

УДК 630\*228.8:630\*221.09:630\*561.24

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБОК УХОДА В СОСНЯКАХ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА НА ОСНОВЕ ЛЕСОВОДСТВЕННОГО И ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА<sup>1</sup>

© 2020 г. А. В. Данчева<sup>а</sup>, \*, М. А. Гурская<sup>б</sup>, С. В. Залесов<sup>с</sup>, Б. М. Муқанов<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации,  
ул. Кирова, 58, Щучинск, 021704 Казахстан

<sup>б</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, ул. 8 Марта, 202, Екатеринбург, 620144 Россия

<sup>с</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37, Екатеринбург, 620110 Россия

\*E-mail: a.dancheva@mail.ru

Поступила в редакцию 14.12.2018 г.

После доработки 04.02.2019 г.

Принята к публикации 06.06.2020 г.

Приводятся данные анализа лесоводственной эффективности рубок ухода в сосняках Казахстана (на примере Казахского мелкосопочника) за 55–67-летний период с использованием древесно-кольцевой индикации. Экспериментально доказано, что в сухих сосняках увеличение радиального прироста отмечается после проведения первого приема рубок ухода в возрасте 47 лет, в свежих сосняках – в 60 лет. Анализ данных изменения радиального прироста за последние 10 лет показал, что на участке, пройденном рубками ухода, в сухих сосняках у деревьев всех категорий крупности отмечается увеличение рассматриваемого показателя на 5–12% в сравнении с контролем. Исключение составляют “мелкие” деревья, у которых отмечается снижение радиального прироста на 24% в сравнении с контролем. Наибольшая отрицательная динамика радиального прироста после проведения рубок ухода отмечается у “мелких” и “средних” деревьев после третьего и четвертого приемов рубок ухода в возрасте 60–80 лет в сухих сосняках государственного национального природного парка “Бурабай”. В свежих сосняках Казахского мелкосопочника проведение двух-трех приемных рубок ухода умеренной интенсивности изреживания (25% по запасу) по низовому методу, начиная со II–III классов возраста с периодичностью в 10 лет, является достаточным условием для поддержания их биологической устойчивости и защитных функций. В сухих загущенных сосновых насаждениях рекомендуется проведение одного-двух приемов рубок ухода сильной интенсивности изреживания (26–35% по запасу) по низовому методу. Первый прием рубок ухода рекомендуется проводить в возрасте 20–25 лет, второй прием – 26–50 лет.

*Ключевые слова:* сосновые древостои, лесорастительные условия, рубки ухода, радиальный прирост, дендрохронология.

DOI: 10.31857/S0024114820060030

В настоящее время деградация лесных экосистем под влиянием различного рода антропогенных факторов является актуальной проблемой, которая особенно обостряется на урбанизированных территориях, где природная среда испытывает комплексное повышенное воздействие (Arnberger, 2006; Андреев, 2012; Разинкова, 2014).

Лесные насаждения Казахстана, площадь которых сравнительно мала и составляет 4.6% об-

щей площади территории республики, имеют важное социально-экономическое значение. В условиях нарастающих темпов лесозаготовки сосновых насаждений Казахстана, сохранение и повышение устойчивости лесных экосистем становятся важнейшими задачами, которые предполагают успешное лесовосстановление, охрану лесов от пожаров, защиту от вредителей и болезней, принятие мер по снижению уровня загрязнения окружающей среды, а также снижению размера от экстремальных воздействий климатических факторов.

Островные сосновые леса, произрастающие по склонам горных хребтов и сопкам Казахского мелкосопочника, имеют тесную генетическую связь с сосновыми лесами Южного Урала и Юж-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан, бюджетной программы 217 “Развитие науки”, подпрограммы 102 “Грантовое финансирование научных исследований” по гранту № AP05131107 “Исследование климатогенной и антропогенной динамики сосновых боров Казахстана методами дендрохронологии”

ного Алтая, и являются южным пределом их произрастания (Грибанов, 1956; Исаченко, 1961). Поэтому изучение влияния природных и антропогенных факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной в данном регионе представляет большой интерес как с научной, так и с практической точек зрения.

Решение задач лесоводственного ухода в лесах, относящихся к категории защитных, направленных, в первую очередь, на улучшение состояния сосновых лесов и повышение их средообразующих функций, а также формирование насаждений, устойчивых к внешним неблагоприятным воздействиям (ветру, снегу, насекомым, грибным заболеваниям, пожарам и т.д.), без использования рубок крайне затруднено или невозможно (Залесов, 1988; Луганский и др. 1993; Del Río M. et al., 2008; Pérez-de-Lis, 2011; Masaka et al., 2013; Лековская, Сарнацкий, 2015).

При оценке воздействия различных факторов на лесные экосистемы наиболее достоверным показателем происходящих изменений в состоянии древостоев является радиальный прирост деревьев, а режим его колебания является определяющим признаком для анализа ситуации (Пшеничникова, 2008; Vincent et al., 2011). Дендрохронологические методы успешно применяются при оценке степени воздействия как природных (климатических), так и антропогенных факторов (рекреации, пожаров, рубок и т.д.) (Матвеев, 2003; Капютин и др., 2014; Белов, 2018; Фонти и др., 2018).

В Казахстане, в частности, в северном регионе, при всей изученности вопроса влияния различных факторов на динамику прироста деревьев (радиального, линейного и т.д.) сотрудниками Казахского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации, отсутствуют исследования с использованием методов древесно-кольцевого анализа в оценке эффективности проведения лесоводственных мероприятий с целью повышения биологической устойчивости, пожароустойчивости и рекреационной привлекательности сосновых насаждений.

Цель исследований – проанализировать эффективность рубок ухода за 55–67-летний период в сосняках, произрастающих в различных лесорастительных условиях Казахского мелкосопочника методами лесоводственного и древесно-кольцевого анализа.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Исследования проведены в естественных сосновых насаждениях Казахского мелкосопочника (на примере государственного национального природного парка (ГНПП) “Бурабай”) в сухих сосняках (группа типов леса С<sub>2</sub>) на секциях 3-2 и 4-2 опытного участка (ОУ) № 2, заложенного

канд. с.-х. наук А.А. Вейсманом в 1949 г. в дальнейшем исследованного канд. с.-х. наук А.А. Макаренко в 1961 г., и в свежих сосняках (группа типов леса С<sub>3</sub>) на секциях А, Б и В постоянной пробной площади (ППП) № 7, заложенных А.А. Макаренко в 1960–1961 гг. На секциях 4-2, 7-Б и 7-В проведены рубки умеренной интенсивности изреживания (21–25% по запасу), секции 3-2 и 7-А заложены в качестве контроля.

За период исследований (с 1949 по 2000 г.) на соответствующих секциях опытного участка 2 проведены 5 приемов ухода, на постоянной пробной площади № 7 – 4 приема ухода (Макаренко, Муканов, 2002). Рубки ухода проводились по низовому методу с удалением отставших в росте деревьев IV–V классов Крафта.

Определение лесотаксационных параметров древостоев проводилось в соответствии с общепринятыми в лесоводстве методиками (Данчева, Залесов, 2015). Распределение деревьев по категориям крупности оценивалось по методике Г.Е. Комина (1970). Для анализа радиального прироста деревьев применены следующие категории крупности: в сухих сосняках – крупные (18.1–22.0 см), средние (10.1–18.0 см), мелкие (5.0–10.0 см), в свежих сосняках – крупные (24.1–41 см), средние (13.1–24.0 см), мелкие (8.0–13.0 см).

Объекты исследований ГНПП “Бурабай” представлены чистыми по составу разновозрастными сосняками VI класса возраста (табл. 1).

Класс бонитета сухих сосняков – V–Va, свежих сосняков – III–IV. Древостои на всех участках являются высокополнотными со средним значением полноты 1.2, за исключением секций Б и В на постоянной пробной площади № 7. Сосняки на этих участках характеризуются как низкополнотные (относительная полнота – 0.4). Почвы в сухих сосняках относятся к слабо каменистой дресвянистой супеси, подтипу подзолистых почв. Живой покров развит слабо, общее проективное покрытие составляет 0.3–0.4. Почвы в свежих сосняках характеризуются как дерновые скрыто-подзолистые. Подстилающая порода – плотная, сероватого цвета дресва. Живой напочвенный покров развит сравнительно хорошо, общее проективное покрытие составляет около 70%.

Изучение влияния лесохозяйственных мероприятий различной интенсивности на радиальный прирост проведено с применением методов древесно-кольцевого анализа (Шиятов и др., 2000). Образцы отобраны в июле–августе 2016 г. Анализ проведен по данным 215 кернов. В сухих сосняках число кернов, характеризующих категорию крупности “мелкие”, “средние” и “крупные”, на контрольном участке составило 13, 31 и 11 шт. и на секции с проведенными рубками ухода – 10, 38 и 12 шт. соответственно. В свежих сосняках число кернов, характеризующих категорию круп-

**Таблица 1.** Таксационная характеристика древостоев на исследуемых секциях по рубкам ухода в сосняках ГНПП “Бурабай”

№ опытного участка	№ постоянной пробной площади	№ секции	Интенсивность изреживания по запасу	Тип леса	Класс возраста	Средние		Густота, шт. га <sup>-1</sup>	Полнота		Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	Класс бонитета	Класс Крафта
						высота, м	диаметр, см		абсолютная, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	относительная			
Сухие сосняки													
2	–	3/2	Контроль	C <sub>2</sub>	VI	12.2	12.1	3420	38.0	1.2	256	Va	III.2
2	–	4/2	21.7	C <sub>2</sub>	VI	13.5	14.3	2075	33.3	1.0	228	V	II.5
Свежие сосняки													
–	7	A	Контроль	C <sub>3</sub>	VI	19.7	19.5	1440	42.9	1.1	395	IV	II.7
–	7	B	22.5	C <sub>3</sub>	VI	22.4	27.1	270	15.6	0.4	155	III	II.3
–	7	B	24.5	C <sub>3</sub>	VI	21.5	27.3	300	17.6	0.4	168	III	II.1

ности “средние” и “крупные” на контрольном участке составило 30 и 18 шт. и на секциях с проведенными рубками ухода – 21 и 31 шт. соответственно. Сравнительный анализ влияния рубок ухода на радиальный прирост деревьев категории крупности “мелкие” в свежих сосняках не проводился по причине отсутствия таковых на секциях 7-Б, 7-В с проведенным уходом.

Экспериментальный материал обработан в лаборатории дендрохронологии при Институте экологии растений и животных УрО РАН (г. Екатеринбург) на измерительном комплексе LINTAB 5 с точностью до 0.01 мм с использованием соответствующих методик и программ. Полученные данные были статистически обработаны с использованием средств электронной таблицы Microsoft Excel.

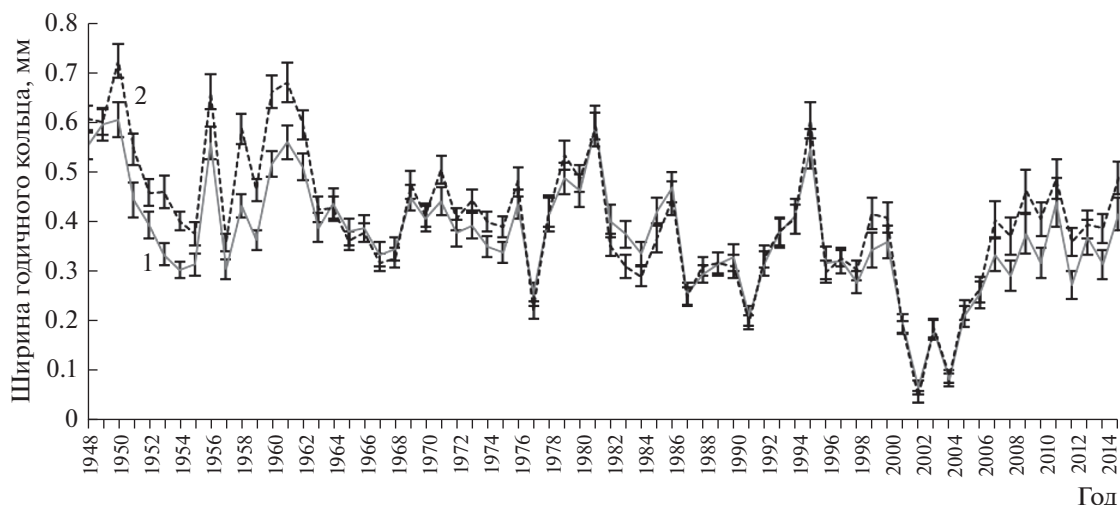
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В мировой практике отмечается общее положительное влияние рубок ухода как на таксационные характеристики древостоев (Gavinet et al., 2015; Коновалова и др., 2017), так и на увеличение радиального прироста деревьев (Матвеев, 2003; Онучин и др., 2011; Иванов, Евдокименко, 2017). При этом наибольший положительный эффект наблюдается при умеренной интенсивности изреживания.

Лесоводственная эффективность рубок ухода различной интенсивности изреживания в сосняках Казахского мелкосопочника и особенности влияния проводимых лесохозяйственных мероприятий на динамику роста и развития сосновых древостоев довольно подробно изучены рядом ученых (Макаренко, Муканов, 2002). Авторами тщательно проанализировано влияние рубок ухода на таксационные характеристики древостоев,

произрастающих в различных лесорастительных условиях, за 40-летний период. Отмечен общий положительный эффект рубок ухода умеренной интенсивности изреживания в исследуемых сосняках в первые годы после проведенных рубок и на их основе разработаны нормативы по рубкам ухода в сосняках Казахстана. В последующие годы по результатам анализа динамики состояния исследуемых древостоев (Эбель и др., 2015) установлен факт общего положительного влияния рубок ухода в них. Как правило, запас достигает такового на контроле через 10–15 лет, что служит основанием назначения очередного приема рубок ухода. Продолженные нами исследования в этом направлении (Залесов и др., 2016) свидетельствуют, что через 67 лет на рабочих секциях в сухих сосняках диаметр древостоев незначительно (на 10–15%) превосходит таковой на контрольном участке, в основном за счет удаления деревьев, отставших в росте, а запас древостоев ниже, чем на контроле. Следовательно, рубки ухода в сосновых лесах Казахстана выполняют задачу не выращивания дополнительной древесины, а повышения рекреационной и противопожарной устойчивости. Однако при всей изученности реакции сосновых древостоев на проводимые лесохозяйственные уходы отсутствуют данные специфики изменения радиального прироста за периоды между приемами рубок ухода. Поэтому для более детального анализа данных и обоснования полученных ранее выводов в данной статье рассматривается вопрос влияния рубок ухода на ширину годичного прироста деревьев в сосновых древостоях Казахского мелкосопочника с использованием древесно-кольцевого анализа.

Для анализа влияния рубок ухода на радиальный прирост деревьев нами проведено объединение значений ширины годичного кольца с расче-



**Рис. 1.** Динамика ширины годичного кольца деревьев в сухих сосняках ГНПП “Бурабай” за период с 1948 по 2015 г. 1 – контроль, 2 – умеренная интенсивность изреживания.

том средних их значений за временные периоды, следующие после приемов ухода.

По данным табл. 2 в сухих сосняках ГНПП “Бурабай” существенных различий в средних значениях ширины годичного кольца за весь период их роста (1904–2015 гг.) на сравниваемых по интенсивности изреживания участках не наблюдается ( $t_{\text{факт}} = 0.5$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ). Для исключения неточной интерпретации данных установлено, что достоверных различий в значениях величины среднего прироста по диаметру перед проведением первого приема рубок ухода (учетные периоды 1904–1930 и 1931–1949 г.) между контролем и рабочими секциями не выявлено ( $t_{\text{факт}} = 2.5$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ). Статистически достоверные различия

в средних значениях рассматриваемого показателя отмечаются после 1 приема ухода в период с 1950 по 1961 г. (рис. 1) ( $t_{\text{факт}} = 2.5$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ).

После всех последующих приемов ухода, включая данные последних 10 лет (2005–2015 гг.), существенные различия в средних значениях рассматриваемых показателей на сравниваемых участках не наблюдаются ( $t = 0.2–1.4$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ). Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии существенного влияния рубок ухода умеренной интенсивности изреживания на увеличение радиального прироста деревьев сосны в загущенных сосняках в сухих условиях произрастания.

Полученные в результате проведенного древесно-кольцевого анализа выводы подтвержда-

**Таблица 2.** Средние значения ширины годичного кольца деревьев в сухих сосняках ГНПП “Бурабай”, сгруппированных по периодам после приемов ухода, мм

Год	Прием ухода	Учетный период, годы	Возраст, лет	Контроль*	Умеренная интенсивность изреживания*
–	–	1904–1930	2–28	$0.96 \pm 0.07$	$0.98 \pm 0.07$
–	–	1931–1949	29–47	$0.47 \pm 0.03$	$0.54 \pm 0.04$
1949	1	1950–1961	48–59	$0.43 \pm 0.03$	$0.53 \pm 0.03$
1961	2	1962–1973	60–71	$0.41 \pm 0.03$	$0.42 \pm 0.02$
1973	3	1974–1982	72–80	$0.41 \pm 0.03$	$0.42 \pm 0.02$
1982	4	1983–1992	81–90	$0.33 \pm 0.02$	$0.32 \pm 0.02$
1992	5	1993–2004	91–102	$0.28 \pm 0.03$	$0.30 \pm 0.02$
–	–	2005–2015	103–113	$0.33 \pm 0.03$	$0.39 \pm 0.03$
–	–	1904–2015	113	$0.53 \pm 0.04$	$0.56 \pm 0.04$

\* С учетом среднестатистической ошибки.

**Таблица 3.** Средние значения таксационных показателей сосняков ГНПП “Бурабай” в зависимости от интенсивности изреживания

Показатель	Сухие сосняки		Свежие сосняки		
	контроль	умеренная интенсивность изреживания	контроль	умеренная интенсивность изреживания	
Диаметр, см	12.4 ± 0.3	14.6 ± 0.3	19.3	27.3	
Высота, м	12.7 ± 0.5	14.2 ± 0.4	18.1	21.5	
Полнота	абсолютная, м <sup>2</sup>	40.9 ± 1.8	36.2 ± 1.6	47.8	16.6
		относительная	1.3 ± 0.04	1.1 ± 0.05	1.2
Густота произрастания, экз.га <sup>-1</sup>	3811.4 ± 210.2	2179.6 ± 103.5	1639	285	
Запас, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	280.3 ± 17.9	259.5 ± 13.7	420	162	
Класс бонитета	V.0 ± 0.0	IV.0 ± 0.1	IV	III	
Класс Крафта	III.6 ± 0.06	II.4 ± 0.06	II.9 ± 0.1	II.2 ± 0.2	

Примечание. С учетом среднестатистической ошибки.

ются результатами наших исследований влияния рубок ухода на таксационные характеристики в сухих сосняках Казахского мелкосопочника на основе данных 20 пробных площадей.

В таблице 3 приведены средние значения таксационных показателей исследуемых сосняков. После проведения пяти приемов рубок ухода умеренной интенсивности изреживания диаметр и высота древостоев увеличиваются на 16 и 11% соответственно в сравнении с контролем. Увеличение среднего диаметра древостоя происходит в основном за счет удаления отставших в росте и развитии деревьев низших классов Крафта. При этом необходимо учесть тот факт, что в сухих условиях произрастания характерной особенностью сосняков являются высокие значения полноты (1.2–1.4). После проведения пяти приемов рубок ухода на рабочих секциях древостой характеризуется как высокополнотный со средним значением полноты 1.1. Анализ запаса древостоя под влиянием рубок ухода свидетельствует об общей тенденции его снижения. В сухих сосняках на секциях с проведенным уходом умеренной интенсивности изреживания анализируемый показатель на 12% меньше в сравнении с контролем.

Рассматривая влияние рубок ухода на величину прироста по диаметру у разных по крупности деревьев в сухих сосняках, можно отметить, что после первого приема ухода (период с 1950 по 1961 г.) у деревьев всех рассматриваемых категорий крупности наблюдается увеличение прироста по диаметру на 6–26% в сравнении с контрольным участком (табл. 4).

Статистически достоверные различия в значении данного показателя отмечаются у “мелких” и

“крупных” деревьев ( $t_{\text{факт}} = 2.1–2.2$  при  $t_{0.05} = 2.01–2.08$ ).

В последующие после ухода периоды наблюдается изменение динамики ширины годичного кольца у различных по крупности деревьев. На участке с проведенными рубками отмечается снижение значений рассматриваемого показателя у “мелких” и “средних” деревьев в сравнении с контролем. При этом наибольшие изменения происходят у “средних” деревьев. После первого приема ухода у деревьев данной категории крупности отмечается резкое снижение ширины годичного кольца (на 10–22%) в сравнении с контролем. Полученные различия у “средних” деревьев статистически достоверны в период с 1984–1993 гг. (четвертый прием ухода) ( $t_{\text{факт}} = 2.2$  при  $t_{0.05} = 2.01$ ). У “мелких” деревьев, напротив, происходит постепенное снижение значения радиального прироста после каждого последующего приема ухода.

Положительная динамика рассматриваемого показателя после проведения рубок ухода сохраняется у “крупных” деревьев. Однако, хотя и отмечается его превышение у деревьев данной категории крупности на участке с проведенными рубками ухода в сравнении с контролем, существенных различий при этом не наблюдается ( $t_{\text{факт}} = 0.4–1.4$  при  $t_{0.05} = 2.08$ ).

Анализ данных изменения радиального прироста за последние 10 лет показал, что на участке, пройденном рубками ухода в сухих сосняках, у деревьев всех категорий крупности отмечается увеличение рассматриваемого показателя на 5–12% в сравнении с контролем. Исключение составляют “мелкие” деревья, у которых отмечается

**Таблица 4.** Средние значения ширины годичного кольца деревьев различных категорий крупности в сухих сосняках ГНПП “Бурабай”, мм

Период, годы	Возраст, лет	Категории крупности деревьев		
		мелкие	средние	крупные
1904–1930	2–28	$0.74 \pm 0.07$	$0.96 \pm 0.07$	$1.01 \pm 0.16$
		$0.73 \pm 0.10$	$0.89 \pm 0.06$	$1.03 \pm 0.11$
1931–1949	29–47	$0.34 \pm 0.03$	$0.48 \pm 0.04$	$0.64 \pm 0.08$
		$0.41 \pm 0.09$	$0.50 \pm 0.03$	$0.75 \pm 0.11$
1950–1961	48–59	$0.28 \pm 0.02$	$0.46 \pm 0.03$	$0.54 \pm 0.07$
		$0.38 \pm 0.06$	$0.49 \pm 0.03$	$0.71 \pm 0.07$
1962–1973	60–71	$0.24 \pm 0.02$	$0.44 \pm 0.02$	$0.55 \pm 0.04$
		$0.29 \pm 0.03$	$0.39 \pm 0.02$	$0.60 \pm 0.05$
1974–1982	72–80	$0.23 \pm 0.02$	$0.46 \pm 0.04$	$0.53 \pm 0.05$
		$0.29 \pm 0.04$	$0.39 \pm 0.02$	$0.60 \pm 0.05$
1983–1992	81–90	$0.19 \pm 0.02$	$0.37 \pm 0.03$	$0.43 \pm 0.04$
		$0.16 \pm 0.02$	$0.29 \pm 0.02$	$0.50 \pm 0.05$
1993–2004	91–102	$0.15 \pm 0.02$	$0.31 \pm 0.03$	$0.39 \pm 0.06$
		$0.16 \pm 0.02$	$0.28 \pm 0.02$	$0.42 \pm 0.04$
2005–2015	103–113	$0.18 \pm 0.03$	$0.35 \pm 0.04$	$0.42 \pm 0.06$
		$0.12 \pm 0.05$	$0.37 \pm 0.04$	$0.53 \pm 0.05$
1904–2015	113	$0.35 \pm 0.04$	$0.55 \pm 0.05$	$0.62 \pm 0.08$
		$0.36 \pm 0.05$	$0.51 \pm 0.04$	$0.70 \pm 0.07$

Примечание. С учетом среднестатистической ошибки. В числителе – контроль, в знаменателе – умеренная интенсивность изреживания.

снижение радиального прироста на 24% в сравнении с контролем.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшая отрицательная реакция на изреживание сосновых древостоев с умеренной интенсивностью в сухих условиях произрастания ГНПП “Бурабай” отмечается у “мелких” и “средних” деревьев после третьего и четвертого приемов ухода в возрасте 60–80 лет. Поскольку в процессе проводимых уходов в древостое была сохранена часть деревьев, отставших в росте, но имеющих хорошую крону, можно предположить переход после первого приема ухода (1949 г.) части “ослабленных” (отставших в росте) деревьев категории крупности “средние” в “сильно ослабленные” и “отмирающие” в более позднем возрасте в категорию крупности “мелкие”.

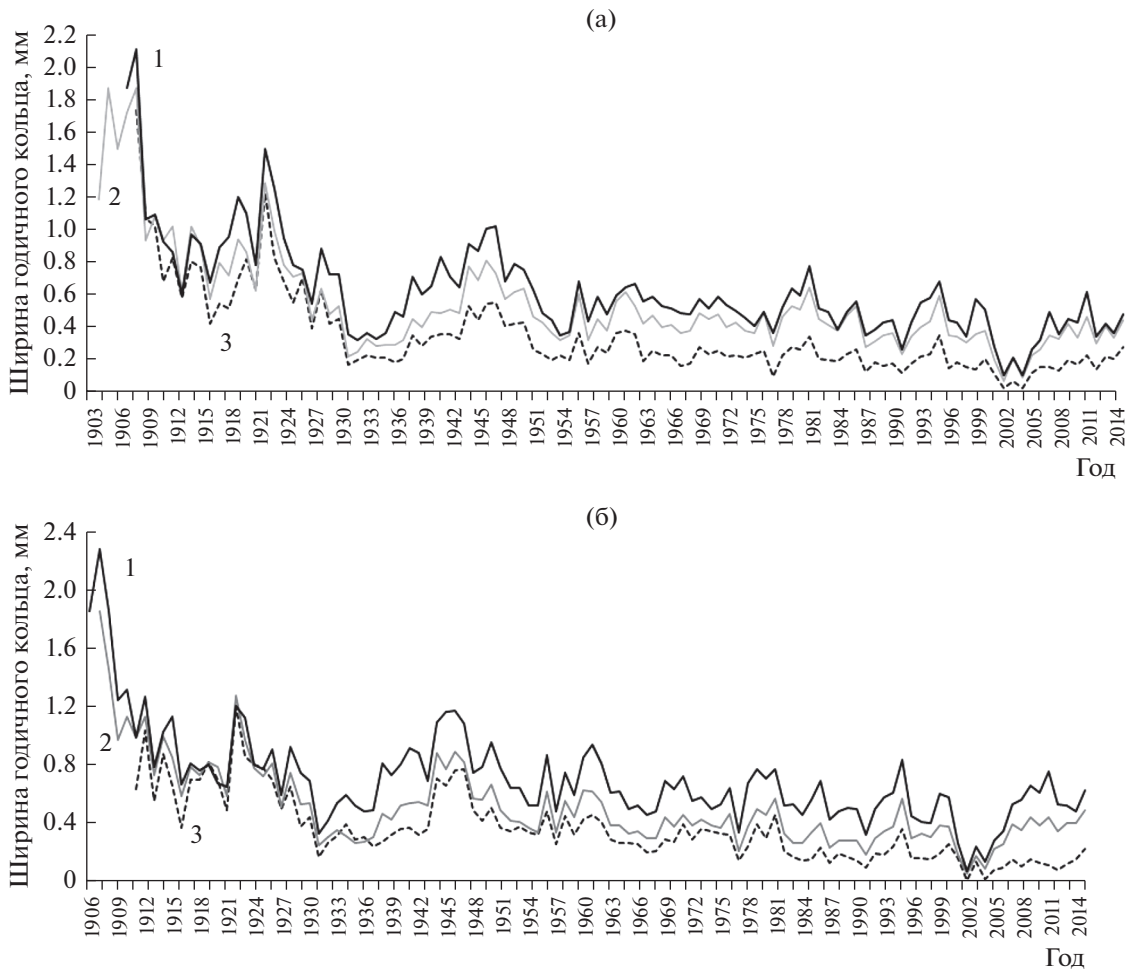
По данным рис. 2, на контроле и участке с проведенным уходом ранг деревьев по их крупности не изменяется на протяжении всего периода их жизни. Как в период интенсивного роста (1904–1930 гг.), так и в последующие годы мелкие деревья остаются мелкими, крупные – крупными, и только у средних по крупности деревьев в период интенсивного их роста отмечается колебание их ранга крупности между мелкими и крупными.

Рубки ухода умеренной интенсивности изреживания не влияют на изменение рангового положения деревьев по крупности.

Анализ влияния рубок ухода на радиальный прирост деревьев в свежих сосняках ГНПП “Бурабай” показывает, что полученные различия в средних значениях ширины годичного кольца деревьев за весь период их роста (1904–2015 гг.) между контролем и участками с проведенными рубками умеренной интенсивности изреживания статистически достоверны ( $t_{\text{факт}} = 3.1$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ) (табл. 5).

После проведения первого и всех последующих приемов рубок ухода отмечается увеличение ширины годичного кольца в сравнении с контролем (рис. 3).

Различия статистически достоверные во все следующие после проведенных приемов ухода периоды ( $t_{\text{факт}} = 3.2–6.5$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ) (табл. 5). При этом следует учитывать тот факт, что в период перед проведением первого приема ухода (с 1950 по 1961 г.) различия в значениях ширины годичного кольца между контролем и участками с проведенными рубками статистически не достоверны ( $t_{\text{факт}} = 0.9$  при  $t_{0.05} = 1.98$ ). Из приведенных выше



**Рис. 2.** Динамика ширины годичного кольца у различных по крупности деревьев в сухих сосняках ГНПП “Бурабай” за период с 1948 по 2015 г. на контрольном участке (А) и при умеренной интенсивности изреживания (Б). 1 – крупные деревья, 2 – средние, 3 – мелкие.

**Таблица 5.** Среднестатистические значения ширины годичного кольца в свежих сосняках ГНПП “Бурабай”, группированных по периодам после приемов ухода, мм

Год	Прием ухода	Учетный период, годы	Возраст, лет	Контроль*	Умеренная интенсивность изреживания*
–	–	1904–1925	2–23	1.65 ± 0.08	1.97 ± 0.12
–	–	1926–1939	24–37	0.67 ± 0.04	0.85 ± 0.05
–	–	1940–1950	38–48	1.11 ± 0.05	1.26 ± 0.07
–	–	1951–1961	49–59	0.74 ± 0.04	0.80 ± 0.05
1961	1	1962–1972	60–70	0.77 ± 0.05	1.02 ± 0.06
1972	2	1973–1983	71–81	0.68 ± 0.04	0.90 ± 0.04
1983	3	1984–1993	81–91	0.45 ± 0.03	0.63 ± 0.04
1993	4	1994–2004	92–102	0.33 ± 0.03	0.61 ± 0.04
–	–	2005–2015	103–113	0.47 ± 0.05	1.20 ± 0.10
–	–	1904–2015	111	0.85 ± 0.05	1.12 ± 0.07

\* С учетом среднестатистической ошибки.

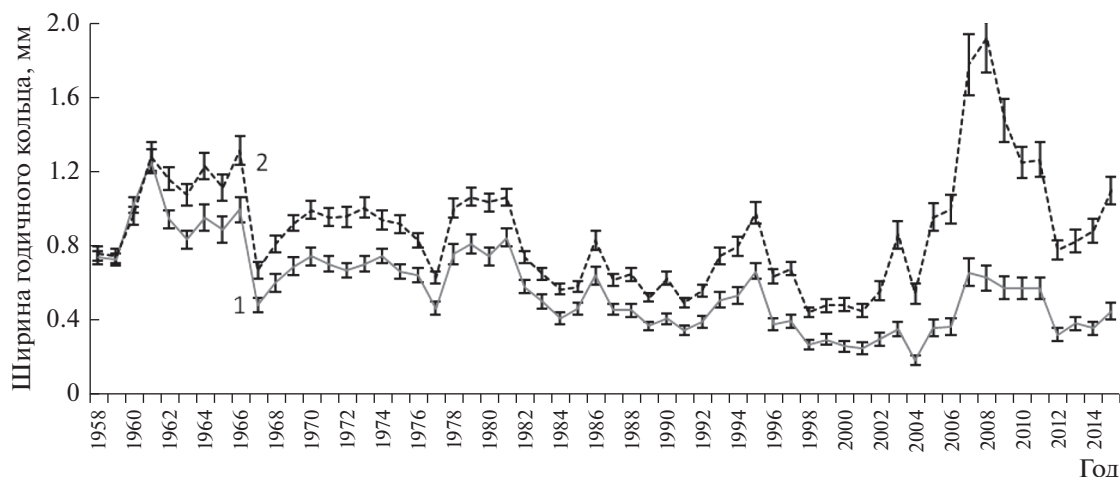


Рис. 3. Динамика ширины годичного кольца деревьев в свежих сосняках ГНПП “Бурабай” за период с 1958 по 2015 г. 1 – контроль, 2 – умеренная интенсивность изреживания.

данных можно сделать вывод о положительном влиянии рубок ухода умеренной интенсивности изреживания на увеличение радиального прироста деревьев сосны в сосняках свежих условий произрастания.

По результатам проведенного нами анализа эффективности рубок ухода в свежих сосняках Казахского мелкосопочника лесоводственными методами установлено, что после пяти приемов рубок ухода умеренной интенсивности изреживания диаметр и высота древостоя на 19 и 41% соответственно превышают данные показатели на контрольном участке (табл. 3). Наблюдается резкое снижение запаса древостоя на 40–60% в сравнении с контролем. Следует отметить, что на рабочих секциях на момент проведения исследований относительная полнота древостоев составила 0,4, т.е. сосняки характеризовались как низкополнотные. При этом древостой на контроле является высокополнотным. Данный факт является основным аргументом в объяснении причины резкого снижения запаса древостоев на рабочих секциях в сравнении с контролем. С другой стороны, снижение полноты древостоя до значения 0,4 после проведения рубок ухода повлекло за собой приток солнечной энергии, что и послужило одним из факторов увеличения прироста по диаметру.

Анализ динамики ширины годичного кольца у различных по крупности деревьев в свежих сосняках ГНПП “Бурабай” (табл. 6) свидетельствует, что после проведения первого приема рубок в 1961 г. отмечается общая тенденция незначительного увеличения рассматриваемого показателя во всех анализируемых категориях крупности – на 4–6% в сравнении с контролем. Полученные различия статистически не достоверны ( $t = 0,4–0,6$  при  $t_{0,05} = 2,01–2,02$ ).

Следует обратить внимание на тот факт, что в период с 1951 по 1961 г. у “средних” по крупности деревьев значение ширины годичного кольца на контроле существенно превышало аналогичное на участках с проведенным уходом ( $t_{\text{факт}} = 2,3$  при  $t_{0,05} = 2,01$ ). После проведения рубок наблюдается тенденция резкого снижения рассматриваемого показателя у “средних” деревьев на контроле и его увеличения на участках с проведенным уходом.

Наибольшее влияние на изреживание наблюдается у “средних” по крупности деревьев. В периоды после последующих второго и третьего приемов ухода происходит увеличение значений ширины годичного кольца на 13–20% в сравнении с контролем, при этом полученные различия статистически не достоверны ( $t_{\text{факт}} = 1,6–2,0$  при  $t_{0,05} = 2,01$ ). Достоверные различия в значениях рассматриваемого показателя у “средних” деревьев отмечаются после проведения четвертого приема ухода ( $t_{\text{факт}} = 3,1$  при  $t_{0,05} = 2,01$ ). У крупных деревьев проведение четырех приемов ухода не повлияло существенным образом на увеличение значения ширины годичного кольца. Достоверные различия в рассматриваемом показателе между участками с проведенным уходом и контролем в сравниваемые периоды отсутствуют ( $t_{\text{факт}} = 0,1–1,3$  при  $t_{0,05} = 2,02$ ).

У всех деревьев анализируемых категорий крупности на участках с проведенными рубками умеренной интенсивности изреживания отмечается резкое увеличение ширины годичного кольца после 2002 г. Его значение увеличивается в 1,8–2,4 раза в сравнении с контролем.

Таким образом, отмеченное увеличение среднего значения ширины годичного кольца у основных древостоев в свежих условиях произрастания после проведения рубок ухода умеренной ин-



**Таблица 6.** Средние значения ширины годичного кольца деревьев различных категорий крупности в свежих сосняках ГНПП “Бурабай”, мм

Год–период	Возраст, лет	Категории крупности деревьев			
		средние		крупные	
		контроль*	умеренная интенсивность изреживания*	контроль*	умеренная интенсивность изреживания*
1904–1925	2–23	1.56 ± 0.08	1.68 ± 0.15	1.94 ± 0.17	2.16 ± 0.15
1926–1939	24–37	0.62 ± 0.04	0.59 ± 0.05	0.89 ± 0.08	1.00 ± 0.06
1940–1950	38–48	1.06 ± 0.05	0.99 ± 0.07	1.40 ± 0.11	1.42 ± 0.08
1951–1961	49–59	0.73 ± 0.04	0.58 ± 0.05	0.91 ± 0.07	0.93 ± 0.06
1962–1972	60–70	0.70 ± 0.04	0.74 ± 0.06	1.14 ± 0.11	1.19 ± 0.06
1973–1983	71–81	0.61 ± 0.04	0.70 ± 0.04	0.99 ± 0.08	1.01 ± 0.05
1984–1993	81–90	0.39 ± 0.03	0.49 ± 0.04	0.68 ± 0.07	0.69 ± 0.04
1994–2004	92–102	0.29 ± 0.03	0.50 ± 0.06	0.58 ± 0.08	0.70 ± 0.05
2005–2015	103–113	0.39 ± 0.05	0.93 ± 0.10	0.74 ± 0.09	1.37 ± 0.12
1904–2015	113	0.79 ± 0.05	0.88 ± 0.08	1.12 ± 0.10	1.26 ± 0.08

\* С учетом среднестатистической ошибки.

тенсивности изреживания происходит за счет удаления из древостоя деревьев категории крупности “мелкие”. Наибольшие изменения в значениях рассматриваемого показателя отмечаются у “средних” по крупности деревьев. С каждым последующим приемом ухода отмечается увеличение у них ширины годичного кольца в сравнении с контролем. Проведение четырех приемов ухода практически не влияет на значение ширины годичного кольца у “крупных” деревьев. Необходимо учитывать, что важным фактором, оказывающим влияние на увеличение прироста по диаметру в свежих сосняках, является снижение их полноты до 0.4–0.6.

**Выводы.** 1. Увеличение радиального прироста деревьев сосны отмечается после проведения первого приема рубок ухода в возрасте 47 лет – в сухих и 60 лет – в свежих сосняках Казахского мелкосопочника. Полученные различия рассматриваемого показателя между контролем и участками с проведенными рубками ухода статистически достоверны в свежих и не существенны – в сухих сосняках.

2. Наибольшая отрицательная динамика радиального прироста после проведения рубок ухода отмечается у “мелких” и “средних” деревьев после третьего и четвертого приемов рубок ухода в возрасте 60–80 лет в сухих сосняках ГНПП “Бурабай”.

3. На всех объектах положительная динамика радиального прироста после проведения рубок

ухода умеренной интенсивности изреживания сохраняется у “крупных” деревьев на протяжении всего периода из роста.

4. В свежих сосняках Казахского мелкосопочника проведение двух-трех приемов рубок ухода умеренной интенсивности изреживания (25% по запасу), начиная со II–III классов возраста с периодичностью в 10 лет, является достаточным условием для поддержания их биологической устойчивости и защитных функций.

5. Целесообразность проведения пяти приемов ухода в сухих загущенных сосняках не оправдана как с экономической, так и практической точек зрения. Поэтому по результатам проведенного анализа в сухих загущенных сосновых насаждениях Казахского мелкосопочника рекомендуется проведение одного-двух приемов рубок ухода сильной интенсивности изреживания (26–35% по запасу) по низовому методу. Первый прием рубок ухода рекомендуется проводить в возрасте 20–25 лет с удалением из древостоя всех мелких деревьев категории состояния “сильно ослабленные”. Второй прием следует проводить в возрасте 26–50 лет с удалением из древостоя всех мелких деревьев категории состояния “сильно ослабленные” и части средних деревьев категории состояния “ослабленные”, с обязательным условием снижения относительной полноты древостоя до 0.7–0.8, с последующим проведением в них только санитарных рубок в сочетании с уходом за подростом. При этом загущенными необходимо считать древостой, густота произрастания

которых более чем на 25% превышает нормативные ее значения в соответствующем возрасте и классе бонитета в таблицах хода роста.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев Д.Н.* Методика комплексной диагностики антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий // Географический вестник. Физическая география и геоморфология. 2012. № 4(23). С. 4–10.
- Белов А.А.* Структура годичных колец древесины сосны обыкновенной в зоне аварии на Чернобыльской АЭС в связи с густотой древостоев // Лесоведение. 2018. № 4. С. 285–291.
- Грибанов Л.Н.* Некоторые вопросы биологии возобновления сосны и хозяйства в степных борах Казахстана // Труды института водного и лесного хозяйства. 1956. Т. I. С. 155–189.
- Данчева А.В., Залесов С.В.* Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: Учебн. пособие. Екатеринбург: Уральский гос. лесотех. университет, 2015. 152 с.
- Залесов С.В.* Влияние проходных рубок на массу и продуктивность ассимиляционного аппарата сосны // Леса Урала и хозяйство в них. 1988. Вып. 14. С. 152–160.
- Залесов С.В., Данчева А.В., Эбель А.В., Эбель Е.И.* Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника // Лесной журн. 2016. № 3. С. 21–30.
- Иванов В.В., Евдокименко М.Д.* Роль рубок и пожаров в динамике лесов бассейна озера Байкал // Лесоведение. 2017. № 4. С. 256–259.
- Исаченко Т.И.* Растительность мелкосопочника Северного Казахстана // Геоботаника. Вып. XIII. Растительность степей Северного Казахстана. 1961. С. 444–463.
- Катютин П.Н., Горшков В.В., Ставрова Н.И.* Радиальный прирост ели сибирской на разных этапах послепожарных сукцессий // Вестник Московского гос. университета леса – Лесной вестник. 2014. № 5. С. 72–78.
- Комин Г.Е.* Изменение рангов деревьев по диаметру в древостоях // Труды института экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР. 1970. Вып. 67. С. 252–261.
- Коновалова М.Е., Данилина Д.М., Назимова Д.И.* Формирование кедровников рубками ухода в черневом поясе Западного Саяна // Лесоведение. 2017. № 5. С. 16–27.
- Лековская М.В., Сарнацкий В.В.* Оценка состояния сосняков мшистых после проведения рубок ухода в условиях Белоруси // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015. № 41. С. 50–53.
- Луганский Н.А., Залесов С.В., Теринов Н.И., Шавровский В.А.* Рубки ухода: Учебн. пособие. Екатеринбург: Уральский лесотех. институт, 1993. 112 с.
- Макаренко А.А., Муканов Б.М.* Рубки ухода в сосняках Казахстана. Алматы: Бастау, 2002. 219 с.
- Матвеев С.М.* Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. Воронеж: Изд-во Воронежского гос. университета, 2003. 272 с.
- Онуцин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н.* Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование основных молодых // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXIX. № 3–4. С. 257–265.
- Пшеничникова Л.С.* Оценка рубок промежуточного пользования в сосновых древостоях // Хвойные бореальной зоны. 2008. № 1–2. С. 80–84.
- Разинкова А.К.* Санитарное состояние деревьев в городских посадках (на примере г. Воронежа) // Научный журн. КубГАУ. 2014. № 97(03). С. 181–202.
- Фонти М.В., Фахрутдинова В.В., Калинина Е.В., Тычков И.И., Попкова М.И., Шишов В.В., Николаев А.Н.* Многолетняя изменчивость анатомических параметров годичных колец хвойных пород в криолитозоне Средней Сибири // Лесоведение. 2018. № 6. С. 403–416.
- Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазена В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М.* Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебн.-метод. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
- Эбель А.В., Залесов С.В., Муканов Б.М.* Влияние густоты и полноты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них. Екатеринбург: Уральский гос. лесотех. университет, 2015. 221 с.
- Arnberger A.* Recreation use of urban forests: An inter-area comparison // Urban Forestry & Urban Greening. 2006. V. 4. Is. 3–4. P. 135–144.
- Del Río M., Calama R., Cañellas I., Roig S., Montero G.* Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands // Annals of Forest Science. 2008. V. 65. Is. 3. P. 308.
- Gavinet J., Vilagrosa A., Chirino E., Granados M. E., Vallejo V.R., Prévosto B.* Hardwood seedling establishment below Aleppo pine depends on thinning intensity in two Mediterranean sites // Annals of Forest Science. 2015. V. 72. Is. 8. P. 999–1008.
- Masaka K., Sato H., Torita H., Kon H.* Fukuchi Thinning effect on height and radial growth of *Pinus thunbergii* Parl. trees with special reference to trunk slenderness in a matured coastal forest in Hokkaido, Japan // J. Forest Research. 2013. V. 18. Is. 6. P. 475–481.
- 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. V. 68. Is. 6. P. 1093–1104.
- Vincent M., Krause C., Koubaa A.* Variation in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) wood quality after thinning // Annals of Forest Science. 2011. V. 68. Is. 6. P. 1115–1125.

## Assessment of Cleaning Cuttings Efficiency in Pine Forests of Kazakhstan Hillocks Based on Forestry and Annual Rings Analyses

A. V. Dancheva<sup>1,\*</sup>, M. A. Gurskaya<sup>2</sup>, S. V. Zalesov<sup>3</sup>, and B. M. Mukanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Forestry, Kirova st., 58, Shchuchinsk, Akmol Region, 021704 Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 8-Marta st., 202, Yekaterinburg, 620144 Russia

<sup>3</sup>Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37, Ekaterinburg, 620100 Russia

\*E-mail: a.dancheva@mail.ru

The paper presents the analysis results for the forestry efficiency of cleaning cuttings in Kazakhstan pine forests (on the example of Kazakhstan hillocks) over 55–67-years period using the annual rings indication method. It was experimentally proved that in arid pine forests an increase in radial growth can be observed after the first cleaning cutting activities at the age of 47 years, in humid pine forests – at the age of 60 years. Data analysis for the radial growth over the last 10 years has shown that on a plot subjected to a cleaning cutting there is a 5–12% increase in that parameter for all size categories of trees, compared to a control plot. The only exception are the “small” trees, for which a 24% decrease in radial growth was observed, compared to a control plot. The most prominent negative dynamics of radial growth was observed for the “small” and “medium” trees after the third and fourth cleaning cutting at the age of 60–80 years in dry pine forests of the Burabay National Park. In humid pine forests of Kazakhstan hillocks, two-three clear cuttings of an average thinning intensity (25% of the biomass stock) are carried out from below for the II–III age categories and on, with a period of 10 years in between, which proves to be a sufficient condition for the preservation of their biological sustainability and protective functions. In arid, dense pine stands, one-two intense (26–35% of the biomass stock) cleaning cuttings from below are recommended. The first cutting activities are recommended after 20–25 years, the second – after 26–50 years.

**Keywords:** pine forests, forest growing conditions, cleaning cuttings, radial growth, dendrochronology.

**Acknowledgements:** The study has been carried out with a financial support if the Kazakhstan Republic Ministry of Education and Science, within a framework of the budget program 217 “Science development”, sub-program 102 “Grant finances for the scientific research”, grant №AP05131107 “Studying of the climatogenic and anthropogenic dynamics in the Kazakhstan pine forests using the dendrochronology methods”.

### REFERENCES

- Andreev D.N., Metodika kompleksnoi diagnostiki antropogennoi transformatsii osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii (Technique of complex diagnostics of anthropogenic transformation of specially protected areas), *Geograficheskiy vestnik. Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya*, 2012, No. 4(23), pp. 4–10.
- Arnberger A., Recreation use of urban forests: An inter-area comparison, *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006, Vol. 4, No. 3–4, pp. 135–144.
- Belov A.A., Struktura godichnykh kolets drevesiny sosny obyknovlennoi v zone avarii na Chernobyl'skoi AES v svyazi s gustotoi drevostoev (Linkages between structure of annual rings of Scots pine and stand density in the region of Chernobyl accident), *Lesovedenie*, 2018, No. 4, pp. 285–291.
- Dancheva A.V., Zalesov S.V., *Ekologicheskii monitoring lesnykh nasazhdenii rekreatsionnogo naznacheniya* (Ecological monitoring of recreational forest stand), Ekaterinburg: Ural'skii gos. lesotekh. universitet, 2015, 152 p.
- Del Río M., Calama R., Cañellas I., Roig S., Montero G., Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands, *Annals of Forest Science*, 2008, Vol. 65, No. 3, pp. 308.
- Ebel' A.V., Zalesov S.V., Mukanov B.M., *Vliyaniye gustoty i polnoty na rost sosnovykh drevostoev Kazakhskogo melkosopchnika i effektivnost' rubok ukhoda v nikh* (Effect of density and fullness on the growth of pine stands of the Kazakh Upland and the effectiveness of thinning in them), Ekaterinburg: Ural'skii gos. lesotekh. universitet, 2015, 221 p.
- Fonti M.V., Fakhrutdinova V.V., Kalinina E.V., Tychkov I.I., Popkova M.I., Shishov V.V., Nikolaev A.N., Mnogoletnyaya izmenchivost' anatomicheskikh parametrov godichnykh kolets khvoynykh porod v kriolitozone Srednei Sibiri (Long-Term Variability of Anatomic Features of Annual Rings of Coniferous Species in Permafrost Zone in Central Siberia), *Lesovedenie*, 2018, No. 6, pp. 403–416.
- Gavinet J., Vilagrosa A., Chirino E., Granados M.E., Vallejo V.R., Prévosto B., Hardwood seedling establishment below Aleppo pine depends on thinning intensity in two Mediterranean sites, *Annals of Forest Science*, 2015, Vol. 72, No. 8, pp. 999–1008.
- Gribanov L.N., Nekotorye voprosy biologii vozobnovleniya sosny i khozyaistva v stepnykh borakh Kazakhstana (Some questions of biology of natural regeneration of pine and forest management in steppe forests of Kazakhstan), *Trudy instituta vodnogo i lesnogo khozyaistva*, 1956, Vol. I, pp. 155–189.
- Isachenko T.I., Rastitel'nost' melkosopchnika Severnogo Kazakhstana (The vegetation of the uplands of Northern Kazakhstan), *Geobotanika. Rastitel'nost' stepi Severnogo Kazakhstana*, 1961, Vol. XIII, pp. 444–463.
- Ivanov V.V., Evdokimenko M.D., Rol' rubok i pozharov v dinamike lesov basseina ozera Baikal (Contribution of fellings and fires to forest dynamics of Lake Baikal Basin), *Lesovedenie*, 2017, No. 4, pp. 256–259.

- Katyutin P.N., Gorshkov V.V., Stavrova N.I., Radial'nyi prirost eli sibirskoi na raznykh etapakh poslepozharnykh suktessii (Siberian Spruce radial increment at different stages of postfire successions), *Vestnik Moskovskogo gos. universiteta lesa – Lesnoi vestnik.*, 2014, No. 5, pp. 72–78.
- Komin G.E., Izmenenie rangov derev'ev po diametru v drevostoe (Change of an order of diameter of a tree in a stand), In: *Lesobrazovatel'nye protsessy na Urale (Forest development in processes Urals)* Yekaterinburg: Izd-vo IERiZh UrFAN SSSR, 1970, pp. 252–262.
- Konovalova M.E., Danilina D.M., Nazimova D.I., Formirovanie kedrovnikov rubkami ukhoda v chernom poyase Zapadnogo Sayana (Thinnings in design of Siberian pine forests in dark taiga of Western Sayan), *Lesovedenie*, 2017, No. 5, pp. 16–27.
- Lekovskaya M.V., Sarnatskii V.V., Otsenka sostoyaniya sosnyakov mshistykh posle provedeniya rubok ukhoda v usloviyakh Belorusi (State estimate of mossy pine forests after thinning in the conditions Belarus), *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2015, No. 41, pp. 50–53.
- Luganskii N.A., Zalesov S.V., Terinov N.I., Shchavrovskii V.A., *Rubki ukhoda* (Thinning), Ekaterinburg: Ural'skii lesotekh. institut, 1993, 112 p.
- Makarenko A.A., Mukanov B.M., *Rubki ukhoda v sosnyakakh Kazakhstana* (Thinning in pine forests of Kazakhstan), Almaty: Bastau, 2002, 219 p.
- Masaka K., Sato H., Torita H., Kon H., Fukuchi Thinning effect on height and radial growth of *Pinus thunbergii* Parl. trees with special reference to trunk slenderness in a matured coastal forest in Hokkaido, Japan, *Journal of Forest Research*, 2013, Vol. 18, No. 6, pp. 475–481.
- Matveev S.M., *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya nasazhdenii Tsentral'noi lesostepi* (Dendroindication of dynamics of forest health in the Central forest-steppe), Voronezh: Izd-vo VGU, 2003, 269 p.
- Onuchin A.A., Markova I.I., Pavlov I.N., Vliyanie rubok ukhoda na radial'nyi prirost stvolov i formirovanie sosnykh molodnyakov (Improvement cuttings effect on the radial increment of stems and formation of young-growth of pines), *Khvoynye boreal'noi zony*, 2011, Vol. 29, No. 3–4, pp. 258–267.
- 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, No. 6, pp. 1093–1104.
- Pshenichnikova L.S., Otsenka rubok promezhutochnogo pol'zovaniya v sosnykh drevostoyakh (Evaluation of the intermediate cuts in pine stands), *Khvoynye boreal'noi zony*, 2008, Vol. 25, No. 1–2, pp. 80–83.
- Razinkova A.K., Sanitarnoe sostoyanie derev'ev v gorodskikh posadkakh (na primere g. Voronezha) (Sanitary condition of trees in urban plantings (on the example of Voronezh)), *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2014, No. 97(03), pp. 181–202.
- Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdeyanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Khantemirov R.M., *Metody dendrokronologii. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoi informatsii* (Methods of dendrochronology. Fundamental of dendrochronology. Collection of data from tree-rings), Krasnoyarsk: Izd-vo KrasGU, 2000, Vol. 1, 80 p.
- Vincent M., Krause C., Koubaa A., Variation in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) wood quality after thinning, *Annals of Forest Science*, 2011, Vol. 68, No. 6, pp. 1115–1125.
- Zalesov S.V., Dancheva A.V., Ebel' A.V., Ebel' E.I., Lesovodstvennaya effektivnost' rubok ukhoda v sosnyakakh Kazakhskogo melkosopohnika (Silvicultural effectiveness of improvement cutting in the pine forests of Kazakh upland), *Lesnoi zhurnal*, 2016, No. 3, pp. 21–30.
- Zalesov S.V., Vliyanie prokhodnykh rubok na massu i produktivnost' assimilatsionnogo apparata sosny (The influence of increment thinning on the mass and productivity of assimilation apparatus pines), *Lesnaya Urala i khozyaistvo v nikh*, 1988, Vol. 14, pp. 152–160.