

УДК 630\*524.34:674.032.475.4

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.33

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ИСКУССТВЕННЫХ СОСНЯКОВ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

*А.Е. Осипенко, асп.*

*С.В. Залесов, д-р с.-х. наук, проф.*

Уральский государственный лесотехнический университет,  
Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100;  
e-mail: osipenko\_alexey@mail.ru, Zalesov@usfeu.ru

В ленточных борах Алтайского края наряду с посадкой чистых сосновых лесных культур широко практиковалось их создание кулисным способом в смешении сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с ивой остролистной (*Salix acutifolia* Willd.). В 90-е гг. XX в. эта практика была прекращена. Целесообразно оценить производительность таких древостоев пока еще можно определить, какие искусственные сосняки создавались с предварительным шелюгованием. Исследования проведены в Барнаульском ленточном бору на территории Рубцовского и Угловского административных районов Алтайского края с 2013 по 2016 г. Лесорастительные условия района: резко континентальный климат, продолжительная холодная зима и короткое жаркое лето; небольшое (250...350 мм/год) количество осадков; песчаные почвы; уровень грунтовых вод, находящийся на глубине от 4 до 10 м и более. В ходе исследований применялся метод пробных площадей. Пробные площади (в количестве 57 шт.) закладывались в искусственных сосняках типа леса сухой бор пологих всхолмлений. Исследуемые древостои имели возраст от 13 до 81 года, класс бонитета II–V и разные схемы смешения пород. Рубки ухода в рассматриваемых насаждениях не проводились. Приведены таксационная харак-теристика наиболее типичных исследованных сосняков и графики хода роста по запасу искусственных сосняков, имеющих различное размещение деревьев на площади. Аппроксимация данных была выполнена при помощи функции Теразаки, так как она показала наибольшее значение коэффициента детерминации по сравнению с другими S-образными функциями. В ходе исследований установлено, что в ленточных борах Алтайского края из лесных культур с равномерным размещением семян на площади формируются наиболее производительные искусственные сосняки. Если сравнить производительность древостоев, сформировавшихся из лесных культур сосны, созданных кулисным способом в смешении с ивой остролистной, и производительность древостоев, образованных из лесных культур с аналогичным размещением деревьев на площади, но без ивы, то можно сделать вывод, что первые формируются в более производительные древостои.

*Ключевые слова:* древостой, запас древостоя, ход роста по запасу, искусственные сосняки, сосна обыкновенная, ива остролистная, производительность, ленточные боры, кулисные лесные культуры, чистые лесные культуры.

### *Введение*

В юго-западной части Барнаульского ленточного бора наряду с созданием чистых сосновых лесных культур широко использовался кулисный способ, предусматривающий смешение сосны с ивой остролистной (шелюгой). В последнем случае один или несколько рядов сосны чередуются с несколькими рядами ивы, посаженной предварительно или одновременно с сосной.

---

*Для цитирования:* Осипенко А.Е., Залесов С.В. Производительность искусственных сосняков в ленточных борах Алтайского края // Лесн. журн. 2018. № 2. С. 33–39. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.33

Схемы смешения сосны обыкновенной и ивы остролистной в ленточных борах Алтайского края применялись с 30-х по 90-е гг. XX в. За 60-летний период шелюга на практике доказала свою эффективность в закреплении песков и защите сеянцев сосны от негативных воздействий окружающей среды. По мнению многих авторов [4, 5], кулисный способ смешения пород в жестких климатических условиях является лучшим, так как обеспечивает высокую приживаемость и сохранность лесных культур сосны.

Благодаря тому, что разложение опада в условиях сухой и засушливой степи происходит медленно [11], сегодня еще можно определить, какие искусственные сосняки создавались с предварительным шелюгованием. Поэтому целесообразно оценить производительность имеющихся искусственных сосняков, созданных кулисным способом смешения, используя в качестве контроля искусственные сосняки, созданные без смешения с шелюгой.

#### *Объекты и методы исследования*

Исследования проводились в Барнаульском ленточном бору на территории Рубцовского и Угловского административных районов Алтайского края с 2013 по 2016 г. Район исследований относится к Западно-Сибирскому подтаежно-лесостепному району лесостепной зоны [7]. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Среднегодовая температура воздуха 1,6...2,1 °С с абсолютным максимумом в июле (40,7 °С) и абсолютным минимумом в декабре (–48,7 °С). Низкие температуры зимой и высокие летом обусловлены преобладанием малооблачной антициклональной погоды. Годовая сумма осадков составляет 250...350 мм, относительная влажность воздуха на протяжении большей части бесснежного периода – 40...45 %, продолжительность периода с температурой выше 10 °С – 137 дн., глубина снежного покрова – 15...43 см. Почвы в районе исследований песчаные дерново-слабо- и среднеподзолистые. Уровень грунтовых вод находится на глубине от 4 до 10 м и более [1].

В ходе исследований применялся метод пробных площадей (ПП). Они в количестве 57 шт. закладывались в искусственных сосняках типа леса сухой бор пологих всхолмлений в соответствии с известными методиками [2, 3, 10]. Размер ПП устанавливался с таким расчетом, чтобы на каждой из них было не менее 200 деревьев основного элемента древостоя. На всех ПП выполнялся сплошной пересчет деревьев. Отдельно учитывались ветровальные, буреломные и сухостойные деревья. Для определения средней высоты древостоя с помощью высотомера замерялась высота у 25 деревьев различного диаметра пропорционально распределению деревьев по ступеням толщины.

Обработка данных производилась в программах STATISTICA-7 и Microsoft Excel. Выравнивание значений запасов древостоев осуществлялось с помощью формулы Теразаки:

$$M_{\text{общ}} = a \cdot e^{\frac{-b}{A}},$$

где  $M_{\text{общ}}$  – общий запас древостоя, м<sup>3</sup>/га;

$a, b$  – коэффициенты уравнения;

$A$  – возраст, лет.

Функция для аппроксимации значений запасов древостоев выбиралась по наибольшему значению коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Она применялась для выравнивания средних таксационных показателей древостоев в связи с возрастом. Особенно хорошо она подходила для выравнивания хода роста деревьев по объему [6].

Таблица 1

Таксационные показатели наиболее типичных искусственных сосняков (состав 10С)

№ ПП	Возраст, лет	Средние		диаметр, см	Густота, шт./га	фактическая	Полнота		Запас, м <sup>3</sup> /га		Класс бонитета
		высота, м	посадки				абсолютная, м <sup>3</sup> /га	относительная	растущих деревьев	сухостоя и валежа	
1	13	2,4 ± 0,3	6,0	2,5 ± 0,1	5003	2,4	0,5	7,1	0,0	7,1	III
2	32	9,1 ± 0,7	8,8	8,3 ± 0,3	2951	15,8	0,7	88,8	1,0	89,8	III
3	38	10,7 ± 0,6	6,6	9,6 ± 0,2	2827	20,5	0,8	113,2	17,7	130,9	III
4	47	13,2 ± 0,5	7,3	12,1 ± 0,3	2393	27,7	1,0	184,4	6,3	190,7	III
5	64	12,3 ± 0,6	7,7	16,8 ± 0,3	2260	27,0	1,0	177,1	15,4	192,5	IV
6	22	6,8 ± 0,3	4,6	5,6 ± 0,1	3440	8,4	0,4	36,2	2,5	38,7	II
7	45	10,1 ± 0,7	7,2	11,4 ± 0,4	1783	18,0	0,8	102,7	0,9	103,6	IV
8	51	11,2 ± 0,7	8,4	10,6 ± 0,3	2466	21,6	0,9	132,6	2,3	134,9	IV
9	70	11,2 ± 0,4	5,0	14,5 ± 0,3	1501	24,6	1,0	147,7	3,3	151,0	V
10	81	13,2 ± 0,4	7,3	14,0 ± 0,4	1842	28,2	1,1	187,4	3,7	191,1	V
11	18	3,1 ± 0,3	5,7	2,9 ± 0,1	4630	3,1	0,5	9,8	0,0	9,8	IV
12	45	7,8 ± 0,6	4,4	9,1 ± 0,3	2418	15,7	0,8	74,9	0,9	75,8	IV
13	59	8,4 ± 0,6	9,0	8,6 ± 0,3	2954	17,3	0,8	87,1	0,5	87,6	V
14	77	12,0 ± 0,6	5,0	12,8 ± 0,4	2103	27,2	1,1	169,2	4,1	173,3	V

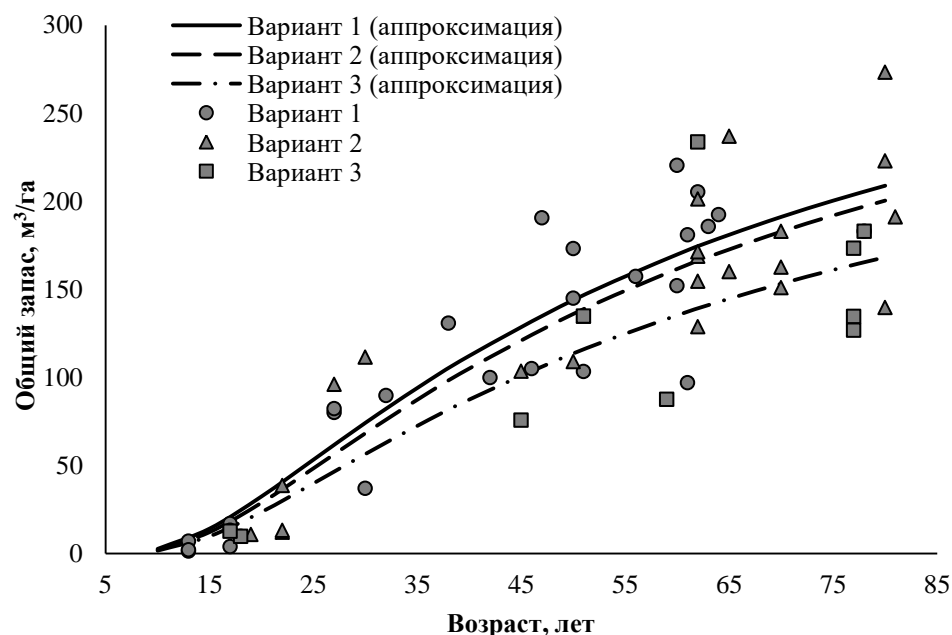
Исследуемые древостои, имеющие возраст от 13 до 81 года, характеризовались II–V классами бонитета. Они создавались посадкой двухлетних сеянцев при различных способах смешения пород: вариант 1 – чистые сосновые культуры с равномерным размещением по площади; вариант 2 – культуры сосны, смешанные с ивой остролистной (кулисный способ размещения); вариант 3 – чистые сосновые культуры с технологическими коридорами. В связи с жесткими [9] климатическими условиями через 20–25 лет после посадки ива остролистная отмирает, а сосняки развиваются чистыми по составу. В рассматриваемых насаждениях рубки ухода не проводились.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Таксационная характеристика наиболее типичных исследованных сосняков приведена в табл. 1.

Распределение запасов древостоев (см. рисунок) свидетельствует о том, что способ смешения пород влияет на основные таксационные показатели искусственных древостоев [8].

Так, древостои сосны, созданные чистыми по составу с равномерным распределением по площади, характеризуются большей производительностью, а искусственные сосняки, созданные кулисным способом смешения сосны и ивы остролистной, – меньшей (на 4,0 % в возрасте 80 лет).



Ход роста по запасу искусственных сосняков при различных вариантах смешения пород

Наименее производительными (80,6 % от производительности варианта 1 в возрасте 80 лет) являются сосняки, созданные с технологическими коридорами без ивы. Последнее, вероятно, объясняется тем, что кулисные культуры (вариант 2) хотя и неравномерно распределены по площади, как и культуры варианта 3, однако, находясь под защитой шелюги, имеют преимущество в росте и развитии [1].

Уравнения кривых (см. рисунок), описывающих ход роста по запасу искусственных сосняков, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Математические характеристики кривых хода роста по запасу искусственных сосняков**

Вариант смешения пород	Уравнение зависимости запаса древостоя от возраста	Коэффициент детерминации
1	$M_{\text{общ}} = 388,295 \cdot e^{\frac{-49,6}{A}}$	0,923
2	$M_{\text{общ}} = 382,038 \cdot e^{\frac{-51,6}{A}}$	0,884
3	$M_{\text{общ}} = 323,569 \cdot e^{\frac{-52,398}{A}}$	0,828

Найденные уравнения имеют коэффициенты детерминации более 0,8, что свидетельствует о соответствии полученных функций данным эксперимента.

При аппроксимации полученных экспериментальных данных была предпринята попытка описать зависимость запаса древостоев от возраста и при помощи других уравнений (Хосвельда, Никитина, Странда, Хугерсхофа, Корфа [6]), однако функция Теразаки  $Y = ae^{-b/X}$  показала наибольшее значение коэффициента детерминации.

Несмотря на довольно значительное снижение производительности древостоев, вызванное неравномерным распределением деревьев на площади, технологические коридоры в лесных культурах значительно облегчают механизацию работ по агротехническим и лесоводственным уходам, а в перспективе и лесосечных работ.

#### Выводы

1. Наиболее производительные искусственные сосняки в ленточных борах Алтайского края формируются из лесных культур с равномерным размещением семян на площади.

2. В рассматриваемых условиях лесные культуры сосны, созданные кулисным способом в смешении с ивой остролистной, развиваются в более производительные древостои по сравнению с древостоями, образованными из лесных культур с аналогичным размещением деревьев на площади, без ивы.

3. Ход роста по запасу для изученных искусственных сосняков лучше всего описывается функцией Теразаки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В.А., Косарев Н.Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1988. 312 с.
2. Бунькова Н.П., Залесов С.В., Зотеева Е.А., Магасумова А.Г. Основы фитомониторинга. Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. 89 с.
3. Данчева А.В., Залесов С.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 152 с.
4. Данченко А.М., Кабанова С.А., Данченко М.А., Мясников А.Г. Перспективы создания смешанных лесных культур (на примере Северного Казахстана) // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 87–91.
5. Залесов С.В., Азбаев Б.О., Данчева А.В., Рахимжанов А.Н., Ражанов М.Р., Суюндиков Ж.О. Искусственное лесоразведение вокруг г. Астаны // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13438> (дата обращения: 10.08.2017).
6. Кузмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 160 с.
7. Приказ Минприроды России «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» № 367 от 18.08.2014 (ред. от 21.03.2016). М., 2014. 21 с.
8. Kint V., Lust N., Ferris R., Olsthoorn A.F.M. Quantification of Forest Stand Structure Applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests // Forest Systems. 2000. Vol. 9, no. S1. Pp. 147–163.
9. Ozolinčius R., Stakenas V., Varnagirytė-Kabasinskiene I., Buozyte R. Artificial Drought in Scots Pine Stands: Effects on Soil, Ground Vegetation and Tree Condition // Annales Botanici Fennici. 2009. Vol. 46, no. 4. Pp. 299–307.
10. Rio M., Montero G., Bravo F. Analysis of Diameter-Density Relationships and Self-Thinning in Non-Thinned Even-Aged Scots Pine Stands // Forest Ecology and Management. 2001. Vol. 142, no. 1-3. Pp. 79–87.
11. Zhu J.J., Fan Z.P., Zeng D.H., Jiang F.Q., Matsuzaki T. Comparison of Stand Structure and Growth between Artificial and Natural Forests of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* on Sandy Land // Journal of Forestry Research. 2003. Vol. 14, iss. 2. Pp. 103–111.

Поступила 15.09.17

UDC 630\*524.34:674.032.475.4

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.33

### Productivity of Artificial Pine Stands in Ribbon Forests of the Altai Territory

*A.E. Osipenko, Postgraduate Student*

*S.V. Zalesov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: osipenko\_alexey@mail.ru, Zalesov@usfeu.ru

Pure and strip pine forest plantations were widely practiced in ribbon forests of the Altai Territory by the species mixture of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with silver willow (*Salix acutifolia* Willd.). In the 1990s this approach was cancelled. We can assess the productivity of those plantations so far it is still possible to determine which artificial pine forests were created with preliminary willow planting. The paper presents the studies carried out in the Barnaul ribbon forest in the Rubtsovskiy and Uglovskiy districts of the Altai Territory from 2013 to 2016. Forest growth conditions are described by a sharply continental climate, lengthy cold winters and short hot summers; small (250...350 mm/year) amount of precipitation; sandy soils and the level of groundwater, located at a depth of 4 to 10 m and more. In the course of the research, the authors have used the quadrant sampling method. The sample plots (57 pcs.) are established in artificial pine forests of the forest type of dry coniferous forest of flat hilly surfaces. The investigated stands are from 13 to 81 years of age, of II–V quality class and different species mixture patterns. Thinning in these stands has not been carried out. The mensurational description of the most typical studied pine forests and yield charts of artificial pine forests with different tree arrangement on the area are also presented. Data approximation is performed using the Terazaki function, since it demonstrates the highest value of the determination coefficient in comparison with the other S-shaped functions. The most productive artificial pine forests are formed from forest cultures with a uniform arrangement of seedlings in the ribbon forests of the Altai Territory. Pine stands created by the strip forest plantation method in the mixture with silver willow (*Salix acutifolia*) are more productive than stands formed from forest cultures with a similar arrangement of trees on the area but without willow.

*Keywords:* forest stand, growing stock, yield, artificial pine stand, Scots pine, silver willow (*Salix acutifolia*), productivity, ribbon forest, strip forest plantation, pure forest plantation.

### REFERENCES

1. Bugaev V.A., Kosarev N.G. *Lesnoe khozyaystvo lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Forestry of Ribbon Forests of the Altai Territory]. Barnaul, Altayskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1988. 312 p. (In Russ.)
2. Bun'kova N.P., Zalesov S.V., Zoteeva E.A., Magasumova A.G. *Osnovy fitomonitoringa* [Fundamentals of Phytomonitoring]. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2011. 89 p. (In Russ.)
3. Dancheva A.V., Zalesov S.V. *Ekologicheskiy monitoring lesnykh nasazhdeniy rekreatsiionnogo naznacheniya* [Ecological Monitoring of Forest Plantations for Recreational Purposes]. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2015. 152 p. (In Russ.)

---

*For citation:* Osipenko A.E., Zalesov S.V. Productivity of Artificial Pine Stands in Ribbon Forests of the Altai Territory. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 2, pp. 33–39. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.33

4. Danchenko A.M., Kabanova S.A., Danchenko M.A., Myasnikov A.G. Perspektivy sozdaniya smeshannykh lesnykh kul'tur (na primere Severnogo Kazakhstana) [Prospects of the Establishment of Mixed Forest Cultures (from Northern Kazakhstan)]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2014, no. 6-1, pp. 87–91.

5. Zalesov S.V., Azbaev B.O., Dancheva A.V., Rakhimzhanov A.N., Razhanov M.R., Suyundikov Zh.O. Iskusstvennoe lesorazvedenie vokrug g. Astany [Artificial Forestation around the City of Astana]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 4. Available at: [www. https://science-education.ru/en/article/view?id=13438](http://www.science-education.ru/en/article/view?id=13438) (accessed 10.08.2017).

6. Kuzmichev V.V. *Zakonomernosti rosta drevostoev* [Regularities of Forest Stand Growth]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. 160 p. (In Russ.)

7. *Prikaz Minprirody Rossii «Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossiyskoy Federatsii i Perechnya lesnykh rayonov Rossiyskoy Federatsii» № 367 ot 18.08.2014 (red. ot 21.03.2016)* [The Order no. 367 of August 18, 2014 of the Ministry of Natural Resources of Russia “On the Approval of the List of Forest Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation” (as amended on March 21, 2016)]. Moscow, 2014. 21 p.

8. Ozolincius R., Stakenas V., Varnagiryte-Kabasinskiene I., Buozyte R. Artificial Drought in Scots Pine Stands: Effects on Soil, Ground Vegetation and Tree Condition. *Annales Botanici Fennici*, 2009, vol. 46, no. 4, pp. 299–307.

9. Río M., Montero G., Bravo F. Analysis of Diameter-Density Relationships and Self-Thinning in Non-Thinned Even-Aged Scots Pine Stands. *Forest Ecology and Management*, 2001, vol. 142, no. 1-3, pp. 79–87.

10. Kint V., Lust N., Ferris R., Olsthoorn A.F.M. Quantification of Forest Stand Structure Applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. *Forest Systems*, 2000, vol. 9, no. S1, pp. 147–163.

11. Zhu J.J., Fan Z.P., Zeng D.H., Jiang F.Q., Matsuzaki T. Comparison of Stand Structure and Growth between Artificial and Natural Forests of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* on Sandy Land. *Journal of Forestry Research*, 2003, vol. 14, iss. 2, pp. 103–111.

Received on September 15, 2017

---