

## ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СОСНЯКОВ ЗАЩИТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

А.В. Данчева<sup>1</sup>✉, С.В. Залесов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», 625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620110, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д. 37

dancheva.av@gausz.ru

Представлены результаты исследований влияния рубок ухода различной интенсивности за 70-летний период на состояние и устойчивость сосняков Казахского мелкосопочника Северного Казахстана (на примере государственного национального природного парка «Бурабай»). Установлено, что по средним значениям показателя жизненного состояния, комплексного оценочного показателя и относительной высоты чистые одновозрастные высокополотные загущенные сосняки V класса возраста, произрастающие в сухих лесорастительных условиях на большинстве секций характеризуются как «ослабленные», за исключением сосняков на секциях с проведенными рубками ухода сильной и очень сильной интенсивности. Данные древостои охарактеризованы по показателю относительной высоты как «здоровые». Доказано, что наиболее достоверным показателем состояния исследуемых сосновых древостоев и проведения в них соответствующих лесохозяйственных мероприятий является относительная высота, которая может быть использован в качестве критерия оценки биологической устойчивости сухих сосновых насаждений Казахского мелкосопочника. Установлено, что высокие показатели относительной полноты исследуемых сосняков указывают на необходимость уточнения стандартных таблиц сумм площадей поперечных сечений и запасов сосняков Казахского мелкосопочника. Рекомендовано проведение одного-двух приемов рубок ухода интенсивностью 26...35 % по запасу по низовому методу в возрасте 25...30 и 40...50 лет с последующим проведением в них проходных рубок с уходными мероприятиями за молодым поколением леса.

**Ключевые слова:** сосняки, рубки ухода, состояние древостоев, биологическая устойчивость

**Ссылка для цитирования:** Данчева А.В., Залесов С.В. Влияние рубок ухода на биологическую устойчивость сосняков защитного назначения Северного Казахстана // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 4. С. 5–13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-5-13

Устойчивое управление лесами — это целенаправленное, долговременное, экономически выгодное отношение человека к лесным насаждениям [1]. Лес представляет собой сложную биологическую систему и лесоводственные мероприятия, проводимые в нем максимально эффективны для повышения устойчивости и продуктивности лесонасаждений [2–5]. Нерациональное использование потенциала лесных экосистем ведет к деградации ресурсов и утрате уникальных функций леса.

Одним из перспективных направлений исследований в лесном хозяйстве, направленных на всестороннее изучение и познание природы леса, оценку значимости влияния естественных и антропогенных факторов на формирование лесной растительности и прогнозирования будущего состояния лесов является анализ динамики лесных экосистем [6]. Изменения, происходящие в составе экологических систем, биогеоценозов, в природных комплексах, отражающиеся на их продуктивности, а также изменение степени нарушения под влиянием природно-климатических и антропогенных факторов определяют путем их сравнения с ненару-

шенными экосистемами по некоторым признакам и характеристикам, по динамике поддающихся учету изменений [7, 8]. Важное значение в динамике лесов придается их адаптации к условиям изменяющегося климата, в частности, на территориях заметного потепления и увеличения сухости климата, приводящих к развитию аридности, ксерофитизации положительных элементов рельефа.

Основой научных исследований, целью которых является получение достоверной лесоводственно-экологической характеристики лесных насаждений и динамики их изменений под влиянием различных эндо- и экзогенных факторов, остается проведение мониторинга состояния лесов [9–11]. Мониторинг позволяет вовремя обнаружить негативные тенденции в лесных сообществах и в целях сохранения продуцирующих свойств лесных экосистем принять своевременные управленческие меры по восстановлению и поддержанию их биологической устойчивости [12–14].

На лесные насаждения независимо от целевого назначения (эксплуатационные, защитные, резервные леса) и выполняемые ими средообразующие функции оказывают влияние таксационные показатели (возраст, относительная полнота, диаметр стволов на высоте 1,3 м, высота и т. д.) [15, 16].

Основным инструментом регулирования таксационных параметров лесных насаждений и поддержания их санитарного и жизненного состояния являются рубки ухода [17–20]. Теоретическое обоснование рубок ухода связано с такими сложными вопросами, как устойчивость и адаптация лесной экосистемы, особенности взаимоотношений между растениями, механизмы конкуренции, ее оценка и др. [21, 22]. Для подтверждения эффективности рубок ухода с лесоводственной и экономической точек зрения необходим научно обоснованный подход к режиму проведения рубок ухода. Для объективной оценки рубок ухода требуется проведение экспериментов, рассчитанных на длительное время.

Многоцелевое использование лесов требует разработки механизма лесопользования, включающего в себя эффективную систему организации лесохозяйственной деятельности, которая одновременно обеспечивает доходность использования лесных благ и расширенное воспроизводство ресурсов леса [23]. Это актуально для малолесных регионов и стран, в частности для Республики Казахстан, лесистость которой составляет не более 5 %, при этом все леса по целевому назначению отнесены к категории защитных лесных насаждений [24].

Леса в силу своей многофункциональности имеют определяющее значение для продовольственной безопасности, устойчивого развития сельского хозяйства и борьбы с изменением климата [5]. В основном это касается защитных лесных насаждений в жестких климатических условиях, произрастающих на границах своего ареала. К таким насаждениям относят сосняки Казахского мелкосопочника, южный ареал уральских сосновых лесов [24]. В целях формирования устойчивых лесных насаждений, повышения их комплексной продуктивности и выполнения защитных функций в полной мере лесное хозяйство должно разработать комплекс научно обоснованных лесоводственных мероприятий.

На сегодняшний день недостаточно научных работ по изучению влияния рубок ухода на устойчивость и состояние лесных насаждений, динамику их таксационных характеристик, количественные и качественные показатели, успешность возобновления за продолжительный временной период.

Таким образом, очень важно иметь объективные данные о влиянии рубок ухода на состояние лесных насаждений, произрастающих в аридных условиях, на формирование биологически и пожароустойчивых насаждений и эстетически привлекательных ландшафтов.

## Цель работы

Цель работы — оценка влияния рубок ухода различной интенсивности на состояние и устойчи-

вость чистых одновозрастных загущенных сосняков в аридных условиях произрастания в пределах Казахского мелкосопочника и разработка на этой основе рекомендаций по их совершенствованию.

## Материалы и методы

Объект исследований — чистые по составу одновозрастные естественные сосняки аридных условиях произрастания (группа типов леса С2 — сухой сосняк) государственного национального природного парка (ГНПП) «Бурабай», расположенного в центральной части Казахского мелкосопочника Северо-Казахстанского региона.

Почвы в пределах рассматриваемой территории подзолистые на каменистых дресвянистых супесях [24]. Живой напочвенный покров (ЖНП) состоит в основном из лишайников, проективное покрытие которых составляет 60...70 % общей площади опытного участка. В травянистой растительности преобладают кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica* (L.) Gaerth), очиток едкий (*Sedum acre* L.) и вейник наземный (*Calamagrostis epiglos* L.). Проективное покрытие данных видов не превышает 5...7 %.

Экспериментальный материал собран в июле 2019 г. на восстановленных 21 секции опытного участка № 3 (ОУ-3). Участок заложен в 1949 г. А.А. Вейсманом в 30...35-летних сосняках для дальнейшего проведения анализа влияния рубок ухода различной интенсивности на продуктивность рассматриваемых сосняков. В период с 1960 по 2000 гг. исследования были продолжены А.А. Макаренко.

ОУ-3 включает в себя секции с проведенными на них рубками ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности, а также секции, заложенные в качестве контрольных. Секции заложены в 4–5-кратной повторности. При проведении рубок ухода использована следующая классификация интенсивности изреживания: слабая — до 15 %, умеренная — 16...25, сильная — 26...35 и очень сильная — свыше 35 % (по запасу) [25].

Лесотаксационные параметры древостоев и показатели их жизненного состояния определены в соответствии с общепринятыми в лесоводстве методиками [24]. В качестве показателей состояния сосняков использовали относительное жизненное состояние (ОЖС), комплексный оценочный показатель (КОП) или коэффициент напряженности роста и относительную высоту деревьев  $H/D$ .

Для оценки ОЖС, определяемой визуально по состоянию стволов и крон отдельно деревьев и древостоев, использовали следующую классификацию: 80...100 % — здоровые; 50...79 поврежденные (ослабленные); 20...49 — сильно поврежденные (сильно ослабленные); 0...19 % — полностью разрушенные (отмирающие).

Т а б л и ц а 1

**Средние значения таксационных показателей с ошибкой в сухих сосняках  
ГНПП «Бурабай» в зависимости от интенсивности изреживания**  
Average values of taxation indicators with an error in dry pine forests in SNNP «Burabay»  
depending on the intensity of thinning

Показатель		Контрольная секция	Интенсивность рубок ухода			
			слабая	умеренная	сильная	очень сильная
Диаметр, см		11,3 ± 0,1	12,6 ± 1,2	13,3 ± 0,4	14,6 ± 0,6	15,3 ± 0,6
Высота, м		12,8 ± 0,3	13,6 ± 1,5	13,8 ± 0,2	14,1 ± 0,4	14,4 ± 0,3
Полнота	абсолютная, м <sup>2</sup>	49,8 ± 4,2	43,2 ± 0,2	42,0 ± 1,0	36,9 ± 0,7	36,4 ± 1,0
	относительная	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,2 ± 0,02	1,1 ± 0,05	1,1 ± 0,02
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га		324,8 ± 28,3	295,5 ± 22,5	293,6 ± 9,6	259,3 ± 3,4	260,7 ± 8,7
Класс бонитета		V, 0 ± 0,0	V, 0 ± 0,0	V, 0 ± 0,0	IV, 8 ± 0,2	IV, 8 ± 0,2
Относительное жизненное состояние, %		40,2 ± 1,7	52,0 ± 3,8	54,8 ± 1,1	56,4 ± 1,0	62,3 ± 0,5
Комплексный оценочный показатель, см/см <sup>2</sup>		18, 5 ± 0,6	13,7 ± 1,4	12,1 ± 0,7	10,7 ± 0,3	9,4 ± 0,5
Относительная высота (древостоя), <i>H/D</i>		113,1 ± 3,2	108,2 ± 1,2	104,4 ± 2,8	96,7 ± 2,2	95,1 ± 3,1

Значения КОП для исследуемых сосняков вычисляли по соотношению значений высоты дерева к площади сечения его ствола на высоте 1,3 м. Для оценки состояния сосняков использовали значения КОП, при которых они характеризуются как биологически устойчивые [24]: в древостоях возрастом до 20 лет — 15...25; 20...30 лет — 10...18; 40...70 лет — 5...8 и свыше 100 лет — 2...3 см/см<sup>2</sup>.

Относительную высоту дерева (древостоя) *H/D* рассчитывали, как отношение высоты каждого дерева или средней высоты древостоя (в сантиметрах) к соответствующему диаметру ствола или среднего диаметра древостоя на высоте 1,3 м также в сантиметрах [24]. Критерием оценки устойчивости деревьев отдельно и древостоя в целом служили значения относительной высоты дерева (древостоя) *H/D*: более 100 — показатель напряженности роста деревьев в древостое и критерий, свидетельствующий о необходимости проведения рубок ухода.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Microsoft Excel.

## Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены средние значения основных таксационных показателей и показателей состояния исследуемых сосновых древостоев в зависимости от интенсивности изреживания. Объект исследований представлен чистыми по составу одновозрастными сосняками V класса возраста, класс бонитета — V–Va. Сосняки на

всех секциях являются высокополнотными, со значением относительной полноты от 1,1 до 1,5.

Проведенный анализ динамики таксационных показателей за 70-летний период в сухих сосняках на ОУ-3 под влиянием рубок ухода показал общую закономерность увеличения средних значений высоты и диаметра древостоя с увеличением интенсивности изреживания. На секциях со слабой интенсивностью изреживания средние высота и диаметр древостоя увеличиваются соответственно на 6 и 11 %, на секциях с умеренной интенсивностью изреживания — на 8 и 17, на секциях с сильной интенсивностью изреживания — на 10 и 29, на секциях с очень сильной интенсивностью изреживания — на 12 и 36 % по сравнению с контролем (см. табл. 1).

С увеличением интенсивности изреживания происходит снижение запаса стволовой древесины на всех секциях с проведенными рубками ухода от 9...10 % — при слабой и умеренной до 19...20 % — при сильной и очень сильной интенсивности изреживания. Спустя 70 лет после проведения рубок ухода сосняки характеризуются как высокополнотные, при этом запас стволовой древесины на опытных секциях ниже, чем в древостоях на контрольных участках.

Анализ состояния изучаемых сосняков по средним значениям показателей состояния (ОЖС, КОП), представленных в табл. 1, указывает на общее ослабленное состояние сосняков независимо от интенсивности изреживания. При этом сосняки на контрольных секциях характеризуются как сильно ослабленные.

Т а б л и ц а 2

**Распределение количества деревьев и средних значений диаметров по категориям относительного жизненного состояния в зависимости от интенсивности рубок ухода, %/см**  
**Distribution of the trees number and average diameters by categories of relative vitality depending on the intensity of thinning, %/cm**

Категории относительного жизненного состояния деревьев*		Контрольная секция	Интенсивность рубок ухода			
			слабая	умеренная	сильная	очень сильная
Отмирающие	количество, %	25,2	8,4	5,4	4,2	1,8
	средний диаметр, см	6,2	7,3	7,9	9,0	8,0
Сильно ослабленные	количество, %	28,9	23,2	20,6	20,4	11,7
	средний диаметр, см	8,0	8,5	9,1	9,5	9,7
Ослабленные	количество, %	42,1	64,0	67,9	70,6	79,7
	средний диаметр, см	13,8	13,6	13,8	15,0	16,0
Здоровые	количество, %	3,8	4,4	6,1	4,8	6,8
	средний диаметр, см	17,3	17,4	17,4	19,3	18,6

\*Количество деревьев рассчитано относительно их общего числа.

Несколько иная ситуация наблюдается при анализе показателя относительной высоты древостоя ( $H/D$ ). Согласно данным табл. 1, рассматриваемый показатель в сосняках на секциях с проведенными рубками ухода сильной и очень сильной интенсивности изреживания составляет менее 100, что дает основание характеризовать их, как биологически устойчивые, без признаков напряженности роста и конкурентных взаимоотношений между деревьями. На секциях с проведенными рубками ухода слабой и умеренной интенсивности изреживания значения  $H/D$  сосновых древостоев оставляют 104 и 108 соответственно, что указывает на напряженность роста деревьев в древостое и ослабление его общего состояния.

### Обсуждение результатов исследований

Показатель  $H/D$  наиболее объективен в оценке состояния и устойчивости древостоев по сравнению с показателями санитарного состояния и ОЖС, определяемыми визуально по внешним признакам стволов и крон деревьев [24]. Поэтому в настоящих исследованиях при оценке влияния рубок ухода на состояние и устойчивость сосняков показатель  $H/D$  использован в качестве основного.

По данным исследований влияния рубок ухода слабой и умеренной интенсивности, выполненным в сосновых лесах Казахстана [24] на состояние аналогичных насаждений, произрастающих в очень сухих и свежих лесорастительных условиях, было установлено, что снижение показателей их состояния происходит вследствие наличия в древостое большого количества отставших в росте, сильно ослабленных, угнетенных мелких

деревьев, количество которых может достигать до 50 % от общего числа.

Настоящие исследования подтверждают это (табл. 2).

На контрольной секции количество деревьев, относящихся к категориям состояния отмирающих и сильно ослабленных, составляет около 54 % их общего количества. С увеличением интенсивности рубки количество деревьев рассматриваемых категорий ОЖС снижается в среднем на 40 % — при слабой, на 55...60 — при умеренной и сильной и на 75 % — при очень сильной интенсивности изреживания. В результате количество деревьев категорий отмирающих и сильно ослабленных на секциях с проведенными рубками ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности изреживания составляет в среднем 32, 26, 25 и 14 % соответственно.

Средний диаметр стволов деревьев на высоте 1,3 м каждой из рассматриваемых категорий ОЖС с ростом интенсивности рубок ухода увеличивается. Повышение этого показателя за счет вырубки по низовому методу отставших в росте, ослабленных, поврежденных деревьев способствует повышению устойчивости насаждений против антропогенных факторов, в том числе лесных пожаров, а также увеличивают их эстетическую и рекреационную привлекательность.

Для обоснования использования относительной высоты деревьев  $H/D$  в качестве объективного показателя состояния исследуемых сосняков и критерия для назначения и проведения в них рубок ухода в целях формирования биологически устойчивых насаждений была предпринята попытка оценки тесноты взаимосвязи показателя  $H/D$  с показателем ОЖС. Это обусловило проведение распределения средних значений относи-



тельной высоты дерева  $H/D$  по категориям ОЖС в зависимости от интенсивности рубок ухода (табл. 3).

Т а б л и ц а 3  
Изменение средних значений показателя  $H/D$  деревьев различных категорий относительного жизненного состояния в зависимости от интенсивности рубок ухода  
Changes in the average values of the  $H/D$  index for trees of various relative vitality categories depending on the intensity of thinning

Категории относительного жизненного состояния деревьев	Контрольная секция	Интенсивность рубок ухода			
		слабая	умеренная	сильная	очень сильная
Отмирающие	137,1	130,1	123,5	121,5	124,3
Сильно ослабленные	127,8	126,1	118,7	119,8	112,6
Ослабленные	103,8	104,4	102,3	96,6	91,4
Здоровые	91,6	90,6	90,2	80,8	84,1

Деревья в категориях сильно ослабленные и отмирающие характеризуются средним значением показателя  $H/D$  более 100 (его значение обычно находится в пределах от 113 до 137), следовательно, это биологически неустойчивые деревья и они могут влиять на увеличение напряженности роста деревьев и снижение ОЖС древостоя в целом, в зависимости от их количества в древостое. Это наиболее характерно для сосняков на контрольных секциях. Ослабленные деревья имеют значения  $H/D$  выше 100 на контрольных секциях и секциях с проведенными рубками ухода слабой и умеренной интенсивности изреживания. Значение показателя  $H/D$  здоровых деревьев на всех секциях не превышает 100, что свидетельствует об их достаточно высокой устойчивости.

Т а б л и ц а 4  
Соотношение общего количества деревьев в древостое по показателю относительной высоты  $H/D$  в зависимости от интенсивности рубок ухода

The ratio of the total number of trees in the forest stand in terms of relative height  $H/D$  depending on the intensity of thinning

Показатель $H/D$ , отн. ед.	Контрольная секция	Интенсивность рубок ухода			
		слабая	умеренная	сильная	очень сильная
$H/D > 100$	69,0	77,1	66,4	56,2	30,1
$H/D < 100$	31,0	22,9	33,6	43,8	69,9

На средние значения показателя  $H/D$  сосновых древостоев в целом и по каждой категории ОЖС в отдельности большое влияние оказывает соотношение деревьев со значением показателя  $H/D$  менее и более 100 после проведения в них рубок ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности изреживания.

Согласно данным табл. 4, соотношение общего количества деревьев с показателем относительной высоты деревьев  $H/D$  более и менее 100 изменяется в зависимости от интенсивности рубок ухода.

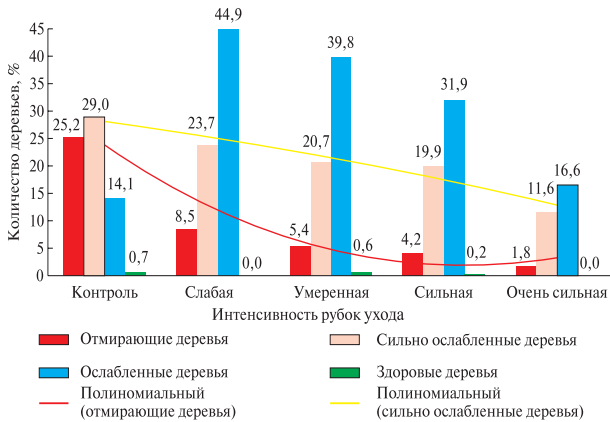
Наибольшим количеством деревьев со значением показателя  $H/D$  менее 100 характеризуются сосняки после проведения в них рубок ухода очень сильной интенсивности изреживания (соотношение количества деревьев со значением показателя  $H/D > 100$  к деревьям со значением показателя  $H/D < 100$  составляет 30:70). При всех других анализируемых интенсивностях рубок ухода (слабой, умеренной и сильной) отмечается преобладание деревьев с показателем  $H/D$  более 100. Наибольшее количество таких деревьев наблюдается на контрольных секциях (соотношение деревьев со значением показателя  $H/D > 100$  к деревьям со значением показателя  $H/D < 100$  составляет 69:31). Приведенные данные подтверждают полученные общие значения относительной высоты древостоев  $H/D$  (см. табл. 1).

Более детально изменение количества деревьев с показателями  $H/D > 100$  и  $H/D < 100$  под влиянием рубок ухода различной интенсивности изреживания представлено на рис. 1 и 2.

С увеличением интенсивности рубок ухода происходит снижение количества деревьев со значением относительной высоты деревьев  $H/D > 100$  в категориях ОЖС отмирающие, сильно ослабленные и ослабленные (см. рис. 1) и увеличение количества деревьев со значением показателя  $H/D < 100$  в категориях ОЖС здоровые и ослабленные (см. рис. 2). Теснота описываемым взаимосвязей подтверждается достаточно высоким коэффициентом аппроксимации ( $R^2 = 0,93 \dots 0,96$ ).

При оценке состояния изучаемых сосняков большое внимание следует уделять количеству деревьев со значением показателя  $H/D > 100$  и  $H/D < 100$  в категории состояния ослабленные, поскольку на всех секциях, за исключением контрольной, в древостое преобладают деревья данной категории. Как показали исследования, с увеличением интенсивности рубок ухода происходит снижение количества деревьев в рассматриваемой категории ОЖС со значением показателя  $H/D > 100$  и увеличением числа деревьев со значением показателя  $H/D < 100$ .

По анализу полученных данных можно утверждать, что в загущенных сосняках сухих условий произрастания в Северном Казахстане после про-



**Рис. 1.** Распределение деревьев различных категорий относительного жизненного состояния с показателем  $H/D > 100$  в зависимости от интенсивности рубок ухода, %

**Fig. 1.** Distribution of trees of different categories of relative life condition with  $H/D > 100$  depending on the intensity of thinning, %

ведения рубки ухода по низовому методу деревья, характеризующиеся категорией ОЖС как ослабленные без внешних признаков повреждений и показателем относительной высоты деревьев  $H/D < 100$  можно относить к категории здоровых деревьев.

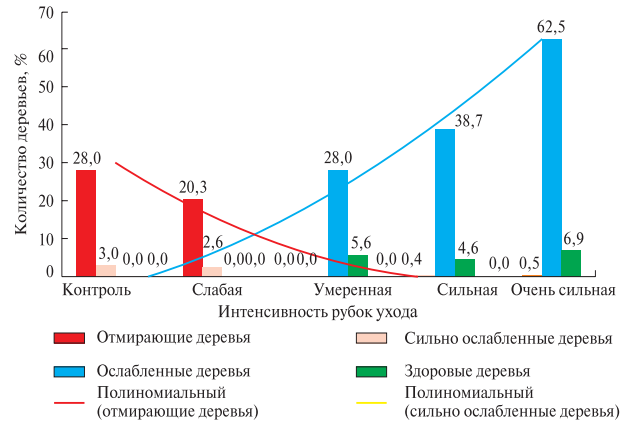
### Выводы

За 70-лентий период исследований в загущенных сосняках сухих условий произрастания Северного Казахстана (на примере ГНПП «Бурабай») под влиянием рубок ухода слабой, умеренной, сильной и очень сильной интенсивности происходит увеличение средних диаметров стволов и высот древостоев. В большей степени эти изменения проявляются в показателе среднего диаметра стволов деревьев на высоте 1,3 м, который увеличивается на 11...36 % в сравнении с контролем. Значение средней высоты древостоя при этом увеличивается на 6...12 %.

Увеличение среднего диаметра стволов на высоте 1,3 м и высоты сосняков на секциях пройденных рубками ухода происходит в результате вырубки отставших в росте, ослабленных и поврежденных деревьев. Максимальными средними диаметрами стволов характеризуются древостои, пройденные рубками ухода сильной и очень сильной интенсивности по низовому методу.

Древостои на всех секциях с проведенными рубками являются высокополнотными с варьированием значения относительной полноты от 1,3 при слабой интенсивности изреживания до 1,1 при очень сильной интенсивности изреживания.

Спустя 70 лет после рубки запас стволовой древесины на опытных секциях оказался ниже аналогичного показателя в древостоях на контрольных секциях. С увеличением интенсивно-



**Рис. 2.** Распределение деревьев различных категорий относительного жизненного состояния со значением показателя  $H/D < 100$  в зависимости от интенсивности рубок ухода, %

**Fig. 2.** Distribution of trees of various categories of relative vitality with the value of the indicator  $H/D < 100$ , depending on the intensity of thinning, %

сти изреживания происходит снижение запаса сосняков на 9...10 % при проведении рубок ухода слабой и умеренной интенсивности изреживания и на 19...20 % при сильной и очень сильной интенсивности изреживания.

Высокие показатели относительной полноты исследуемых сосняков, значения которой достигали 1,5, а также результаты ранее проведенных исследований [24] в сосняках сухих и свежих лесорастительных условий указывают на необходимость уточнения стандартных таблиц сумм площадей поперечных сечений нормальных древостоев и запасов стволовой древесины сосняков Казахского мелкосопочника.

С увеличением интенсивности рубок ухода в загущенных сосняках Казахского мелкосопочника, произрастающих в сухих лесорастительных условиях, отмечается увеличение также средних значений показателей, как ОЖС, КОП и  $H/D$ .

Установлено, что более точным и достоверным, по сравнению с показателями ОЖС и КОП, в оценке состояния сосновых насаждений является показатель относительной высоты деревьев  $H/D$ .

Экспериментально доказано, что показатель относительной высоты деревьев  $H/D$  можно использовать в качестве критерия оценки биологической устойчивости сухих сосновых насаждений Казахского мелкосопочника. С учетом показателя ОЖС показатель относительной высоты позволяет объективно оценить состояние сосняков и определить целесообразность проведения в них рубок ухода.

Специфика роста и развития загущенных сосняков исследуемого региона должна стать основой для индивидуального подхода к организации и ведению лесного хозяйства в них с учетом целевого назначения. В связи с этим необходима

разработка такого режима лесохозяйственных мероприятий, который в наибольшей мере способствовал бы формированию устойчивых сосняков, всецело выполняющих защитные функции на протяжении всего периода их жизни.

Для формирования биологически устойчивых чистых сосняков сухих условий произрастания необходимо проведение в них одного-двух приемов рубок ухода по низовому методу. В возрасте 25...30 лет предлагается проводить первый прием рубок ухода интенсивностью 26...35 % и в возрасте 40...50 лет проведение второго приема рубок ухода интенсивностью 26...35 % по запасу со снижением относительной полноты древостоя до 0,7...0,8. В последующий после рубок ухода период рекомендуется проводить (в зависимости от необходимости) санитарные рубки в сочетании с мероприятиями по уходу за подростом

## Список литературы

- [1] Степаненко И.И. Критерии и индикаторы роста, продуктивности лесных насаждений при их интенсивном выращивании // ИВУЗ Лесной журнал, 2015. № 4. С. 18–29.
- [2] Коротков С.А., Стоноженко Л.В., Киселева В.В., Глазнов Ю.Б. Влияние экологических и социально-экономических факторов на формирование лесов Подмосковья // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2020. Т. 31. № 1–2. С. 90–115.
- [3] Тимашук Д.А., Потапова Э.Н. Лесоводственная оценка сосновых насаждений в зоне рекреационного воздействия в Воронежской области // Лесотехнический журнал, 2016. Т. 6. № 1 (21). С. 53–61.
- [4] Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи: монография. Воронеж: Изд-во Воронежского ГУ, 2003. 272 с.
- [5] Бельх О.А. Реализация принципов устойчивого управления лесными системами в Иркутской области // Лесной и химический комплексы — проблемы и решения. Сб. материалов по итогам Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 02–04 сентября 2019 г. Красноярск: Изд-во Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2019. С. 420–424.
- [6] Данчева А.В., Залесов С.В. Современное состояние высокополнотных сосняков рекреационного назначения в Баянаульском ГНПП // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 1. С. 14–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-14-20
- [7] Уткин А.И. Леса Республики Саха (Якутия) — феномен таежного пояса Северной Евразии // Хвойные бореальные зоны, 2006. Т. 23. № 3. С. 7–14.
- [8] Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Климатогенная динамика лесотундровой растительности на Полярном Урале // Лесоведение, 2007. № 6. С. 11–22.
- [9] Желдак В.И. Проблемы и перспективы развития лесоводства // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование, 2021. № 3 (51). С. 5–27.
- [10] Телеснина В.М., Семенюк О.В., Богатырев Л.Г., Бенедиктова А.И. Особенности напочвенного покрова и лесных подстилок в искусственных липовых насаждениях в зависимости от характера ухода // Вестник Московского университета. Сер. 17: Почвоведение, 2018. № 2. С. 3–11.
- [11] Суслов А.В., Нагимов З.Я., Корелина А.А. Организация мониторинга насаждений в лесопарках города Екатеринбурга с применением математико-статистических методов // Успехи современного естествознания, 2021. № 6. С. 35–41. DOI: 10.17513/use.37638
- [12] Казанцева М.Н. Мониторинг состояния растительного покрова пригородных сосняков г. Тюмени // Экологический мониторинг и биоразнообразие, 2016. № 1 (11). С. 47–51.
- [13] Ильинцев А.С., Шамонтьев И.Г., Третьяков С.В. Современная динамика лесопользования в бореальных лесах России (на примере Архангельской области) // Лесотехнический журнал, 2021. Т. 11. № 3 (43). С. 45–62. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4>
- [14] Данчева А.В. Трансформация лесной подстилки сосновых насаждений Казахского мелкосопочника под влиянием антропогенного фактора // Экосистемы, 2021. № 26. С. 33–42.
- [15] Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е. Оптимизация густоты сосновых древостоев Восточного Прибайкалья // Сибирский лесной журнал, 2018. № 5. С. 54–61.
- [16] Залесов С.В., Данчева А.В., Эбель А.В., Эбель Е.И. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Казахского мелкосопочника // ИВУЗ Лесной журнал, 2016. № 3 (351). С. 21–30.
- [17] Мусин Х.Г. Эффективность ландшафтных рубок в рекреационных лесах // Вестник БГАУ, 2013. № 2. С. 115–117.
- [18] Данчева А.В., Панкратов В.К. Оценка эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника // ИВУЗ Лесной журнал, 2021. № 2. С. 45–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55
- [19] Seiwa K., Eto Y., Hishita M., Masaka K. Effects of Thinning Intensity on Species Diversity and Timber Production in a Conifer (*Cryptomeria japonica*) Plantation in Japan // J. of Forest Research, 2012, v. 17, iss. 6, pp. 468–478. DOI: 10.1007/s10310-011-0316-z
- [20] 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, v. 237, iss. 1–3, pp. 15–28. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.09.011
- [21] Эбель А.В., Эбель Е.И., Залесов С.В., Муқанов Б.М. Влияние полноты и густоты на рост сосновых древостоев Казахского мелкосопочника и эффективность рубок ухода в них. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2014. 221 с.
- [22] Абузов А.В., Рябухин П.Б. Технологии промежуточных рубок на труднодоступных территориях // ИВУЗ Лесной журнал, 2021. № 4. С. 117–130. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-117-130
- [23] Минниханов Р.Н., Мусин Х.Г., Мартынова М.В. О концепции воспроизводства и лесопользования в малолесных регионах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. № 4 (150). С. 81–85.
- [24] Данчева А.В. Повышение рекреационной устойчивости и привлекательности сосновых лесов Казахстана: дис. ... д-ра с.-х. наук. Уфа, 2018. 515 с.
- [25] Макаренко А.А., Муқанов Б.М. Рубки ухода в сосняках Казахстана. Алматы: Бастау, 2002. 219 с.

## Сведения об авторах

Данчева Анастасия Васильевна<sup>✉</sup> — д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», dancheva.av@gausz.ru

Залесов Сергей Вениаминович — д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой лесоводства ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», zalesovsv@m.usfeu.ru

Поступила в редакцию 28.01.2022.

Одобрено после рецензирования 04.04.2022.

Принята к публикации 18.05.2022.

## INFLUENCE OF THINNING ON PROTECTIVE PINERIES BIOSUSTAINABILITY IN NORTHERN KAZAKHSTAN

A.V. Dancheva<sup>1✉</sup>, S.V. Zalesov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Northern Trans-Urals State Agricultural University, 7, Respubliki st., 625003, Tyumen, Russia

<sup>2</sup>Ural State Forest Engineering University, 37, Sibirsky tract st., 620100, Ekaterinburg, Russia

dancheva.av@gausz.ru

The article presents the results of thinnings in pineries of the Kazakh uplands in Northern Kazakhstan carried out for an over 70-year period and their influence on biosustainability (on the example of the state national natural park «Burabay»). The research objects are high-density mature pine forests growing in dry forest conditions. The results of research have shown that to the average values of the vital status indicator (VSI), the complex estimated indicator (CEI) and the tree slenderness coefficient ( $H/D$ ), pine stands in most sections are characterized as «weakened». In forest stands after thinning of strong and very strong intensity of thinning in terms of tree slenderness coefficient ( $H/D$ ) the pine forests is assessed as healthy. It is proved that the vital status maximum credible indicators of the pine forests and the implementation of forestry practices in them is the tree slenderness coefficient. The largest number of trees (up to 70 % of the total number of trees) with tree slenderness coefficient an  $H/D$  value of less than 100 in the pine forest after very high intensity thinning is evaluated. A large number of trees with  $H/D < 100$  in the forests proves a weak competition between trees in the forests and higher resistance to natural and anthropogenic factors are proved. The data obtained show a positive effect of strong thinning on the increase in the radial growth of pine trees. For formation of sustainable pine forests in dry growing conditions in Northern Kazakhstan with thinning one-two steps with 26–35 % of the stock volumes destruction at the age of 25–30 years and 40–50 years, and with subsequent increment felling in them is recommended.

**Keywords:** pine forests, thinning, vital status, biological stability

**Suggested citation:** Dancheva A.V., Zalesov S.V. *Vliyanie rubok ukhoda na biologicheskuyu ustoychivost' sosnyakov zashchitnogo naznacheniya Severnogo Kazakhstana* [Influence of thinning on protective pineries biosustainability in Northern Kazakhstan]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 5–13.

DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-5-13


## References

- [1] Stepanenko I.I. *Kriterii i indikatory rosta, produktivnosti lesnykh nasazhdeniy pri ikh intensivnom vyrashchivanii* [Criteria and Indicators of Growth, Productivity of Forest Stands Under Their Intensive Cultivation]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2015, no. 4, pp. 18–29.
- [2] Korotkov S.A., Stonozhenko L.V., Kiseleva V.V., Glazunov Yu.B. *Vliyanie ekologicheskikh i sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na formirovanie lesov Podmoskov'ya* [Influence of environmental and socio-economic factors on the formation of forests near Moscow]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of environmental monitoring and modeling of ecosystems], 2020, t. 31, no. 1–2, pp. 90–115.
- [3] Timashchuk D.A., Potapova E.N. *Lesovodstvennaya otsenka sosnovykh nasazhdeniy v zone rekreatsionnogo vozdeystviya v Voronezhskoy oblasti* [Silvicultural assessment of pine plantings in the zone of recreational influence in the Voronezh region]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering Journal], 2016, v. 6, no. 1 (21), pp. 53–61.
- [4] Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh nasazhdeniy Tsentral'noy lesostepi* [Dendroindication of dynamics of forest health in the Central forest-steppe]. Voronezh: VGU, 2003, 269 p.
- [5] Belykh O.A. *Realizatsiya printsipov ustoychivogo upravleniya lesnymi sistemami v Irkutskoy oblasti* [Implementation of the principles of sustainable management of forest systems in the Irkutsk region]. *Lesnoy i khimicheskii komplekсы — problemy i resheniya. Sbornik materialov po itogam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Krasnoyarsk, 02–04 sentyabrya 2019 goda* [Forest and chemical complexes — problems and solutions. Collection of materials on the results of the All-Russian scientific and practical conference, Krasnoyarsk, September 02–04, 2019]. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, 2019, pp. 420–424.
- [6] Dancheva A.V., Zalesov S.V. *Sovremennoe sostoyanie vysokopolnotnykh sosnyakov rekreatsionnogo naznacheniya v Bayanaul'skom GNPP* [The current state of high-density recreational pine forest in the «Bayanaul» SNNP]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 1, pp. 14–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-14-20



- [7] Utkin A.I. *Lesy Respubliki Sakha (Yakutiya) — fenomen taezhnogo poyasa Severnoy Evrazii* [Forests of the Republic of Sakha (Yakutia) — the phenomenon of the taiga belt of Northern Eurasia]. *Khvoynnye boreal'nye zony* [Coniferous boreal zones], 2006, t. 23, no. 3, pp. 7–14.
- [8] Shiyatov S.G., Mazepa V.S. *Klimatogennaya dinamika lesotundrovoy rastitel'nosti na Polyarnom Urale* [The Climatogenic Dynamics of Forest-Tundra Vegetation in the Polar Urals]. *Lesovedenie* [Forestry], 2007, no. 6, pp. 11–22.
- [9] Zheldak V.I. *Problemy i perspektivy razvitiya lesovodstva* [Problems and prospects for the development of forestry]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2021, no. 3 (51), pp. 5–27.
- [10] Telesnina V.M., Semenyuk O.V., Bogatyrev L.G., Benediktova A.I. *Osobennosti napochvennogo pokrova i lesnykh podstilok v iskusstvennykh lipovykh nasazhdeniyakh v zavisimosti ot kharaktera ukhoda* [Features of a ground cover and forest litter of artificial lime plantations depending on the nature of care]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie* [Moscow University Soil Science Bulletin], 2018, no. 18, pp. 3–11.
- [11] Suslov A.V., Nagimov Z.Ya., Korelina A.A. *Organizatsiya monitoringa nasazhdeniy v lesoparkakh goroda Ekaterinburga s primeneniem matematiko-statisticheskikh metodov* [Organization of monitoring of plantings in forest parks of the city of Yekaterinburg with the use of mathematical and statistical methods]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences], 2021, v. 6, no. 1, pp. 35–41. DOI: 10.17513/use.37638
- [12] Kazantseva M.N. *Monitoring sostoyaniya rastitel'nogo pokrova prigorodnykh sosnyakov g. Tyumeni* [The monitoring of vegetation cover in suburban pine forests of the town of Tyumen]. *Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie* [Ecological monitoring and biodiversity], 2016, no. 1 (11), pp. 47–51.
- [13] Il'intsev A.S., Shamont'ev I.G., Tret'yakov S.V. *Sovremennaya dinamika lesopol'zovaniya v boreal'nykh lesakh Rossii (na primere Arkhangel'skoy oblasti)* [Modern dynamics of forest use in the boreal forests of Russia (for example of the Arkhangelsk region)]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], 2021, vol. 11, no. 3(43), pp. 45–62. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.3/4>
- [14] Dancheva A.V. *Transformatsiya lesnoy podstilki sosnyvykh nasazhdeniy Kazakhskogo melkosopochnika pod vliyaniem antropogennogo faktora* [Anthropogenic transformation of the forest litter of pine forests of the Kazakh Upland]. *Ekosistemy* [Ekosistemy], 2021, v. 26, pp. 33–42.
- [15] Ivanov V.V., Borisov A.N., Petrenko A.E. *Optimizatsiya gustomy sosnyvykh drevostoev Vostochnogo Pribaykal'ya* [Optimization of pine stand density in the Eastern CisBaikalia]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Sib. J. For. Sci.], 2018, no. 5, pp. 54–61. DOI: 10.15372/SJFS20180505
- [16] Zalesov S.V., Dancheva A.V., Ebel' A.V., Ebel' E.I. *Lesovodstvennaya effektivnost' rubok ukhoda v sosnyakakh Kazakhskogo melkosopochnika* [Silvicultural effectiveness of improvement cutting in the pine forests of Kazakh Upland]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2016, no. 3(351), pp. 21–30.
- [17] Musin Kh.G. *Effektivnost' landshaftnykh rubok v rekreatsionnykh lesakh* [Efficiency of Landscape Cabins in the Recreational Woods]. *Vestnik BGAU* [Vestnik BSAU], 2013, no. 2, pp. 115–117.
- [18] Dancheva A.V., Pankratov V.K. *Otsenka effektivnosti rubok ukhoda v sukhikh sosnyakakh Kazakhskogo melkosopochnika* [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
- [19] Seiwa K., Eto Y., Hishita M., Masaka K. *Effects of Thinning Intensity on Species Diversity and Timber Production in a Conifer (Cryptomeria japonica) Plantation in Japan*. *J. of Forest Research*, 2012, v. 17, iss. 6, pp. 468–478. DOI: 10.1007/s10310-011-0316-z
- [20] 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, v. 237, iss. 1–3, pp. 15–28. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.09.011
- [21] Ebel' A.V., Ebel' E.I., Zalesov S.V., Mukanov B.M. *Vliyaniye polnoty i gustomy na rost sosnyvykh drevostoev Kazakhskogo melkosopochnika i effektivnost' rubok ukhoda v nikh* [The influence of fullness and density on the growth of pine stands of the Kazakh uplands and the effectiveness of thinning in them: a monograph]. *Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University*, 2014, 221 p.
- [22] Abuzov A.V., Ryabukhin P.B. *Tekhnologii promezhutochnykh rubok na trudnodostupnykh territoriyakh* [Technologies of Intermediate Felling in Difficult to Access Areas]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2021, no. 4, pp. 117–130. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-117-130
- [23] Minnikhanov R.N., Musin Kh.G., Martynova M.V. *O kontseptsii vosproizvodstva i lesopol'zovaniya v malolesnykh regionakh* [On the concept of forest reproduction and management in sparsely wooded regions]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Altai State Agricultural University], 2017, no. 4 (150), pp. 81–85.
- [24] Dancheva A.V. *Povysheniye rekreatsionnoy ustoychivosti i privlekatel'nosti sosnyvykh lesov Kazakhstana* [Increasing the recreational sustainability and visual appeal of the pine forests of Kazakhstan]. *Dis. ... Dr. Sci. (Agric.)*. Ufa, 2018, 515 p.
- [25] Makarenko A.A., Mukanov B.M. *Rubki ukhoda v sosnyakakh Kazakhstana* [Thinning in Pine Forests of Kazakhstan]. *Almaty: Bastau*, 2002, 219 p.

## Authors' information

**Dancheva Anastasiya Vasil'yevna**  — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Northern Trans-Urals State Agricultural University, dancheva.av@gausz.ru

**Zalesov Sergey Veniaminovich** — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Forestry, Northern Trans-Urals State Agricultural University, zalesov@usfeu.ru

Received 28.01.2022.

Approved after review 04.04.2022.

Accepted for publication 18.05.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
 The authors declare that there is no conflict of interest