

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

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБОК УХОДА В СУХИХ СОСНЯКАХ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА

*А.В. Данчева<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук; ResearcherID: [AAG-7263-2019](https://orcid.org/0000-0002-5230-7288),*

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

*В.К. Панкратов<sup>2</sup>, ст. лаборант; ResearcherID: [AAG-9559-2019](https://orcid.org/0000-0001-9362-2885),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9362-2885>*

<sup>1</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, д. 7, г. Тюмень, Россия, 625003; e-mail: a.dancheva@mail.ru

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, ул. Кирова, д. 58, г. Щучинск, Ақмолинская область, Республика Казахстан, 021704; e-mail: pankratov93\_1993@mail.ru

**Аннотация.** Согласно действующему Лесному кодексу Республики Казахстан, в лесных насаждениях особо охраняемых природных территорий основным лесохозяйственным мероприятием, направленным на сохранение и повышение защитных функций лесов, являются рубки промежуточного пользования – рубки ухода. Одна из главных лесобразующих пород в Казахстане – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Повышение устойчивости лесных насаждений и возможность формирования рекреационно привлекательных ландшафтов посредством рубок ухода является актуальной проблемой для насаждений, произрастающих в аридных условиях. Цель исследования – проведение с использованием дендрохронологических методов анализа эффективности рубок ухода сильной интенсивности изреживания в сухих сосняках Казахского мелкосопочника за 70-летний период. Доказано, что в загущенных сосняках, произрастающих в сухих условиях, после проведения в них рубок ухода отмечается увеличение радиального прироста в каждый последующий 10-летний период после приема рубок. Со статистической достоверностью установлено, что наибольший отклик на изменения, вызываемые рубками ухода сильной интенсивности изреживания, наблюдался в период с 1949 по 1960 г. Анализ индексированных древесно-кольцевых хронологий, проведенный на основе использования региональных кривых (индексированных средних древесно-кольцевых хронологий сосны) с помощью функции кубического сплайна, позволил выявить различия в индексах радиального прироста сосны с участка, где были проведены рубки ухода сильной интенсивности изреживания, и с контрольного участка (временные периоды с 1947 по 1955 г., с 1961 по 1970 г., с 1981 по 1990 г. и с 1995 по 2015 г.). Полученные данные свидетельствуют о положительном эффекте рубок ухода сильной интенсивности изреживания на радиальный прирост деревьев в рассматриваемых сосняках. В загущенных сосняках сухих условий произрастания Казахского мелкосопочника рекомендуется проведение 1-2-приемных рубок ухода с интенсивностью изреживания 25–35 % по запасу в возрасте 20–25 и 40–50 лет соответственно с последующим проведением проходных рубок.

**Для цитирования:** Данчева А.В., Панкратов В.К. Оценка эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 2. С. 45–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55

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

### Введение

В лесах, относящихся к особо охраняемым природным территориям, на основании действующего лесного законодательства Республики Казахстан, запрещены рубки главного пользования – рубки спелого и перестойного древостоя с целью заготовки древесины [5]. Одним из основных организационно-технических мероприятий, в задачи которых входит сохранение и повышение климаторегулирующих, средообразующих, поле- и почвозащитных, водоохраных и санитарно-гигиенических функций, являются рубки ухода [7, 8, 11, 16, 22].

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) – одна из главных лесообразующих пород в Казахстане, а большая часть древостоев с ее участием выполняет защитные функции. В связи с этим важной становится задача получения достоверных данных о влиянии рубок ухода на устойчивость сосняков, произрастающих в засушливых условиях, и о возможности формирования рекреационно привлекательных ландшафтов посредством проведения в них рубок ухода.

Рубки ухода успешно применяются для улучшения таксационных характеристик и защитных функций древостоев. Данные мероприятия позволяют повысить пожаро- и биологическую устойчивость древостоев, снизить темпы развития корневой губки, увеличить интенсивность появления всходов и накопления подроста, предупредить естественный отпад деревьев, повысить рекреационную ценность ландшафтов и т. д. [2, 3, 12, 14, 25, 26, 27].

При оценке воздействия на лесные насаждения различного рода антропогенных факторов наиболее информативным показателем происходящих изменений является радиальный прирост деревьев [9, 13, 18, 23]. К числу достоверных методов оценки природного (климатического) или антропогенного (рекреации, пожаров, рубок и т. д.) воздействия на изменение радиального прироста и структурных показателей годичного кольца относятся дендрохронологические методы исследования.

Целью данной работы является проведение с применением методов дендрохронологии анализа эффективности рубок ухода сильной интенсивности изреживания за 70-летний период в сухих сосняках Казахского мелкосопочника.

При достаточной изученности вопроса влияния различных факторов на динамику прироста деревьев и древостоев в лесах Северного Казахстана остаются недостаточно разработанными вопросы о влиянии рубок ухода на радиальный прирост и об эффективности их проведения с различной интенсивностью изреживания с позиции повышения средозащитных функций сосновых лесов, что делает нашу работу актуальной.

В статье впервые проводится с применением дендрохронологических методов анализ влияния рубок ухода сильной интенсивности изреживания на радиальный прирост деревьев в сосняках сухих условий произрастания за 70-летний период.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали естественные сосновые древостои государственного национального природного парка (ГНПП) «Бурабай», произрастающие в центральной части Казахского мелкосопочника. Сбор экспериментального материала проведен в июле 2019 г. на опытном участке (ОУ-3),

заложенном в 1947 г. А.А. Вейсманом в сухих сосняках (группа типов леса С-2), начатые им исследования продолжил А.А. Макаренко в период с 1960 по 1990 г. на двух секциях: К-5, заложенной в качестве контрольной, и 7-5, с сильной интенсивностью изреживания (49,7 % по запасу). За период исследований (1948–1990 г.) на соответствующих секциях ОУ-3 было осуществлено 5 приемов ухода сильной интенсивности изреживания (49,7 % по запасу) в каждый прием [11]. Определение лесотаксационных параметров древостоев проводилось в соответствии с общепринятыми в лесоводстве методиками [4].

Отбор деревьев для дендрохронологического анализа влияния рубок ухода на радиальный прирост сосны обыкновенной выполнен по методике дендрохронологических исследований [18]. Образцы выбирались из числа «средних» по категории крупности, т. к. проведенные нами ранее исследования [6] позволили экспериментально доказать, что наибольший отклик на рубки ухода отмечается у деревьев указанной категории крупности (распределение по категориям осуществлялось по методике [10]).

В камеральных условиях годовые кольца сосны измеряли при помощи комплекса LINTAB 5 с точностью до 0,01 мм. Образцы были перекрестно датированы с использованием программ TSAP 3.0 [24] и COFESHA [21]. Для устранения влияния возрастного тренда и других сигналов неклиматического характера на динамику радиального прироста деревьев была выполнена в программе ARSTAN [20] стандартизация индивидуальных серий прироста. В этой же программе на основе стандартизованных индивидуальных хронологий получены обобщенные древесно-кольцевые хронологии индексов прироста. Все данные были статистически обработаны с использованием средств Microsoft Excel.

Для построения обобщенных хронологий было использовано 45 индивидуальных серий (по данным 45 модельных деревьев). Всего проанализировано 3962 колец.

### *Результаты исследования и их обсуждение*

Исследуемые сосняки представлены чистыми по составу высокополнотными разновозрастными древостоями V класса возраста IV–V класса бонитета (табл. 1). На контрольной секции К-5 полнота насаждения составляет 1,9, на секции 7-5 с проведенными рубками ухода сильной интенсивности изреживания – 1,1. Почвы в сухих сосняках – слабо каменистая дресвянистая супесь – относятся к подтипу подзолистых. Живой напочвенный покров развит слабо, его общее проективное покрытие – 0,3–0,4 [1].

В ходе анализа таксационных данных установлено, что в сухих сосняках ГНПП «Бурабай» на контрольной секции (К-5) густота произрастания составляет 6 160 экз./га (табл. 1) и превышает ее нормативные значения для соответствующего возраста и класса бонитета [15] в 2,6 раза. На секции 7-5 после 5 приемов рубок ухода с сильной интенсивностью изреживания этот показатель соответствует нормативным значениям. Учитывая данные, полученные в ходе ранее проведенных исследований [6]: факт загущенности оценивался при числе стволов на 1 га, превышающем на 25 % количество таковых в нормальных древостоях по таблицам хода роста, – а также данные описанных выше исследований, сосняки сухих условий произрастания ГНПП «Бурабай» можно характеризовать как загущенные.

Таблица 1

**Таксационная характеристика сосновых древостоев ГНПП «Бурабай»  
(состав 10С, класс возраста – V)**

№ секции	Средние		Густота, экз./га		Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га		Класс бонитета
	высота, м	диаметр, см	сырорастущих	сухостоя	абсолютная, м <sup>2</sup> /га	относительная	сырорастущих	сухостоя	
К-5	11,5	11,1	4760	1400	59,8	1,9	400	20	V
7-5	13,9	15,4	2060	40	39,2	1,1	280	1	IV

Полученные в ходе анализа данных высокие показатели относительной полноты сосновых древостоев (1,7–1,9), а также результаты проведенных исследований [6, 19] свидетельствуют о необходимости уточнения стандартных таблиц хода роста сосняков Казахского мелкосопочника.

По данным дендрохронологического анализа длина полученных обобщенных хронологий деревьев сосны (рис. 1) составила 94 года (1924–2018 гг.). Древесно-кольцевые хронологии характеризуются достаточно хорошо выраженными возрастными кривыми. Период интенсивного роста сосняков – в среднем 15–20 лет (1924–1944 гг.), после чего наблюдается снижение влияния фактора возраста на ширину годичного кольца. Средняя корреляция между древесно-кольцевыми хронологиями высокая – 0,7–0,8. Значение средней чувствительности серий равное 0,25–0,30 характерно для лесостепной зоны [17].



Рис. 1. Общие дендрохронологии деревьев сосны в ГНПП «Бурабай»

Fig. 1. General dendrochronologies of pine trees in the Burabay National Park

В загущенных сосняках сухих условий произрастания ГНПП «Бурабай» после проведения рубок ухода сильной интенсивности изреживания становится общей закономерностью увеличение радиального прироста в каждый последующий 10-летний период после приема рубок. При этом можно выделить период с 1948 по 1960 г., когда наблюдается наибольший отклик значения ширины годичного кольца сосны на проводимые рубки сильной интенсивности изреживания. После 1992 года также отмечается превышение данного показателя после рубок ухода в сравнении с контролем (рис. 2).

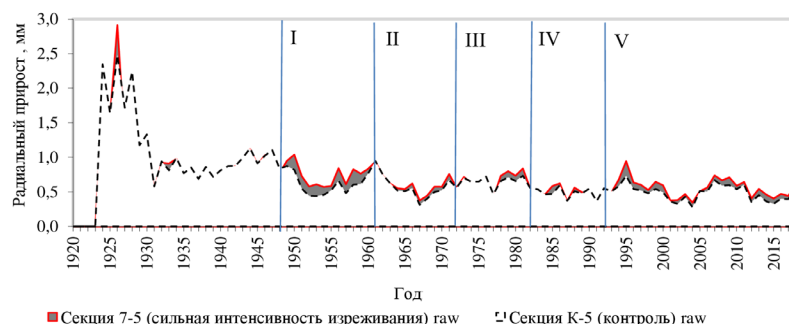


Рис. 2. Различия в величине радиального прироста сосны ГНПП «Бурабай» между контролем и секцией с проведенными рубками ухода в периоды после приемов ухода (I – 1948 г., II – 1961 г., III – 1971 г., IV – 1982 г., V – 1991 г.)

Fig. 2. Differences in the value of radial growth of pine in the Burabay National Park between the control and the section after thinning operation (I – 1948, II – 1961, III – 1971, IV – 1982, V – 1991)

Следует отметить, что средний диаметр деревьев сосны, у которых был проведен отбор экспериментального материала (кernов), на контроле (секция К-5) составляет  $12,4 \pm 0,8$  см, на секции с проведенными рубками ухода сильной интенсивности изреживания (секция 7-5) –  $10,9 \pm 0,7$  см. Достоверные различия между диаметрами деревьев сосны на контроле и на секциях с проведенными рубками ухода отсутствуют ( $t_{\text{факт}} = 1,4$  при  $t_{0,05} = 2,0$ ), что свидетельствует об исключении влияния данного показателя на значения величины радиального прироста.

По результатам проведенного нами анализа эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника установлено, что после пяти приемов рубок ухода сильной интенсивности изреживания высота и диаметр древостоя в среднем на 20 и 30 % соответственно превышают данные показатели на контрольном участке (табл. 1). Наблюдается снижение запаса древостоя на 30 % в сравнении с контролем. Следует отметить, что сосняки на рабочей секции и на контроле являются высокополнотными. Специфичность условий местопроизрастания исследуемых сосняков является одним из главных факторов, определяющих загущенность состояния древостоев к моменту достижения ими возраста спелости. Выявленное увеличение диаметра и высоты на секции с проведенными рубками ухода сильной интенсивности изреживания объясняется удалением по низовому методу отстающих в росте деревьев. Данный факт подтверждается проведенным сравнительным анализом значений радиального прироста деревьев на секциях.

В ходе статистического анализа полученных данных по оценке достоверности влияния рубок ухода сильной интенсивности изреживания на величину ширины годичного кольца была проведена группировка средних ее значений за временные периоды, следующие после приемов рубок ухода.

В загущенных сухих сосняках ГНПП «Бурабай» достоверных различий в средних значениях ширины годичного кольца деревьев за общий период их роста с 1924 по 2018 г. между контрольной секцией (К-5) и секцией с проведенными рубками ухода интенсивностью изреживания 49,7 % по запасу не отмечается ( $t_{\text{факт}} = 0,4$  при  $t_{0,05} = 2,0$ ). Статистически достоверные различия в значениях анализируемого показателя наблюдаются после первого приема рубок ухода в период с 1948 по 1960 г. ( $t_{\text{факт}} = 2,1$  при  $t_{0,05} = 2,0$ ).

Все последующие приемы рубок ухода не оказывают существенного влияния на увеличение ширины годичного кольца у деревьев на секции 7-5 до значений, по которым можно было бы утверждать о достоверности различий с аналогичным показателем на контрольной секции К-5 ( $t_{\text{факт}} = 0,1-1,1$  при  $t_{0,05} = 2,0$ ) (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения ширины годичного кольца деревьев в сосняках ГНПП «Бурабай», сгруппированных по периодам после приемов ухода

Год – прием ухода	Учетные периоды, годы	Возраст, лет	Ширина годичного кольца, мм	
			Контроль	Сильная интенсивность изреживания
–	1924–1948	5–26	1,21±0,12	1,04±0,09
1948–I	1949–1960	27–39	0,64±0,03	0,73±0,03
1961–II	1961–1971	40–51	0,58±0,04	0,58±0,04
1971–III	1972–1981	52–62	0,66±0,04	0,64±0,03
1982–IV	1982–1991	63–73	0,51±0,03	0,47±0,02
1991–V	1992–2002	74–84	0,52±0,03	0,55±0,03
–	2003–2018	85–99	0,47±0,03	0,51±0,04
–	1925–2018	99	0,72±0,05	0,69±0,04

Для исключения возможного влияния возрастного тренда на ширину годичного кольца деревьев сосны и оценки влияния рубок ухода сильной интенсивности изреживания на данный показатель в исследуемых сосняках была проведена стандартизация древесно-кольцевых хронологий сосны с получением индексированных обобщенных хронологий, содержащих более сильный сигнал и имеющих слабую автокорреляционную составляющую или не имеющих ее (рис. 3). Полученные индексированные древесно-кольцевые хронологии варьируют в пределах от 0,5 до 2,2. Эти данные были применены при оценке влияния рубок ухода на радиальный прирост сосны в исследуемых древостоях.



Рис. 3. Индексированные древесно-кольцевые хронологии сосны в сосновых древостоях ГНПП «Бурабай»

Fig. 3. Indexed tree-ring chronologies of pine in pine stands of the Burabay National Park

Дендрохронологический анализ полученных данных, представленный на рис. 3, показывает отсутствие существенных различий в индексах радиального прироста сосны (весь период роста) с контрольной секции (К-5) и секции с проведенными рубками ухода сильной интенсивности изреживания (7-5).

Для дальнейшего анализа была осуществлена индексация древесно-кольцевых хронологий с использованием функции кубического сплайна (рис. 4) с интерполяцией полученных данных на основе региональных кривых (индексированных средних древесно-кольцевых хронологий сосны на соответствующих секциях опытного участка ОУ-3).

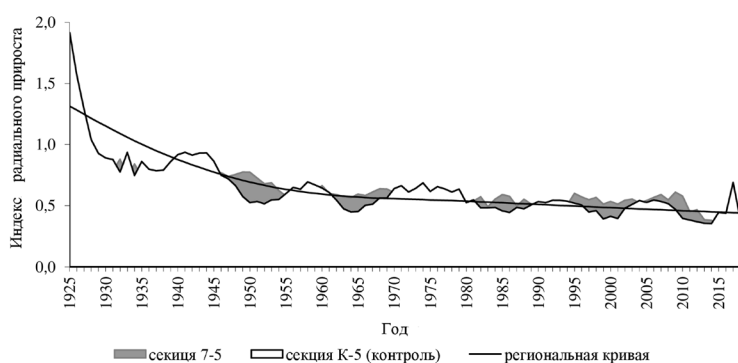


Рис. 4. Индексированные древесно-кольцевые хронологии сосны ГНПП «Бурабай» на основе применения функции кубического сплайна

Fig. 4. Indexed tree-ring chronologies of pine in the Burabay National Park based on the cubic spline function

В результате анализа данных установлены достоверные различия в индексах радиального прироста сосны с участка с проведенными рубками ухода сильной интенсивности изреживания и с контрольного в следующие временные периоды: 1947–1955 гг., 1961–1970 гг., 1981–1990 гг. и 1995–2015 гг. (рис. 4). В каждый из периодов отмечено повышение рассматриваемого показателя у сосны после проведения рубок ухода в сравнении с контролем, что, в свою очередь, свидетельствует о положительном эффекте рубок ухода сильной интенсивности изреживания на увеличение радиального прироста деревьев сосны в рассматриваемых сосняках.

При этом следует отметить, что проведенные нами ранее с использованием дендрохронологических методов исследования по оценке эффективности рубок ухода в сухих сосняках ГНПП «Бурабай» [6] выявили отсутствие достоверных различий в величине радиального прироста для контроля и секций с проведенными рубками ухода слабой и умеренной интенсивности изреживания и, как следствие, отсутствие положительного влияния рубок ухода указанной интенсивности изреживания на радиальный прирост сосны.

#### Заключение

Подтвержденный в ходе анализа данных за 70-летний период исследований факт загущенности сосняков государственного национального природного парка «Бурабай», произрастающих в сухих лесорастительных условиях Казахского

мелкосопочника, а также высокие значения относительной полноты древостоев (до 1,1) после проведения пяти приемов рубок ухода сильной интенсивности изреживания доказывают, что при разработке лесохозяйственных мероприятий (рубок ухода) для данной территории густота произрастания должна быть одним из главных показателей, учитываемых при подборе оптимального режима изреживания.

Высокие показатели (1,9) относительной полноты сосновых древостоев сухих условий произрастания и полученные нами ранее значения рассматриваемого показателя подтверждают необходимость уточнения и переработки стандартных таблиц хода роста сосняков на исследуемом объекте.

Дендрохронологический анализ данных выявил особенности роста сосны в сухих лесорастительных условиях: в среднем период интенсивного роста составляет 15–20 лет, после чего отмечается снижение влияния фактора возраста на ширину годичного кольца. Увеличение данного показателя наблюдается после проведения первого приема рубок ухода сильной интенсивности изреживания (49,7 % по запасу) в возрасте 25–30 лет.

Выявлено, что после проведения рубок ухода сильной интенсивности изреживания общей закономерностью становится увеличение в сравнении с контролем значения ширины годичного кольца в каждый последующий 10-летний период после приема рубок. Наибольший отклик анализируемого показателя на проводимые рубки наблюдался в период с 1948 по 1960 г. Установленные существенные различия в радиальном приросте сосны на контроле и секциях с проведенными рубками ухода подтверждены статистически.

По результатам исследования, в связи с тем, что проведение 5 приемов ухода с экономической и практической точки зрения является невыгодным, рекомендуем осуществление в загущенных (густота на 25 % и более выше нормы) сосняках Казахского мелкосопочника 1-2-приемных рубок ухода по запасу низовым методом с последующими проходными рубками ухода. В возрасте 20–25 лет предлагается выполнять первый прием рубок ухода интенсивностью изреживания 26–35 %; в возрасте 40–50 лет – второй прием рубок ухода интенсивностью изреживания 26–35 % со снижением относительной полноты древостоя до 0,7–0,8. В последующий после рубок ухода период следует проводить (по необходимости) санитарные рубки в сочетании с уходом за подростом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бирюков В.Н. Группы типов леса Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1982. 44 с. [Biryukov V.N. *The Groups of Forest Types in Kazakhstan*. Alma-Ata, Kaynar Publ., 1982. 44 p.]
2. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С. Реакция средневозрастных сосняков на рубки ухода // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 1. С. 28–33. [Buzykin A.I., Pshenichnikova L.S. Response of Middle-Aged Pineries to Cleaning Cutting. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2009, no. 1, pp. 28–33]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/a53.pdf>
3. Данилов Д.А., Ковалев Н.В., Беляева Н.В. Влияние рубок ухода на рост и товарную структуру смешанных древостоев сосны и ели кисличного типа леса // Лесотехн. журн. 2014. № 2(14). С. 31–36. [Danilov D.A., Kovalev N.V., Beliaeva N.V. Effect of Thinning on Growth and Commodity Structure of Mixed Stands of Pine and Spruce of Wood-Sorrel Family Type Forests. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering Journal], 2014, no. 2(14), pp. 31–36]. DOI: [10.12737/4504](https://doi.org/10.12737/4504)
4. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 152 с. [Dancheva A.V.,



Zalesov S.V. *Ecological Monitoring of Recreational Forest Stand Plantations*. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2015. 152 p.].

5. Данчева А.В., Залесов С.В. Влияние рубок ухода различной интенсивности на состояние естественных сосняков // Науч. вед. Белгород. гос. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2016. № 18(239). С. 32–38. [Dancheva A.V., Zalesov S.V. The Effect of Thinning on the State of Natural Pine Forest Stands. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural sciences], 2016, no. 18(239), pp. 32–38].

6. Данчева А.В., Залесов С.В. Анализ эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника методами дендрохронологии // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Лесная наука Казахстана: достижения, проблемы и перспективы развития». Щучинск, 2017. С. 100–105. [Dancheva A.V., Zalesov S.V. Analysis of Thinning Efficiency in Dry Pine Forests of the Kazakh Uplands by Dendrochronological Methods. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Forest Science of Kazakhstan: Achievements, Problems and Prospects of Development"*. Shuchinsk, 2017, pp. 100–105].

7. Залесов С.В., Залесова Е.С., Данчева А.В., Федоров Ю.В. Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны Северной лесостепи // Изв. вузов. Лесн. журн. 2014. № 6. С. 20–31. [Zalesov S.V., Zalesova E.S., Dancheva A.V., Fedorov Ju.V. Experience of Regeneration Fellings in the Even-Aged Pine Forests of the Northern Forest-Steppe Subzone. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2014, no. 6, pp. 20–31]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/45c/2--opyt.pdf>

8. Залесов С.В., Луганский Н.А., Бережнов В.А., Залесова Е.С. Рубки ухода в производных мягколиственных молодняках как способ формирования сосняков на Южном Урале // Вестн. БГАУ. 2013. № 4 С. 118–121. [Zalesov S., Luganskiy N., Berezhnov V., Zalesova E. Improvement Cuttings in Secondary Softwooded Young Growth as a Method of Pine Stockings Formation in the Southern Urals. *Vestnik BGAU* [Vestnik BSAU], 2013, no. 4, pp. 118–121].

9. Козлов В.А., Кистерная М.В., Неронова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 6. С. 7–13. [Kozlov V.A., Kisternaya M.V., Neronova Ya.A. Influence of Forestry Measures on Density and Chemical Wood Composition of Scotch Pine. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2009, no. 6, pp. 7–13]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/355/96.pdf>

10. Комин Г.Е. Изменение рангов деревьев по диаметру в древостоях // Тр. Ин-та экологии растений и животных / Урал. фил. АН СССР. 1970. Вып. 67. С. 252–261. [Komin G.E. Tree Ranks Modification by Diameter in Forest Stands. *Trudy instituta ekologii rasteniy i zivotnykh. Ural'skiy filial AN SSSR*, 1970, iss. 67, pp. 252–261].

11. Макаренко А.А., Муканов Б.М. Рубки ухода в сосняках Казахстана. Алматы: Бастау, 2002. 219 с. [Makarenko A.A., Mukanov B.M. *Thinning in Pine Forests of Kazakhstan*. Almaty, Bastau Publ., 2002. 219 p.].

12. Малышев В.В. Оптимизация режимов рубок ухода в сосновых насаждениях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2013. № 4. С. 36–41. [Malyshev V.V. Mode Optimization Thinning in Pine Plantations. *Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoria i praktika* [Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice], 2013, no. 4, pp. 36–41].

13. Матвеев С.М., Чеботарев В.В. Дендроклиматическое исследование сосняков Усманского бора и моделирование пожароопасных сезонов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2002. № 2. С. 37–42. [Matveev M.S., Chebotarev V.V. Dendroclimatic Study of Pine Forests of Usmansk Grove and Simulation of Fire-Hazard Seasons. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2002, no. 2, pp. 37–42]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/362.pdf>

14. Мусин Х.Г. Эффективность ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Вестн. БГАУ. 2013. № 2. С. 115–117. [Musin H. Efficiency of Landscape Cabins in the Recreational Woods. *Vestnik BGAU* [Vestnik BSAU], 2013, no. 2, pp. 115–117].
15. Нормативы для таксации лесов Казахстана. Ч. I. Кн. II. Алма-Ата: Кайнар, 1987. 321 с. [*Standards for Forest Inventory in Kazakhstan*. Part I. Book II. Alma-Ata, Kaunar Publ., 1987. 321 p.].
16. Онучин А.А., Маркова И.И., Павлов И.Н. Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны. 2011. № 3–4. С. 258–267. [Onuchin A.A., Markova I.I., Pavlov I.N. The Influence of Selective Thinning on Young Scots Pine Stand Development and Tree Radial Increment. *Hvojnyye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal area], 2011, no. 3–4, pp. 258–267].
17. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с. [Shiyatov S.G. *Dendrochronology of the Forest Line in the Urals*. Moscow, Nauka Publ., 1986. 136 p.].
18. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазера В.С., Наурызбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с. [Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kruglov V.B., Mazera V.S., Naurzabayev M.M., Khantemirov R.M. *The Methods of Dendrochronology*. Part I. The Principles of Dendrochronology. Compilation and Receiving of Tree-Ring Information. Krasnoyarsk, KrasGU Publ., 2000. 80 p.].
19. Эбель А.В., Эбель Е.И., Залесов С.В., Муканов Б.М. Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них: моногр. Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. 221 с. [Ebel' A.V., Ebel' E.I., Zalesov S.V., Mukanov B.M. *The Influence of Density and Stocking Rate on Growth of Pine Stands of the Kazakh Uplands and the Effectiveness of Thinning in Them: A Monograph*. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2014. 221 p.].
20. Cook E., Holmes R. Guide for Computer Program ARSTAN, Adapted from User's Manual for Program ARSTAN. *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon and Northern Great Basin*. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. 1986, pp. 50–65.
21. Holmes R.L. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 1983, vol. 43, pp. 69–78.
22. Huss J. Durchforstungen in Kiefernjugbeständen [Thinnings in Young Pine Plantations]. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* [European Journal of Forest Research], 1983, vol. 102, iss. 1, pp. 1–17. DOI: [10.1007/BF02741833](https://doi.org/10.1007/BF02741833)
23. Masaka K., Sato H., Torita H., Kon H., Fukuchi M. Thinning Effect on Height and Radial Growth of *Pinus thunbergii* Parlat. Trees with Special Reference to Trunk Slenderness in a Matured Coastal Forest in Hokkaido, Japan. *Journal of Forest Research*, 2013, vol. 18, iss. 6, pp. 475–481. DOI: [10.1007/s10310-012-0373-y](https://doi.org/10.1007/s10310-012-0373-y)
24. Rinn F. *TSAP Time Series Analysis and Presentation*. Version 3.0. Reference Manual. Heidelberg, 1996. 262 p.
25. Seiwa K., Eto Y., Hishita M., Masaka K. Effects of Thinning Intensity on Species Diversity and Timber Production in a Conifer (*Cryptomeria japonica*) Plantation in Japan. *Journal of Forest Research*, 2012, vol. 17, iss. 6, pp. 468–478. DOI: [10.1007/s10310-011-0316-z](https://doi.org/10.1007/s10310-011-0316-z)
26. Utsugi E., Kanno H., Ueno N., Tomita M., Saitoh T., Kimura M., Kanou K., Seiwa K. Hardwood Recruitment into Conifer Plantations in Japan: Effects of Thinning and Distance from Neighboring Hardwood Forests. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 237, iss. 1-3, pp. 15–28. DOI: [10.1016/j.foreco.2006.09.011](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.011)
27. Wu L., Liu J., Takashima A., Ishigaki K., Watanabe Sh. Effect of Selective Logging on Stand Structure and Tree Species Diversity in a Subtropical Evergreen Broad-Leaved Forest. *Annals of Forest Science*, 2013, vol. 70, iss. 5, pp. 535–543. DOI: [10.1007/s13595-013-0292-x](https://doi.org/10.1007/s13595-013-0292-x)

## EVALUATION OF THINNING EFFICIENCY IN PINERIES OF DRY FOREST SITES OF THE KAZAKH UPLANDS

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

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

*Vladislav K. Pankratov*<sup>2</sup>, Senior Laboratory Assistant; ResearcherID: [AAG-9559-2019](https://orcid.org/0000-0001-9362-2885),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9362-2885>

<sup>1</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University, ul. Respubliki, 7, Tyumen, 625003, Russian Federation; e-mail: a.dancheva@mail.ru

<sup>2</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry named after A.N. Bukeikhan, ul. Kirova, 58, Shchuchinsk, Akmla Region, 021704, Republic of Kazakhstan; e-mail: pankratov93\_1993@mail.ru

**Abstract.** According to the current Forest Code of the Republic of Kazakhstan, in the forest plantations of specially protected natural areas, the main forestry measures aimed at the conservation and enhancement of the protective functions of forests are intermediate felling, that is, thinning. *Pinus sylvestris* L. is one of the main forest-forming species in Kazakhstan. Increasing the stability of forest plantations and the possibility of forming recreationally attractive landscapes through thinning is an urgent problem for plantations growing in arid conditions. The research purpose is to analyze the effectiveness of thinning of high intensity in dry pine forests of the Kazakh Uplands for a 70-year period, using dendrochronological methods. It was proved that in dense pine forests growing in dry conditions, there is an increase in radial growth in each subsequent 10-year period after thinning. It was found with statistical certainty that the greatest response to changes caused by thinning of high intensity was observed between 1949 and 1960. Analysis of indexed tree-ring chronologies using regional curves (indexed average tree-ring chronologies of pine) using a cubic spline function revealed differences in pine radial growth indices from the site where thinning of high intensity were carried out and from the control site (time periods: 1947–1955, 1961–1970, 1981–1990, and 1995–2015). The data obtained show a positive effect of thinning of high intensity on the radial growth of trees in the considered pine forests. In dense pine forests of dry growing conditions of the Kazakh Uplands it is recommended to make 1 or 2 cuttings with thinning intensity of 25–35 % at the age of 20–25 and 40–50, respectively, with subsequent increment thinning.

**For citation:** Dancheva A.V., Pankratov V.K. Evaluation of Thinning Efficiency in Pineries of Dry Forest Sites of the Kazakh Uplands. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 2, pp. 45–55. DOI: 10.17238/0536-1036-2021-2-45-55

**Keywords:** pine stands, forest site conditions, thinning, radial growth, dendrochronology.

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

Поступила 23.12.19 / Received on December 23, 2019

---