

БОТАНИКА

BOTANY

УДК 582.475.4
doi: 10.21685/2307-9150-2025-3-1

Оценка семенной продуктивности *Pinus pumila* (Pall.) Regel в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему территорий

И. С. Хромченко¹, Т. И. Голованова²

^{1,2}Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

¹issheveleva@sfu-kras.ru, ²tgolovanova@sfu-kras.ru

Аннотация. Актуальность и цели. Кедровый стланик (*Pinus pumila*) обладает обширным ареалом (около 6 млн км²), занимая первое место среди пятихвойных сосен. *Pinus pumila* играет важную экологическую и хозяйственную роль, благодаря высокой адаптивности к экстремальным условиям и ценным свойствам семян, богатых биологически активными соединениями. Материалы и методы. В ходе исследования определены морфометрические параметры шишек, количество фертильных и стерильных чешуй, а также доля развитых и недоразвитых семян. Проведенные исследования выявили, что размеры шишек в Иркутской области превышали таковые на Чукотке на 15–26 %. В то же время показатели семенной продуктивности в Чукотском автономном округе были статистически незначительно выше (67–92 % против 69–86 % в Иркутской области). Максимальные значения урожайности были зафиксированы в 2020 и 2022 гг., тогда как в 2023 г. наблюдалось снижение уровня плодоношения. Было установлено, что в Чукотском автономном округе доля морфологически недоразвитых семян была выше, что, вероятно, обусловлено комплексным воздействием неблагоприятных климатических факторов и антропогенного загрязнения окружающей среды. Результаты и выводы. Результаты исследования подтверждают высокую семенную продуктивность кедрового стланика, несмотря на экстремальные условия произрастания. Полученные данные имеют значения для лесовосстановления, озеленения и сохранения биоразнообразия в северных регионах, а также для использования в фармакологии и медицине.

Ключевые слова: *Pinus pumila*, семенная продуктивность, качество семян, Крайний Север, хвойные растения, репродуктивная биология

Для цитирования: Хромченко И. С., Голованова Т. И. Оценка семенной продуктивности *Pinus pumila* (Pall.) Regel в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему территорий // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2025. № 3. С. 3–11. doi: 10.21685/2307-9150-2025-3-1

Assessment of the seed productivity of *Pinus pumila* (Pall.) Regel in the conditions of the Far North and equivalent territories

I.S. Khromchenko¹, T.I. Golovanova²

^{1,2}Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

¹issheveleva@sfu-kras.ru, ²tgolovanova@sfu-kras.ru

© Хромченко И. С., Голованова Т. И., 2025. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Abstract. *Background.* Siberian dwarf pine (*Pinus pumila*) has an extensive range (about 6 million km²), occupying the first place among the five-coniferous pines. *Pinus pumila* plays an important ecological and economic role due to its high adaptability to extreme conditions and valuable properties of seeds rich in biologically active compounds. *Materials and methods.* The morphometric parameters of cones, the number of fertile and sterile scales, as well as the proportion of developed and underdeveloped seeds were determined during the study. The conducted studies revealed that the size of cones in the Irkutsk region exceeded those in Chukotka by 15–26 %. At the same time, the indicators of seed productivity in the Chukotka Autonomous Region were statistically slightly higher (67–92 % versus 69–86 % in the Irkutsk Region). The maximum yields were recorded in 2020 and 2022, while in 2023 there was a decrease in the level of fruiting. It was found that the proportion of morphologically underdeveloped seeds in the Chukotka Autonomous District was higher, which was probably due to the combined effects of adverse climatic factors and anthropogenic environmental pollution. *Results and conclusions.* The results of the study confirm the high seed productivity of Siberian dwarf pine, despite the extreme growing conditions. The data obtained has implications for reforestation, landscaping, and biodiversity conservation in the northern regions, as well as for use in pharmacology and medicine.

Keywords: *Pinus pumila*, seed productivity, seed quality, Far North, coniferous plants, reproductive biology

For citation: Khromchenko I.S., Golovanova T.I. Assessment of the seed productivity of *Pinus pumila* (Pall.) Regel in the conditions of the Far North and equivalent territories. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2025;(3):3–11. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2025-3-1

Введение

Кедровый стланик имеет огромный географический ареал, 6 млн км², и занимает первое место среди 5-хвойных сосен, на 99 % это территория России: Прибайкалье и Забайкалье, Якутия (юг и северо-восток), весь Дальний Восток. Климатический ареал кедрового стланика еще шире географического: от субарктического (лесотундра) до лесостепного, от резко континентального до суперокеанического [1].

С экологической точки зрения *Pinus pumila* играет ключевую роль в формировании растительных сообществ, выступая в качестве эдификатора и обеспечивая стабилизацию почвенного покрова в условиях криогенных ландшафтов. Кроме того, вид обладает значительной хозяйственной и экономической ценностью. Семена используют в пищу, они богаты полезными жирными кислотами, такими как пиноленовая и олеиновая кислоты, используемые в фармакологии и медицине в составе противовоспалительных, иммуностимулирующих средств.

Кедровый стланик не требователен к условиям содержания, произрастает на бедных почвах и при низких температурах. Может быть использован в качестве озеленения и лесонасаждения при восстановлении лесов после лесных пожаров и вырубки. Также кедровый стланик представляет интерес как декоративный вид, который может применяться для создания посадок на склонах [2].

Размножение *P. pumila*, как и других видов хвойных, происходит при помощи семян. Изучением семенной продуктивности и особенностей репродуктивной биологии данного вида занимались в различных регионах Байкальской природной территории. Исследования Горошковича и Васильевой охватывали

популяции кедрового стланика в Северном Прибайкалье [3] (дельта реки Верхняя Ангара) и южном Прибайкалье (северный склон хребта Хамар-Дабан), кроме того, Петрова и соавт. [4] проводили изучение в Баргузинском заповеднике, в частности, на побережье бухты Давша (восточное побережье озера Байкал).

Таким образом, *P. pumila* представляет собой важный объект исследований в контексте изучения адаптационных механизмов древесных растений к неблагоприятным условиям среды, а также перспективный ресурс для биотехнологического использования.

Цель данного исследования – изучение репродуктивной способности и проведение оценки качественных характеристик семян кедрового стланика (*P. pumila*), произрастающего в естественных фитоценозах в условиях высок широтных территорий.

Материалы и методы

Семена *P. pumila* (Pall.) Regel собраны в лесных массивах Иркутской области (Бодайбинский район) вблизи поселка Артемовского ($58^{\circ}12'28''$ с. ш. $114^{\circ}38'45''$ в. д.) и на территории Билибинского района Чукотского автономного округа (АО) в районе месторождения Баимка (Песчанка) ($66^{\circ}33'48''$ с. ш. $164^{\circ}27'44''$ в. д.). Данные участки расположены в горно-таежных зонах, характеризующихся экстремальными климатическими условиями, и относятся к районам Крайнего Севера [5]. Сбор материала проводился в период с 2020 по 2023 г. (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид кедрового стланика (а) и зрелые шишки кедрового стланика (б)

Территории Иркутской области (Бодайбинский район, окрестности поселка Артемовского) и Билибинского района Чукотского автономного округа (месторождение Баимка, Песчанка) подвержены промышленному и геохимическому загрязнению вследствие близости многочисленных золотодобывающих

компаний и геологоразведочных предприятий [6]. Их деятельность оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку, что приводит к снижению репродуктивного потенциала и ухудшению качества семян у хвойных видов, включая кедровый стланик.

В ходе исследования проведен анализ 240 шишек, отобранных с 15 контрольных деревьев (ежегодно собирали по 60 шишек).

Для исследования морфологической структуры шишек проводили измерения их длины и ширины (рис. 2), количественный учет фертильных и стерильных чешуй, развитых (достигших нормативных размеров) и недоразвитых (имеющих редуцированные размеры) семян.

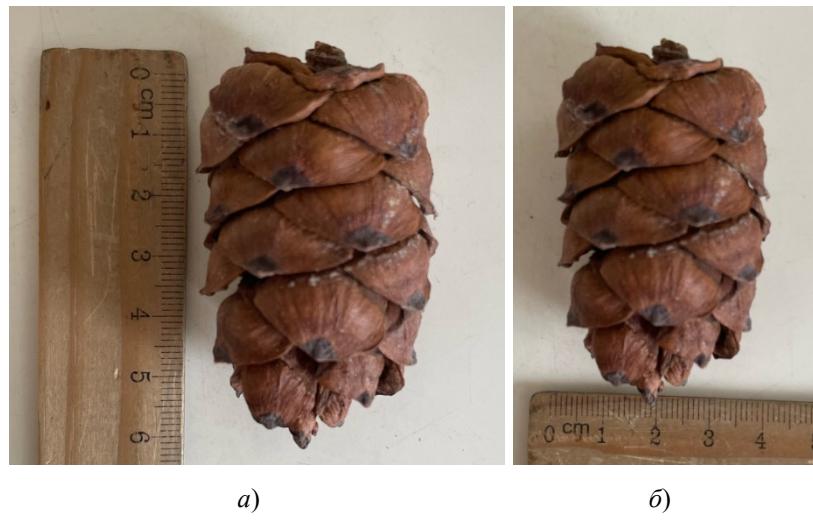


Рис. 2. Длина (а) и ширина (б) шишки

Семенную продуктивность рассчитывали по формуле [7]:

$$A = (n / 2N) \cdot 100 \%,$$

где A – семенная продуктивность женской шишки, %; n – число семян (всех или развитых); N – число всех семенных чешуй.

Статистическую обработку данных проводили с применением методов математической статистики, включая однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) и U -критерий Манна – Уитни. Уровень статистической значимости был установлен на уровне $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждения исследования

Урожай шишек кедрового стланика был различным: 2020 и 2022 гг. оказались наиболее урожайными, примерно 45–50 шишек на дерево, некоторые крупные особи имели до 85 шишек. В то время как в 2023 г. плодоношение было слабым, чаще всего встречались деревья с 20 шишками.

Исследование показало, что размеры (длина и ширина) шишек, произрастающих в лесных массивах Иркутской области, превышают размеры шишек, произрастающих на территории Чукотского АО (табл. 1, рис. 3) во все годы сбора. Так, в 2020 г. длина шишек с деревьев Иркутской области превышала длину шишек деревьев Чукотского АО на 18 %. В 2021 и в 2022 гг.

прослеживалась та же тенденция, различия в длине составляли 24 и 26 % соответственно. Ширина шишек с Чукотского АО в 2021 г. была меньше на 17 %, а в 2022 г. на 7 %. В 2023 г. длина и ширина шишек кедрового стланика Чукотского АО были на 15 и 6 % меньше, чем у шишек, собранных в Иркутской области.

Таблица 1

Морфологическая характеристика шишек кедрового стланика

Признак	Годы исследований							
	2020		2021		2022		2023	
	Бодайбо	Чукотка	Бодайбо	Чукотка	Бодайбо	Чукотка	Бодайбо	Чукотка
Число чешуй, шт.	38,7 ± 0,3	38,7 ± 0,3	39,8 ± 0,2	37,6 ± 0,4	39,7 ± 0,3	39,7 ± 0,3	38,8 ± 0,2	36,7 ± 0,3
Длина шишки, мм	4,3 ± 0,3	3,4 ± 0,4	4,0 ± 0,2	3,1 ± 0,1	4,3 ± 0,3	3,3 ± 0,1	3,7 ± 0,3	3,1 ± 0,3
Ширина шишки, мм	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,3 ± 0,3	2,7 ± 0,3	3,0 ± 0,2	2,8 ± 0,2	3,1 ± 0,3	3,0 ± 0,2

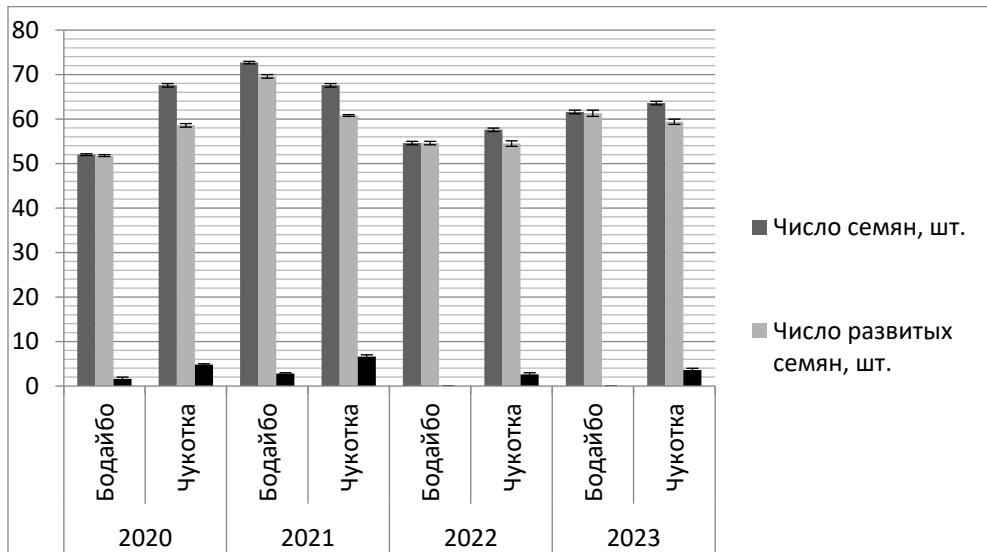


Рис. 3. Биометрическая характеристика семян кедрового стланика

Однако число семян в шишках, собранных на территории Чукотского автономного округа, превышало количество семян в шишках Иркутской области. В частности, в 2020 г. количество семян, заготовленных в Чукотском АО, было на 30 % выше. Указанная тенденция сохранялась также в 2022 и 2023 гг.: превышение составило 5 и 3 % соответственно.

Вместе с тем показатели развития семян демонстрировали значительные различия. В 2022 г. количество развитых семян в Чукотском АО превышало иркутские показатели на 18 %, тогда как в 2021 и 2023 гг. их доля была ниже на 13 и 4 % соответственно.

Во все годы исследований доля недоразвитых семян у кедрового стланика Чукотского АО превышала аналогичный показатель у растений Иркутской области. Кроме того, количество пустых семян у чукотской популяции было в два раза выше.

На основе проведенных морфометрических и биометрических измерений шишек кедрового стланика с последующим анализом количества и качества семенного материала была оценена семенная продуктивность данного вида (рис. 4). Была выявлена общая закономерность в показателях семенной продуктивности: шишки, собранные в Чукотском автономном округе, имели более высокую семенную продуктивность по сравнению с шишками, заготовленными в Иркутской области. В частности, в 2020 г. значения данного показателя составили 67 и 86 % для Иркутской области и Чукотского АО соответственно. Аналогичная динамика наблюдалась в 2022 и 2023 гг.: 69 % против 73 % и 79 % против 86 % соответственно.

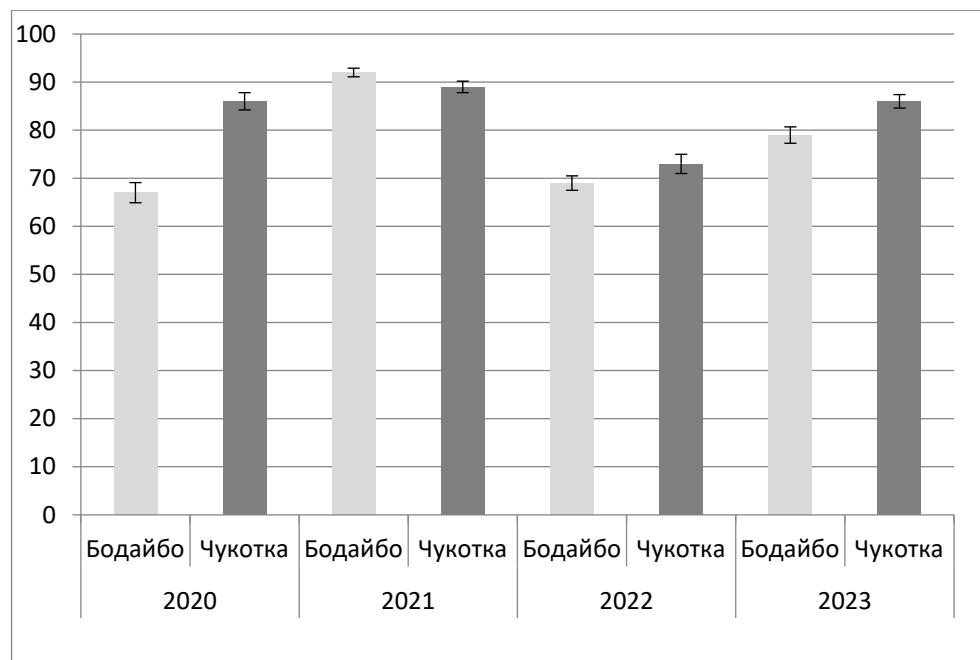


Рис. 4. Семенная продуктивность кедрового стланика в разных регионах в 2020–2023 гг.

Однако в 2021 г. максимальная семенная продуктивность обнаружена у шишек из Иркутской области (92 %), тогда как в Чукотском АО этот показатель достигал 89 %.

Таким образом, на исследованных территориях была выявлена высокая семенная продуктивность женских шишек кедрового стланика, а также значительное количество полнозернистых семян.

Полученные данные согласуются с результатами Г. В. Васильевой, согласно которым семенная продуктивность кедрового стланика, произрастающего в Северном Прибайкалье, дельте р. Верхняя Ангара, довольно высокая. В ходе развития семени у видов наблюдались некоторые потери и реальная семенная продуктивность снижалась примерно в 1,7 раза [4]. Такое снижение

уровня семенной продуктивности гибридов авторы объясняют большой долей недоразвитых и пустых семян, а также семян с недоразвитым эндоспермом. В исследованиях Васильевой [8] выявлено, что наибольшие потери наблюдались за счет высокого содержания семян без зародыша и семян с недифференцированным зародышем. Частота встречаемости дефектных семян, характеризующихся отсутствием эндосперма и/или зародыша (пустых семян), находилась на статистически низком уровне. При этом в выборке не было зафиксировано ни одного случая формирования семян с частично развитыми структурами (недоразвитых семян), что свидетельствует о высокой стабильности репродуктивных процессов у изучаемого объекта. Наблюдается низкая эффективность прорастания семян, и лишь незначительная часть проростков достигает репродуктивной стадии. Так, исследования Кошкиной показали, что в горных экотопах у *Picea obovata* доля проростков не превышает 6 % от общего количества жизнеспособных семян [9]. Аналогично данные Семиринова свидетельствуют, что у *Pinus sylvestris* только 0,1 % сеянцев достигают возраста спелости [10]. В связи с этим изучение всхожести семян приобретает особую значимость для дальнейших исследований и сохранения генетического разнообразия хвойных видов.

Анализ полученных данных показывает, что нарушения в процессе семяобразования носят ограниченный характер и проявляются преимущественно в форме пустых семян, тогда как более серьезные аномалии развития семян в данных условиях отсутствуют.

Заключение

Анализ семян позволил установить, что семенная продуктивность *P. pumila*, произрастающего в экстремальных условиях Крайнего Севера, характеризуется достаточно высокими показателями. Вместе с тем качественные и количественные характеристики семян демонстрируют значительную зависимость от года сбора, что, вероятно, обусловлено влиянием климатических факторов.

Низкий процент полнозернистости семян свидетельствует о том, что воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, включая пониженные температуры, недостаточное количество осадков и влияние загрязняющих агентов, не оказывает существенного влияния на репродуктивный потенциал кедрового стланика. Воздействие указанных факторов приводит к незначительному ухудшению общего жизненного состояния и снижению уровня семенной продуктивности кедрового стланика.

Таким образом, высокая устойчивость репродуктивной системы *Pinus pumila* к неблагоприятным условиям среды обеспечивает успешное естественное воспроизводство данного вида в высокоширотных регионах. Дальнейшая научная работа должна быть ориентирована на изучение молекулярно-генетических механизмов, лежащих в основе адаптации этого вида к экстремальным климатическим условиям.

Список литературы

- Богданов В. Н., Галес Д. А. Атлас развития Иркутска. Иркутск : Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2011. С. 35–37.

2. Панкратова Н. Н. Освоение и состояние лесов Дальнего Востока // Природообустройство. 2023. № 1. С. 115–121. doi: 10.26897/1997-6011-2023-1-115-121
3. Васильева Г. В., Горшкович С. Н. Семеношение и рост потомства гибридов между кедром сибирским и кедровым стлаником в сравнении с родительскими видами // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30, № 1-2. С. 28–32.
4. Петрова Е. А., Горшкович С. Н., Политов Д. В., Белоконь М. М. Семенная продуктивность и генетическая структура популяций в зоне естественной гибридизации кедра сибирского и кедрового стланика // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24, № 2-3. С. 329–335.
5. Шевелева И. С., Голованова Т. И., Третьякова И. Н. Индукция соматического эмбриогенеза у кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) в культуре *in vitro* // Журнал Сибирского федерального университета. Сер.: Биология. 2024. Т. 17, № 2. С. 148–159.
6. Муниципальное образование Билибинский муниципальный район. URL: <https://www.bilchao.ru> (дата обращения: 18.07.2025).
7. Минина Е. Г., Третьякова И. Н. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1983. С. 198.
8. Васильева Г. В. Семенная продуктивность гибридов кедра сибирского и кедрового стланика на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2014. Т. 18, № 1. С. 85–89.
9. Кошкина Н. Б. Начальные этапы возобновления древесных видов на верхнем пределе их произрастания в горах Урала : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2008. 24 с.
10. Семериков Л. Ф., Исаков Ю. Н., Тараканов В. В. О генетико-селекционном аспекте сохранения и улучшения лесов России (Окончание) // Лесохозяйственная информация. 1998. № 10. С. 29–40.

References

1. Bogdanov V.N., Gales D.A. *Atlas razvitiya Irkutska = Atlas of Irkutsk development*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2011:35–37. (In Russ.)
2. Pankratova N.N. Development and condition of forests in the Far East. *Prirodoo-bustroystvo = Nature conservation*. 2023;(1):115–121. (In Russ.). doi: 10.26897/1997-6011-2023-1-115-121
3. Vasil'yeva G.V., Goroshkevich S.N. Seed production and growth of progeny of hybrids between Siberian pine and Siberian dwarf pine in comparison with parent species. *Khvoynyye boreal'noy zony = Conifers of the boreal zone*. 2012;30(1-2):28–32. (In Russ.)
4. Petrova E.A., Goroshkevich S.N., Politov D.V., Belokon' M.M. Seed productivity and genetic structure of populations in the zone of natural hybridization of Siberian pine and Siberian dwarf pine. *Khvoynyye boreal'noy zony = Conifers of the boreal zone*. 2007;24(2-3):329–335. (In Russ.)
5. Sheveleva I.S., Golovanova T.I., Tret'yakova I.N. Induction of somatic embryogenesis in Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) in vitro culture. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Ser.: Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Series: Biology*. 2024;17(2):148–159. (In Russ.)
6. *Munitsipal'noye obrazovaniye Bilibinskiy munitsipal'nyy rayon = Municipal formation Bilibinsky municipal district*. (In Russ.). Available at: <https://www.bilchao.ru> (accessed 18.07.2025).
7. Minina E.G., Tret'yakova I.N. *Geotropizm i pol u khvoynykh = Geotropism and sex in conifers*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoye otdeleniye, 1983:198. (In Russ.)

8. Vasil'yeva G.V. Seed productivity of hybrids of Siberian pine and Siberian dwarf pine on the northern macroslope of the Khamar-Daban ridge. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* = Bulletin of Moscow State University of Forest – Forest bulletin. 2014;18(1):85–89. (In Russ.)
9. Koshkina N.B. *Initial stages of restoration of tree species at the upper limit of their growth in the Ural Mountains*. PhD abstract. Yekaterinburg, 2008:24. (In Russ.)
10. Semerikov L.F., Isakov Yu.N., Tarakanov V.V. On the genetic and selection aspect of the conservation and improvement of Russian forests (Conclusion). *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* = Forestry information. 1998;(10):29–40. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Ирина Сергеевна Хромченко

аспирант,
инженер кафедры водных
и наземных экосистем,
Институт фундаментальной биологии
и биотехнологии,
Сибирский федеральный университет
(Россия, г. Красноярск, пр-кт Свободный, 79)
E-mail: issheveleva@sfu-kras.ru

Irina S. Khromchenko

Postgraduate student, engineer
of the sub-department of aquatic
and terrestrial ecosystems,
Institute of Fundamental Biology
and Biotechnology,
Siberian Federal University
(79 Svobodny avenue, Krasnoyarsk, Russia)

Тамара Ивановна Голованова

доктор биологических наук, профессор,
профессор кафедры водных
и наземных экосистем,
Институт фундаментальной биологии
и биотехнологии,
Сибирский федеральный университет
(Россия, г. Красноярск, пр-кт Свободный, 79)
E-mail: tgolovanova@sfu-kras.ru

Tamara I. Golovanova

Doctor of biological sciences, professor,
professor of the sub-department of aquatic
and terrestrial ecosystems,
Institute of Fundamental Biology
and Biotechnology,
Siberian Federal University
(79 Svobodny avenue, Krasnoyarsk, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 28.10.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 06.11.2025

Принята к публикации / Accepted 21.11.2025