried out. The inventory indicators of the stands were determined, and the effects of thinning were analyzed in all the control and operating sections 70 years after the experiment began. The experiment proves that in dry pine forests of Northern Kazakhstan, the stock of stands in the operating sections, even 70 years after the care does not reach the volume of stock in the control sections. This also applies to the sections covered by low-intensity thinning. At the same time, thinning reduces the stock of ground flammable materials and deadwood. It increases the average diameter of trees relative to the care intensity. This enhances the fire resistance and recreational attractiveness of the plantations. An expanded distribution series of trees by natural diameter classes is observed in all sections: the number of natural diameter classes is 1.8 times greater than the normative distribution, which is one of the proofs of the specificity of the structure of the studied pine forests. The use of thinning with high intensity by the stock is the most promising. Dead standing, diseased and stunted trees are removed from the stand in the course of thinning. Thinning is recommended for 20–25 and 40–50 years old trees.

Keywords: pine stands, improvement thinning, care intensity, inventory indicators, Northern Kazakhstan, Kazakh Uplands, pine stands of Kazakh Uplands

For citation: Dancheva A.V., Zalesov S.V. Formation of Biologically Stable Protective Pine Forests by Improvement Thinning in Northern Kazakhstan. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 1, pp. 9–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-9-21>

Введение

Глобальное изменение климата, наблюдающееся в последние десятилетия, обуславливает повышенное внимание к эффективности лесоводственных мероприятий. Особого внимания заслуживают мероприятия по уходу за лесом, в част-



ности рубки ухода. Такие рубки обеспечивают [1–3, 17, 18, 21] выращивание устойчивых насаждений, отвечающих целевым задачам. Многолетняя практика показала высокую эффективность рубок ухода в различных регионах как на территории Республики Казахстан, так и за ее пределами. С помощью рубок ухода предотвращается нежелательная смена пород [6, 16, 20], формируются древостои нужного строения [5, 14] с требуемыми ландшафтно-эстетическими характеристиками [12, 13] и высоким качеством выращиваемой древесины [4, 8, 19].

История изучения последствий рубок ухода насчитывает многие десятки и даже сотни лет. Однако ряд вопросов об их эффективности остается нерешенным. Последнее объясняется биологическими особенностями древесных пород, спецификой лесорастительных условий в конкретном регионе, а главное, коротким сроком наблюдений за изучаемыми объектами [7, 9, 11, 16]. Оптимизация рубок ухода может быть обеспечена лишь на основе региональных нормативных документов, базирующихся на результатах комплексных исследований длительного периода при неоднократных обмерах деревьев на пробных площадях с установлением таксационных показателей.

Особенно важно выполнить подобные исследования в защитных лесах, в частности рекреационных. Рубки ухода здесь помимо устойчивости против негативного воздействия природных факторов формируют рекреационно привлекательные ландшафты, создают благоприятные условия для отдыхающих и способствуют повышению рекреационной емкости насаждения [10, 13].

Цель – анализ последствий рубок ухода через 70 лет после первого приема в сосняках Казахского мелкосопочника с формулировкой предложений по повышению эффективности таких рубок.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в чистых одновозрастных сосняках естественного происхождения группы типов леса C_2 (сухой сосняк) на территории государственного национального природного парка (ГНПП) «Бурабай» в центральной части Казахского мелкосопочника.

Указанные сосняки произрастают в жестких аридных лесорастительных условиях. Почвенный покров представляет собой слабокаменистую дресвянистую супесь и относится к подтипу подзолистых почв. Основной фон живого напочвенного покрова составляют кустистые лишайники рода *Cladonia*, проективное покрытие которых – 60–70 %. Из травянистых растений в живом напочвенном покрове присутствуют типичные ксерофиты *Antennaria dioica* (L.) Gaerth., *Sedum acre* L. и *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth с общим проективным покрытием 5–7 %.

Рассматриваемые сосновые насаждения характеризуются высокими рекреационными нагрузками, что в сочетании с недостатком осадков, сильными ветрами и легковоспламеняющейся лесной подстилкой обуславливает высокую потенциальную пожарную опасность. Поэтому при проведении лесоводственных мероприятий важное значение имеет повышение пожароустойчивости насаждений.

Исследования проведены на постоянных пробных площадях (ППП), заложенных в 1949 г. А.А. Вейсманом, и позднее, с 1960 по 2000 гг., продолжены под руководством А.А. Макаренко. Нами в 2019 г. восстановлена 21 секция

(по 0,25 га каждая), 4 из которых контрольные и 17 рабочие, пройденные рубками ухода. Во всех секциях были выполнены таксационные работы в соответствии с ОСТ 56-69-83 и методикой [15].

В рабочих секциях, в 25–30-летних чистых одновозрастных сосняках, сформировавшихся на гари, по низовому методу равномерным способом были проведены рубки ухода с целью снижения густоты, увеличения площади роста оставляемых на доращивание деревьев и пожароустойчивости. Интенсивность рубки варьировала от слабой – меньше 15 % – до очень сильной – 35 % и более по запасу [10]. При этом 5 проанализированных секций характеризовались очень сильной, 4 – сильной, 5 – умеренной, 3 – слабой интенсивностью изреживания. При обработке материала для каждой интенсивности изреживания были установлены средние таксационные показатели.

После закладки эксперимента в период с 1960 по 1991 г. в рабочих секциях 4-кратно через каждые 10 лет проводилась уборка сухостоя, ветровал и сильно отставших в росте отмирающих деревьев потенциального отпада. Все погибшие деревья распределялись на свежий ветровал, сухостой и валежник. Принципиальным отличием свежего ветровала от валежника являлось то, что первый не был «отработан» вредителями, а второй уже не представлял опасности с точки зрения увеличения численности вторичных вредителей, поскольку был отработан или находился на одной из стадий деструкции. Данные о свежем ветвале и валежнике характеризуют наличие напочвенных горючих материалов, интенсивность возможных пожаров и рекреационную привлекательность насаждений.

В процессе анализа все собранные материалы обработаны статистическими методами.

Результаты исследования и их обсуждение

Выполненные исследования показали, что через 70 лет после первого приема рубок ухода сосновые древостои в разных секциях характеризуются различными таксационными показателями (табл. 1).

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о значительной загущенности исследуемых сосновых древостоев. Так, в контрольных секциях густота 95–100-летних сосновых древостоев варьирует от 3692 до 5582 шт./га. Густотой объясняются наличие значительной конкуренции между деревьями и высокая доля сухостоя. Количество последнего изменяется в границах контрольных секций от 753 до 1291 шт./га, что составляет 16,9–23,1 % от общей густоты древостоев.

Рубки ухода значительно сократили запас сухостоя, а следовательно, способствовали снижению пожарной опасности и повышению пожароустойчивости древостоев. Если в контрольных секциях запас сухостойных деревьев был от 11 до 23 м³/га, то в рабочих он не превышал 9 м³/га, а в ряде секций отсутствовал.

Средние высота и диаметр в рабочих секциях варьируют от 11,1 до 18,0 м (средняя 14,0 м) и от 11,9 до 15,8 см (средний 13,9 см) соответственно. Запас древостоя – от 244 до 376 м³/га (средний 278 м³/га). Все древостои высокополнотные и характеризуются средней относительной полнотой 1,2 при классах бонитета V–Va.

В целях упрощения анализа таксационных показателей секции были сгруппированы с учетом градаций интенсивности изреживания. Средние таксационные показатели древостоев приведены в табл. 2.

Таблица 1

Основные таксационные показатели сосновых древостоев на контрольных и рабочих секциях ППП
The main inventory indicators of pine stands in the control and working sections of the permanent trial plots

Показатель	Значение показателя при интенсивности рубок ухода, %																					
	0*	49,7	47,6	27,0	47,1	26,7	25,3	47,8	33,4	0*	41,4	23,0	12,9	0*	32,2	32,9	12,5	22,3	30,3	38,2	0*	
Высота, м	12,6	13,6	14,8	14,1	14,2	14,2	13,1	14,0	13,4	13,5	14,2	14,4	12,1	13,0	15,0	13,2	15,1	13,4	14,6	15,8	11,9	
Диаметр, см	11,1	15,5	14,7	13,8	15,3	14,4	13,1	14,8	14,0	11,3	13,3	12,7	11,3	11,3	16,3	13,7	13,8	12,4	14,2	18,0	11,4	
Возраст, лет	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	96	96	96	96	96	100	95	95	95	
Густота	5582	2080	2120	3043	1740	2563	2888	2000	2540	5577	2360	3343	4300	3692	1741	2520	2878	3440	2240	1520	5100	
В том числе сухой, экз./га	1291	20	–	157	60	112	76	–	100	1173	–	85	328	753	100	80	150	320	40	20	860	
Полнога абсолютная, см ² /га	54,2	39,2	35,9	45,6	37,3	41,7	39,1	34,5	38,9	55,8	32,7	42,3	43,3	37,3	36,2	37,0	43,0	41,4	35,4	38,7	51,7	
Полнога относительная	1,6	1,1	1,0	1,3	1,1	1,2	1,2	1,0	1,2	1,6	1,0	1,2	1,4	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,5	
Запас	368	264	267	329	269	301	270	245	268	394	230	303	281	256	269	253	322	291	260	293	345	
В том числе сухой, м ³ /га	23	1	–	3	2	8	1	–	4	18	–	3	7	12	4	3	4	9	2	1	11	

*Контроль.

Таблица 2

Средние таксационные показатели 95–100-летних сосновых древостоев через 70 лет после рубок ухода различной интенсивности
Average inventory indicators of 95–100-year-old pine stands 70 years after improvement thinning of various intensity

Интенсивность рубки	Диаметр, см	Высота, м	Плотность		Густота произрастания (в том числе сухостой, экз./га)	Запас (в том числе сухостой, м ³ /га)	Класс бонитета	Количество, экз./га	
			абсолютная, м ² /га	относительная				валежника	ветровала
Отсутствует	11,3±0,1	12,8±0,3	49,8±4,2	1,5±0,1	4987,8±235,9 (1019,5±126,8)	340,8±21,2 (16,0±2,8)	V,0±0,0	1190,0±96,8	15,0±4,0
Слабая	12,6±1,2	13,6±1,5	43,2±0,2	1,3±0,1	3594,0±453,2 (239,5±89,5)	300,0±22,5 (5,5±1,5)	V,0±0,0	135,5±21,5	45,5±6,5
Умеренная	13,3±0,4	13,8±0,2	42,0±1,0	1,2±0,02	3055,4±118,7 (150,2±44,7)	298,4±8,9 (4,8±1,6)	V,0±0,0	106,6±16,2	122,8±14,5
Сильная	14,6±0,6	14,1±0,4	36,9±0,7	1,1±0,05	2260,0±174,9 (80,0±14,1)	262,6±3,4 (3,3±0,5)	IV,7±0,2	55,0±9,6	110,0±23,8
Очень сильная	15,3±0,6	14,4±0,3	36,4±1,0	1,1±0,02	1970,0±121,5 (16,7±9,5)	261,4±8,7 (0,7±0,3)	IV,7±0,2	85,0±10,9	28,3±4,0

Анализ данных табл. 2 позволяет оценить последствия рубок ухода при их различной интенсивности. Доминирование низового метода при изреживании и увеличение площади роста оставленных на доращивание деревьев обусловили значительный рост средних высоты и диаметра в рабочих секциях по сравнению с контролем. В частности, средний диаметр при очень высокой интенсивности через 70 лет после первого приема рубки превышает этот показатель контроля в 1,4 раза, а средняя высота – в 1,1 раза. Увеличение средних высоты и диаметра оказалось пропорционально интенсивности изреживания.

В то же время рубки привели к снижению среднего запаса древостоев в рабочих секциях. Через 70 лет после рубок ухода очень сильной, сильной и умеренной интенсивности этот показатель здесь был ниже, чем в контроле, на 23,3; 22,9 и 12,4 % соответственно. Даже при слабой интенсивности рубки запас древостоя оказался ниже, чем в контроле, на 12,0 %.

Анализ достоверности различий средних таксационных показателей приведен в табл. 3.

Таблица 3

Значения показателей дисперсии таксационных характеристик древостоев по вариантам опыта
Values of dispersion indices of stands inventory indicators by experiment options

Сравниваемые интенсивности изреживания	Диаметр		Высота		Запас		F-критическое
	F-фактическое	P-значение	F-фактическое	P-значение	F-фактическое	P-значение	
Отсутствует и слабая	2,71	0,171	0,66	0,463	0,43	0,548	7,71
Отсутствует и умеренная	23,03	0,003	7,05	0,032	1,31	0,289	5,59
Отсутствует и сильная	30,23	0,002	5,45	0,058	5,26	0,061	5,98
Отсутствует и очень сильная	25,53	0,0009	12,47	0,007	6,63	0,032	5,32
Слабая и умеренная	0,66	0,454	0,07	0,799	5,16	0,009	6,61
Умеренная и сильная	3,65	0,098	0,19	0,675	9,18	0,019	5,59
Сильная и очень сильная	0,61	0,457	0,52	0,488	0,02	0,902	5,32
Слабая и сильная	2,91	0,163	0,16	0,711	6,07	0,069	7,71
Умеренная и очень сильная	6,63	0,029	2,04	0,187	6,48	0,031	5,12

По данным табл. 3 можно отметить, что достоверные различия средних диаметров и высот между контрольными и рабочими секциями зафиксированы только после проведения рубок ухода интенсивностью выше умеренной, а диаметра и запаса – умеренной и очень сильной интенсивности.

Поскольку рубки ухода осуществлялись по низовому методу, даже через 70 лет после их проведения густота древостоев в рабочих секциях оказалась ниже, чем в контроле. При этом прослеживается четкая зависимость снижения густоты пропорционально интенсивности изреживания. В секциях, где были проведены рубки ухода слабой интенсивности, густота древостоя в 1,2 раза ниже, чем в контроле, при умеренной интенсивности – в 1,4 раза, при сильной –

в 1,8 раза и при очень сильной – в 2 раза. Аналогичная закономерность прослеживается при анализе относительной полноты. Однако следует отметить, что древостои во всех рабочих секциях имеют относительную полноту выше 1, а в контроле она составляет $1,5 \pm 0,1$. Последнее свидетельствует о необходимости уточнения региональных таблиц сумм площадей поперечных сечений и запасов на 1 га нормальных древостоев сосны обыкновенной. Соблюдение требований нормативных документов по рубкам ухода, основанных на регулировании относительной полноты древостоев с использованием действующих таблиц, может привести к чрезвычайному изреживанию и потере древостоями устойчивости.

Характерной особенностью сосняков района исследований является их повышенная загущенность [14–16]. Это подтверждается данными контрольных секций ППП наших исследований. В 95–100-летнем возрасте густота сосновых древостоев в контроле составляет $3,97 \pm 0,34$ тыс. шт./га. Есть все основания полагать, что завышенная густота сосновых древостоев в сухих условиях произрастания Казахского мелкосопочника является их ответной реакцией на неблагоприятные природные факторы с целью повышения устойчивости. Указанный факт следует учитывать при планировании и проведении рубок ухода.

Выполненные исследования показали, что контрольные секции ППП характеризуются значительно бóльшим по сравнению с рабочими секциями объемом легковоспламеняющихся напочвенных горючих материалов. Так, количество валежника в контроле в 8,8–21,6 раза превышает аналогичный показатель рабочих секций. Такая же ситуация наблюдается в отношении сухостоя. Если его запас в контрольных секциях составляет в среднем $16,0 \pm 2,8$ м³/га, то в рабочих он не превышает $5,5 \pm 1,5$ м³/га, а в секциях, где были проведены рубки ухода очень высокой интенсивности, – его объем лишь $0,7 \pm 0,3$ м³/га.

Наличие медленно разлагающегося в условиях сухого жаркого климата старого валежа резко увеличивает интенсивность лесных низовых пожаров в случае их возникновения, а наличие сухостоя в сочетании с высокой густотой древостоя в контрольных секциях создает реальную угрозу развития низовых пожаров в верховые. Следует отметить, что в контрольных секциях древостои характеризуются минимальным диаметром, а следовательно, наименее устойчивы к термическому воздействию лесных пожаров. Другими словами, можно говорить о положительном влиянии рубок ухода на повышение пожароустойчивости сосновых насаждений Казахского мелкосопочника.

Интересная особенность зафиксирована в отношении свежего ветровала. Высокая густота древостоев способствует повышению их устойчивости к неблагоприятным природным факторам, в частности к сильному ветру. Поэтому минимальное количество свежего ветровала обнаружено в контрольных секциях и секциях, пройденных 70 лет назад рубками ухода слабой интенсивности. При увеличении интенсивности рубки до умеренной количество ветровальных деревьев возрастает, а затем снова снижается и составляет в секциях, пройденных рубками ухода очень высокой интенсивности, $28,3 \pm 4,0$ шт./га (см. табл. 2).

Анализ взаимосвязи количества ветровальных деревьев и старого ветровала с густотой произрастания в секциях с различной интенсивностью изреживания в сухих сосняках ГНПП «Бурабай» (рис. 1) показывает отсутствие четких зависимостей ($R^2 = 0,16–0,37$). Исключение составляют секции с проведенными рубками ухода умеренной и сильной интенсивности изреживания, здесь отмечается достаточно тесная взаимосвязь количества ветровальных деревьев с густотой произрастания древостоев ($R^2 = 0,89–0,97$).

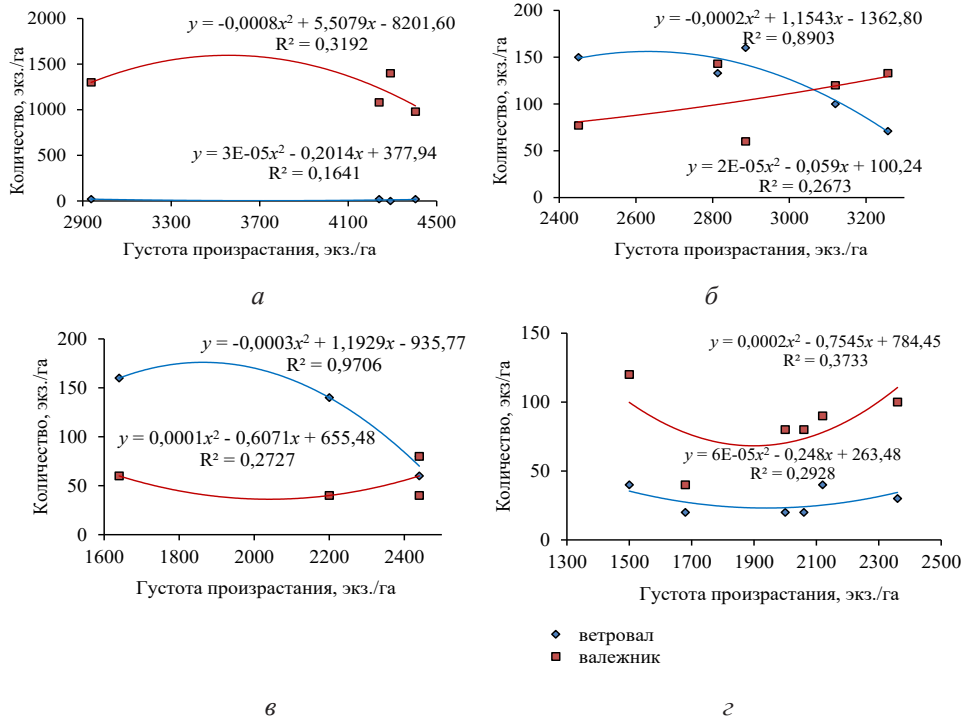


Рис. 1. Взаимосвязь густоты произрастания с количеством ветровальных деревьев и валежника в сухих сосняках ГНПП «Бурабай»: а – контроль; б – умеренная; в – сильная; г – очень сильная интенсивность изреживания

Fig. 1. Correlation between the growth density and the number of windfall trees, deadwood in dry pine forests of the Burabay National Park: а – control; б – moderate; в – high; г – very high care intensity

Распределение деревьев по ступеням толщины в исследуемых сосняках (рис. 2) свидетельствует о том, что в контрольных секциях ряд распределения характеризуется как асимметричная кривая, смещенная влево в сторону более мелких ступеней толщины. В рабочих секциях, пройденных рубками ухода слабой, умеренной и сильной интенсивности, кривые распределения приближены к симметричной кривой и практически идентичны по своему строению, преобладают деревья ступени толщины 12 см. В секциях, пройденных рубкой очень сильной интенсивности, отмечается смещение кривой распределения в сторону более крупных ступеней толщины с преобладанием в древостое деревьев ступени толщины 16 см.

Распределение деревьев по естественным ступеням толщины в контрольных и рабочих секциях, представленное на рис. 3, свидетельствует о растянутости рядов в сравнении с нормальным распределением (по А.В. Тюрину) во всех секциях. Количество ступеней толщины превышает более чем в 2 раза количество ступеней толщины при нормальном распределении. Только в секциях, пройденных рубками ухода очень сильной интенсивности, отмечается уменьшение растянутости кривой распределения на 3 ступени. После проведения рубок ухода интенсивностью 12,5–49,7 % по запасу в рассматриваемых сосняках кривая имеет симметричный вид, но при этом сохраняется ее растянутость.

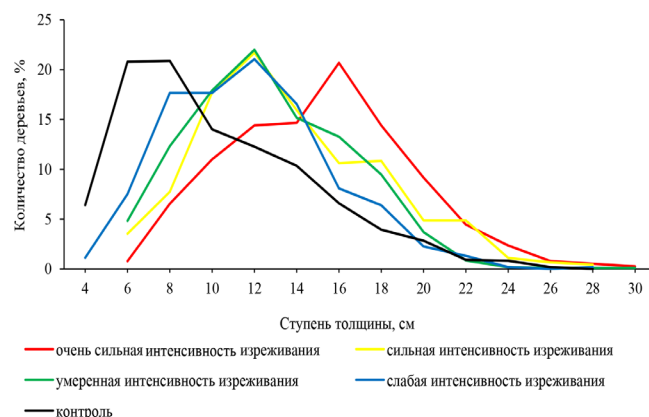


Рис. 2. Распределение деревьев в сосняках ГНПП «Бурабай» по ступеням толщины в зависимости от интенсивности изреживания

Fig. 2. Distribution of trees in pine forests of the Burabay National Park by diameter classes depending on the care intensity

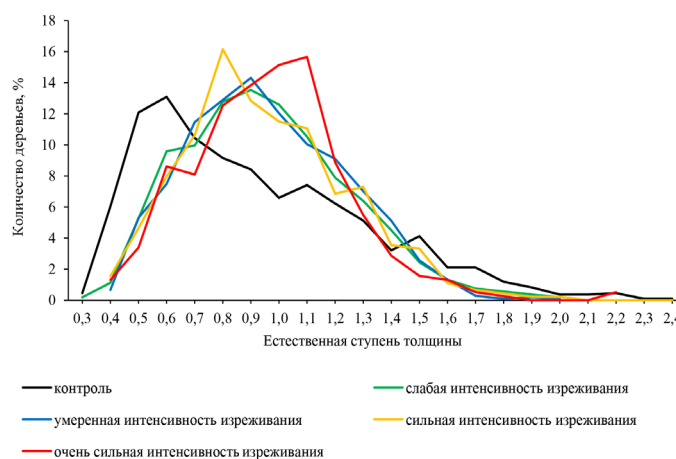


Рис. 3. Распределение деревьев по естественным ступеням толщины в сухих сосняках ГНПП «Бурабай»

Fig. 3. Distribution of trees in dry pine forests of the Burabay National Park by natural diameter classes

Приведенные данные являются подтверждением того, что в загущенных сосняках сухих условий произрастания Северного Казахстана рубки ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности изреживания оказывают влияние на строение древостоя за счет уборки мелких, отставших в росте деревьев. Это повышает устойчивость древостоев к неблагоприятным природным и антропогенным факторам.

Восстановление запаса древесины во всех рабочих секциях после рубок ухода происходит очень медленно. Даже через 70 лет после проведения рубок ухода слабой интенсивности средний запас составляет $295,5 \pm 22,5$ м³/га при $324,8 \pm 28,3$ м³/га в контроле. С увеличением интенсивности изреживания различия между рабочими и контрольными секциями по запасу древесины возрастают. Ни на одной рабочей секции, пройденной рубками ухода, через 70 лет запас стволовой древесины не достиг аналогичного показателя контроля. Это свидетельствует о том, что при проведении рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника нельзя ориентироваться на получение большого количества дополнительной древесины. Задачей рубок ухода в данных условиях будет повышение пожароустойчивости и рекреационной привлекательности насаждений в сочетании со снижением пожарной опасности в них.

Выводы

1. Через 70 лет после рубок ухода в 25–30-летних чистых одновозрастных сухих сосняках средняя высота и диаметр превышают аналогичные показатели контрольных древостоев на 11–36 и 6–12 % соответственно.

2. Рубки ухода способствуют снижению количества напочвенных горючих материалов и сухостоя, что в сочетании с увеличением средних диаметров древостоев свидетельствует о повышении их пожароустойчивости и минимизации риска перехода низовых пожаров в верховые.

3. Даже через 70 лет после рубок ухода запас в рабочих секциях остается ниже запаса контрольных древостоев на 9–10 % при слабой и умеренной интенсивности рубки и на 19–20 % при сильной и очень сильной интенсивности.

4. Высокая относительная полнота сосновых древостоев в контрольных и рабочих секциях делает необходимым уточнение региональных стандартных таблиц сумм поперечных сечений и запасов на 1 га нормальных древостоев сосны обыкновенной.

5. Специфика роста и строения сухих сосняков Казахского мелкосопочника обуславливает необходимость разработки региональных рекомендаций по ведению хозяйства в таких древостоях с учетом высокой природной пожарной опасности, особенностей лесорастительных условий и целевого назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Абузов А.В., Рябухин П.Б. Технологии промежуточных рубок на труднодоступных территориях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 4. С. 117–130.

Abuzov A.V., Ryabukhin P.B. Technologies of Intermediate Felling in Difficult to Access Areas. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2021, no. 4, pp. 117–130. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-4-117-130>

2. Борисов А.Н., Иванов В.В., Петренко А.Е. Формирование пространственной структуры сосновых древостоев при рубках ухода // Лесоведение. 2019. № 1. С. 7–18.

BorISOV A.N., Ivanov V.V., Petrenko A.E. Formation of Spatial Structure of Pine Stands Formed by Improvement Cuttings. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*, 2019, no. 1, pp. 7–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0024114819010042>

3. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С. Реакция средневозрастных сосняков на рубки ухода // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 1. С. 28–33. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/a53/a53089e829e0519a2e7e3b20dca514b2.pdf>

Buzykin A.I., Pshenichnikova L.S. Response of Middle-Aged Pineries to Cleaning Cutting. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2009, no. 1, pp. 28–33. (In Russ.).

4. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Ковалев Н.В. Влияние рубок ухода на рост и товарную структуру смешанных древостоев сосны и ели кисличного типа леса // Лесотехн. журн. 2014. № 2. С. 31–36.

Danilov D.A., Kovalev N.V., Beliaeva N.V. Effect of Thinning on Growth and Commodity Structure of Mixed Stands of Pine and Spruce of Wood-Sorrel Family Type Forests. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering Journal*, 2014, no. 2, pp. 31–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/4504>

5. Залесов С.В., Белов Л.А., Оплетев А.С., Магасумова А.Г., Карташова Т.Ю., Дебков Н.М. Формирование кедровников рубками ухода на бывших сельскохозяйственных угодьях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 1. С. 9–19.

Zalesov S.V., Belov L.A., Opletaev A.S., Magasumova A.G., Kartashova T.Yu., Debkov N.M. Formation of Siberian Pine Forests by Improvement Felling on Former Agricultural Lands. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2021, no. 1, pp. 9–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-9-19>

6. Залесов С.В., Залесова Е.С., Данчева А.В., Федоров Ю.В. Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи // Изв. вузов. Лесн. журн. 2014. № 6. С. 20–31. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/45c/2--opyt-rubok-obnovleniya-v-odnovozrastnykh-rekreatsionnykh-sosnyakh-podzony-severnoy-lesostepi.pdf>

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

7. Залесова Е.С. Лесоводственная эффективность опытных рубок ухода 1952–1983 гг. в сосняках подзоны южной тайги Урала: дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2013. 194 с.

Zalesova E.S. *Silvicultural Efficiency of Experimental Improvement Thinning in 1952–1983 in Pine Forests of the Southern Taiga Subzone of the Urals*: Cand. Agric. Sci. Diss. Yekaterinburg, 2013. 194 p. (In Russ.).

8. Козлов В.А., Кистерная М.В., Неронова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 6. С. 7–13. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/355/355d-8c4ebe8a8a4c97f77ea273271396.pdf>

Kozlov V.A., Kisternaya M.V., Neronova Ya.A. Influence of Forestry Measures on Density and Chemical Wood Composition of Scotch Pine. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2009, no. 6, pp. 7–13. (In Russ.).

9. Магасумова А.Г., Новоселова Н.Н., Залесова Е.С. Рубки ухода в насаждениях, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2010. № 5. С. 52–56. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/0a5/bccw8.pdf>

Magasumova A.G., Novoselova N.N., Zalesova E.S. Thinning in Stands Formed on Former Agricultural Lands. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2010, no. 5, pp. 52–56. (In Russ.).

10. Макаренко А.А., Муканов Б.М. Рубки ухода в сосняках Казахстана. Алматы: Бастау, 2002. 219 с.

Makarenko A.A., Mukanov B.M. *Improvement Thinning in Pine Forests of Kazakhstan*. Almaty, Bastau Publ., 2002. 219 p. (In Russ.).

11. Мальшев В.В. Оптимизация режимов рубок ухода в сосновых насаждениях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2013. № 4. С. 36–41.

Malyshev V.V. Mode Optimization Thinning in Pine Plantations. *Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoria i praktika* = Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice, 2013, no. 4, pp. 36–41. (In Russ.).

12. Минниханов Р.Н., Мусин Х.Г. Реализация концепции воспроизводства и лесопользования в малолесных регионах // Изв. СПбЛТА. 2017. Вып. 219. С. 47–57.

Minnikhanov R.N., Musin H.G. Concept of Regeneration and Forest Management in Sparsely Forest-Poor Regions. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2017, iss. 219, pp. 47–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.219.47-57>

13. Мусин Х.Г. Эффективность ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Вестн. БГАУ. 2013. № 2. С. 115–117.

Musin H.G. Efficiency of Landscape Cabins in the Recreational Woods. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 2, pp. 115–117. (In Russ.).

14. Панкратов В.К. Необходимость проведения рубок ухода в вязовых насаждениях с целью омоложения // Леса России и хозяйство в них. 2021. № 2(77). С. 35–41.

Pankratov V.K. The Need for Cutting in Elm Stands for the Purpose of Rejuvenation. *Forests of Russia and the Economy in Them*, 2021, no. 2(77), pp. 35–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.51318/FRET.2021.49.75.004>

15. Сеннов С.Н. Методические рекомендации по закладке постоянных пробных площадей на рубки ухода. Л.: ЛенНИИЛХ, 1972. 20 с.

Sennov S.N. *Guidelines for Laying out Permanent Trial Plots for Thinning*. Leningrad, LenNIILKh Publ., 1972. 20 p. (In Russ.).

16. Сеннов С.Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. 95 с.

Sennov S.N. *Results of 60-Year Observations of Natural Forest Dynamics*. Saint Petersburg, SPbNIILKh Publ., 1999. 95 p. (In Russ.).

17. Ebel A.V., Ebel Y.I., Zalesov S.V., Ayan S. The Effects of Different Intensity of Thinning on the Development in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands in Kazakh Uplands. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 2019, vol. 34, iss. 2, pp. 182–187. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.639014>

18. Masaka K., Sato H., Torita H., Kon H., Fukuchi M. Thinning Effect on Height and Radial Growth of *Pinus thunbergii* Parlat. Trees with Special Reference to Trunk Slenderness in a Matured Coastal Forest in Hokkaido, Japan. *Journal of Forest Research*, 2013, vol. 18, iss. 6, pp. 475–481. <https://doi.org/10.1007/s10310-012-0373-y>

19. Seiwa K., Eto Y., Hishita M., Masaka K. Effects of Thinning Intensity on Species Diversity and Timber Production in a Conifer (*Cryptomeria japonica*) Plantation in Japan. *Journal of Forest Research*, 2012, vol. 17, iss. 6, pp. 468–478. <https://doi.org/10.1007/s10310-011-0316-z>

20. Wu L., Liu J., Takashima A., Ishigaki K., Watanabe Sh. Effect of Selective Logging on Stand Structure and Tree Species Diversity in a Subtropical Evergreen Broad-Leaved Forest. *Annals of Forest Science*, 2013, vol. 70, pp. 535–543. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0292-x>

21. Zalesov S., Dancheva A.V., Ayan S., Suyundikov Z.O., Rachimzhanov A.N., Razhnov M.R., Opletaev A.S. Silvicultural Efficiency of the Thinning Efficiency of *Pinus sylvestris* L. Plantation in the Dry Subzone of Northern Kazakhstan Steppes. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 2020, vol. 20, iss. 3, pp. 220–228. <https://doi.org/10.17475/kastorman.849517>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest