



ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ И ПОЖАРНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

А. В. ДАНЧЕВА,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией,

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации,

(021704, Казахстан, г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; тел.: 8 (71636) 4-11 53; e-mail: a.dancheva@mail.ru),

С. В. ЗАЛЕСОВ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе,

Уральский государственный лесотехнический университет

(620110, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тр., д. 37, e-mail: zalesov@usfeu.ru)

Ключевые слова: *средневозрастные сосновые древостои, рубки ухода, поврежденность древостоев, коэффициент напряженности роста, биологическая и пожарная устойчивость, рекреационная привлекательность.*

В работе приведены данные исследований влияния рубок ухода различной интенсивности на биологическую и пожарную устойчивость высокополнотных средневозрастных сосняков естественного и искусственного происхождения, произрастающих в сухих лесорастительных условиях (тип леса C_2) в государственном лесном природном резервате «Семей орманы». Биологическая устойчивость исследуемых древостоев изучалась на основе использования показателя поврежденности древостоя и комплексного оценочного показателя или коэффициента напряженности роста (КОП). Отмечено, что исследуемые сосновые древостои до проведения рубок ухода характеризуются как поврежденные и ослабленные. Установлено, что после рубок ухода слабой, умеренной и сильной интенсивности отмечается снижение показателей поврежденности древостоя и коэффициента напряженности роста. В результате проведенных рубок ухода с различной интенсивностью изреживания исследуемые сосновые древостои на всех секциях по показателю поврежденности древостоя (D_v) характеризуются как здоровые, по значению коэффициента напряженности роста оцениваются как биологически устойчивые. При этом значение показателя поврежденности в зависимости от интенсивности изреживания составляет в естественных древостоях 10,2; 7,8; 6,8 % при слабых, умеренных и сильных рубках ухода, а в насаждениях искусственного происхождения 18,7; 12,1 и 12,4 % соответственно. Коэффициенты напряженности роста в естественных и искусственных сосновых насаждениях после проведения рубок ухода слабой, умеренной и сильной интенсивности составляют $8,3 \pm 0,4$; $7,6 \pm 0,4$; и $7,0 \pm 0,4$ (для естественных), $7,3 \pm 0,3$; $6,7 \pm 0,4$; $6,8 \pm 0,3$ см/см² (для искусственных насаждений). Удаление сухих сучьев у оставшихся после рубок деревьев на высоту до 2,5–3 м способствует повышению пожароустойчивости сосняков, а также увеличивает просматриваемость, повышает эстетическое восприятие и рекреационную привлекательность. Особое значение данные мероприятия приобретают в насаждениях, произрастающих вокруг населенных пунктов.

INFLUENCE OF THINNING ON BIOLOGICAL AND FIRE SUSTAINABILITY OF PINE FOREST STANDS

A. V. DANCHEVA,

candidate of agricultural sciences, head of laboratory,

Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforest Reclamation

(58 Kirova Str., 021704, Republic of Kazakhstan, Shchuchinsk; tel.: +7 (71636) 4-11-53; e-mail: a.dancheva@mail.ru)

S. V. ZALESOV,

doctor of agricultural sciences, professor, vice-rector on scientific work,

Ural State Forest Engineering University

(37 Sibirskiy tr. Str., 620100, Ekaterinburg; e-mail: zalesov@usfeu.ru)

Keywords: *middle-aged pine forest stands, index of forest damage, coefficient of tension growth (CEI), biological and fire sustainability, recreational appeal.*

In the article given the results of researches of the effect of thinning of different intensity on the biological and fire sustainability of high-density middle-aged pine forest stands of natural and artificial origin which grown in dry forest conditions (forest type C_2) in the state forest natural fenced reserve «Semey ormany». The study of the biological sustainability of pine forest stands was conducted on the basis of the index of forest damage and a complex of the estimated indicators or coefficient of tension growth (CTG). It is noted that the studied pine forest stands before logging characterized as damaged and weakened. It is found that after thinning different intensity, there was a reduction of damage of the forest stand and the coefficient of tension growth. In the results of thinning different intensity the studied pine forest stands on all sections on the index of forest damage (D_v) characterized as healthy and by the value of the coefficient of tension growth characterized as biologically stable. In this case, the value of the index of damage depending on the intensity of thinning is in natural stands 10.2; 7.8; 6.8 % in low, moderate and heavy thinning, and plantations of artificial origin 18.7; 12.1 and 12.4 percent, respectively. Coefficient tension growth in natural and artificial pine plantations after thinning weak, moderate and strong intensity amount to 8.3 ± 0.4 ; 7.6 ± 0.4 ; and 7.0 ± 0.4 (for natural), 7.3 ± 0.3 ; 6.7 ± 0.4 ; 6.8 ± 0.3 cm/cm² (for plantations). It is found that the removing of dry branches on the trees to the height of 2.5–3 m contributes to the fire resistance of pine forest stands, as well as improves their aesthetic perception and recreational appeal. These activities become important in forests growing around the human settlements.

Положительная рецензия представлена В. И. Пономаревым, доктором биологических наук, и. о. директора Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук.



Рубки ухода в сосновых насаждениях позволяют не только получить значительное количество дополнительной древесины, но и существенно повысить пожароустойчивость насаждений. Они способствуют сокращению массы напочвенных горючих материалов, а следовательно, снижают интенсивность возможных низовых пожаров и переход их в верховые [1, 2].

В зависимости от интенсивности, метода и способа изреживания, а также возраста древостоя, в котором проводят рубки ухода, происходят фитоценотические изменения, формируются условия среды, определяющие рост и развитие как оставленных на доращивание деревьев, так и фитоценоза в целом. В свою очередь, интенсивность роста, обмен веществами и энергией оказывают влияние на динамику экологических факторов и определяют толерантность и биологическую устойчивость фитоценоза как саморегулирующейся системы [3–5].

Цель и методика исследований. Исследования проводились в сухих сосняках (группа типов леса С₂) государственного лесного природного резервата (ГЛПР) «Семей орманы». Всего заложено две пробные площади (ПП) в Семипалатинском филиале (табл. 1).

Закладка пробных площадей (ПП) проводилась в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [6, 7]. Для определения лесотаксационных параметров исследуемых сосновых древостоев применялся метод сплошных пересчетов, традиционный для исследовательских работ на ПП [8].

Комплексный оценочный показатель (КОП), см/см², или коэффициент напряженности роста [9], рассчитывался по формуле:

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G_{1,3}}, \quad (1)$$

где H – средняя высота древостоя, м; $G_{1,3}$ – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см².

Для исследуемых сосновых насаждений были использованы следующие оптимальные значения КОП: в древостоях до 20 лет – 15–25; 20–30 лет – 10–18; 40–70 лет – 5–8 и свыше 100 лет – 2–3 см/см² [10].

Поврежденность древостоя определялась по следующей формуле [11]:

$$D_v = \frac{30 \times M_2 + 60 \times M_3 + 95 \times M_4 + 100 \times M_5}{\Sigma M}, \quad (2)$$

где D_v – поврежденность древостоя, в %; M_2 , M_3 , M_4 – запас древесины поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных, усыхающих деревьев и сухостоя на пробной площади или на 1 га, м³; 30, 60, 95 и 100 – коэффициенты, выражающие поврежденность разных категорий деревьев, %; ΣM – общий запас древесины на пробной площади, м³/га (включая объем здоровых деревьев).

При показателе D_v менее 20 % древостой можно считать здоровым (поврежденность от 11 до 19 % свидетельствует о начальном ослаблении древостоя), при 20–49 % – поврежденным, при 50–79 % – сильно поврежденным, при 80 % и более – разрушенным.

Полученные данные были статистически обработаны с использованием средств электронной таблицы Microsoft Excel.

Результаты исследований. Большое значение в определении биологической устойчивости насаждений имеет коэффициент напряженности роста, являющийся критерием оценки эффективности проведения лесоводственных уходов.

В табл. 2 приведены данные по значению КОП до и после рубок ухода различной интенсивности в исследуемых сосняках. Данные табл. 2 свидетельствуют, что до проведения рубок ухода сосновые древостои на всех секциях характеризовались повышенным по отношению к оптимальным для данной возрастной категории значением коэффициента напряженности роста и оценивались как биологически неустойчивые.

Таблица 1

Интенсивность изреживания при рубках ухода на ПП, заложенных в ГЛПР «Семей орманы»

№ ПП (индекс секции)	Интенсивность изреживания, %		Степень изрежива- ния
	по запасу	по количеству деревьев	
Естественные насаждения			
1-А	Контроль без ухода		–
1-Б	11,2	27,7	Слабая
1-С	19,4	32,9	Умеренная
1-Д	27,9	49,0	Сильная
Искусственные насаждения			
2-А	Контроль без ухода		–
2-Б	12,1	25,4	Слабая
2-С	19,6	40,0	Умеренная
2-Д	31,2	44,8	Сильная

Table 1

Intensity of thinning when cutting on the trial area (TA), founded in State forest nature reserve “Semey ormany”

№ TA (section index)	Indensity of thinning, %		Degree of thinning
	in stock	number of trees	
Natural plantings			
1-A	Control without care		–
1-B	11.2	27.7	Weak
1-C	19.4	32.9	Reasonable
1-D	27.9	49.0	Strong
Plantations			
2-A	Control without care		–
2-B	12.1	25.4	Weak
2-C	19.6	40.0	Reasonable
2-D	31.2	44.8	Strong



Таблица 2

Средние значения показателя повреждения (D_v) и коэффициента напряженности роста (КОП) сосняков ГЛПР «Семей орманы» до и после рубок ухода

№ ПП (индекс секции)	D _v %	КОП, см/см ²	Критерий Стьюдента	
			t _s	t _{0,05}
Естественные древостои				
1-Б	$\frac{14,1}{10,2}$	$\frac{9,5 \pm 0,4}{8,3 \pm 0,4}$	2,12	1,97
1-С	$\frac{12,9}{7,8}$	$\frac{8,7 \pm 0,2}{7,6 \pm 0,4}$	2,46	1,96
1-Д	$\frac{15,7}{6,8}$	$\frac{9,0 \pm 0,4}{7,0 \pm 0,4}$	3,54	1,98
Искусственные древостои				
2-Б	$\frac{23,5}{18,7}$	$\frac{8,3 \pm 0,3}{7,3 \pm 0,3}$	2,36	1,98
2-С	$\frac{17,7}{12,1}$	$\frac{8,2 \pm 0,4}{6,7 \pm 0,4}$	2,65	1,99
2-Д	$\frac{22,2}{12,4}$	$\frac{7,8 \pm 0,3}{6,8 \pm 0,3}$	2,36	1,99

Примечание: в числителе – до рубки, в знаменателе – после рубки.

Table 2

Average values of index distortion (D_v) and coefficient of tension growth (CTG) of pine of State forest nature reserve "Semey ormany" before and after thinning

№ TA (section index)	D _v , %	CTG, cm/cm ²	Student test	
			t _s	t _{0.05}
Natural stands				
1-B	$\frac{14.1}{10.2}$	$\frac{9.5 \pm 0.4}{8.3 \pm 0.4}$	2.12	1.97
1-C	$\frac{12.9}{7.8}$	$\frac{8.7 \pm 0.2}{7.6 \pm 0.4}$	2.46	1.96
1-D	$\frac{15.7}{6.8}$	$\frac{9.0 \pm 0.4}{7.0 \pm 0.4}$	3.54	1.98
Artificial tree stands				
2-B	$\frac{23.5}{18.7}$	$\frac{8.3 \pm 0.3}{7.3 \pm 0.3}$	2.36	1.98
2-C	$\frac{17.7}{12.1}$	$\frac{8.2 \pm 0.4}{6.7 \pm 0.4}$	2.65	1.99
2-D	$\frac{22.2}{12.4}$	$\frac{7.8 \pm 0.3}{6.8 \pm 0.3}$	2.36	1.99

Note: in the numerator – before thinning, in the denominator – after thinning.

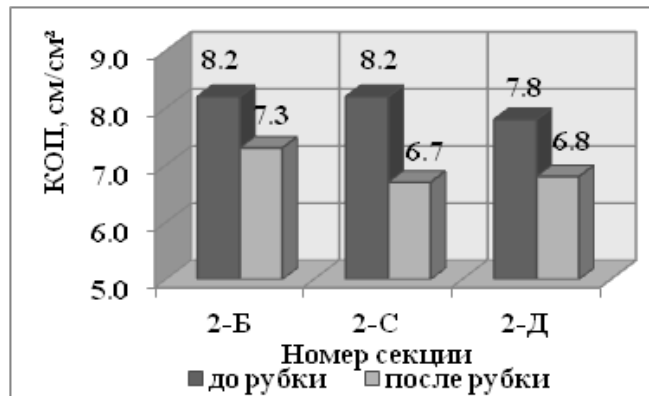
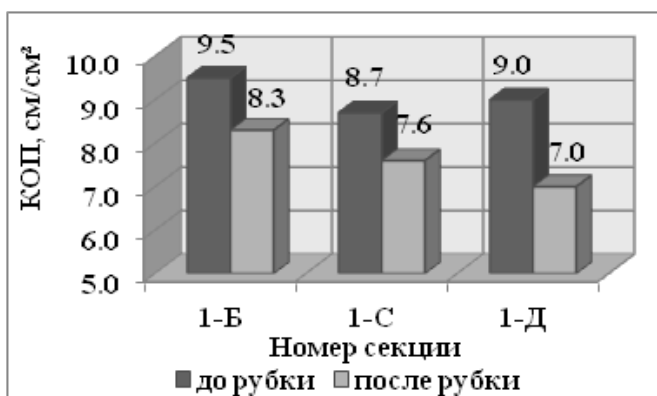


Рис. 1. Значения КОП до и после рубок ухода различной интенсивности: а – естественные древостои; б – искусственные древостои

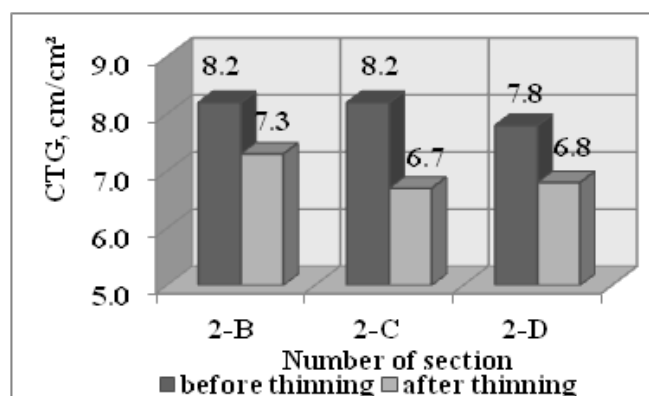
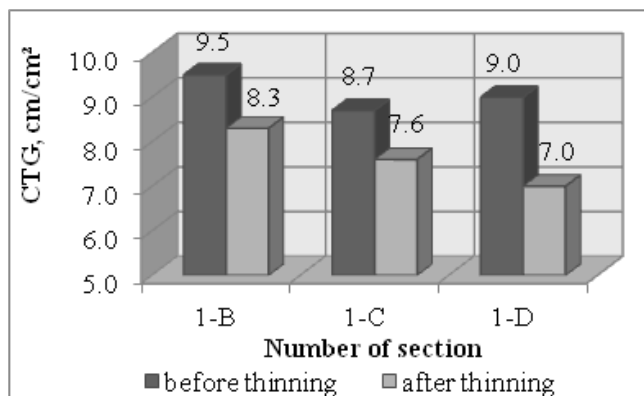


Fig. 1. CTG values before and after thinning of different intensity: a – natural forests; b – artificial forest stands

После проведения рубок ухода различной интенсивности на большинстве секций значение КОП находится в пределах от 6,7 до 7,6 см/см², что является оптимальным для данных древостоев и дает основание считать их биологически устойчивыми, кроме секции 1-Б в естественных древостоях со слабой интенсивностью изреживания, где значение КОП после рубки осталось выше 8 см/см², тем самым относя их в разряд ослабленных.

Отмеченные различия между значениями КОП до и после рубок ухода на всех исследуемых ПП достоверны и подтверждаются рассчитанным t-критерием Стьюдента (табл. 2).

Данные рис. 1 свидетельствуют, что с увеличением интенсивности рубок ухода, выполненных по низовому методу, отмечается снижение коэффициента напряженности роста (КОП) исследуемых сосновых древостоев. Так, при слабой интенсивности изрежи-



а



б

Рис. 2. Удаление сухих ветвей со стволов сосны на высоту до 2,5–3 м в естественных древостоях на секции 1-С:

а – до рубки; б – после рубки
Fig. 2. The removal of dry branches from the trunk of a pine to a height of 2.5–3 m in natural stands on section 1-C:
a – before cutting, b – cutting



а



б

Рис. 3. Удаление сухих ветвей со стволов сосны на высоту до 2,5–3 м в искусственных древостоях на секции 2-С:

а – до рубки; б – после рубки
Fig. 3. The removal of dry branches from the trunk of a pine to a height of 2.5–3 m in the artificial stands on section 2-C:
a – before cutting, b – cutting

вания значение КОП в естественных древостоях составило 8,3, в искусственных – 7,3 при умеренной – 7,6 и 6,7 и при сильной – 7,0 и 6,8 соответственно. Другими словами, в относительных единицах значение КОП снижается на 12–13, 13–18 и 13–22 % соответственно.

Таким образом, снижая густоту и полноту средневозрастных сосновых древостоев путем удаления сухостойных, больных и угнетенных деревьев, увеличивая при этом площадь питания и водообеспеченность оставляемых на доращивание деревьев, рубки ухода способствуют снижению коэффициента напряженности роста, тем самым повышая биологическую устойчивость древостоя на данном этапе развития.

После проведения рубок ухода отмечается снижение поврежденности древостоя (D_v) (табл. 2), что является важным моментом для сосновых древостоев искусственного происхождения, поскольку значение данного показателя до рубок ухода давало основание характеризовать их как поврежденные. Данные табл. 2 свидетельствует, что с увеличением интен-

сивности изреживания отмечается снижение показателя поврежденности исследуемых древостоев. Так, при слабой степени изреживания значение D_v снизилось на 20–28 %, при умеренной – на 32–40 % и при сильной степени изреживания – на 44–57 %.

В результате проведенных рубок ухода различной интенсивности сосновые древостои на всех секциях по показателю поврежденности (D_v) характеризуются как здоровые.

При планировании и проведении лесохозяйственных мероприятий очень важно иметь объективные данные об их влиянии на пожароустойчивость древостоев [2]. Одним из способов повышения пожароустойчивости древостоев выступает сокращение запасов напочвенных горючих материалов. Кроме того, рекомендуется проводить удаление мертвых сучьев на высоту 2 м у оставшихся на доращивание деревьев [12].

По результатам проведенных нами исследований высота до сухих сучьев в естественных древостоях составляет 1,0–1,4 м, в искусственных – 0,4–0,5 м (рис. 2а и 3а). Нами было проведено удаление мето-



а



б

Рис. 4. Отпад в исследуемых сосняках ЛГПР «Семей орманы»: а – естественные сосняки; б – искусственные сосняки
Fig. 4. Mortality in the studied pine stands of State forest nature reserve "Semey ormany": a – natural pine; b – the artificial pine forests

дом обламывания сухих сучьев у оставшихся после рубок деревьев на высоту до 2,5–3 м (рис. 2б и 3б).

По результатам проведенных работ отмечается не только очищение стволов деревьев сосны от сухих сучьев, что является одним из основных показателей, способствующих повышению пожароустойчивости данных насаждений, но и увеличение просматриваемости. Последнее повышает эстетическое восприятие и, как следствие, рекреационную привлекательность насаждений. Особую значимость рубки ухода приобретают в насаждениях, произрастающих вокруг населенных пунктов.

Следует отметить, что удаление сухих сучьев во время или сразу после рубок ухода требует минимальных затрат, а получаемый при этом эффект подтверждается невозможностью перехода низовых пожаров в верховые.

В ходе проведения исследований в естественных и искусственных средневозрастных сосновых насаждениях ленточных боров Прииртышья (ЛГПР «Семей орманы») было отмечено большое количество отпада (рис. 4), который в сухих условиях разлагается очень медленно и является потенциальным источником размножения вредителей и распространения пожаров. Как известно, присутствие в древостое деревьев, являющихся потенциальным отпадом, закономерно и отражает естественный процесс его развития. Поэтому рубки ухода следует проводить регулярно, опережая естественный отпад.

Проведенные исследования в искусственных насаждениях сосны показали, что по лесоустроительным материалам в данных насаждениях должны проводиться прореживания. Однако по возрасту данные древостои на момент рубок ухода соответствовали III классу (45 лет). Согласно существующим Правилам рубок в лесах Казахстана в данном возрасте проводятся проходные рубки. Указанный факт свидетельствует о несоответствии в данном случае проводимого вида рубок ухода в сосновых насаждениях ЛГПР «Семей орманы» лесоустроительным матери-

алам. Вместо системного подхода к уходу за лесом проводится однократное изреживание, что снижает эффективность данного материала.

Несвоевременное проведение основных приемов рубок ухода в определенный возрастной период жизни в загущенных сосновых древостоях не только становится причиной увеличения количества отпада и усиления пожароопасной обстановки, но и создает благоприятные условия для размножения вредителей леса, т. е. ведет к снижению биологической устойчивости рассматриваемых насаждений. Потенциал насаждений, который заложен природой и должен быть реализован в действительности этими древостоями, при такой ситуации снижается, что выражается в занижении основных таксационных характеристик. Последнее подтверждается снижением класса бонитета, неразвитым ассимиляционным аппаратом и, как следствие, пониженной экологической продуктивностью древостоев.

Выводы.

1. Проведение рубок ухода по низовому методу в средневозрастных высокополнотных сосновых древостоях приводит к снижению показателя поврежденности (D_v) и коэффициента напряженности роста (КОП) до значений, при которых данные насаждения оцениваются как здоровые или биологически устойчивые. Наименьшими значениями поврежденности и коэффициента напряженности роста характеризуются древостои после проведения рубок ухода с сильной интенсивностью изреживания (30 % по запасу и 50 % по густоте).

3. Удаление сухих сучьев на высоту до 2,5–3,0 м у оставшихся на доращивание деревьев повышает пожароустойчивость данных насаждений. Регулирование высоты сухих сучьев по стволу дерева приобретает особое значение в насаждениях, произрастающих вокруг населенных пунктов, поскольку помимо очевидного повышения пожароустойчивости улучшает эстетическое восприятие и рекреационную привлекательность древостоев.



Литература

1. Залесов С. В. Лесная пирология : учебник для студентов лесохозяйственных и других вузов. Екатеринбург : Баско, 2006. 312 с.
2. Залесов С. В., Данчева А. В., Муканов Б. М., Эбель А. В., Эбель Е. И. Роль рубок ухода в повышении пожароустойчивости сосняков Казахского мелкосопочника // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6. С. 64–67.
3. Залесов С. В., Луганский Н. А., Теринов Н. Н., Щавровский В. А. Рубки ухода : учеб. пособие. Екатеринбург : УЛТТИ, 1993. 112 с.
4. Чибисов Г. А., Нефедова А. И. Экологическая эффективность рубок ухода за лесом // Лесной журнал. 2003. № 5. С. 11–17.
5. Pérez-de-Lis G., García-González I., Rozas V., Arévalo J. R. Effects of thinning intensity on radial growth patterns and temperature sensitivity in Pinus canariensis afforestations on Tenerife Island, Spain // Annals of Forest Science. 2011. Vol. 68. Issue 6. P. 1093–1104.
6. Сеннов С. Н. Методические рекомендации по закладке постоянных пробных площадей по рубкам ухода. Л. : ЛенНИИЛХ, 1972. 20 с.
7. Залесов С. В., Зотеева Е. А., Магасумова А. Г., Швалева Н. П. Основы фитомониторинга : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 76 с.
8. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
9. Густова А. И., Терехина Д. К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // Аграрный вестник Урала. 2007. № 5. С. 55–59.
10. Искаков С. И., Жорабекова Ж. Т., Елемесов М. М. Современное состояние искусственных сосновых насаждений в ленточных борах Прииртышья // Развитие «зеленой экономики» и сохранение биологического разнообразия : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Щучинск, 2013. С. 117–123.
11. Алексеев В. А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л. : Наука, 1990. С. 38–53.
12. Залесов С. В., Залесова Е. С., Оплетаев А. С. Рекомендации по совершенствованию охраны лесов от пожаров в ленточных борах Прииртышья. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 67 с.

References

1. Zalesov S. V. Forest fire science : textbook for students of forestry and other universities. Ekaterinburg : Basko, 2006. 312 p.
2. Zalesov S. V., Dancheva A. V., Mukanov B. M., Ebel A. V., Ebel E. I. Signification of thinning in improving the fire resistance of pine forests of Kazakh Uplands // Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 6. P. 64–67.
3. Zalesov S. V., Luganskiy N. A., Terinov N. N., Shavrowski V. A. Thinning : tutorial. Ekaterinburg : Ural Forest Engineering Institute, 1993. 112.
4. Chibisov G. A., Nefedova A. I. Ecological efficiency of thinning the forest // Journal of Forestry. 2003. № 5. P. 11–17.
5. Pérez-de-Lis G., García-González I., Rozas V., Arévalo J. R. Effects of thinning intensity on radial growth patterns and temperature sensitivity in Pinus canariensis afforestations on Tenerife Island, Spain // Annals of Forest Science. 2011. Vol. 68. Issue 6. P. 1093–1104.
6. Sennov S. N. Methodological recommendations of laying plots for tending cutting. L. : LenSRIF, 1972. 20 p.
7. Zalesov S. V., Zoteeva E. A., Magasumova A. G., Shvaleva N. P. The basis of fitomonitoring : tutorial. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2007. 76 p.
8. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Ecological monitoring of recreational forest stand : tutorial. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2015. 152 p.
9. Gustova A. I., Terekhina D. K. Assessment of hydrophysical characteristics of the wood to justify silvicultural treatments in the protective afforestation // Agrarian Bulletin of the Urals. 2007. № 5. P. 55–59.
10. Iskakov S. I., Zhorabekova Z. T., Yelemesov M. M. The current state of artificial pine plantations in forests tape of Near-Irtysh // Development of «green economy» and the conservation of biological diversity : materials of Intern. scientif. and pract. conf. Shuchinsk, 2013. P. 117–123.
11. Alekseev V. A. Diagnosis of damage to trees and forest stands at air pollution and assessment of their living conditions // Forest ecosystems and air pollution. L. : Nauka, 1990. P. 38–53.
12. Zalesov S. V., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Recommendations for improving protection of forests from fires in belt pine forests of the Near-Irtysh. Ekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2014. 67 p.