

Научная статья

УДК 630*232.4

DOI: 10.37482/0536-1036-2025-4-64-76

Эффективность создания культур сосны обыкновенной в сухой степи

А.Е. Осипенко, канд. с.-х. наук, доц.; *ResearcherID:* [AAG-1421-2021](https://orcid.org/0000-0002-6148-1747),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

С.В. Залесов[✉], д-р с.-х. наук, проф.; *ResearcherID:* [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

К.А. Башегуров, канд. с.-х. наук; *ResearcherID:* [LFT-4398-2024](https://orcid.org/0000-0002-9050-8902),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; osipenkoae@m.usfeu.ru, zalesovsv@m.usfeu.ru[✉], bashegurovka@m.usfeu.ru

Поступила в редакцию 14.12.23 / Одобрена после рецензирования 06.03.24 / Принята к печати 10.03.24

Аннотация. В условиях аридизации климата и высокой антропогенной нагрузки на лесные насаждения необходимо совершенствовать систему лесовосстановления с учетом производственного опыта. Цель исследования – оценка роста и сохранности культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданных с 2014 по 2018 гг. посадочным материалом с открытой и закрытой корневой системой на крупноплощадной гари 2010 г. Исследование проведено в Ключевском лесничестве Алтайского края. Заложено 9 пробных площадей прямоугольной формы, размером не менее 0,25 га. Достоверность различий средней сохранности лесных культур, сформированных из 2 видов посадочного материала, была определена при помощи U-критерия Манна–Уитни. Для оценки вариабельности сохранности лесных культур применялся критерий Фишера (F-тест). Приведены местоположение и таксационная характеристика 5–9-летних лесных культур; текущие приросты по высоте деревьев сосны; графики хода роста по высоте самосева и культур сосны. Установлено, что средняя сохранность на 3 из 4 участков лесных культур, полученных из семян с открытой корневой системой, больше, чем у лесных культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой. Это обусловлено лучшими погодными условиями в первые 4–5 лет роста лесных культур из семян с открытой корневой системой. Деревья, выросшие из семян с открытой корневой системой, в первые 5–7 лет после посадки уступают по средней высоте деревьям естественного происхождения, однако к возрасту 9 лет догоняют их по данному показателю. На основании проведенного исследования рекомендовано в условиях сухой степи увеличить густоту посадки семян с закрытой корневой системой до 4–6 тыс. шт./га. Продолжить данное исследование можно в следующих направлениях: изучение большего количества участков лесных культур, высаженных в различные годы при неодинаковых погодных условиях; наблюдение за морфологическими различиями у деревьев, сформировавшихся из семян с открытой и закрытой корневой системами. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании лесных культур и разработке региональных рекомендаций по лесовосстановлению в Алтае-Новосибирском районе лесостепей и ленточных боров.



Ключевые слова: лесные культуры, сосна обыкновенная, сеянцы, открытая корневая система, закрытая корневая система, степь

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ по мероприятию «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» 2024–2026 гг. (соглашение № 24-76-00009).

Для цитирования: Осипенко А.Е., Залесов С.В., Башегуров К.А. Эффективность создания культур сосны обыкновенной в сухой степи // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 4. С. 64–76. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-4-64-76>

Original article

The Efficiency of Creating Scots Pine Crops in Dry Steppe

Aleksey E. Osipenko, Candidate of Agriculture, Assoc.Prof;

ResearcherID: [AAG-1421-2021](https://orcid.org/0000-0002-6148-1747), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-1747>

Sergey V. Zalesov[✉], Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

Konstantin A. Bashegurov, Candidate of Agriculture; ResearcherID: [LFT-4398-2024](https://orcid.org/0000-0002-9050-8902),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9050-8902>

Ural State Forest Engineering University, ul. Sibirsky Trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; osipenkoae@m.usfeu.ru, zalesovsv@m.usfeu.ru[✉], bashegurovka@m.usfeu.ru

Received on December 14, 2023 / Approved after reviewing on March 6, 2024 / Accepted on March 10, 2024

Abstract. In the context of climate aridisation and high anthropogenic load on forest plantations, it is necessary to improve the reforestation system taking into account the production experience. The aim of the study has been to evaluate the growth and survival of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) crops created from 2014 to 2018 using planting material with open and closed root systems on a large-scale burnt area from 2010. The research has been conducted in the Klyuchevsky Forestry of the Altai Territory. 9 rectangular sample plots of at least 0.25 ha in size have been established. The reliability of differences in the average survival rate of forest crops formed from 2 types of planting material has been determined using the Mann-Whitney U-test. To assess the variability of forest crop survival, the Fisher criterion (F-test) has been used. The location and inventory characteristics of 5–9-year-old forest crops, current height increment values of pine trees, as well as graphs of the growth rate in height of self-seeding and pine crops have been given. It has been established that the average survival rate in 3 out of 4 forest crop plots obtained from seedlings with an open root system is higher than that of forest crops created from planting material with a closed root system. This is due to better weather conditions in the first 4–5 years of growth of forest crops from seedlings with an open root system. Trees grown from seedlings with an open root system are inferior in average height to trees of natural origin in the first 5–7 years after planting, but by the age of 9 years they are catching up with the latter in this indicator. Based on the conducted research, it is recommended to increase the planting density of seedlings with a closed root system to 4–6 thousand pcs/ha in dry steppe conditions. This research can be continued in the following directions: studying a larger number of forest crop plots planted in different years under different weather conditions, as well as observing morphological differences in trees formed from seedlings with open and closed root systems. The results obtained can be

useful in designing forest crops and developing regional recommendations for reforestation in the Altai-Novosibirsk area of forest-steppes and ribbon forests.

Keywords: forest crops, Scots pine, seedlings, open root system, closed root system, steppe

Acknowledgements: The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation for the “Conducting Initiative Research by Young Scientists” event in 2024–2026 (agreement no. 24-76-00009).

For citation: Osipenko A.E., Zalesov S.V., Bashegurov K.A. The Efficiency of Creating Scots Pine Crops in Dry Steppe. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2025, no. 4, pp. 64–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-4-64-76>

Введение

Восьмого сентября 2010 г. верховой лесной пожар перешел из Казахстана в Алтайский край и уничтожил лесные насаждения на площади около 17 тыс. га. Восстановление леса на такой большой территории естественным путем не представляется возможным, т. к. в условиях сухой степи этот процесс может затянуться на многие десятки лет [17, 18, 20].

Работы по искусственному лесовосстановлению на гари шли на протяжении 12 лет. Всего за период с 2011 по 2022 гг. в Ключевском лесничестве было создано 13 522,1 га лесных культур. Посадка лесных культур осуществлялась в основном механизировано сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с открытой корневой системой (ОКС) – 11 547,3 га (85,4 % площади). Однако высаживались и сеянцы с закрытой корневой системой (ЗКС). Первые лесные культуры, сформированные посадочным материалом с ЗКС, в Ключевском лесничестве появились в 2017 г. на площади 1012,4 га. Посадочный материал с ОКС в этот год в лесничестве не использовался. Также посадка сеянцев с ЗКС осуществлялась в 2018 г – 902,4 га и 2021 г – 60 га. Меньшие объемы применения сеянцев с ЗКС были обусловлены высокой ценой таких сеянцев и отсутствием у лесопользователей средств механизации для посадки.

Многие ученые на сегодняшний день изучают лесные культуры, созданные посадочным материалом с ЗКС, как в условиях лесостепи и степи [7, 13, 22], так и в условиях других природных зон [3, 5, 19]. Однако для района исследования опытных данных все еще мало. В том числе наблюдается недостаток информации о росте и развитии лесных культур, достигших возраста отнесения к лесопокрытым землям. В рамках описываемой в статье работы мы предприняли попытку осветить этот вопрос.

Для достоверности эксперимента по выявлению различий в сохранности лесных культур, созданных посадочным материалом с ОКС и ЗКС, необходимо проанализировать состояние культур, полученных посадочным материалом одинакового качества, в один сезон года, при равных погодных и лесорастительных условиях, по схожей технологии, одними и теми же рабочими. Собрать такого рода данные в производственных условиях довольно сложно, т. к. от посадки к посадке указанные факторы зачастую изменяются. В рамках нашего исследования мы старались подобрать участки лесных культур, соответствующие указанным требованиям.

Цель исследования – оценка роста и сохранности культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданных посадочным материалом с открытой и закрытой корневой системой на крупноплощадной гари в условиях сухой степи.

Объекты и методы исследования

Полевой этап исследования осуществлялся в мае 2023 г. на землях Бастанского и Николаевского участковых лесничеств Ключевского лесничества Алтайского края (Михайловский административный район). В соответствии с приказом Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 «Об утверждении Правил лесовосстановления...», территория относится к Алтае-Новосибирскому району лесостепей и ленточных боров. Согласно схеме климатического районирования А.П. Сляднева и Я.И. Фельдмана, – к провинции сухой степи [15].

В связи с тем, что замеры производились весной, когда прирост в высоту и по диаметру текущего (на момент исследования) года еще не сформировался, таксационные показатели характеризуют состояние растений на конец вегетационного периода 2022 г.

Объектом исследования выступают лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные на крупноплощадной гари 2010 г. До пожара на месте рассматриваемых участков произрастали чистые сосняки III–IV классов бонитета. Все изучаемые культуры были созданы на боровых песках. Мезорельеф характеризуется как волнистый, с пологими холмами и понижениями. Тип леса – сухой бор пологих всхолмлений (СБП), тип лесорастительных условий – А₁.

В качестве посадочного материала использовались семена с ОКС и ЗКС. Посадочный материал с ОКС был выращен в лесном питомнике в с. Покровка (Ключевский район). Сеянцы с ЗКС получены в Алтайском лесном селекционно-семеноводческом центре в кассетах Plantek-F, BCC SideSlit (81 ячейка). В обоих случаях для выращивания посадочного материала брали нормальные по селекционной категории семена, собранные в пределах Алтайского края (12-й лесосеменной район). Возраст посадочного материала с ЗКС – 1 год (кроме участка 5 – 2 года), сеянцев с ОКС – 2 года. На момент посадки сеянцы были здоровыми. Технологии выращивания сеянцев с ОКС и ЗКС описаны в монографии [4].

Лесные культуры создавались в апреле–мае 2014–2018 гг. рядовым способом. Ряды направлены с юго-запада на северо-восток параллельно квартальным просекам. Почва обрабатывалась плугом ПКЛ-70, агрегированным с трактором МТЗ-82. Посадка осуществлялась в дно борозды. Сеянцы с ЗКС были посажены лесопосадочной трубой Pottiputki, а сеянцы с ОКС – лесопосадочной машиной МЛУ-1. Проектная густота посадки сеянцев с ЗКС составляла 2,5 тыс. шт./га (3,0 × 1,33 м), с ОКС – 4,0 тыс. шт./га (3,0 × 0,83 м).

Согласно книге лесных культур, на участках 8 и 9 в первый год после посадки был проведен агротехнический уход культиватором КЛБ-1,7. Дополнение лесных культур осуществлено на участках 5 (весной 2018 г., 1,5 тыс. шт./га) и 7 (осенью 2017 г., 1,4 тыс. шт./га). На других участках дополнения не было. Фактическая информация об исследуемых лесных культурах приведена в табл. 1. На рис. 1 показан один из участков.

Для изучения участков лесных культур использовался метод пробных площадей (ПП). ПП имели прямоугольную форму, их размер был не менее 0,25 га. Границы ПП вдоль рядов лесных культур проходили по центру междурядий. По углам ПП устанавливались деревянные вешки. На ПП учитывались все живые деревья сосны искусственного и естественного происхожде-

ния. Замерялись диаметры деревьев, достигших высоты 1,3 м. У не менее чем 30 деревьев на каждой ПП фиксировались высота, текущие приросты в высоту (по мутовкам) и диаметр у основания ствола. Высота и текущие приросты в высоту определялись измерительной рулеткой с точностью $\pm 0,4$ мм на 1 м длины, а диаметры у основания ствола и на высоте 1,3 м – электронным штангенциркулем Electronic Digital Caliper с точностью $\pm 0,2$ мм. Объем выборки растений был обусловлен оптимальным соотношением трудозатрат и точностью опыта, которая не превышала 7 %.

Таблица 1

Местонахождение и описание исследуемых участков лесных культур
The location and description of the studied forest crop plots

№ участ-ка	Координаты GPS, с. ш. в. д.	Участковое лесничество	Квартал	Вы-дел	Год посадки	Средний шаг посадки, м	Меж-дурья, м	Густота посадки, тыс. шт./га
ОКС								
1	51°48,476' 079°28,039'	Бастанское	68	3	2018	1,0	2,8	3,6
2	51°50,090' 079°29,213'		28	22	2014	0,7	3,4	4,2
3	51°49,847' 079°28,659'		41	7	2015	0,7	2,5	5,7
4	51°50,386' 079°27,791'		13	13	2014	0,7	3,8	3,8
ЗКС								
5	51°50,180' 079°25,262'	Бастанское	10	2	2017	1,3	2,6	3,0
6	51°51,643' 079°25,256'	Николаев-ское	107	11	2017	1,4	3,6	2,0
7	51°51,443' 079°25,534'		121	3	2017	1,5	3,3	2,0
8	51°52,007' 079°24,709'		95	16	2017	1,6	2,8	2,2
9	51°52,235' 079°24,759'		95	10	2017	1,4	2,9	2,5

Для оценки различий между 2 выборками по уровню сохранности культур был использован U-критерий Манна–Уитни. Для сравнения вариабельности сохранности лесных культур – критерий Фишера (F-тест). Расчеты осуществлялись в программе MS Excel 2013.

Под «сохранностью лесных культур» мы понимаем выраженное в процентах отношение числа посадочных мест с выжившими растениями к общему числу посадочных мест, учтенных на пробной площади в культурах старше 3-летнего возраста. Несмотря на то, что данное определение почти полностью дублирует определение термина «приживаемость лесных культур», приведенное в Правилах лесовосстановления и противоречит ГОСТ 17559–82 «Лесные культуры. Термины и определения», на сегодняшний день в научной литературе понятие «сохранность лесных культур» применяется именно в этом значении [1, 2, 6, 7, 9, 11, 14].



Рис. 1. Культуры сосны, созданные посадочным материалом с ЗКС (ПП 5)

Fig. 1. The pine crops created using planting material with a closed root system (SP 5)

Вероятно, было бы правильнее различать «сохранность лесных культур» и «сохранность культивируемых растений», как это делает Н.Н. Чернов с соавторами [16]. В их трактовке понятие сохранности лесных культур совпадает с содержащимся в ГОСТ 17559–82 – величина, определяемая отношением площади, покрытой жизнеспособными лесными культурами, к общей площади лесных культур, заложенных за конкретный период, выраженная в процентах, а термин «сохранность культивируемых растений», по мнению Н.Н. Чернова с соавторами, следует применять к культурам, отнесенным к землям, на которых расположены леса. Однако в рамках нашего исследования мы остановимся на определении, приведенном выше.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 дана таксационная характеристика исследуемых лесных культур. Средняя сохранность насаждений, созданных сеянцами с ЗКС, составила 44,4 %, с ОКС – 72,5 %. Расчетное значение U-критерия равняется 1, при критическом значении 2 и уровне значимости 0,05. Таким образом, сохранность сеянцев с ОКС достоверно выше, чем с ЗКС. Однако данный вывод следует считать предварительным, т. к. объемы выборок довольно малы и культуры были высажены не в один год, а значит, погодные условия могли повлиять на сохранность насаждений разных лет создания. Вероятно, при увеличении объема экспериментальных данных результат может измениться. Расчетное значение F составило 4,94, критическое одностороннее – 6,59, р-значение – 0,079. Исходя из полученных результатов нулевая гипотеза отвергнута не была, т.е. дисперсии 2 выборок можно считать равными. Несогласованность результатов 2 статистических методов оценки свидетельствует о необходимости повышения объема выборок. Поэтому считаем целесообразным продолжить изучение данного вопроса в районе исследования.

В Алтае-Новосибирском районе лесостепей и ленточных боров для отнесения лесных участков к лесопокрытым землям в условиях типа леса СБП густота молодняков должна быть не менее 2,5 тыс. шт./га., средняя высота деревьев основных лесных древесных пород – не менее 0,9 м, а возраст лесных культур (давность создания) – не менее 6 лет.

Таблица 2

Таксационная характеристика исследуемых участков лесных культур
по данным ПП
The inventory characteristics of the studied forest crop plots according to SP data

ПП	Состав древосто- я	Давность создания лесных культур, лет	Эле- мент леса	Коли- чество растений, шт.	Средние				Текущая густота, шт./га	Сохран- ность лесных культур, %
					биологи- ческий возраст, лет	высота, м	диаметр			
							на высоте 1,3 м, см	у основа- ния ствола, см		
ОКС										
1	10С+С	5	10С	436	7	0,58	—	1,6	1744	48,4
			+С	2	10	2,24	3,1	6,8	8	—
2	10С	9	10С	911	11	2,60	2,3	4,7	3555	84,6
3		8	10С	1195	10	2,20	1,9	4,5	4594	80,6
4		9	10С	813	11	2,90	2,9	4,8	2895	76,2
ЗКС										
5	10С+С	6	10С	359	8	0,82	—	2,9	1436	47,9
			+С	4	9	1,24	1,9	4,5	16	—
10С			225	7	0,78	—	2,2	882	44,1	
+С			6	10	2,00	2,5	6,2	24	—	
10С			188	7	0,79	0,7	2,4	734	36,7	
+С			17	10	2,00	2,3	5,8	66	—	
8	10С		10С	308	7	0,86	—	2,2	1208	54,9
9			10С	240	7	0,74	1,5	2,5	960	38,4

Густота исследуемых лесных культур, выращенных из посадочного ма- териала с ОКС, составляет 1,7–4,6 тыс. шт./га., с ЗКС – 0,8–1,4 тыс. шт./га. Средняя высота деревьев сосны из семян с ОКС через 5–6 лет после по- садки – 0,6–1,2 м (определено по данным табл. 3); из семян с ЗКС через 6 лет после проведения посадочных работ – 0,7–0,9 м. Таким образом, можно заключить, что из 9 обследованных участков культур требованиям к молод- някам, площади которых подлежат отнесению к лесопокрытым землям, со- ответствуют только участки 2–4, созданные посадочным материалом с ОКС в период до 2016 г.

Участок 1 еще не достиг возраста отнесения к лесопокрытым землям (6 лет), однако с учетом его текущей густоты и темпов роста деревьев на нем можно за- ключить, что к концу вегетационного периода 2023 г. он не будет соответствовать требованиям и не перейдет в категорию покрытых лесом земель.

Деревья естественного происхождения на участках лесных культур при среднем возрасте 9–10 лет имеют средние высоту 1,9 м, диаметр ствола на высоте 1,3 м – 2,5 см, у основания ствола – 5,8 см. Это сопоставимо с ана- логичными показателями деревьев, выращенных из семян с ОКС, которые в 10–11-летнем возрасте характеризуются средними высотой 2,6 м, диаметрами на высоте 1,3 м – 2,4 см, у основания ствола – 4,7 см.

Количество деревьев естественного происхождения (самосева) на участ- ках лесных культур спустя 12,5 лет после пожара не превышает 66 шт./га. Этого недостаточно для успешного лесовосстановления. Следовательно, можно за- ключить, что без создания лесных культур участки не смогли бы покрыться древостоем естественным путем за рассматриваемый период времени.

Вероятно, в случае оставления этих участков на самозарастание дальнейшее естественное возобновление шло бы преимущественно в конусе полуденной тени единичных деревьев [12] и по мере увеличения площади затеняемой поверхности земли вследствие роста деревьев древесная растительность постепенно занимала бы собой все оставшееся пространство. Описанный процесс продолжался бы несколько десятилетий и привел бы к формированию разновозрастных сосновых насаждений. По нашему мнению, такой ход естественного возобновления может объяснять преобладание разновозрастных сосновых древостоев в ленточных борах Алтайского края [8].

В табл. 3 приведены данные о текущих приростах по высоте деревьев сосны различного происхождения. Данные таблицы показывают, что в лесных культурах, созданных в 2017 и 2018 гг. кульминация текущего прироста наступила на 4–5-й год после посадки. В культурах, высаженных в 2014 и 2015 гг., приросты по высоте продолжают увеличиваться с каждым годом, а значит, кульминация этого показателя еще не достигнута. Наибольшие текущие приросты по высоте у деревьев естественного происхождения зафиксированы на 7-й год их роста. Возможно, возраст наступления кульминации текущего прироста по высоте связан с обеспеченностью деревьев сосны влагой. Так, культуры, созданные в относительно благоприятные по увлажнению годы, кульминируют позже, а высаженные в преддверии засушливых лет не успевают сформировать достаточно мощную корневую систему и, испытывая дефицит влаги во время засушливых лет, замедляют свой рост в высоту [10, 21, 23].

Таблица 3

Текущие приросты по высоте деревьев сосны на исследуемых участках
лесных культур по данным ПП, см
The current height increments of pine trees in the studied forest crop
plots according to SP data, cm

ПП	Биологический возраст, лет									
	1 и 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Культуры, ОКС										
1	6,9	8,1	11,1	16,4	7,6	7,9	–	–	–	–
2	12,0	8,7	11,9	22,2	20,5	35,5	32,4	33,9	34,7	45,5
3	11,8	4,8	13,3	22,7	32,3	26,9	31,2	32,1	39,1	–
4	12,1	5,8	12,2	20,5	24,3	43,7	39,3	41,6	40,2	50,1
Среднее	10,7	6,9	12,1	20,5	21,2	28,5	34,3	35,9	38,0	47,8
Культуры, ЗКС										
5	7,2	6,7	10,0	17,3	13,1	12,6	14,9	–	–	–
6	10,0	14,1	17,9	14,7	8,5	12,3	–	–	–	–
7	9,9	13,3	16,3	15,3	11,4	12,4	–	–	–	–
8	10,1	15,3	17,1	17,2	10,1	16,0	–	–	–	–
9	9,9	12,3	13,6	12,4	10,2	15,3	–	–	–	–
Среднее	9,4	12,3	15,0	15,4	10,7	13,7	14,9	–	–	–
Самосев										
1	6,8	17,4	18,8	21,6	36,6	37,6	32,4	25,4	27,0	–
5	12,5	14,8	13,4	15,4	16,3	19,0	16,4	16,2	–	–
6	10,8	13,4	19,2	20,4	31,6	32,0	26,0	20,8	24,6	–
7	10,2	13,8	18,8	26,4	34,2	32,0	23,0	24,8	28,3	–
Среднее	10,1	14,9	17,6	21,0	29,7	30,2	24,5	21,8	26,6	–

Деревья естественного происхождения находятся в менее выгодных условиях по сравнению с культурами, т. к. располагаются не в микропонижениях (дно борозды), но они появились на лесокультурных площадях раньше, чем были посажены сеянцы с ЗКС. Это может объяснять их промежуточное положение по возрасту кульминации текущего прироста по высоте между культурами, созданными сеянцами с ОКС и ЗКС.

Работы по замеру приростов деревьев по высоте осложнялись тем, что часть сеянцев, посаженных в дно борозд, была занесена песком на глубину до 10 см, из-за чего приросты в высоту в первые 2–3 года роста не всегда удавалось установить точно.

Ход роста по высоте культур сосны, созданных посадочным материалом с ОКС и ЗКС, а также самосева сосны на участках лесных культур показан на рис. 2.

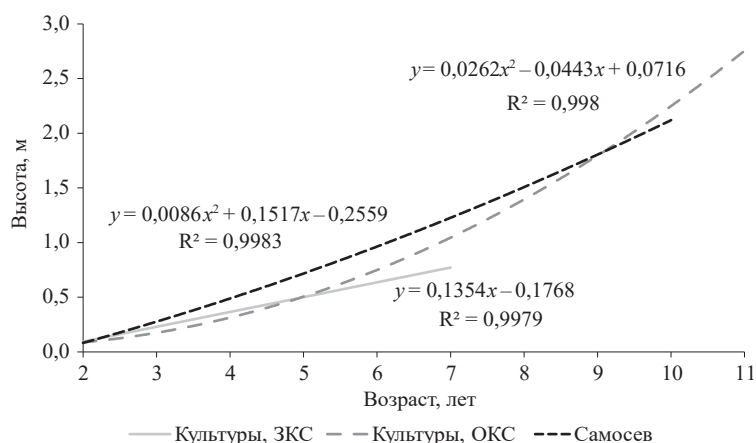


Рис. 2. Ход роста по высоте культур и самосева сосны обыкновенной

Fig. 2. The course of growth in height of crops and self-seeding of Scots pine

Отставание в росте по высоте культур сосны от деревьев естественного происхождения в первые годы после посадки объясняется адаптационным периодом растений и необходимостью восстановления поврежденной корневой системы (для сеянцев с ОКС). Более медленный рост и низкая сохранность культур, созданных в 2017 и 2018 гг., могут быть связаны с засушливыми погодными условиями в период с 2019 по 2022 гг. Если с 2013 по 2018 гг. за год выпадало в среднем 325 мм осадков, то с 2019 по 2022 гг. – только 247 мм.

Кроме годового объема осадков, важными факторами, влияющими на сохранность и рост лесных культур, вероятно, являются количество осадков и температура воздуха в мае. С началом вегетационного периода (конец апреля – начало мая) сосна активно начинает расти в высоту, т. е. дефицит влаги в этот период будет снижать текущий прирост. На рис. 3 приведена динамика количества осадков и средней температуры воздуха в мае по данным метеорологической станции в с. Ключи. В 2019–2023 гг. условия для роста растений в мае оказались неблагоприятными. Недостаточное количество месячных осадков (4–14 мм, при среднем значении 7 мм) сопровождалось высокими для мая средними температурами воздуха (от 12,3 до 18,8 °С, при среднем значении 16 °С). Для сравнения, в период с 2013 по 2018 гг. в мае выпадало в среднем 39,3 мм осадков, а средняя температура воздуха была на 3 °С ниже.

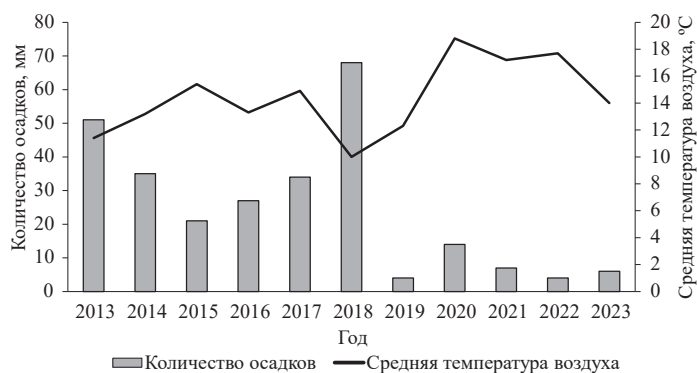


Рис. 3. Количество осадков и средняя температура воздуха в мае за период с 2013 по 2023 гг.

Fig. 3. The precipitation and average air temperature in May for the period from 2013 to 2023

Май 2018 г. характеризовался как нетипично дождливый и холодный: за месяц выпало 68 мм осадков, средняя температура воздуха составляла 10 °C, однако несмотря на благоприятную погоду весной 2018 г., большая часть площади (578,7 га, или 64 %) лесных культур, созданных в этот год посадочным материалом с ЗКС, была позднее списана по причине их гибели из-за засухи в мае–июле 2019 г. и мае–июне 2020 г. При этом лесные культуры, сформированные в тот же год посадочным материалом с ОКС (98,3 га), сохранились. Последнее может свидетельствовать о лучшем соответствии семян с ОКС лесорастительным условиям ленточных боров Алтайского края.

Выводы

1. На обследованных участках средняя сохранность лесных культур, созданных сеянцами с ЗКС, составила 44,4 %, с ОКС – 72,5 %. Однако по полученным данным нельзя сделать однозначного заключения о лучшей сохранности культур из материала с ОКС. Для проверки гипотезы необходимо включить в выборку больше участков лесных культур, высаженных в различные годы при вариативных погодных условиях.

2. Из 9 изученных участков культур требованиям к молоднякам, площади которых подлежат отнесению к лесопокрытым землям, соответствуют только 3 участка, сформированные посадочным материалом с ОКС до 2016 г. Лесные культуры, высаженные в 2017 и 2018 гг., имеют значительно худшие сохранность и рост из-за череды засушливых лет (2019–2022 гг.).

3. В условиях аридизации климата густота посадки лесных культур 2–3 тыс. шт./га, применяемая в случае использования сеянцев с ЗКС в Ключевском лесничестве, не способна обеспечить к моменту отнесения несомкнувшихся лесных культур к лесопокрытым землям требуемую густоту 2,5 тыс. шт./га. Рекомендуется увечить густоту посадки сеянцев с ЗКС до 4–6 тыс. шт./га.

4. На крупноплощадной гари культуры сосны, созданные посадочным материалом с ОКС, в первые 5–7 лет после посадки уступают по средней высоте деревьям естественного происхождения, однако к возрасту 9 лет догоняют их по данному показателю.

5. Количество самосева на исследуемой крупноплощадной гари спустя 12,5 лет после пожара не превышает 66 шт./га, что недостаточно для успеш-

ного естественного лесовосстановления. Это значит, что без искусственного лесовосстановления исследуемые участки несколько десятков лет были бы не облесены. В связи с этим на крупноплощадных гарях искусственный способ лесовосстановления должен оставаться предпочтительным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Башегуров К.А., Белов Л.А., Залесов С.В., Осипенко А.Е., Попов А.С., Розинкина Е.П. Эффективность естественного и искусственного лесовосстановления на гарях Западно-Сибирского северо-таежного равнинного лесного района // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 2(85). С. 4–15.

Bashegurov K.A., Belov L.A., Zalesov S.V., Osipenko A.E., Popov A.S., Rozinkina E.P. Efficiency of Natural and Artificial Reforestation in the Burnt out Areas of the West Siberian North Taiga Lowland Forest Region. *Lesa Rossii i khozyajstvo v nikh* = Forests of Russia and Economy in Them, 2023, no. 2(85), pp. 4–15. (In Russ.).

<https://doi.org/10.51318/FRET.2023.39.51.001>

2. Гаврилова О.И., Грязькин А.В., Пак К.А., Го Л., Чэн Т. Особенности структуры молодняков, сформировавшихся на участках лесных культур // Хвойные бореал. зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 133–138.

Gavrilova O.I., Gryaskin A.V., Pak K.A., Go L., Then T. Peculiarities of the Structure of Young Stands Formed on Forest Plantation Plots. *Khvoynyye boreal'noj zony* = Conifers of the Boreal Area, 2023, vol. XLI. no. 2, pp. 133–138. (In Russ.).

<https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-2-133-138>

3. Дебков Н.М. Опыт создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 192–200.

Debkov N.M. Experience in the Creation of Forest Plantations Using Container Seedlings. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2021, no. 5, pp. 192–200. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-5-192-200>

4. 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: УГЛТУ, 2023. 357 с.

Zalesov S.V., Osipenko A.E., Tolstikov A.Yu., Usov M.V., Gof A.A., Savin V.V. *Reproduction and Rejuvenation of Ribbon Pine Forests in the Altai Territory*. Yekaterinburg, Ural State Forest Engineering University Publ., 2023. 357 p. (In Russ.).

5. Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н., Богданов А.П., Парамонов А.А. Опыт создания лесных культур на микроповышениях при экскаваторной обработке почвы // Лесн. вестн. / Forestry Bulletin. 2024. Т. 28, № 2. С. 5–16.

Ilintsev A.S., Nakvasina E.N., Bogdanov A.P., Paramonov A.A. Forest Crops at Spot Mounds after Excavator Soil Cultivation. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2024, vol. 28, no. 2, pp. 5–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2024-2-5-16>

6. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А. Приживаемость и рост смешанных культур ели и лиственницы // Лесотехн. журн. 2017. Т. 7, № 1(25). С. 80–87.

Korchagov S.A., Gribov S.E., Karbasnikova E.B., Karbasnikov A.A. The Survival and Growth of Mixed Cultures of Spruce and Larch. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2017, vol. 7, no. 1(25), pp. 80–87. (In Russ.). <https://doi.org/12737/25197>

7. Маленко А.А., Чичкарев А.С., Завалишин С.И., Малиновских А.А., Курсикова Е.С. Выращивание лесных культур сосны с закрытой корневой системой в условиях степи на юге Западной Сибири // Лесохоз. информ. 2023. № 3. С. 103–116.

Malenko A.A., Chichkarev A.S., Zavalishin S.I., Malinovskih A.A., Kursikova E.S. Growing Forest Crops of Pine with a Closed Root System in the Steppe in the South of Western Siberia. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya* = Forestry Information, 2023, no. 3, pp. 103–116. (In Russ.). <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.08>

8. Осипенко А.Е., Залесов С.В. Разновозрастность сосновых древостоев как фактор гармонизации системы лесохозяйственных мероприятий в ленточных борах Алтайского края // Лесотехн. журн. 2023. Т. 13, № 1(49). С. 129–145.

Osipenko A.E., Zalesov S.V. Age Differences of Pine Stands as a Factor of Harmonization of the System of Forest Management Activities in Ribbon Forests of the Altai Krai. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2023, vol. 13, no. 1(49), pp. 129–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/9>

9. Пеккоев А.Н., Неронова Я.А. Влияние вида посадочного материала и способов обработки почвы на сохранность, рост и структуру древесины 24-летних культур ели // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2024. Вып. 247. С. 42–55.

Pekkoev A.N., Neronova Ya.A. The Effects of the Stocking Material Type and Soil Pre-Treatment Methods on Survival, Growth and Wood Structure in 24-Year-Old Spruce Crops. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2024, iss. 247, pp. 42–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2024.247.42-55>

10. Родин А.Р., Родин С.А. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // Лесн. вестн. / Forestry bulletin. 2010. Т. 74, № 5. С. 7–10.

Rodin S.A., Rodin A.R. Promotion of Forest Plantations Performance with Containerized Planting Stock. *Lesnoy vestnik* = Forestry bulletin, 2010, vol. 74, no. 5, pp. 7–10. (In Russ.).

11. Романов Е.М., Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Заболотских П.В. О необходимости создания учебно-опытных стационаров для разработки и внедрения интенсивных технологий лесовыращивания и подготовки специалистов лесного дела // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 2(46). С. 5–26.

Romanov E.M., Demakov Ju.P., Nureeva T.V., Zabolotskikh P.V. On the Necessity to Establish the Scientific-Experimental Stations to Elaborate and Implement the Intensive Technologies for Forest Growing and Training of Foresters. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management, 2020, no. 2(46), pp. 5–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2020.2.5>

12. Салтыков А.Н. Системная целостность и сходство пространственно-возрастной структуры подроста сосны обыкновенной и сосны крымской // Бюл. Гос. Никитск. ботан. сада. 2021. № 141. С. 44–54.

Saltykov A.N. 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 Nikita Botanical Garden, 2021, no. 141, pp. 44–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-141-44-54>

13. Сахнов В.В., Прокопьев А.П., Галиуллин И.Р., Глушко С.Г. Рост и развитие лесных культур сосны обыкновенной, созданных посадочным материалом с закрытой и открытой корневой системой, в различных условиях Республики Татарстан // Лесн. вестн. / Forestry Bulletin. 2023. Т. 27, № 2. С. 38–48.

Sakhnov V.V., Prokop'ev A.P., Galiullin I.R., Glushko S.G. Scots Pine Growth and Development Created by Planting Material with Root-Balled and Bareroot Systems in Various Forestgrowing Conditions of Tatarstan Republic. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 38–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-2-38-48>

14. Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Цепляев А.Н., Корнеев А.Б., Похваленко В.А., Вариводина И.Н., Трегубова А.О. Приживаемость и сохранность лесных культур сосны обыкновенной, высаженной с закрытой корневой системой в условиях лесостепной зоны европейской части Российской Федерации // Астраханск. вестн. эколог. образов. 2023. № 3(75). С. 152–161.

Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Yu.A., Tseplyaev A.N., Korneev A.B., Pokhvalenko V.A., Varivodina I.V., Tregubova A.O. Survival and Safety of Forest Crops of Scots

Pine, Planted with a Closed Root System in the Conditions of the Forest-Steppe Zone of the European Part of the Russian Federation. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* = Astrakhan Bulletin of Ecological Education, 2023, no. 3(75), pp. 152–161. (In Russ.). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-3-152-161>

15. Харламова Н.Ф., Бондарович А.А., Козлова Д.С., Плехова А.В. Изменчивость увлажненности территории лесостепной и степной зон Алтайского края за 1982–2013 гг. // География и природопользование Сибири. 2014. Вып. 18. С. 206–215.

Kharlamova N.F., Bondarovich A.A., Kozlova D.S., Plekhova A.V. Variability of Moisture Content in the Forest-Steppe and Steppe Zones of the Altai Territory for 1982–2013. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri*, 2014, iss. 18, pp. 206–215. (In Russ.).

16. Чернов Н.Н., Соловьев В.М., Нагимов З.Я. Методические основы лесокультурных исследований. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 422 с.

Chernov N.N., Solov'ev V.M., Nagimov Z.Ya. *Methodological Foundations of Forest Culture Research*. Yekaterinburg, Ural State Forest Engineering University Publ., 2012. 422 p. (In Russ.).

17. Cao S., Tian T., Chen L., Dong X., Yu X., Wang G. Damage Caused to the Environment by Reforestation Policies in Arid and Semi-Arid Areas of China. *Ambio*, 2010, vol. 39, pp. 279–283. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0038-z>

18. Fargione J., Haase D.L., Burney O.T., Kildisheva O.A., Edge G., Cook-Patton S.C., Chapman T., Rempel A., Hurteau M.D., Davis K.T., Dobrowski S., Enebak S., De La Torre R., Bhuta A.A.R., Cubbage F., Kittler B., Zhang D., Guldin R.W. Challenges to the Reforestation Pipeline in the United States. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2021, vol. 4, art. no. 629198. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.629198>

19. Häggström B., Hajek J., Nordin A., Öhlund J. Effects of Planting Position, Seedling Size, and Organic Nitrogen Fertilization on the Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) Seedlings. *Forests*, 2024, vol. 15, no. 4, art. no. 703. <https://doi.org/10.3390/f15040703>

20. Huebner L., Fadhil Al-Quraishi A.M., Branch O., Gaznayee H.A.A. New Approaches: Use of Assisted Natural Succession in Revegetation of Inhabited Arid Drylands as Alternative to Large-Scale Afforestation. *SN Applied Sciences*, 2022, vol. 4, art. no. 80. <https://doi.org/10.1007/s42452-022-04951-y>

21. Johansson K., Hajek J., Sjölin O., Normark E. Early Performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* – a Comparison between Seedling Size, Species, and Geographic Location of the Planting Site. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2015, vol. 30, iss. 5, pp. 388–400. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.987808>

22. Montagnoli A., Lasserre B., Terzaghi M., Byambadorj S.-O., Nyam-Osor B., Scipia G.S., Chiatante D. Fertilization Reduces Root Architecture Plasticity in *Ulmus pumila* Used for Afforesting Mongolian Semi-Arid Steppe. *Frontiers in Plant Science*, 2022, vol. 13, no. 878299. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.878299>

23. Zhang T., Song L., Zhu J., Wang G., Li M., Zheng X., Zhang J. Spatial Distribution of Root Systems of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* Trees with Different Ages in a Semi-Arid Sandy Region of Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 2021, vol. 483, art. no. 118776. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118776>

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