

## ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДРОСТОМ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ АЛТАЕ-НОВОСИБИРСКОГО РАЙОНА ЛЕСОСТЕПЕЙ И ЛЕНТОЧНЫХ БОРОВ

А.Е. Осипенко<sup>✉</sup>, С.В. Залесов

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), Россия, 620110, г. Екатеринбург,  
ул. Сибирский тракт, д. 37

osipenkoae@m.usfeu.ru

Приведены данные о количестве подроста в естественных сосновых насаждениях, произрастающих в Алтае-Новосибирском районе лесостепей и ленточных боров. Проанализирована база данных, составленная по материалам лесоустройства одиннадцати лесничеств, на территории которых находятся ленточные боры Алтайского края. Показаны данные по климатическим подзонам региона, лесничествам, типам леса и относительным полнотам древостоев. Приведены данные о доле насаждений VI–XIII классов возраста, обеспеченных подростом в количестве, достаточном для естественного лесовосстановления. Построены линии тренда, отражающие среднее количество подроста под пологом древостоев различной относительной полноты. Установлено, что лучше всего обеспечены подростом сосняки двух типов леса: сухой бор пологих всхолмлений и сухой бор высоких всхолмлений. Определено, что доля насаждений, обеспеченных подростом в количестве достаточном для естественного лесовосстановления, в данных типах леса составляет от 45 до 88 % (в зависимости от относительной полноты древостоев). Выявлено, что в условиях типа леса свежий бор доля сосняков, обеспеченных подростом предварительной генерации, изменяется в пределах от 18 (при полноте 1,0) до 60 % (при полноте 0,5). Изложено, что наименьшая обеспеченность подростом зафиксирована в условиях типов леса травяной бор, сосняк пристепной, согра сосновая. Указано, что в данных типах леса успешному естественному лесовосстановлению препятствуют негативные факторы, обусловленные особенностями этих типов леса. Установлено, что доля насаждений, обеспеченных подростом, в условиях типов леса травяной бор, сосняк пристепной, согра сосновая не превышает 25 %. Выявлено, что оптимальная относительная полнота древостоев для накопления подроста в различных типах леса отличается: сухой бор высоких всхолмлений — 0,6; сухой бор пологих всхолмлений — 0,5; свежий бор — 0,5; сосняк пристепной — 0,4...0,5; травяной бор — 0,7; согра сосновая — 0,3. Определено, что зависимости от типа леса в ленточных борах накапливается в среднем от 0,8 до 3,1 тыс. шт./га подроста предварительной генерации.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, насаждение, подрост, тип леса, относительная полнота, ленточный бор

**Ссылка для цитирования:** Осипенко А.Е., Залесов С.В. Обеспеченность подростом сосновых насаждений Алтае-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 3. С. 15–25. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25

Научно обоснованное ведение лесного хозяйства невозможно без наличия объективных данных об обеспеченности насаждений подростом [1, 2]. Достаточное для естественного лесовосстановления количество подроста предварительной генерации зачастую является обязательным условием для быстрой замены спелых и перестойных насаждений на молодняки хозяйственно ценных древесных пород [3, 4]. Данные о количестве подроста позволяют рационально планировать лесовосстановительные мероприятия и подбирать способы рубок, которые наилучшим образом соответствуют конкретным лесорастительным условиям [5].

На подрост, формирующийся под пологом сосновых древостоев, влияют следующие факторы: лесорастительные условия, развитие живого

напочвенного покрова (ЖНП), сомкнутость и возраст материнского полога, лесохозяйственные мероприятия, рекреационные нагрузки и др. [6–12].

Ленточные боры Алтайского края по целевому назначению относятся к защитным лесам, а значит, сплошные рубки в них запрещены. Переход к выборочной системе рубок в 1947 г. [13] привел к более бережному ведению хозяйства, однако создал проблему омоложения ленточных боров [2, 14], которая на сегодняшний день является камнем преткновения на пути к организации устойчивого лесного хозяйства Алтайского края. Совершенствование системы рубок в ленточных борах, позволяющей перейти к устойчивому лесному хозяйству, широко обсуждается в настоящее время [15–18].

По данным Государственного лесного реестра Российской Федерации, на долю молодняков в ленточных борах Алтайского края приходится

всего 13,5 % площади лесов [18]. При этом, по нашей оценке [19], более 70,1 тыс. га (около 66 % площади всех молодняков) приходится на лесные культуры возрастом от 5 до 40 лет, которые создавались преимущественно на гарях и пустырях. Таким образом, на долю молодняков, сформировавшихся естественным путем, приходится около 6 % площадей, на которых расположены леса. Однако столь незначительная доля молодняков естественного происхождения компенсируется разновозрастностью большей части сосновых древостоев ленточных боров [20–23], но не полностью решает указанную выше проблему.

## Цель работы

Цель работы — оценка обеспеченности подростом предварительной генерации естественных сосновых насаждений VI класса и более высоких классов возраста в условиях Алтае-Новосибирского района лесостепей и ленточных боров.

## Материалы и методы

Данное исследование представляет собой анализ электронной повыведельной базы данных (БД) в формате «.xlsx». Подробное описание БД приводилось в нашей более ранней публикации [23]. Описание природно-климатических условий района исследований и характеристика типов леса, о которых идет речь в настоящей работе, также неоднократно публиковались [2, 13, 18, 24, 25].

Анализ данных осуществлялся в программе MS Excel 2013. Формирование сводных таблиц при анализе данных осуществлялось с применением следующих фильтров: преобладающая порода в насаждении — сосна обыкновенная; категория земель — насаждения естественного происхождения; класс возраста — VI–XIII; тип леса — сухой бор высоких всхолмлений (СБВ), сухой бор пологих всхолмлений (СБП), свежий бор (СВБ), травяной бор (ТРБ), сосняк пристепной (СПР), согра сосновая (СГРС).

В выборку вошли шесть из семи типов леса, выделенных на территории ленточных боров Алтайского края, за исключением типа леса согра лиственная (СГРЛ), так как сосняки в данных условиях не произрастают.

В БД имеется только 25 сосновых древостоев старше 180 лет (X класс возраста и старше), поэтому основной массив выборки состоит из древостоев возрастом от 101 до 180 лет (при среднем значении 119 лет). Имеющиеся у нас материалы лесоустройства имеют давность более 10 лет [25], а значит, средний возраст спелых и перестойных насаждений в ленточных борах на сегодняшний день выше [18].

В анализируемую выборку вошли все спелые и перестойные насаждения, а также часть приспе-

вающих насаждений III класса бонитета и ниже (в количестве 11,2 тыс. выделов общей площадью 56,9 тыс. га). В районе исследований для сосняков II класса бонитета и выше установлен возраст рубки 101...120 лет, а для сосняков III класса бонитета и ниже — 121...140 лет. Такой принцип формирования выборки был применен в связи с более важным значением возраста древостоя для выявления закономерностей накопления подроста по сравнению с искусственно установленным возрастом рубки, который к тому же неоднократно изменялся в ходе истории [26]. Таким образом, исключение из выборки насаждений VI класса возраста III класса бонитета и ниже нецелесообразно.

Достаточным для естественного лесовосстановления количеством соснового подроста в сосняках типа леса СБВ и СБП считалось количество подроста более 1,5 тыс. шт./га, для насаждений типа леса СВБ, СПР, ТРБ и СГРС — более 2,0 тыс. шт./га. Достаточное количество березового подроста для естественного лесовосстановления в сосняках типа леса СБВ, СБП, СВБ, СПР — более 2,5 тыс. шт./га, для сосняков типа леса ТРБ, СГРС — более 3,0 тыс. шт./га [27].

Исследуемый район — 11 лесничеств был поделен на три группы, в зависимости от их принадлежности к климатическим подзонам Алтайского края [28]: к умеренно засушливой колочной степи были отнесены Барнаульское, Павловское, Кулундинское, Панкрушихинское и Новичихинское лесничества, к засушливой степи — Волчихинское и Лебяжинское, к сухой степи — Ракитовское, Степно-Михайловское, Озеро-Кузнецовское и Ключевское.

Объем выборки по площади исследуемых сосняков и по количеству выделов с распределением по типам леса и климатическим подзонам Алтайского края приведен в табл. 1 и 2.

## Результаты и обсуждение

Породами, наиболее распространенными и перспективными для выращивания в условиях ленточных боров, являются сосна и береза [18, 29]. В сформированной выборке выделов площадь сосняков, под пологом которых преобладает сосновый подрост, составляет 98,0 %. Березовый подрост преобладает на площади 4294 га (1,7 %), в том числе на тип леса ТРБ приходится 3256 га насаждений с преобладанием березового подроста, на тип леса СВБ приходится 912 га. Подрост других пород (осина, ель сибирская, сосна кедровая сибирская) преобладает под пологом естественных сосняков на площади 735 га, из которых 708 га приходится на осину.

Данные о доле сосняков, обеспеченных подростом в количестве, достаточном для естественного лесовосстановления, при различной полноте

Т а б л и ц а 1

**Распределение площади исследуемых сосняков по типам леса  
и климатическим подзонам Алтайского края**

**Area distribution of the studied pine forests by forest types and the Altai Krai climatic subzones**

Климатическая подзона		СБВ	СБП	СВБ	ТРБ	СПР	СГРС	Общий итог
Умеренно-засушливая колодная степь	га	11	7024	52 458	39 257	1183	246	100 179
	%	0,0	2,8	20,5	15,3	0,5	0,1	39,2
Засушливая степь	га	9	23 495	29 827	8365	370	28	62 094
	%	0,0	9,2	11,7	3,3	0,1	0,0	24,3
Сухая степь	га	1463	62 658	25 594	3269	265	23	93 272
	%	0,6	24,5	10,0	1,3	0,1	0,0	36,5
Общий итог	га	1483	93 177	107 879	50 891	1818	297	255 545
	%	0,6	36,5	42,2	19,9	0,7	0,1	100,0

Т а б л и ц а 2

**Распределение количества выделов сосновых насаждений по типам леса  
и климатическим подзонам Алтайского края**

**Distribution of pine stands by forest types and the Altai Krai climatic subzones**

Климатическая подзона		СБВ	СБП	СВБ	ТРБ	СПР	СГРС	Общий итог
Умеренно-засушливая колодная степь	шт.	3	1590	11148	10111	160	83	23 095
	%	0,0	3,0	21,0	19,1	0,3	0,2	43,6
Засушливая степь	шт.	2	3571	5817	1888	103	9	11 390
	%	0,0	6,7	11,0	3,5	0,2	0,0	21,5
Сухая степь	шт.	240	10404	6674	1107	108	10	18 543
	%	0,5	19,6	12,6	2,1	0,2	0,0	35,0
Общий итог	шт.	245	15565	23639	13106	371	102	53 028
	%	0,5	29,3	44,6	24,7	0,7	0,2	100,0

древостоев, приведены в табл. 3–5 для трех наиболее распространенных типов леса (СБП, СВБ, ТРБ), охватывающих 98,6 % площади всех сосняков, имеющих в анализируемой БД.

Среднее значение доли обеспеченных подростом насаждений в пределах одного типа леса в трех различных климатических подзонах примерно одинакова: в условиях СБП — 80...91 %; СВБ — 52...59; ТРБ — 14...30 %.

Наибольшая доля обеспеченных подростом сосняков наблюдается в засушливой степи, что можно объяснить систематическим завышением количества подростка в Волчихинском лесничестве или сложившимися в засушливой степи более благоприятными условиями для роста естественного возобновления сосны.

Данные о площади древостоев, обеспеченных подростом, по Барнаульскому лесничеству для условий типа леса СБП (см. табл. 3) значительно отличаются от средних данных по всем лесничествам. В Барнаульском лесничестве площадь обеспеченных подростом насаждений в 6,8 раза ниже, чем в среднем по всем лесничествам и в 7,8 раза меньше, чем в ближайшем к нему Павловском лесничестве. Объяснить это можно систематической ошибкой (в меньшую сторону)

таксаторов, оценивавших насаждения Барнаульского лесничества, или действием какого-либо внешнего фактора (например, высокая антропогенная нагрузка на леса).

В некоторых лесничествах зафиксировано значительное превышение доли насаждений, обеспеченных подростом, относительно среднего значения по всем лесничествам. Для типа леса СВБ в Павловском лесничестве превышение почти в 1,5 раза. Для типа леса ТРБ в Степно-Михайловском лесничестве превышение в 2,8 раза, для Волчихинского — в 2,4 раза. Это также можно объяснить систематической ошибкой таксаторов (но уже в большую сторону) или некоторым неучтенным фактором, который, вероятнее всего, носит антропогенный характер, например, более активное применение мер по содействию естественному лесовосстановлению под пологом сосняков в указанных лесничествах. Подобные примеры описаны в научных работах [10, 30].

Данные по обеспеченности насаждений подростом в Кулундинском и Панкрушихинском лесничествах (по всем типам леса) также весьма выделяются: в них отмечается тенденция на увеличение доли обеспеченных подростом насаждений при увеличении их относительной полноты.

Т а б л и ц а 3

**Площадь сосняков типа леса сухой бор пологих всхолмлений, обеспеченных подростом, %**  
**Dry-forest-on-gentle-slopes type pine forests area provided with young growth, %**

Лесничество и средние значения по подзонам	Относительная полнота							Среднее значение
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
Умеренно засушливая колючая степь								
Барнаульское	25	4	7	5	11	20	–	12
Павловское	98	95	91	96	94	95	75	94
Кулундинское	79	64	75	78	82	91	99	81
Панкрушихинское	80	91	80	87	76	81	–	83
Новичихинское	78	70	90	79	77	80	29	80
Среднее	81	77	84	81	77	78	73	80
Засушливая степь								
Волчихинское	95	98	98	98	97	94	76	98
Лебяжинское	75	77	84	90	77	48	–	79
Среднее	81	88	94	96	90	78	79	91
Сухая степь								
Ракитовское	82	85	92	94	89	70	50	88
Степно-Михайловское	54	67	78	83	76	71	51	71
Озеро-Кузнецовское	71	84	85	78	68	46	27	78
Ключевское	88	88	90	92	82	–	–	88
Среднее	72	83	86	84	77	63	42	80
В среднем, по всем лесничествам	74	83	88	88	81	69	54	82

Т а б л и ц а 4

**Площадь сосняков типа леса свежий бор, обеспеченных подростом, %**  
**Maiden-forest type pine forests area provided with young growth, %**

Лесничество и средние значения по подзонам	Относительная полнота								Среднее значение
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Умеренно засушливая колючая степь									
Барнаульское	41	60	59	49	51	53	12	0	47
Павловское	83	80	86	71	79	85	78	76	79
Кулундинское	30	34	31	40	46	52	49	32	46
Панкрушихинское	13	15	16	26	31	37	69	80	36
Новичихинское	33	38	47	41	29	26	29	17	34
Среднее	53	56	54	50	48	55	54	55	52
Засушливая степь									
Волчихинское	57	74	76	69	69	57	47	22	68
Лебяжинское	33	39	53	44	36	33	33	6	39
Среднее	42	55	70	63	57	47	42	11	59
Сухая степь									
Ракитовское	45	56	50	51	55	36	38	–	51
Степно-Михайловское	37	42	57	63	61	58	49	37	54
Озеро-Кузнецовское	43	56	57	54	45	34	27	12	50
Ключевское	56	79	65	67	58	40	–	–	63
Среднее	43	53	56	57	54	43	43	35	52
В среднем, по всем лесничествам	45	54	60	56	52	52	52	51	54

## Площадь сосняков типа леса травяной бор, обеспеченных подростом, %

## Area of pine forests of the grass-forest type provided with young growth, %

Лесничество и средние значения по подзонам	Относительная полнота								Среднее значение
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Умеренно засушливая колочная степь									
Барнаульское	0	8	3	12	11	19	0	0	11
Павловское	6	16	27	24	20	22	19	15	22
Кулундинское	2	4	3	2	2	3	15	30	3
Панкрушихинское	4	10	14	9	11	15	28	20	12
Новичихинское	16	3	12	11	7	2	17	–	8
Среднее	7	10	16	14	12	15	18	20	14
Засушливая степь									
Волчихинское	5	43	50	44	37	36	18	–	41
Лебяжинское	0	11	10	6	4	13	–	–	7
Среднее	2	27	42	34	25	25	18	–	30
Сухая степь									
Ракитовское	0	9	15	15	17	25	–	–	16
Степно-Михайловское	45	53	28	40	56	64	–	–	47
Озеро-Кузнецовское	35	15	35	34	25	12	–	–	28
Ключевское	26	25	25	–	–	–	–	–	25
Среднее	26	15	25	25	25	28	–	–	24
В среднем, по всем лесничествам	10	14	21	18	15	17	18	20	17

Последнее не типично для соснового подростка в связи с его высоким светолюбием [31, 32].

Панкрушихинское и Кулундинское лесничества объединяет расположение в северной части Алтайского края и охват Алеусского и Кулундинского боров, обособленных от других лент [18]. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть аномальные данные, приведенные в БД, необходимо осуществить полевой выезд в данные лесничества и изучить влияние относительной полноты спелых и приспевающих древостоев на количество жизнеспособного подростка. Аномальные данные могут объясняться опущенным эффектом [33, 34].

В рамках нашего исследования для построения графиков (рис. 1, 2) все аномальные данные, которые могли значительно повлиять на результаты, были исключены из выборки. Так, для всех типов леса были исключены данные по Панкрушихинскому и Кулундинскому лесничествам. Для условий типа леса СБП был дополнительно исключен набор данных по Барнаульскому лесничеству, а для типа леса СВБ — по Павловскому лесничеству. Для типов леса СБВ, СПР, СГРС при малом (менее 25 шт.) количестве выделов, имеющих определенную полноту, эти категории также исключались.

Построена зависимость площади сосновых насаждений различных типов леса, обеспеченных подростом в количестве, достаточном для естественного лесовосстановления, от относительной

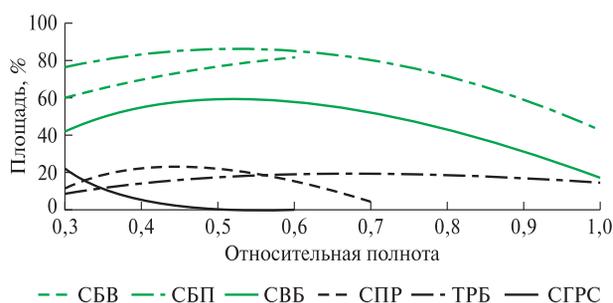


Рис. 1. Зависимость площади сосняков, обеспеченных подростом в количестве, достаточном для естественного лесовосстановления, от относительной полноты древостоя

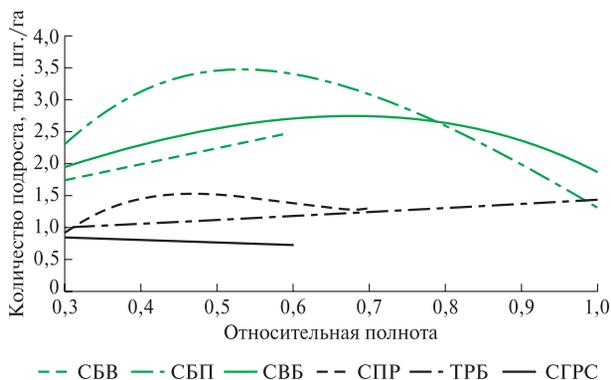
Fig. 1. Dependence of the pine forests area provided with young growth sufficient for natural regeneration on the relative stand density

полноты древостоев (см. рис. 1). Уравнения, описывающие представленные на рис. 1 зависимости приведены в табл. 6.

Наибольшая площадь сосняков, обеспеченных подростом, наблюдается в условиях типа леса СБП (45...88%), в пределах которого наилучшая обеспеченность подростом наблюдается под пологом древостоев с полнотой 0,5. Снижение площади насаждений, обеспеченных подростом, при полнотах 0,3 и 0,4 можно объяснить жесткими климатическими условиями, в которых подрост выживает только в конусе полуденной тени материнских деревьев [35].

Несколько меньшая, по сравнению с СБП, площадь сосняков обеспечена подростом в условиях типа леса СБВ. Этот тип леса характеризуется очень сухими условиями произрастания ( $A_0$ ), меньшей высотой деревьев, а значит, короткой полуденной тенью. Как следствие, наибольшая площадь обеспеченных подростом насаждений имеет полноту 0,6.

В условиях типа леса СВБ доля насаждений, обеспеченных подростом при различной полноте



**Рис. 2.** Зависимость среднего количества подроста под пологом сосновых древостоев различных типов леса, от различной относительной полноты древостоев  
**Fig. 2.** Dependence of the young growth average amount under the canopy of pine stands of various forest types on various relative stand density

древостоев составляет от 18 (при полноте 1,0) до 60 % (при полноте 0,5). Условия произрастания в данном типе леса более благоприятны, чем в СБП и СБВ, в связи с чем зачастую наблюдается мощное развитие подлеска караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.) [2], кроме того, наблюдается более активное развитие ЖНП [9, 36].

Условия типа леса СПР отличаются от СВБ более плодородными, но при этом более сухими почвами. Кроме того, в ЖНП преобладают степные виды растений, что приводит к снижению площади обеспеченных подростом насаждений до 5...23 %. Наибольшая площадь обеспеченных подростом сосняков данного типа леса имеют полноту древостоя 0,4...0,5.

Из трех наиболее распространенных типов леса наименее обеспечен подростом ТРБ. Площадь обеспеченных насаждений при различной полноте древостоев здесь изменяется от 8 (при полноте 0,3) до 19 % (при полноте 0,6), что объясняется сильным задернением почвы и наличием густого подлеска караганы древовидной и шиповника майского (*Rosa cinnamomea* L.).

Наименьшая площадь насаждений, обеспеченных подростом, наблюдается в условиях типа леса СГРС, для которого характерно близкое залегание грунтовых вод, периодическое подтопление и вымокание растительности в центре выдела,

Т а б л и ц а 6

**Уравнения, описывающие зависимости, представленные на рис. 1**

Equations describing the dependencies presented in Fig. 1

Тип леса	Уравнение	Коэффициент детерминации $R^2$	Номер уравнения
СБВ	$y = -105,12x^2 + 165,56x + 20,1$	0,77	(1)
СБП	$y = -184,68x^2 + 191,81x + 35,859$	0,89	(2)
СВБ	$y = 220,77x^3 - 643,94x^2 + 495,46x - 55,144$	0,99	(3)
СПР	$y = 734,42x^3 - 1446,2x^2 + 848,82x - 133,18$	0,96	(4)
ТРБ	$y = 83,243x^3 - 221,72x^2 + 181,36x - 28,637$	0,77	(5)
СГРС	$y = -1468,6x^3 + 2411,2x^2 - 1315,9x + 238,73$	1,00	(6)

Примечание. Уравнения действительны для интервалов линий, показанных на рис. 1.

Т а б л и ц а 7

**Уравнения, описывающие зависимости, представленные на рис. 2**

Equations describing the dependencies presented in Fig. 2

Тип леса	Уравнение	Коэффициент детерминации $R^2$	Номер уравнения
СБВ	$y = 2,4603x + 1,0163$	0,99	(1)
СБП	$y = 14,828x^3 - 40,709x^2 + 30,901x - 3,67$	0,97	(2)
СВБ	$y = -3,7734x^3 + 0,5851x^2 + 4,3625x + 0,7003$	0,98	(3)
СПР	$y = 43,224x^3 - 75,015x^2 + 41,755x - 6,0081$	0,83	(4)
ТРБ	$y = 0,5982x + 0,8241$	0,76	(5)
СГРС	$y = -0,375x + 0,9708$	0,60	(6)

Примечание. Уравнения действительны для интервалов линий, показанных на рис. 2.

вследствие чего участки с насаждениями здесь обычно имеют кольцеобразную форму. В таких условиях данного типа леса подрост формируется на микроповышениях.

Построены зависимости среднего количества подростка в различных типах леса от относительной полноты древостоев (см. рис. 2). Уравнения, описывающие зависимости, представленные на рис. 2 приведены в табл. 7.

Линии, отображающие зависимости на осях координат на рис. 2, сходны по форме и расположению с линиями, отображающими зависимости, представленные на рис. 1, за исключением некоторых нюансов: при полноте древостоев 0,8 и более в условиях типа леса СВБ в среднем наблюдается большее количество подростка, чем в условиях СБП; среднее количество подростка под пологом древостоев в условиях типа леса ТРБ линейно возрастает с увеличением относительной полноты; среднее количество подростка в условиях СВБ меньше, чем в условиях СВБ.

В среднем в исследуемых типах леса накапливается следующее количество подростка (тыс. шт./га): СВБ — 2,0; СБП — 3,1; СВБ — 2,6; СПР — 1,3; ТРБ — 1,2; СГРС — 0,8. При этом наибольшее количество подростка (2,8 тыс. шт./га) в среднем по всем типам леса накапливается при полноте древостоев 0,5.

## Выводы

1. Наиболее обеспеченными подростом являются насаждения типов леса СБП и СВБ, что объясняется слабым развитием живого напочвенного покрова и подлеска. Доля сосняков, обеспеченных подростом в количестве, достаточном для естественного лесовосстановления, в данных типах леса составляет от 45 до 88 %, в зависимости от относительной полноты древостоев.

2. В условиях типа леса СВБ площадь насаждений, обеспеченных подростом предварительной генерации, варьирует от 18 (при полноте 1,0) до 60 % (при полноте 0,5). При этом благодаря благоприятным условиям произрастания в данном типе леса в высокополнотных сосняках накапливается большее среднее количество подростка, чем в других типах леса (1,8...2,7 тыс. шт./га).

3. Наименее обеспечены подростом типы леса ТРБ, СПР, СГРС. В данных типах леса успешному естественному лесовосстановлению препятствуют сильное задернение почвы и густой подлесок (для ТРБ), иссушение почвы полевыми видами растений (для СПР), или периодическое избыточное увлажнение почвы (для СГРС). Доля насаждений, обеспеченных подростом, в данных типах леса не превышает 25 %.

4. В исследуемых типах леса насаждения, которые лучше всего обеспечены подростом, имеют

следующую полноту (при среднем количестве подростка): СВБ — 0,6 (2,5 тыс. шт./га); СБП — 0,5 (3,5 тыс. шт./га); СВБ — 0,5 (2,6 тыс. шт./га); СПР — 0,4...0,5 (1,5 тыс. шт./га); ТРБ — 0,7 (1,3 тыс. шт./га); СГРС — 0,3 (0,8 тыс. шт./га).

## Список литературы

- [1] Белов Л.А., Клям О.А., Сураев П.Н. Влияние выборочных рубок на подрост предварительной генерации в сосняках ягодникового типа леса // Леса России и хозяйство в них, 2022. № 1 (80). С. 37–47. DOI 10.51318/FRET.2021.65.76.004
- [2] Залесов С.В., Осипенко А.Е., Толстиков А.Ю., Усов М.В., Гоф А.А., Савин В.В. Воспроизводство и омоложение ленточных боров Алтайского края. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2023. 357 с.
- [3] Усов М.В., Толстиков А.Ю., Савин В.В., Осипенко А.Е., Шубин Д.А., Крюк В.И. Обеспеченность подростом спелых и перестойных насаждений Западно-Сибирского подтаежного лесостепного лесного района // Аграрное образование и наука, 2016. № 3. С. 29.
- [4] Ivanova N., Petrova I. Age structure of coniferous saplings in mountain old-growth forests of the Middle Urals // E3S Web of Conferences, Moscow, 22–24 April, 2021, v. 265. Moscow: EDP Sciences, 2021, pp. 01024. DOI 10.1051/e3sconf/202126501024
- [5] Залесова Е.С., Залесов С.В., Терехов Г.Г., Толкач О.В., Луганский Н.А., Шубин Д.А. Обеспеченность спелых и перестойных светлохвойных насаждений Западно-Уральского таежного лесного района подростом предварительной генерации // Успехи современного естествознания, 2019. № 1. С. 39–44.
- [6] Малиновских А.А., Маленко А.А. Влияние живого напочвенного покрова на процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. № 12 (158). С. 58–64.
- [7] Луферов А.О., Лабоха К.В. Содействие естественному возобновлению как основной метод лесовосстановления в условиях усыхания сосны // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов, 2018. № 2 (210). С. 56–62.
- [8] Башегуров К.А., Малиновских А.А., Савин М.А., Годовалов Г.А. Специфика накопления подростка на гарях в различных лесорастительных подзонах ленточных боров Алтая // Леса России и хозяйство в них, 2020. № 1 (72). С. 4–14.
- [9] Малиновских А.А. Степень развития растительного покрова в разных типах лесорастительных условий на гарях в ленточных борах Алтайского края // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 4. С. 43–51. DOI 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51
- [10] Huth F, Wehnert A, Wagner S. Natural regeneration of scots pine requires the application of silvicultural treatments such as overstorey density regulation and soil preparation // Forests, 2022, no. 13 (6), p. 817. DOI 10.3390/f13060817
- [11] Гончарова И.А., Барченков А.П., Скрипальщикова Л.Н. Оценка процесса возобновления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Красноярской лесостепи // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2023. № 22–1. С. 110–113. DOI 10.14258/pbssm.2023020

- [12] Малиновских А.А. Влияние клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) на естественное возобновление сосны обыкновенной в Барнаульском ленточном бору // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 3. С. 48–56. DOI 10.18698/2542-1468-2023-3-48-56
- [13] Парамонов Е.Г. Рыбкина И.Д. Ленточные боры Алтая в период потепления климата // Устойчивое лесопользование, 2017. № 3 (51). С. 33–39.
- [14] Толстиков А.Ю., Усов М.В., Залесова Е.С., Шубин Д.А. Специфика накопления подроста сопутствующей генерации при выборочных рубках // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2019. № 54. С. 67–70.
- [15] Усов М.В., Залесов С.В., Шубин Д.А., Толстиков А.Ю., Белов Л.А. Перспективность применения чересполосных постепенных рубок в сосняках Алтая // Аграрный вестник Урала, 2017. № 1 (155). С. 44–48.
- [16] Мартынюк А.А., Родин С.А., Рябцев О.В. Инновационному развитию нет альтернативы // Лесохозяйственная информация, 2019. № 3. С. 7–20. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.01
- [17] Башегуров К.А., Залесова Е.С., Толстиков А.Ю., Усов М.В. Последствия группово-выборочных рубок в сосняках ленточных боров Алтая // Успехи современного естествознания, 2019. № 9. С. 13–18.
- [18] Желдак В.И., Маленко А.А., Мартынюк А.А., Сидоренков В.М., Лямцев Н.И., Коршунов Н.А., Корякин В.А., Рябцев О.В., Малиновских А.А., Дорошенкова Э.В., Коношенков М.Е., Курщикова Е.С., Сидоренкова Е.М., Трушина И.Г., Трушина Н.И. Ленточные боры и ведение хозяйства в них. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2022. 216 с.
- [19] Osipenko A.E., Zalesov S.V. Evaluation of artificial reforestation efforts in the ribbon forest zone of Altai Krai // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, v. 316. № 1, p. 012047. DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012047
- [20] Парамонов Е.Г. Экологические мероприятия в целях лесовосстановления в ленточных борях Алтайского края // Мир науки, культуры, образования, 2014. № 2 (45). С. 396–399.
- [21] Малиновских А.А., Маленко А.А. Процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после выборочных рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борях Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2018. № 1 (159). С. 67–72.
- [22] Дебков Н.М., Кузменкин Д.В., Грибков А.В., Пожидаева Л.В. О предельном возрасте сосны обыкновенной и ее древостоев в ленточных борях Алтайского края // Устойчивое лесопользование, 2021. № 1 (65). С. 53–61. DOI 10.47364/2308-541X\_2021\_65\_1\_53
- [23] Осипенко А.Е., Залесов С.В. Разновозрастность сосновых древостоев как фактор гармонизации системы лесохозяйственных мероприятий в ленточных борях Алтайского края // Лесотехнический журнал, 2023. Т. 13. № 1 (49). С. 129–145. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/9
- [24] Кулагина В.В. Современное состояние Барнаульского ленточного бора // География и природопользование Сибири, 2016. № 22. С. 76–81. DOI 10.18500/1819-7663-2020-20-1-4-9
- [25] Осипенко А.Е., Залесов С.В., Белов Л.А., Шубин Д.А. Рост по высоте и диаметру сосновых древостоев в Западно-Сибирском подтаежно-лесостепном районе Алтайского края // Лесохозяйственная информация, 2019. № 1. С. 56–66. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.1.05
- [26] Мартынюк А.А., Сидоренков В.М., Желдак В.И., Лямцев Н.И., Рябцев О.В., Жафаров А.В. Ленточные боры Алтайского края — состояние и совершенствование хозяйства в них // Лесохозяйственная информация, 2019. № 1. С. 33–48. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.1.03
- [27] Приказ Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления» (Зарегистрировано в Минюсте России 11.02.2022 № 67240).
- [28] Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013. 156 с.
- [29] Маленко А.А. Рост и продуктивность искусственных насаждений в ленточных борях Западной Сибири: специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация»: дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2012. 360 с.
- [30] Lavnyy V., Spathelf P., Kravchuk R., Vytseha R., Yakhnytsky V.: Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests // J. of Forest Science, 2022, no. 68, pp. 298–310. DOI 10.17221/73/2022-JFS
- [31] Evstigneev O.I. Ontogenetic scales of relation of trees to light (on the example of eastern European forests) // Russian J. of Ecosystem Ecology, 2018, v. 3. no. 3, pp. 1–18. DOI 10.21685/2500-0578-2018-3-3
- [32] Zawadzka A., Slupska A. Under-Canopy regeneration of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as adaptive potential in building a diverse stand structure // Sustainability, 2022, no. 14 (2), p. 1044. DOI 10.3390/su14021044
- [33] Coban S., Colak A. H., Rotherham, I. D., Ozalp, G., Caliskan A. Effects of canopy gap size on the regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Eskisehir-Catacik region of Turkey // Austrian J. of Forest Science / Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 2018, v. 135. no. 3, pp. 183–212.
- [34] Topacoglu O., Genc E. Forest edge effects on seedlings in mixed Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky)-Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands // Applied Ecology & Environmental Research, 2019, v. 17 no. 2, pp. 2219–2231. DOI 10.15666/aeer/1702\_22192231
- [35] Салтыков А.Н. Системная целостность и сходство пространственно-возрастной структуры подроста сосны обыкновенной и сосны крымской // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада, 2021. № 141. С. 44–54. DOI 10.36305/0513-1634-2021-141-44-54
- [36] Малиновских А.А. Флористический состав живого напочвенного покрова на гарях в ленточных борях Западной Сибири // Лесохозяйственная информация, 2021. № 1. С. 5–17. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.1.01

## Сведения об авторах

**Осипенко Алексей Евгеньевич**  — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), osipenkoae@m.usfeu.ru

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

Поступила в редакцию 04.12.2023.

Одобрено после рецензирования 09.01.2024.

Принята к публикации 22.03.2024.

## YOUNG PINE PLANTATIONS AVAILABILITY IN ALTAI-NOVOSIBIRSK REGION OF FOREST-STEPPE AND RIBBON FORESTS

**A.E. Osipenko** , **S.V. Zalesov**

Ural State Forestry University, 37, Sibirskiy trakt st., 620110, Yekaterinburg, Russia

osipenkoae@m.usfeu.ru

Data on the number of young plantations in natural pine stands growing in the Altai-Novosibirsk region of forest-steppes and ribbon forests has been given. The research is based on the analysis of a database compiled from forest management materials of eleven forest districts, on the territory of which there are ribbon forests in the Altai Krai. Data analysis was performed by climatic subzones of the region, forest districts, forest types and relative density of forest stands. Data are presented on the proportion of stands of VI–XIII age classes provided with young plantations in an amount sufficient for natural reforestation. Trend lines were constructed to reflect the average amount of young pine plantations under the canopy of forest stands of varying relative density. It has been established that pine forests of the dry-forest-on-gentle-slopes and dry-forest-on-high-slopes types are best provided with young plantations. It has been found that pine forests of two forest types, namely dry-forest-on-gentle-slopes and dry-forest-on-high-slopes types, are best provided with young plantations. It has been established that the share of crops provided with young pine plantations in quantities sufficient for natural reforestation in these forest types ranges from 45 to 88 % (depending on the relative density of the forest stands). It has been revealed that in conditions of the maiden forest type, the proportion of pine forests provided with young pine plantations of preliminary generation varies from 18 (at a density of 1,0) to 60 % (at a density of 0,5). It has been stated that the lowest provision of young pine plantations was recorded in the grass forest, steppe pine forest, and sogra pine forest. It is indicated that in these forest types, successful natural reforestation is hampered by negative factors determined by the characteristics of these forest types. It has been established that the share of forest stands provided with young plantations in the pine grass forest, steppe pine forest, and sogra pine forest types does not exceed 25 %. It has been revealed that the optimal relative density of tree stands for the accumulation of young pine plantations in different forest types differs as follows: dry-forest-on-high-slopes type — 0,6, dry-forest-on-gentle-slopes type — 0,5, fresh forest type — 0,5, steppe pine forest type — 0,4...0,5, grass forest type — 0,7, and sogra pine forest type — 0,3. It has been established that depending on the forest type, an average of 0,8 to 3,1 thousand pcs/ha of young pine plantations of preliminary generation accumulates in ribbon forests.

**Keywords:** Scots pine, forest stand, young plantation, forest type, relative density, ribbon forest

**Suggested citation:** Osipenko A.E., Zalesov S.V. *Obespechennost' podrostom sosnovykh nasazhdeniy Altai-Novosibirskogo rayona lesostepey i lentochnykh borov* [Young pine plantations availability in Altai-Novosibirsk region of forest-steppes and ribbon forests]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 3, pp. 15–25.

DOI: 10.18698/2542-1468-2024-3-15-25

## References

- [1] Belov L.A., Klyam O.A., Suraev P.N. *Vliyaniye vyborochnykh rubok na podrost predvaritel'noy generatsii v sosnyakakh yagodnikovogo tipa lesa* [The effect of selective logging on the undergrowth of preliminary generation in berry-type pine forests]. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2022, no. 1 (80), pp. 37–47. DOI 10.51318/FRET.2021.65.76.004
- [2] Zalesov S.V., Osipenko A.E., Tolstikov A.Yu., Usov M.V., Gof A.A., Savin V.V. *Vosproizvodstvo i omolozhenie lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Reproduction and rejuvenation of ribbon pine forests in the Altai Territory]. Ekaterinburg: UGLTU, 2023, 357 p.
- [3] Usov M.V., Tolstikov A.Yu., Savin V.V., Osipenko A.E., Shubin D.A., Kryuk V.I. *Obespechennost' podrostom spelykh i perestoynykh nasazhdeniy Zapadno-Sibirskogo podtaezhnogo lesostepnogo lesnogo rayona* [Mature and overmature stands provision with undergrowth in the west Siberian forest steppe forest region]. *Agrarnoe obrazovanie i nauka* [Agricultural education and science], 2016, no. 3, pp. 29.

- [4] Ivanova N., Petrova I. Age structure of coniferous saplings in mountain old-growth forests of the Middle Urals. E3S Web of Conferences, Moscow, 22–24 April 2021, v. 265. Moscow: EDP Sciences, 2021, p. 01024. DOI 10.1051/e3sconf/202126501024
- [5] Zalesova E.S., Zalesov S.V., Terekhov G.G., Tolkach O.V., Luganskiy N.A., Shubin D.A. *Obespechennost' spelykh i perestoynykh svetlokhvoynnykh nasazhdeniy Zapadno-Ural'skogo taezhnogo lesnogo podrostom predvaritel'noy generatsii* [Self-sufficiency of mature and overmature softwood forests of West Ural taiga region in undergrowth of pre-generation]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences], 2019, no. 1, pp. 39–44.
- [6] Malinovskikh A.A., Malenko A.A. *Vliyaniye zhyvogo napochvennogo pokrova na protsess estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovennoy posle rubok v spelykh i perestoynykh nasazhdeniyakh v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Living soil cover influence on natural regeneration of Scots pine after felling in mature and over-mature stands in belt pine forests of the Altai Territory]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2017, no. 12 (158), pp. 58–64.
- [7] Luferov A.O., Labokha K.V. *Sodeystvie estestvennomu vozobnovleniyu kak osnovnoy metod lesovosstanovleniya v usloviyakh usykhaniya sosny* [Assistance to natural regeneration as the basic method of reforestation in conditions of dieback of pine forests]. *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyayemykh resursov* [BSTU Publications. Series 1: Forestry, environmental management and processing of renewable resources], 2018, no. 2 (210), pp. 56–62.
- [8] Bashegurov K.A., Malinovskikh A.A., Savin M.A., Godovalov G.A. *Spetsifika nakopleniya podrosta na garyakh v razlichnykh lesorastitel'nykh podzonakh lentochnykh borov Altaya* [Specificity of undergrowth with accumulation on learned areal in different forest growing subzones of Altai belt boron]. *Les Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2020, no. 1 (72), pp. 4–14.
- [9] Malinovskikh A.A. *Stepen' razvitiya rastitel'nogo pokrova v raznykh tipakh lesorastitel'nykh usloviy na garyakh v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Plant cover development degree under different types of forest growth conditions on burnt areas in the belt pine forests of the Altai Territory]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 43–51. DOI 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51
- [10] Huth F, Wehnert A, Wagner S. Natural regeneration of scots pine requires the application of silvicultural treatments such as overstorey density regulation and soil preparation. *Forests*, 2022, no. 13 (6), p. 817. DOI 10.3390/f13060817
- [11] Goncharova I.A., Barchenkov A.P., Skripal'shchikova L.N. *Otsenka protsessa vozobnovleniya sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) v Krasnoyarskoy lesostepi* [Restoration assessment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii* [Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia], 2023, no. 22–1, pp. 110–113. DOI 10.14258/pbssm.2023020
- [12] Malinovskikh A.A. *Vliyaniye klena yasenelistnogo (Acer negundo L.) na estestvennoe vozobnovlenie sosny obyknovennoy v Barnaul'skom lentochnom boru* [Influence of ash-leaved maple (*Acer negundo* L.) on Scots pine natural renewal in Barnaul ribbon pine forest]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 3, pp. 48–56. DOI 10.18698/2542-1468-2023-3-48-56
- [13] Paramonov E.G., Rybkina I.D. *Lentochnye bory Altaya v period potepleniya klimata* [Ribbon forests of Altai in the period of climate warming]. *Ustoychivoe lesopol'zovanie* [Sustainable forestry], 2017, no. 3 (51), pp. 33–39.
- [14] Tolstikov A.Yu., Usov M.V., Zalesova E.S., Shubin D.A. *Spetsifika nakopleniya podrosta sopushtvuyushchey generatsii pri vyborochnykh rubkakh* [The specificity of the accumulation of undergrowth concomitant generation in selective logging]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2019, no. 54, pp. 67–70.
- [15] Usov M.V., Zalesov S.V., Shubin D.A., Tolstikov A.Yu., Belov L.A. *Perspektivnost' primeneniya cherespolosnykh postepennykh rubok v sosnyakh Altaya* [Perspective of alternate strip felling in pine stands of Altai]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2017, no. 1 (155), p. 10.
- [16] Martynyuk A.A., Rodin S.A., Ryabtsev O.V. *Innovatsionnomu razvitiyu net al'ternativy* [There is no alternative to innovative development] *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2019, no. 3, pp. 7–20. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.01
- [17] Bashegurov K.A., Zalesova E.S., Tolstikov A.Yu., Usov M.V. *Posledstviya gruppovo-vyborochnykh rubok v sosnyakh lentochnykh borov Altaya* [Consequence of group-selective felling in stripe pine forests of Altai]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences], 2019, no. 9, pp. 13–18.
- [18] Zheldak V.I., Malenko A.A., Martynyuk A.A., Sidorenkov V.M., Lyamtsev N.I., Korshunov N.A., Koryakin V.A., Ryabtsev O.V., Malinovskikh A.A., Doroshchenkova E.V., Konyushenkov M.E., Kursikova E.S., Sidorenkova E.M., Trushina I.G., Trushina N.I. *Lentochnye bory i vedenie khozyaystva v nikh* [Pine forests and its management]. *Pushkino: VNIILM*, 2022, 216 p.
- [19] Osipenko A.E., Zalesov S.V. Evaluation of artificial reforestation efforts in the ribbon forest zone of Altai Krai. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, v. 316, no. 1, p. 012047. DOI 10.1088/1755-1315/316/1/012047
- [20] Paramonov E.G. *Ekologicheskie meropriyatiya v tselyakh lesovosstanovleniya v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Environmental activities in the course of reforestation of belt-shaped pine forests in Altai Territory]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The world of science, culture and education], 2014, no. 2 (45), pp. 396–399.
- [21] Malinovskikh A.A., Malenko A.A. *Protsess estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovennoy posle vyborochnykh rubok v spelykh i perestoynykh nasazhdeniyakh v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Natural regeneration of scots pine after selective felling in mature and over-mature stands in belt pine forests of the Altai Territory]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2018, no. 1 (159), pp. 67–72.
- [22] Debkov N.M., Kuzmenkin D.V., Gribkov A.V., Pozhidaeva L.V. *O predel'nom vozraste sosny obyknovennoy i ee drevostoev v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [On the maximum age of Scots pine and its stands in the Altai Territory ribbon forests]. *Ustoychivoe lesopol'zovanie* [Sustainable forestry], 2021, no. 1 (65), pp. 53–61. DOI 10.47364/2308-541X\_2021\_65\_1\_53
- [23] Osipenko A.E., Zalesov S.V. *Raznovozrastnost' osnovnykh drevostoev kak faktor garmonizatsii sistemy lesokhozyaystvennykh meropriyatiy v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Age differences of pine stands as a factor of harmonization of the system of forest management activities in ribbon forests of the Altai Territory]. *Lesotekhnicheskyy zhurnal* [Forestry Engineering journal], 2023, v. 13, no. 1 (49), pp. 129–145. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/9
- [24] Kulagina V.V. *Sovremennoe sostoyaniye Barnaul'skogo lentochnogo* [Current state of the Barnaul ribbon forest]. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri* [Geography and nature management of Siberia], 2016, no. 22, pp. 76–81. DOI 10.18500/1819-7663-2020-20-1-4-9

- [25] Osipenko A.E., Zalesov S.V., Belov L.A., Shubin D.A. *Rost po vysote i diametru sosnovykh drevostoev v Zapadno-Sibirskom podtaigno-lesostepnom rayone Altayskogo kraya* [Growth in height and diameter of pine stands in the West Siberian subtaiga-forest-steppe region of the Altai Territory]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2019, no. 1. pp. 56–66. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.1.05
- [26] Martynyuk A.A., Sidorenkov V.M., Zheldak V.I., Lyamtsev N.I., Ryabtsev O.V., Zhafyarov A.V. *Lentochnye bory Altayskogo kraya — sostoyanie i sovershenstvovanie khozyaystva v nikh* [Ribbon relict pine forests in the Altai Territory — current forest management and its improvement]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2019, no. 1, pp. 33–48. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.1.03
- [27] *Prikaz Minprirody Rossii ot 29.12.2021 № 1024 «Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, formy, sostava, poryadka soglasovaniya proekta lesovosstanovleniya, osnovaniy dlya otказа v ego soglasovanii, a takzhe trebovaniy k formatu v elektronnoy forme proekta lesovosstanovleniya» (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 11.02.2022 № 67240)* [Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 29, 2021, no. 1024 «On approval of the Rules for reforestation, the form, composition, procedure for approving a reforestation project, the grounds for refusing to approve it, as well as requirements for the format in the electronic form of a reforestation project» (Registered with the Ministry of Justice of Russia February 11, 2022, no. 67240)].
- [28] Kharlamova N.F. *Otsenka i prognoz sovremennykh izmeneniy klimata Altayskogo regiona* [Assessment and forecast of current climate changes in Altai Territory]. Barnaul: AltGU, 2013, 156 p.
- [29] Malenko A.A. *Rost i produktivnost' iskusstvennykh nasazhdeniy v lentochnykh borakh Zapadnoy Sibiri* [The growth and productivity of artificial plantings in the tape forests of Western Siberia]. Dis. Dr. Sci. (Agric.). Ekaterinburg, 2012, 360 p.
- [30] Lavnyy V., Spathelf P., Kravchuk R., Vytseha R., Yakhnytskyy V.: Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests. *J. of Forest Science*, 2022, no. 68, pp. 298–310. DOI 10.17221/73/2022-JFS
- [31] Evstigneev O.I. Ontogenetic scales of relation of trees to light (on the example of eastern European forests). *Russian J. of Ecosystem Ecology*, 2018, v. 3, no. 3, pp. 1–18. DOI 10.21685/2500-0578-2018-3-3
- [32] Zawadzka A., Slupska A. Under-Canopy regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as adaptive potential in building a diverse stand structure. *Sustainability*, 2022, no. 14 (2), p. 1044. DOI 10.3390/su14021044
- [33] Coban S., Colak A. H., Rotherham, I. D., Ozalp, G., Caliskan A. Effects of canopy gap size on the regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Eskisehir-Catacik region of Turkey. *Austrian J. of Forest Science. Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 2018, v. 135, no. 3, pp. 183–212.
- [34] Topacoglu O., Genc E. Forest edge effects on seedlings in mixed Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) – Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Applied Ecology & Environmental Research*, 2019, v. 17, no. 2, pp. 2219–2231. DOI 10.15666/aeer/1702\_22192231
- [35] Saltykov A.N. *Sistemnaya tselostnost' i skhodstvo prostranstvenno-vozrastnoy struktury podrosta sosny obyknovennoy i sosny krymskoy* [Systemic integrity and similarity of the spatial and age structure of the undergrowth of Scots pine and Crimean pine]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens], 2021, no. 141, pp. 44–54. DOI 10.36305/0513-1634-2021-141-44-54
- [36] Malinovskikh A.A. *Floristicheskiy sostav zhivogo napochvennogo pokrova na garyakh v lentochnykh borakh Zapadnoy Sibiri* [The floristic composition of the living soil cover on burnt areas in the belt pine forests of West Siberia]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2021, no. 1. pp. 5–17. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.1.01

## Authors' information

**Osipenko Aleksey Evgen'evich**  — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Forestry Department of the Ural State Forestry University, osipenkoae@m.usfeu.ru

**Zalesov Sergey Veniaminovich** — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Forestry Department of the Ural State Forestry University, zalesovsv@m.usfeu.ru

Received 04.12.2023.

Approved after review 09.01.2024.

Accepted for publication 22.03.2024.

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