

ГУСТОТА ИСКУССТВЕННЫХ СОСНЯКОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А. Е. ОСИПЕНКО,

аспирант,

С. В. ЗАЛЕСОВ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой,

Уральский государственный лесотехнический университет

(620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37)

Ключевые слова: пробная площадь, искусственные сосняки, древостой, возраст, сохранность, густота, мезорельеф, коэффициент корреляции.

На основании 57 пробных площадей, заложенных в искусственных сосновых насаждениях юго-запада Алтайского края, проанализированы зависимости между исходной густотой лесных культур и фактическими таксационными показателями насаждений в возрасте от 13 до 81 года. Исследования охватывают древостои в возрасте от 13 до 81 года, II–V классов бонитета, расположенные на различных элементах мезорельефа (вершины, склоны и основания дюнных всхолмлений). Исследования производились в Барнаульском ленточном бору на территории Рубцовского и Угловского административных районов. Исследования выполнены в насаждениях, произрастающих у основания, на склонах и вершинах холмов. Установлено, что если в насаждениях произрастающих у основания холмов и на их склонах в первые 25 лет после посадки отмирает около 50 % высаженных деревьев, то на вершинах холмов количество отмерших деревьев достигает 65 %. В насаждениях старше 25 лет отпад деревьев замедляется. Динамика отпада деревьев позволяет рекомендовать в ленточных борах Алтая проведение прореживаний со снижением густоты оставляемой на доращивание части древостоя до 2,5–3,0 тыс. шт./га и проходных рубок со снижением густоты до 1,0–1,5 тыс. шт./га. В целях повышения устойчивости насаждений против пожаров при проведении рубок ухода обрезаются сучья у оставляемых на доращивание деревьев на высоту до 2,5 м. Исходная густота посадки лесных культур должна быть 5–6 тыс. шт./га, что обеспечивает большую устойчивость молодняков сосны и лучшее очищение стволов от сучьев. При меньшей густоте посадки формируются, как правило, редкостойные низкопродуктивные насаждения.

THE DENSITY OF ARTIFICIAL PINE FORESTS IN THE SOUTHWEST OF THE ALTAI TERRITORY

A. E. OSIPENKO,

post-graduate student,

S. V. ZALESOV,

doctor of agricultural sciences, professor, head of the department,

Ural State Forest Engineering University

(37 Sibirskiy tract, 620100, Ekaterinburg)

Keywords: test area, artificial pine, forest stand, safety, age, density, mesorelief, correlation coefficient.

The relationship between the initial density of plantations and the actual taxation parameters of the plantations aged between 13 and 81 years were analyzed on the basis of 57 sample plots in the artificial pine plantations of the southwest of the Altai territory. Researches cover forest stands from 13 to 81 years of age, the II–V yield classes, located on various elements of mesorelief (tops, slopes and the foot of the hills). Researches were conducted in the Barnaul tape pine forest on the territory of the Rubtsovsk and Uglovsky administrative regions. It was found that: about 50 % of the trees at the foot and on the slopes of the hills die during first 25 years after planting; 65 % of the trees on the tops of the hills die for the same period; mortality slows for the trees aged over 25. The dynamics shows the necessity to conduct thinning in tape pine forests of the Altai region, with a decrease in the density of leaves left on the rearing of the tree stand up to 2.5–3 thousand units/ha. and thinnings with reduced thickness up to 1–1.5 thousand units/ha. To improve the stability of forests against fires, one cuts the branches of the left on rearing trees to a height of 2.5 m. The original density of the forest cultures should be of 5–6 thousand units/ha., which provides greater stability and better cleaning. The lower planting density, as a rule, leads to sparse and low-productivity forests.

Положительная рецензия представлена В. А. Усольцевым, профессором, доктором сельскохозяйственных наук, главным научным сотрудником научного учреждения «Ботанический сад» Уральского отделения Российской академии наук.

Своевременное восстановление леса на вырубках и гарях хозяйственно ценными хвойными породами является одной из важнейших задач лесного хозяйства Алтайского края. Но естественное возобновление леса не всегда возможно [8]. Поэтому в решении этой задачи большое значение играет искусственное лесовосстановление. Только за 2015 год в Алтайском крае проведены работы по лесовосстановлению на площади 13,5 тыс. га.; в том числе по созданию лесных культур на площади 5,7 тыс. га [13]. Процесс естественного изреживания в искусственных сосняках происходит по-разному в различных лесорастительных условиях и оказывает большое значение на сортиментную структуру и общую продуктивность древостоев.

Согласно перечню лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации, район исследований относится к Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепному району лесостепной зоны [14]. Климат района исследований резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Средняя годовая температура воздуха достигает $+1,6-2,1^{\circ}$ (г. Рубцовск). Низкие температуры зимой и высокие летом обусловлены преобладанием малооблачной антициклональной погоды. В зимний период такая погода приводит к сильному охлаждению нижнего приземного слоя воздуха, а летом – к интенсивному прогреванию. Самым теплым месяцем является июль ($+20^{\circ}$), а самым холодным – январь (-17°). В течение года экстремальная температура колеблется в пределах от $+41^{\circ}$ в июле, до -49° в январе. Годовая сумма осадков составляет 250–300 мм, обильное выпадение осадков наблюдается в летний период. Относительная влажность воздуха, на протяжении большей части бесснежного периода, составляет 40–45 %. По данным метеорологической станции г. Рубцовска, продолжительность с относительной влажностью воздуха ниже 30 % в среднем составляет в мае 12,3 дня, в мае–сентябре – 39,8 дней. Продолжительность периода с температурами выше 10° составляет 137 дней. Высота снежного покрова – около 0,3 м [2]. Почвы в районе исследований – песчаные дерново-слабоподзолистые и песчаные дерново-среднеподзолистые [1].

Цель и методика исследований. Цель работы – изучение динамики густоты искусственных сосняков на юго-западе Алтайского края и разработка на этой основе рекомендаций производству.

В процессе исследований был использован метод пробных площадей (ПП) [3]. Пробные площади (в количестве 57 шт.), закладывались в соответствии с широко известными апробированными методиками [4]. Размер ПП устанавливался с таким расчетом, чтобы на каждой из них было не менее 200 деревьев основного элемента древостоя. Все ПП закладывались

в искусственных сосняках типа леса сухой бор полных всхолмлений (СБП). Исследования охватывают древостои в возрасте от 13 до 81 года, II–V классов бонитета, расположенные на различных элементах мезорельефа (вершины, склоны и основания дюнных всхолмлений). Исследования производились в Барнаульском ленточном бору на территории Рубцовского и Угловского административных районов.

Результаты исследований. Основу процесса дифференциации составляют биологические и экологические свойства древесных пород, условия местопроизрастания и особенности структуры образовавшихся древостоев [9]. Для того, чтобы определить, какие факторы в большей степени влияют на изменение густоты искусственных сосняков на юго-западе Алтайского края, был проведен корреляционный анализ между такими показателями как: возраст древостоя (А), средняя высота (Н), средний диаметр (D), густота посадки ($N_{\text{пос}}$), фактическая густота на момент исследования ($N_{\text{факт}}$), сохранность деревьев, сумма площадей сечений ($\sum G$), полнота относительная ($P_{\text{отн}}$), общий запас древостоя ($M_{\text{общ}}$), высота над уровнем грунтовых вод (мезорельеф) и класс бонитета. Результаты анализа приведены в табл. 1.

Коэффициенты корреляции с наибольшими значениями наблюдаются между фактической густотой на момент исследования и такими показателями, как средний диаметр ($-0,419$) и густота посадки ($0,319$). При этом процентное значение сохранившихся деревьев с момента посадки коррелирует с вышеуказанными показателями теснее, чем густота фактическая. Кроме того, модуль значения коэффициента корреляции между сохранностью деревьев и возрастом ($-0,289$) больше, чем между фактической густотой и возрастом ($-0,115$), следовательно, анализировать динамику изменения густоты по имеющимся данным лучше по первой паре показателей.

Описать динамику изреживания искусственных сосняков отдельно по бонитетам затруднительно, так как связи между классом бонитета и сохранностью деревьев, а также фактической густотой слабые: $-0,109$ и $0,078$, соответственно. Однако такая попытка все же произведена: для III и IV классов бонитета построены линии тренда (рис. 1).

Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что в древостоях, характеризующихся IV классом бонитета, количество сохранившихся деревьев больше по сравнению с таковыми в насаждениях III класса бонитета. Данная закономерность известна в лесоводстве и не противоречит данным других авторов [10]. Вторым классом бонитета характеризуются древостои только на 4 пробных площадях, при этом их возраст не превышает 30 лет. Древостои V класса бонитета имеют древостои возрастом 59 и более лет. Таким образом для района исследований характерно сни-

Таблица 1
Значения коэффициентов корреляции
Table 1
The values of correlation coefficients

Показатели <i>Parameters</i>	A	H	D	$N_{\text{пос}}$ N_{planting}	$N_{\text{факт}}$ N_{actual}	Сохранность <i>Safety</i>	ΣG	$P_{\text{отн}}$ P_{relative}	$M_{\text{общ}}$ M_{common}	Мезорельеф <i>Mesorelief</i>	Класс бонитета <i>Yield class</i>
A	1,000										
H	0,853	1,000									
D	0,799	0,921	1,000								
$N_{\text{пос}}$ N_{planting}	0,199	0,216	0,105	1,000							
$N_{\text{факт}}$ N_{actual}	-0,115	-0,239	-0,419	0,319	1,000						
Сохранность <i>Safety</i>	-0,289	-0,415	-0,492	-0,425	0,685	1,000					
ΣG	0,858	0,884	0,802	0,253	0,095	-0,132	1,000				
$P_{\text{отн}}$ P_{relative}	0,828	0,775	0,709	0,265	0,231	-0,011	0,956	1,000			
$M_{\text{общ}}$ M_{common}	0,863	0,912	0,805	0,223	0,021	-0,186	0,963	0,894	1,000		
Мезорельеф <i>Mesorelief</i>	0,023	-0,108	-0,010	-0,071	-0,225	-0,146	-0,140	-0,114	-0,185	1,000	
Класс бонитета <i>Yield class</i>	0,754	0,370	0,358	0,186	0,078	-0,109	0,475	0,554	0,456	0,214	1,000

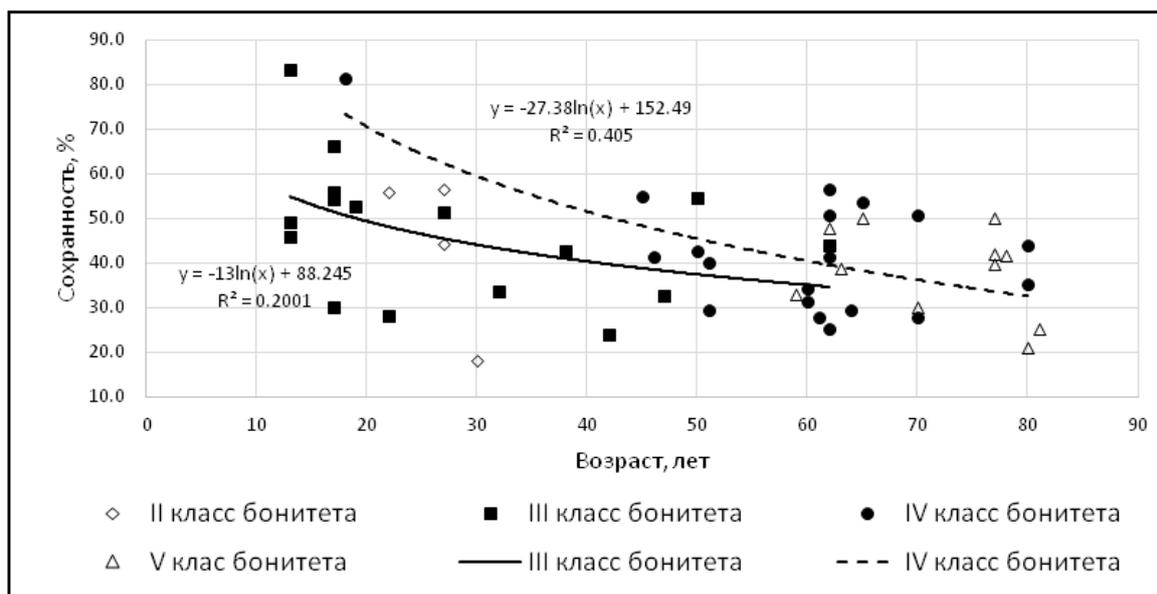


Рис. 1. Зависимость сохранности деревьев сосны от возраста

жение класса бонитета с увеличением возраста древостоя. Это подтверждает и довольно высокий коэффициент корреляции между возрастом и классом бонитета – 0,738.

Уровень изменчивости (отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах) доли сохранившихся с момента посадки деревьев в соответствии со шкалой, разработанной С. А. Мамаевым [7], для древостоев III-го класса бонитета высокий, коэффициент вариации равен 32,8 %; для древостоев IV-го класса бонитета – высокий (32,9 %); для древостоев V-го класса бонитета – повышенный (25,7 %).

В табл. 1 приведены коэффициенты корреляции для всей совокупности исследуемых древостоев. Было сделано предположение, что если подобрать древостой с одинаковой начальной густотой и провести корреляционный анализ, то будут получены более высокие значения коэффициентов. Данное предположение оказалось ошибочным. Модуль коэффициента корреляции между фактической густотой и возрастом для древостоев с густотой посадки

– высокий (32,9 %); для древостоев V-го класса бонитета – повышенный (25,7 %).
В табл. 1 приведены коэффициенты корреляции для всей совокупности исследуемых древостоев. Было сделано предположение, что если подобрать древостой с одинаковой начальной густотой и провести корреляционный анализ, то будут получены более высокие значения коэффициентов. Данное предположение оказалось ошибочным. Модуль коэффициента корреляции между фактической густотой и возрастом для древостоев с густотой посадки

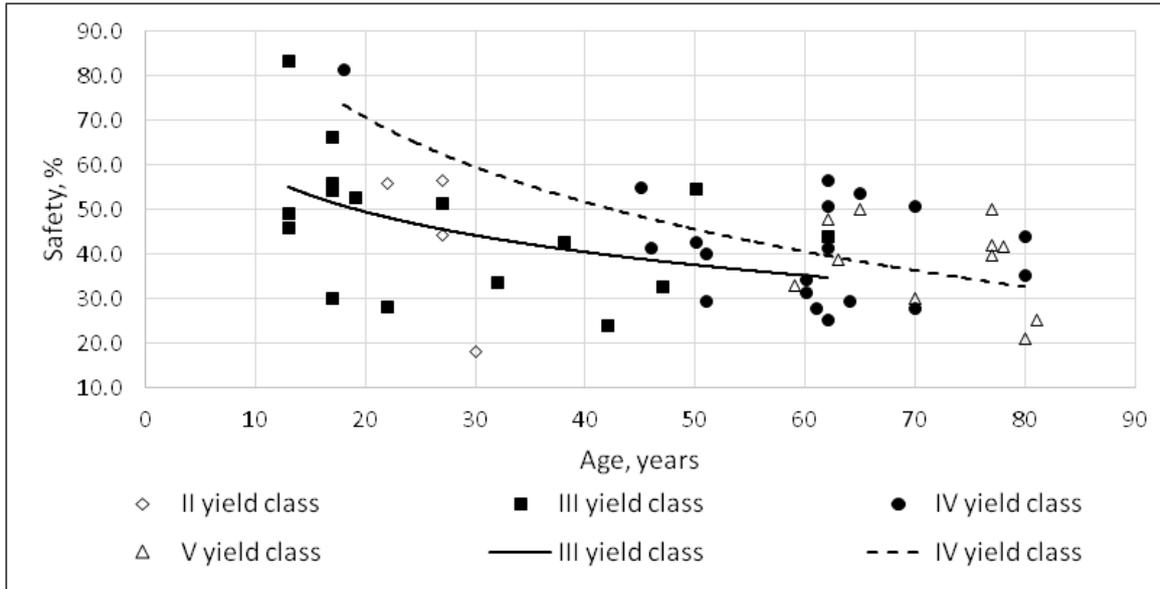


Fig. 1. Dependence of pine trees' safety on age

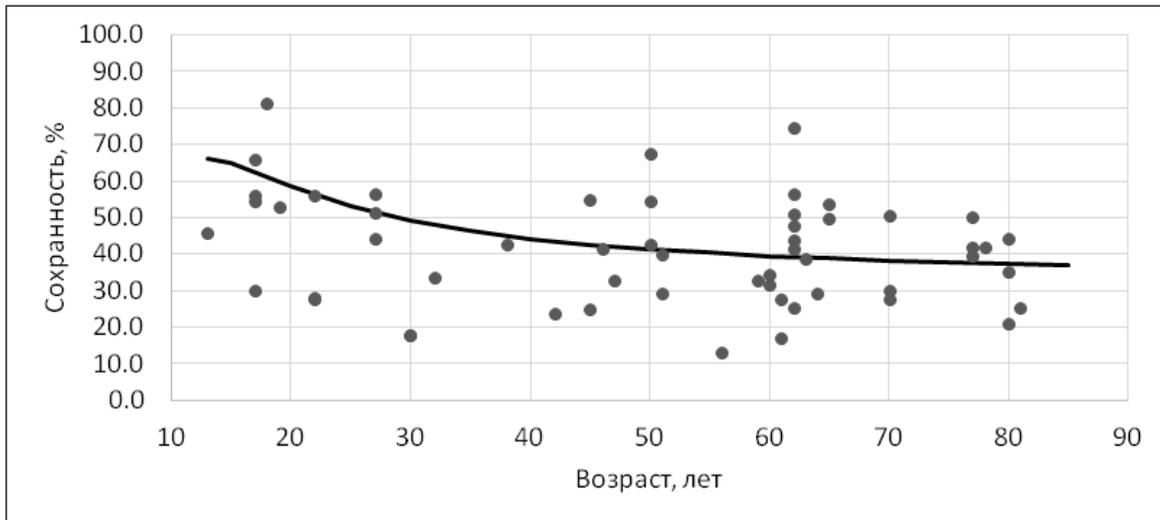


Рис. 2. Сохранность деревьев сосны в искусственных сосняках

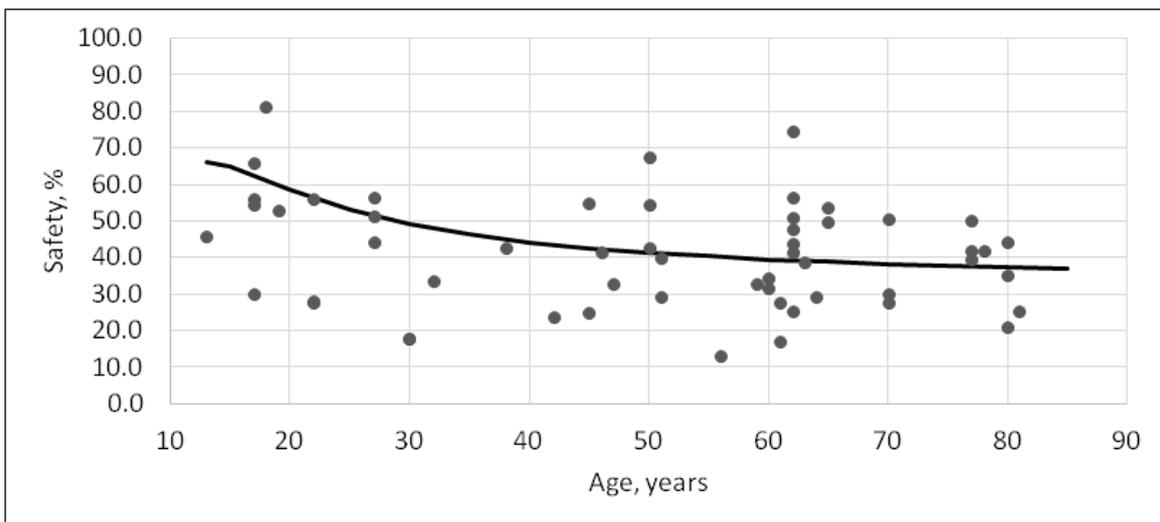


Fig. 2. Safety of pine trees in the artificial pine forests

от 5 до 6 тыс. шт/га уменьшился до $-0,097$, как и коэффициент между сохранностью деревьев и возрастом (0,245).

Процентное отношение сохранившихся деревьев, включая сухостойные, на пробных площадях с различной начальной густотой показано на рис. 2.

Кривая, описывающая распределение точек рис. 2, построена по формуле Корсуня, которая имеет общий вид:

$$Y = \frac{X^2}{a + b \times X + c \times X^2} \quad (1)$$

где Y – сохранность, %;

X – возраст, лет.

Коэффициент детерминации (R^2) составляет 0,694, что свидетельствует о заметной связи между исследуемыми показателями. При построении производилась отбраковка значений, которые значительно отклонялись от общего тренда. Количество степеней свободы данного уравнения (df) = 39.

Обработка данных производилась в программе «STATISTICA-7». Статистические характеристики коэффициентов уравнения представлены в табл. 2.

Критерий Стьюдента (t-value) коэффициента «a» (1,711) меньше табличного (2,023), что свидетельствует о его недостоверности, а значит, начало кривой может располагаться выше или ниже. Однако, если сопоставить полученную кривую со средне-взвешенной приживаемостью лесных культур в Ракитовском лесничестве (67 %), то станет очевидно, что уравнение достаточно правдоподобно отражает действительность.

Наиболее близкими по значениям начальной и фактической густоты к модели рис. 2 являются пробные площади № 33, 14, 45, 47 и 19. Их характеристика представлена в табл. 3.

С увеличением возраста наблюдается тенденция к увеличению средней высоты и среднего диаметра. При этом густота древостоя уменьшается с возрастом. Самоизреживание является обычно следствием дифференциации, а не наоборот. Из общего ряда выделяется ПП 47, на которой 46-летний сосняк имеет среднюю высоту и диаметр меньше чем 38-летний сосняк на ПП 45. Последнее объясняется тем, что при большей начальной густоте на ПП 47, наблюдается практически аналогичная с ПП 45 сохранность. Как следствие, внутривидовая конкуренция на ПП 47 проявлена ярче, что и отражено в виде отставания по высоте и диаметру.

Для большей наглядности данные табл. 3 представлены в виде графика на рис. 3.

Наиболее точно полученное уравнение описывает динамику изреживания в насаждениях у оснований холмов и на склонах. На вершинах холмов изменение густоты идет по другому сценарию. Это можно увидеть на графике рис. 4, на котором изображены линии тренда, отражающие фактическую сохранность деревьев в зависимости от положения на мезорельефе. Линии тренда получены путем выравнивания фактических значений сохранности по формуле Корсуня (1).

Коэффициенты детерминации представленных кривых составляют: 0,847 для оснований холмов; 0,600 – для склонов; 0,309 – для вершин. Уменьшение коэффициентов при переходе от низины к вершине свидетельствует о том, что с ухудшением условий

Таблица 2
Характеристика коэффициентов уравнения
Table 2
Characteristics of the equation coefficients

Коэффициенты уравнения <i>Equation coefficients</i>	Значение коэффициента <i>Coefficient value</i>	Стандартное отклонение <i>Standard deviation</i>	T-критерий Стьюдента <i>T-value (Student)</i>	P-значение <i>P-value</i>	Lo. Conf	Up. Conf
a	2,906771	1,698769	1,71110	0,095006	-0,529314	6,342855
b	-0,441090	0,151877	-2,90425	0,006034	-0,748291	-0,133889
c	0,031859	0,002818	11,30716	0,000000	0,026160	0,037558

Таблица 3
Таксационные показатели древостоев разных возрастов
Table 3
Taxation parameters of forest stands of different ages

№ ПП № ПП	Состав <i>Composition</i>	Возраст, лет <i>Age, years</i>	Высота, м <i>Height, m</i>	Диаметр, см <i>Diameter, cm</i>	Сохранность, % <i>Safety, %</i>	Густота посадки, тыс. шт./га <i>Planting density, thous. units/ha</i>	Фактическая густота, шт./га <i>Actual density, units/ha</i>	Густота по формуле, шт./га <i>Density according to the formula, units/ha</i>	Запас, м³/га <i>Common stock, m³/ha</i>
33	10С	17	4,3	4,1	55,9	7,0	3912	4383	17,1
14	10С+Шл	22	6,8	5,6	55,9	6,2	3440	3452	37,2
45	10С	38	10,7	9,6	42,5	6,6	2827	2987	126,9
47	10С	46	8,4	8,9	41,5	7,3	3027	3088	104,7
19	10С	80	13,6	12,2	35,1	7,4	2597	2761	216,5

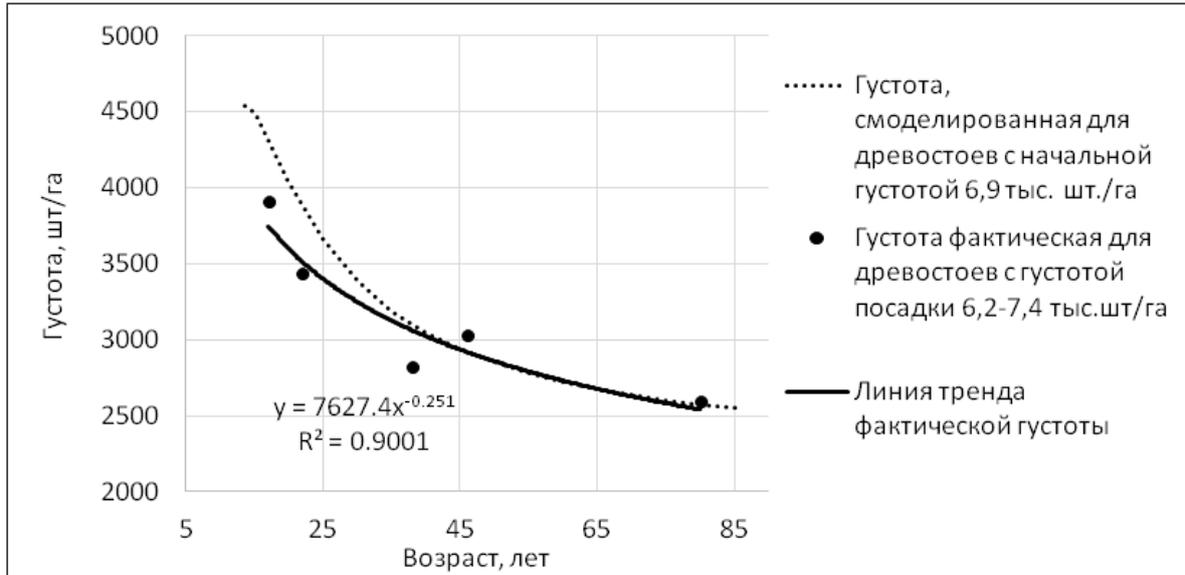


Рис. 3. Зависимость густоты искусственных сосняков от возраста

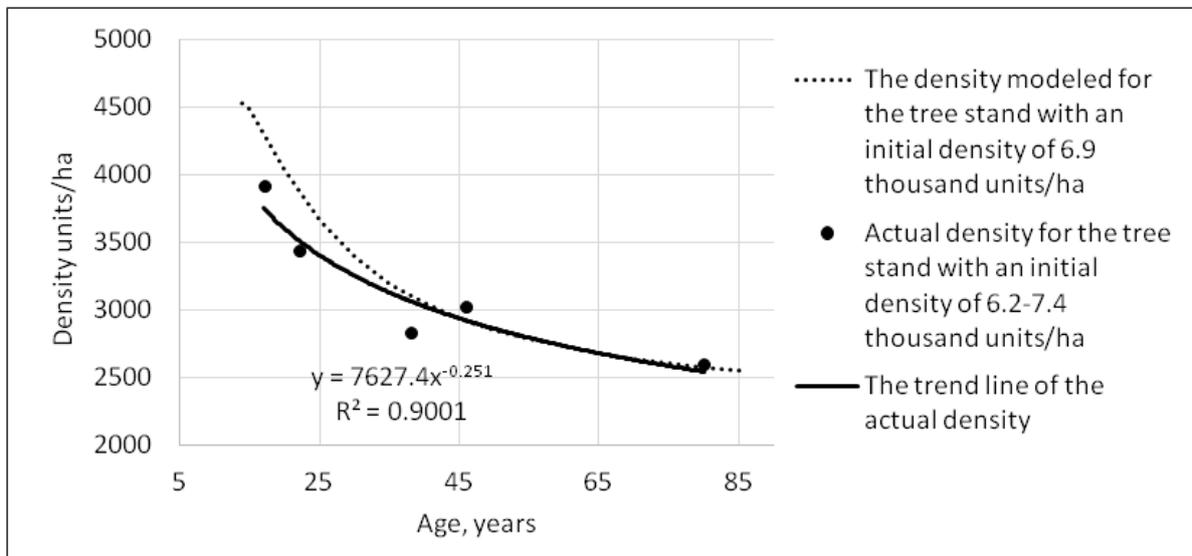


Fig. 3. The dependence of the density of artificial pine forests on the age

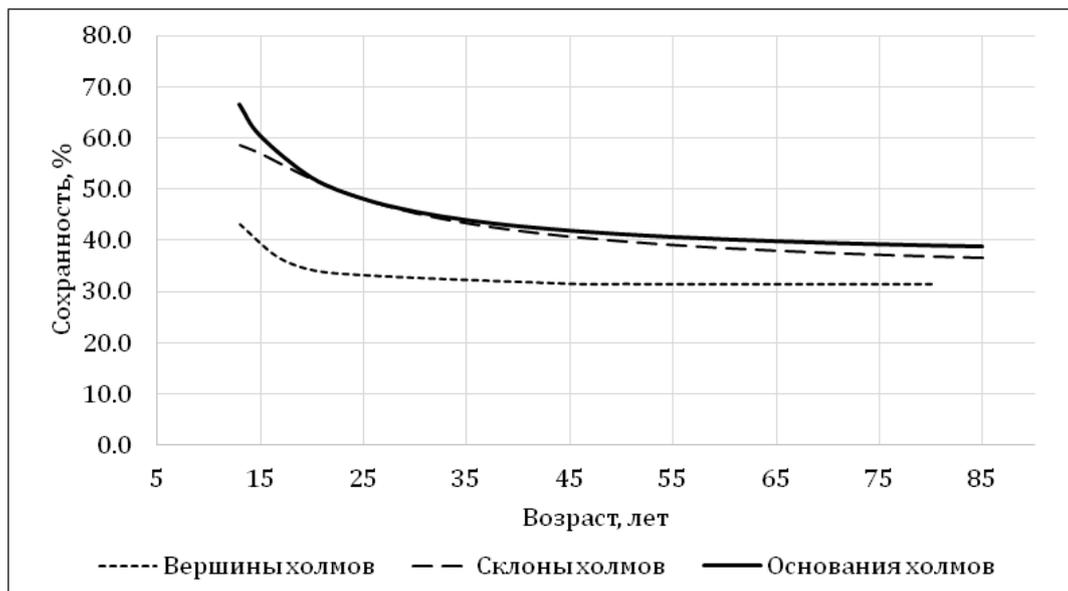


Рис. 4. Сохранность деревьев сосны в зависимости от мезорельефа

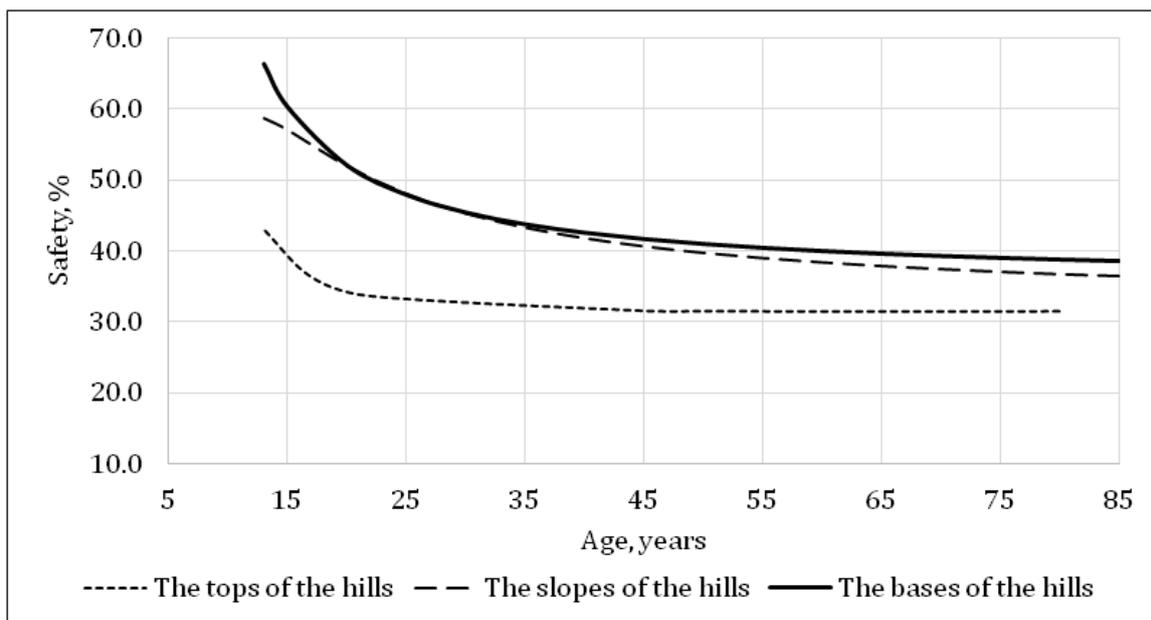


Fig. 4. Preservation of pine trees, depending on the mesorelief

произрастания связь между возрастом и изреживанием древостоя снижается. Вероятно, на вершинах холмов большее значение имеет приживаемость лесных культур, которая в свою очередь зависит от погодных условий, соблюдения технологии посадки, времени года и других факторов.

Уровень изменчивости сохранности деревьев в соответствии со шкалой С. А. Мамаева [7] для древостоев на всех элементах рельефа высокий. Коэффициенты вариации для древостоев у оснований холмов, склонах и на вершинах составляют 37,9, 36,6 и 37,6 %, соответственно.

В понижениях и на склонах всхолмлений первые 25 лет жизни погибает около 50 % деревьев, а на вершинах – до 65 %, затем процесс изреживания замедляется, что приводит к формированию густых древостоев с небольшим средним диаметром, однако с большей устойчивостью к болезням и вредителям [11]. Отсюда можно сделать вывод о том, что искусственные древостои нуждаются в прореживании [5], если цель ведения лесного хозяйства – не только создание биологически-устойчивых почвозащитных насаждений, но и получение древесины [12]. Рубки ухода позволят увеличить производительность древостоев и повысить устойчивость насаждений против низовых лесных пожаров [6].

Помимо конкуренции в рассматриваемых сосняках присутствует эффект кооперации [11] (взаимопомощь особей одного вида с целью обеспечения монополии вида на данной площади). В основе эффекта кооперации лежит потребность к размножению. Вполне вероятно, что это явление способствует замедлению естественного изреживания искусственных древостоев.

Выводы и рекомендации.

1. В искусственных сосняках ленточных боров Алтайского края необходимо своевременно проводить рубки ухода, а именно прореживание и проходную рубку. При прореживании густоту рекомендуется снижать до 2,5–3 тыс. шт./га., а при проходной рубке – до 1,0–1,5 тыс. шт./га.

2. Рубки ухода должны проводиться по низовому методу с одновременной обрезкой сучьев на высоту до 2,5 метров у оставляемых на корню деревьев.

3. Первоначальная густота культур сосны на юго-западе Алтайского края должна быть 5–6 тыс. шт./га. Меньшая густота посадки культур может привести к формированию редкостойных низкопродуктивных насаждений.

4. Для более высокой приживаемости необходимо тщательно соблюдать технологию посадки. Перед лесокультурными работами производить инструктаж рабочих.

Литература

1. Беховых Ю. В. Продуктивные запасы влаги в почвах горельников юго-западной части ленточных боров Алтайского края в условиях сухостепной зоны // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11. С. 48–52.
2. Бугаев В. А., Косарев Н. Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул, 1988. 312 с.
3. Бунькова, Н. П., Залесов С. В., Зотева Е. А., Магасумова А. Г. Основы фитомониторинга : учебное пособие. Екатеринбург, 2011. 89 с.

4. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения : учебное пособие. Екатеринбург, 2015. 152 с.
5. Залесов С. В., Лобанов А. Н., Луганский Н. А. Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения. Екатеринбург, 2002. 112 с.
6. Залесов С. В., Осипенко А. Е., Шубин Д. А. Запасы напочвенных горючих материалов в искусственных сосняках Алтайского края // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2016. № 2. С. 73–79.
7. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1972. 283 с.
8. Неверова Е. Ю., Малиновских А. А. Особенности роста и развития сосны обыкновенной на гари в средней части ленточных боров Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 58–61.
9. Соловьев В. М., Соловьев М. В. Рост и дифференциация древесных растений – эколого-биологическая основа изучения и формирования древостоев лесных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2012. № 2. С. 44–47.
10. Третьяков Н. В. Закон единства в строении насаждений. Л., 1927. 114 с.
11. Усольцев В. А., Маленко А. А. Лесные культуры разной начальной густоты. Сообщение 1. Оптимизационные аспекты, эффекты группы и плотности // Эко-Потенциал. 2014. № 3. С. 23–33.
12. Усольцев В. А., Маленко А. А. Лесные культуры разной начальной густоты. Сообщение 2. Анализ опытных посадок сосны обыкновенной // Эко-Потенциал. 2014. № 3. С. 34–47.
13. О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2015 году : государственный доклад. Барнаул, 2016. 167 с.
14. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации : приказ Минприроды России от 18 августа 2014 года № 367 (ред. от 21 марта 2016 года).

References

1. Bekhovykh Yu. V. Productive inventories of moisture in soils of burned forests of the southwest part of tape pine forests of Altai Krai in the conditions of dry steppe zone // Bulletin of the Altai State Agricultural University. 2011. № 11. P. 48–52.
2. Bugaev V. A., Kosarev N. G. Forestry of tape pine forests of the Altai Krai. Barnaul, 1988. 312 p.
3. Bunkova, N. P., Zalesov S. V., Zoteeva E. A., Magasumova A. G. Phytomonitoring bases : education guidance. Ekaterinburg, 2011. 89 p.
4. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Environmental monitoring of forest plantings of recreational appointment : education guidance. Ekaterinburg, 2015. 152 p.
5. Zalesov S. V., Lobanov A. N., Luganskiy N. A. Growth and productivity of pine forests of artificial and natural origin. Ekaterinburg, 2002. 112 p.
6. Zalesov S. V., Osipenko A. E., Choubin D. A. Inventories of the above-soil combustible materials in artificial pine forests of Altai Krai // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy of V. R. Filippov. 2016. № 2. P. 73–79.
7. Mamayev S. A. Forms of intraspecific variability of wood plants. M. : Nauka, 1972. 283 p.
8. Neverova E. Yu., Malinovsky A. A. Features of growth and development of pine ordinary on ashes in the middle part of tape pine forests of Altai Krai // Bulletin of the Altai State Agricultural University. 2012. № 12. P. 58–61.
9. Solovyov V. M., Solovyov M. V. Growth and differentiation of wood plants – ecological and biological basis of studying and forming of forest stands of forest ecosystems // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 2. P. 44–47.
10. Tretyakov N. V. Law of unity in a structure of plantings. L., 1927. 114 p.
11. Usoltcev V. A., Malenko A. A. Forest cultures of different initial density. Message 1. Optimization aspects, effects of group and density // Eco-Potential. 2014. № 3. P. 23–33.
12. Usoltcev V. A., Malenko A. A. Forest cultures of different initial density. Message 2. Analysis of pilot landings of pine ordinary // Eco-Potential. 2014. № 3. P. 34–47.
13. On the condition and environmental protection in Altai Krai in 2015 : state report. Barnaul, 2016. 167 p.
14. On approval of the List of forest vegetation zones of the Russian Federation and the List of forest regions of the Russian Federation : the order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Russian Federation from August 18, 2014 № 367 (an edition from March 21, 2016).