

УСПЕШНЫЙ ОПЫТ АККЛИМАТИЗАЦИИ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (*PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL) НА СЕВЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. Лебедев^{1, 2*}, Л.П. Трофимук¹, А.В. Карамышева¹,
Р.К. Пузанский¹

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН и ² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: p_lebedev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.09.2020; принята к печати 11.11.2020

Кедровый стланник (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) успешно акклиматизирован на северном берегу озера Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Это самая большая популяция кедрового стланика в Ленинградской области (56 растений), образованная взрослыми растениями, привезенными из мест его естественного произрастания. Проведено обследование этой популяции и статистическая обработка полученных данных в сравнении с известной его популяцией на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН. Кедровый стланник успешно переносит современный климат Северо-Запада России и образует полнозернистые семена.

Ключевые слова: кедровый стланник, *Pinus pumila*, акклиматизация, Нижнеангарск, озеро Глубокое, Ленинградская область.

A SUCCESSFUL ATTEMPT TO ACCLIMATIZE THE SIBERIAN DWARF PINE (*PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL) IN THE NORTH OF LENINGRAD REGION

P.A. Lebedev^{1, 2*}, L.P. Trofimuk¹, A.V. Karamysheva¹, R.K. Puzanskiy¹

¹ V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences and ² S.M. Kirov State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

Email: p_lebedev@mail.ru

The Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) has been successfully acclimatized on the northern shore of Glubokoye lake (Vyborg District of the Leningrad Region, the Russian Federation). This is the largest population (56 plants) of dwarf pine in Leningrad Region comprised of adult plants brought from the native habitat of the species. A survey of this population and statistical processing of data were carried out in comparison with the long known *P. pumila* population of the Scientific Experimental Station "Otradnoye" (Botanical Institute of the Russia Academy of Sciences). The dwarf pine successfully tolerates the present-day climate of the Northwest of Russia and yields full-grain seeds.

Keywords: Siberian dwarf pine, *Pinus pumila*, acclimatization, Nizhneangarsk, Lake Glubokoye, Leningrad Region.

Введение

Кедровый стланник (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) – это голосеменное вечнозеленое растение, представляющее собой особую жизненную форму, отличную от кустарника. Она характеризуется ранним отмиранием основного стелющегося ствола, образованием придаточных корней и саблевидно изогнутыми боковыми ветвями [8]. Известны 3 формы роста кедрового стланика: кустообразная, полудревоидная и древоидная [15]. Кустообразная форма – крупный куст с разветвленным от основания стволом и с прижатыми к почве и стелющимися, а затем восходящими ветвями. Полу-

древовидная и древоидная формы представляют собой небольшое многоствольное дерево до 4–8 м высотой при диаметре стволов до 18 см. Молодые побеги густо опушены, а недлинные хвоинки (4–7 см длиной) собраны по 5 в пучках, по краям цельные или с очень редкими (4–7 зубцов на 1 см края) малозаметными зубцами и немного изогнутые [9]. Почки сильно смолистые, красноватые, заостренные. Размеры зрелых шишек: длина – 3–4 см, толщина – 2,0–2,5 см, семена 6–9 мм длиной и 4–6 мм толщиной, темнокоричневые, съедобные. Семеношение начинается с 20–30 лет. Семена *P. pumila* лучше всходят при посеве группами

ми по 10–12 семян в лунку, что связано с приспособлением стланика к условиям в запасах семян птицы кедровки, делающей запасы под моховым покровом [21]. Это важное пищевое растение как для человека, так и для диких животных [16, 17]. Растет кедровый стланик медленно, долговечен, в природе доживает до 850–1000 лет [3]. Ветви кедрового стланика полегают при наступлении морозов и покрываются снегом, что позволило кедровому стланику освоить местообитания с суровым климатом гор Восточной Сибири, Дальнего Востока и равнин лесотундровой зоны [5]. *P. pumila* хорошо переносит климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области, но является крайне редким растением, пока еще только перспективным для садоводства и озеленения. В Санкт-Петербурге посадки кедрового стланика есть в Ботаническом саду Петра Великого (6 растений), в Верхнем дендросаду Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета (4 растения), в Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного университета (2 растения), и есть отдельные растения в городских посадках [12]. В Ленинградской области наибольшее количество растений *P. pumila* (20 растений) высажено в г. Кировске у здания городской администрации. Также представляет интерес коллекция кедрового стланика на территории Научно-опытной станции «Отрадное» Ботанического института (БИН) РАН [10] – 18 растений на декабрь 2019 года. Отдельные растения есть на территории Тихвинского лесничества (9 растений), на частных участках и в питомниках. У многих из вышеуказанных растений наблюдается регулярное семеношение. Семена *P. pumila*, собранные с этих растений, отличаются высоким процентом выполненных семян и относительно высокой всхожестью [6, 12].

Все предыдущие опыты акклиматизации *P. pumila* проводились посевом семян или посадкой сеянцев, привезенных из мест естественного произрастания [11, 14]. Рассматриваемый нами опыт акклиматизации отличается массовостью посадки (70 растений), пересадкой достаточно больших растений (средняя высота – 100 ± 40 см., возраст – 12–25 лет) и посадкой растений в наиболее экстремальные условия для нашего региона.

Материалы и методики исследований

Объектами исследования являлись 54 растения, посаженные в водоохранной зоне на северном берегу озера Глубокое ($60^{\circ}35'42.9''N$ $29^{\circ}18'09.2''E$) в Выборгском районе Ленинградской области. Также для проведения анализа и подтверждения успешности акклиматизации в 2019 году на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН ($60^{\circ}48'41.7''N$ $30^{\circ}14'17.7''E$) в Приозерском районе Ленинградской

области были обследованы 18 растений *P. pumila*, высаженных в период с 1956 по 1990 год [14]. Это единственное место в Ленинградской области, где кедровый стланик проявил свое естественное свойство [8, 15] образования придаточных корней на стволе и ветвях с отмиранием основного стелющегося ствола. Также там представлена древовидная многоствольная форма *P. pumila* высотой 5,1 м при диаметре стволов до 9 см.

Оценку жизненного состояния растений проводили по методике В.А. Алексеева [1]: 1 – здоровые, 2 – поврежденные (ослабленные), 3 – сильно поврежденные (сильно ослабленные), 4 – отмирающие, 5а – свежий сухостой, 5б – старый сухостой. Оценку обмерзания проводили по шкале П.И. Лапина [7]. Климатические зоны морозостойкости по шкале USDA определяли по *Del Tredici P.* [20]. Высоту растений определяли нивелирной рейкой. Обследование растений проводилось 09.02.2020. Замеры средних годовых приростов и продолжительности жизни хвои проводились в 4 точках по сторонам света в трехкратной повторности.

Статистическую обработку данных проводили в среде языка R 3.6 (R Core Team R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020, URL <https://www.R-project.org/>). Для параметрической статистики данные проверяли на нормальность распределения (тест Шапиро-Уилка) и однородность дисперсии (тест Флигнера–Киллена), затем для парного сравнения применяли t-тест, для сравнения нескольких выборок применяли дисперсионный анализ (ANOVA) и апостериорный тест Тьюки. В случае неудовлетворения требованиям применяли непараметрические тесты: для сравнения нескольких выборок – тест Краскела-Уоллиса, для парного сравнения – тест Манна-Уитни-Уилкоксона. Для апостериорной поправки *p*-значений при множественных парных сравнениях применяли анализ частоты ложных обнаружений (FDR) [18]. Для анализа различий в долях семяносящих растений, пораженных паразитическими насекомыми хермесами, и многостволовости применяли тест Фишера.

Качество семян оценивалось рентгенографическим методом на аппаратно-программном комплексе на основе передвижной рентгенодиагностической установки ПРДУ-02 [2].

Эксперимент по акклиматизации кедрового стланика был financирован заинтересованными частными лицами.

Обсуждение результатов

Для получения посадочного материала была выбрана самая западная часть ареала *P. pumila* [12, 19].

Координаты места выкопки опытных экземпляров: $55^{\circ}49'48.7''N$ $109^{\circ}37'56.8''E$. Республика Бурятия, Северобайкальский район, Северобайкальское лесничество, Верхне-Займское участковое лесничество, 6 км

на северо-восток от Нижнеангарска, 940 м от берега, на сплавинном острове залива Ангарский сор. Эта местность по сравнению с местом акклиматизации отличается более холодным и сухим климатом. По наблюдениям за последние 15 лет Нижнеангарск – это зона морозостойкости USDA 3а. Среднегодовая норма осадков – 409 мм. Для сравнения, ближайший с местом акклиматизации город Выборг по наблюдениям за тот же период – это зона морозостойкости USDA 4а. Среднегодовая норма осадков – 689 мм.

Дельты рек Верхняя Ангара и Кичера образуют уникальный природный объект – залив Верхне-Ангарский сор, который еще называют Ангарский или Северобайкальский сор. Этот залив представляет собой полузамкнутый водоем со своей специфической экосистемой, отличной от байкальской. Он отделен от озера Байкал узким песчаным островом Ярки, длина которого – 14 км, и состоит в основном из сплавинных островов (площади нетонущего болотного дерна, сложенного в основном плохо разложившимися корневищами многолетних растений). На этих островах прекрасно растет кедровый стланик.

Место отбора образцов (рис. 1) выбрано в естественном ареале *P. pumila*, где изъятые для интродукции экземпляры не нанесут ущерба для общей популяции. Отобрано 70 экземпляров по высоте от 50 до 150 см. Комы формировались по месту и упаковывались в полипропиленовые пакеты.

Время отбора образцов подбиралось с учетом слабого промерзания верхнего слоя почвы и возможностью транспортировки железнодорожным транспортом в замороженном состоянии.

Работы по выкопке (рис. 2) проведены 1–4 ноября 2011 года, когда вода между сплавинными островами покрылась льдом толщиной 7–8 см. Это позволило безопасно произвести перенос образцов на берег.

Выкопка производилась на основании письменного распоряжения директора Северобайкальского лесничества. Весь отобранный материал и грунт корневых систем прошел проверку в Северобайкальском межрайонном отделе Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия с получением фитосанитарного сертификата для транспортировки.

Посадка растений была произведена с 21 по 23 ноября 2011 года на северном берегу озера Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Для посадки в песчаной береговой отсыпке были подготовлены деревянные короба, которые полностью заполнялись кислым верховым торфом. Посадка производилась по 2 экземпляра в один короб, а также отдельными единичными экземплярами (рис. 3А).

В первую зиму интродуцированные образцы подверглись влиянию сильного ледяного ветра, и это вызвало отпад 12 образцов (рис. 3Б).



Рис. 1. Место отбора образцов в естественном ареале *P. pumila*

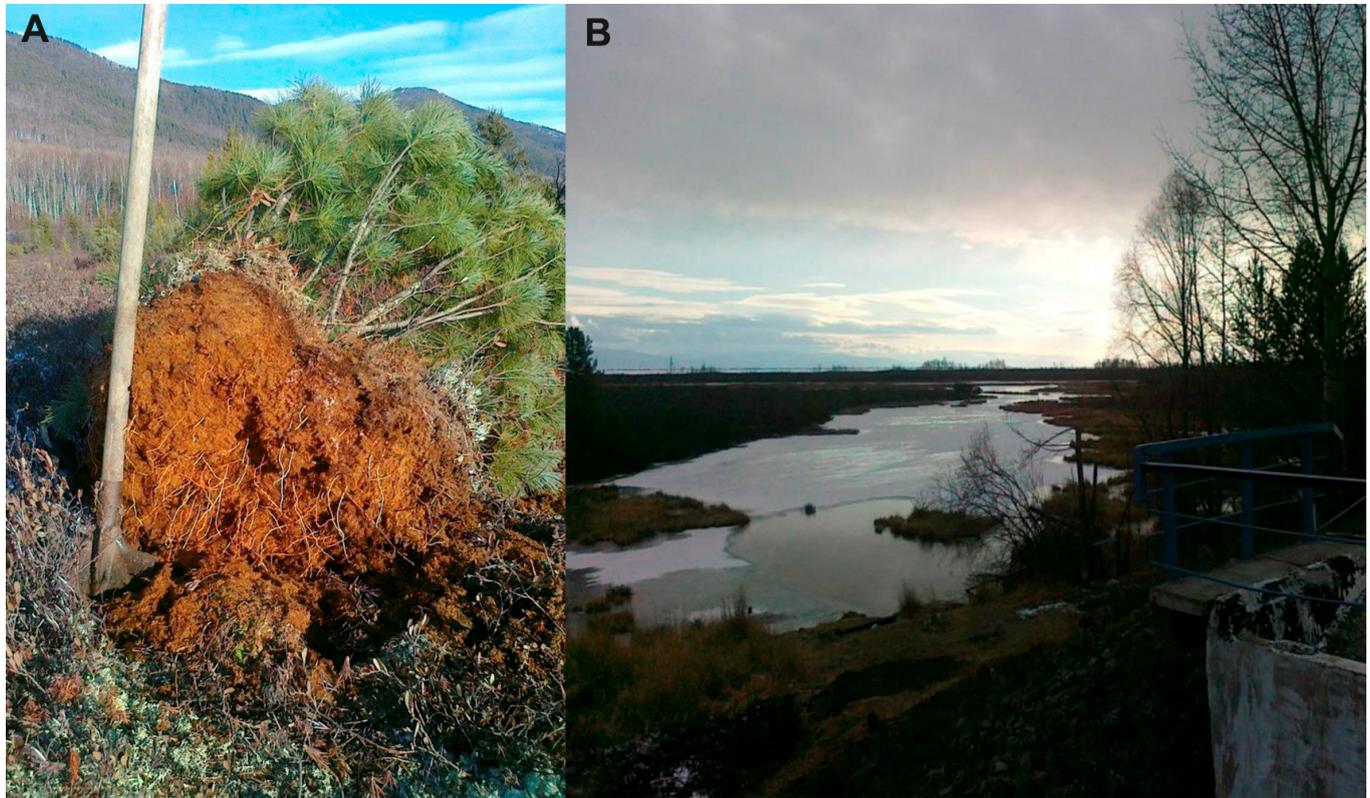


Рис. 2. А. Выкопка саженцев *P. rutila*. Б. Верхне-Ангарский сор

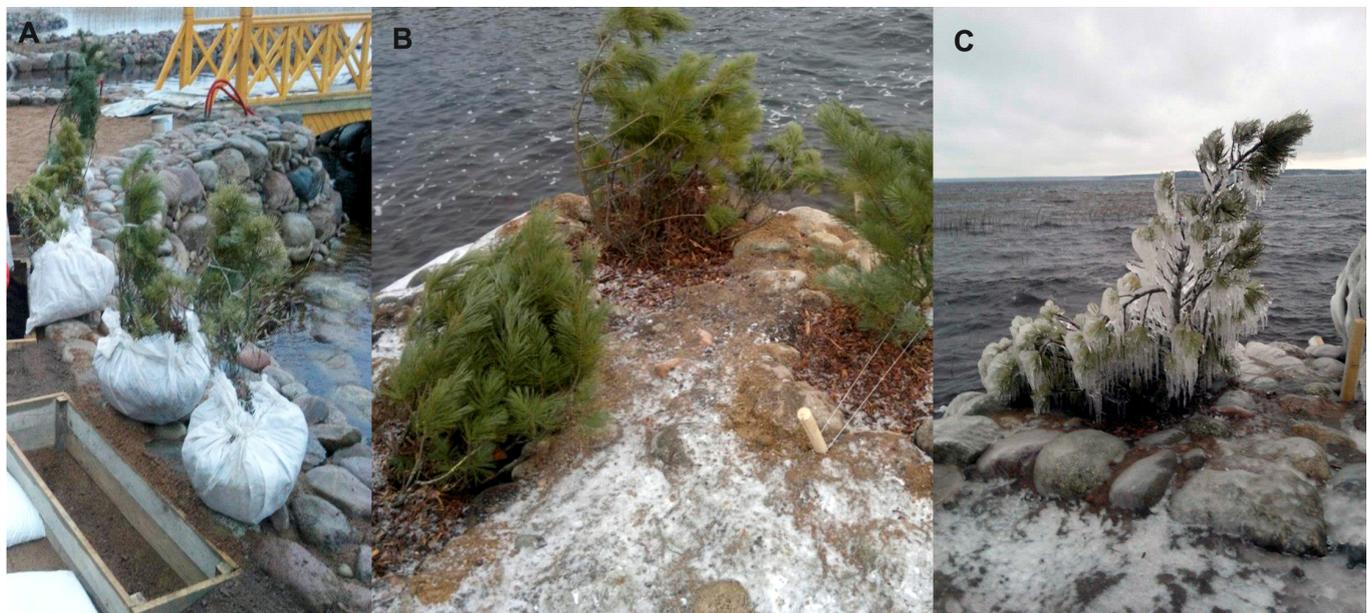


Рис. 3. А. Саженцы *P. rutila* перед посадкой. В. Куртина *P. rutila* на берегу озера Глубокого сразу после посадки. С. Обледенение растений зимой 2011/12 года



Рис. 4. Растения *P. pumila* через 8 лет после посадки. **А.** Растение группы 1 – с зеленой хвоей. **В.** Растение группы 2 – с голубой короткой слегка скрученной хвоей. **С.** Растение группы 3 – древовидная многоствольная форма. **Д.** Растение группы 4 – с голубой длинной хвоей

Обследование кедрового стланика было проведено 09.02.2020, через 8 лет после посадки. В настоящее время сохранилось 56 экземпляров *P. pumila*.

Мы разделили все растения на 4 группы (рис. 4): группа 1 с зеленой хвоей – 12 экз. (обозначение – зел.), группа 2 с голубой короткой слегка скрученной хвоей – 18 экз. (обозначение – гол. кор.), группа 3 древовидная многоствольная форма – 3 экз. (обозначение – др. ф.), группа 4 с голубой длинной хвоей – 23 экз. (обозначение – гол.). Это природные формы *P. pumila*, не выходящие за рамки видовой изменчивости. Вероятно, группа 3 (древовидная многоствольная форма) – это гибрид *P. pumila* и *Pinus sibirica*, широко распространенный гибрид в Северном Прибайкалье [4, 13].

Растения имеют жизненное состояние 1–2 по В.А. Алексееву [1]. Морозостойкость по П.И. Лапину [7] – 1.

P. pumila представляет собой куст или небольшое дерево, имеющее 1–3 ствола. Самое большое растение имеет высоту 2,1 м, самая большая экспозиция кроны 2,1 × 2,1 м. Максимальный годовой прирост составил 110 мм (замерялись приросты 2017–2019 годов). Средняя продолжительность жизни хвои – 2–3 года. Растения умеренно повреждены хермесом. Незначительные повреждения обнаружены у 35% растений. В 2019 году семеношение наблюдалось у 20% растений. В 2020 году урожай семян будет у 32% растений (по однолетним незрелым шишкам).

Для подтверждения успешности акклиматизации жизненные параметры растений сравнивались с кедровыми стланиками из коллекции Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН (60°48'41.7»N 30°14'17.7»E) в Приозерском районе Ленинградской области (рис. 5). В 2019 году там были обследованы

18 растений *P. pumila*, высаженных в период с 1956 по 1990 год [14]. Растения были выращены из семян, полученных из Амурской и Магаданской областей и Якутии. Кедровый стланец на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН был успешно акклиматизирован, растения имеют жизненное состояние 1–2 по В.А. Алексееву [1]. Морозостойкость по П.И. Лапину [7] – 1. Наблюдается ежегодное семеношение. Там также присутствуют 3 группы растений – с зеленой хвоей, голубой хвоей и древовидная многоствольная форма.

Проанализированы различия между четырьмя группами растений *P. pumila* у оз. Глубокое и группой растений с Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН.

Сравнительный анализ средних значений высоты (рис. 6А) методом ANOVA показал, что они достоверно различаются в исследованных группах ($p = 4 \cdot 10^{-5}$). Апостериорный тест Тьюки выявил, что растения группы 3 (древовидная форма) достоверно выше растений других групп ($p < 0,005$). При этом растения других групп не различаются по высоте. В то же время площади крон (рассчитаны перемножением длины и ширины, рис. 6Б) достоверно не различались ($p = 0,11$).

Анализ долей сухих веток (рис. 7А) выявил их различия в группах (тест Краскела-Уоллиса, $p = 0,0007$). Последующее попарное сравнение (с помощью теста Манна-Уитни, с коррекцией FDR) выявило различия между группами «зеленая хвоя» и «Отрадное» (FDR = 0,03), кроме того, различались растения групп «голубая короткая хвоя» и «голубая хвоя» (FDR = 0,01), а также «голубая хвоя» и «Отрадное» (FDR = 0,008).

Также различия с небольшой значимостью наблюдались между группами «зеленая хвоя» и «голубая короткая хвоя» (FDR = 0,07). Сравнение долей сухих веток между группами НОС и «Отрадное» (рис. 7Б) показал достоверно большую долю сухих веток в группе «Отрадное» (тест Манна-Уитни, $p = 0,0086$).

Анализ годового прироста за 2017, 2018 и 2019 годы (рис. 8) показал, что он достоверно различался (ANOVA, $p = 0,028; 0,024; 0,0001$ соответственно для каждого года). Применение теста Тьюки показало достоверные различия в 2018 году между группами «голубая короткая хвоя» и «голубая хвоя» ($p = 0,047$), а в 2019 году – отличия группы «древовидная форма» от групп «зеленая хвоя» ($p = 0,017$) и «голубая короткая хвоя» ($p = 0,015$). Кроме того, наблюдались отличия группы «голубая хвоя» от групп «голубая короткая хвоя» ($p = 0,001$) и «зеленая хвоя» ($p = 0,023$). Анализ годовых различий приростов между популяциями оз. Глубокое и НОС «Отрадное» не выявил статистически значимых различий.

Анализ семеношения (рис. 9) показал, что различия между популяциями растений берега оз. Глубокое и НОС «Отрадное» были статистически значимы в 2019 году (тест Фишера, $p = 0,016$). В этот период наблюдалась заметно большая интенсивность семеношения в популяции НОС «Отрадное». На следующий 2020 год различия были малозначимы ($p = 0,07$) и большая доля семеносящих растений наблюдалась в популяции оз. Глубокое.

Для изучения качества семян *P. pumila* проведено их рентгенографическое исследование (рис. 10). Для этого была использована смесь семян, собранных со всех семеносящих растений.



Рис. 5. Растения *P. pumila* на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН

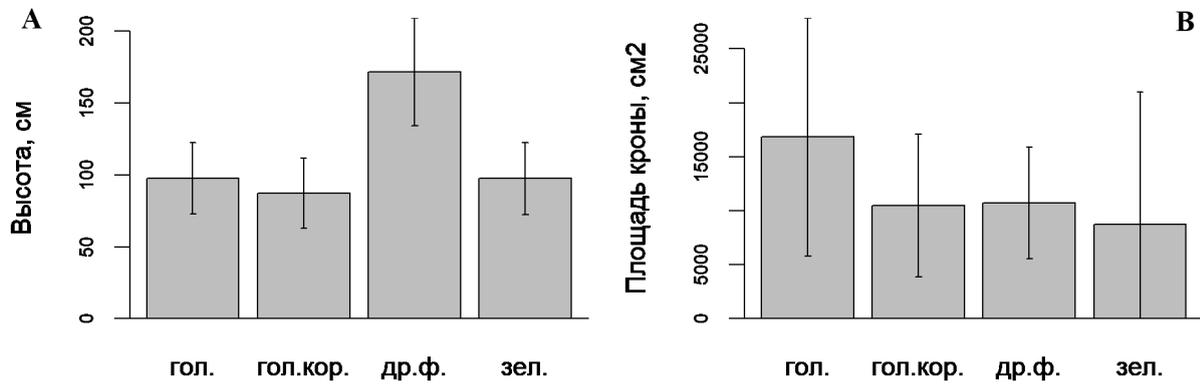


Рис. 6. диаграммы высоты (А) и площади кроны (В) 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу оз. Глубокое (средние значения, интервалы – стандартное отклонение (SD)). Обозначения групп: гол. – «голубая хвоя», гол. кор. – «голубая короткая хвоя», др. ф. – «древовидная форма», зел. – «зеленая хвоя»

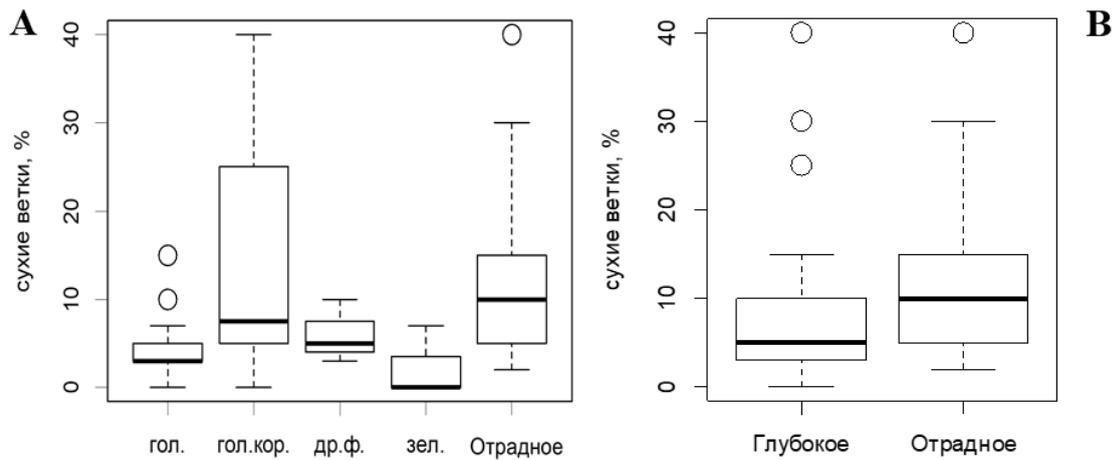


Рис. 7. Диаграммы размаха долей сухих веток 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу озера Глубокое и НОС «Отрадное»

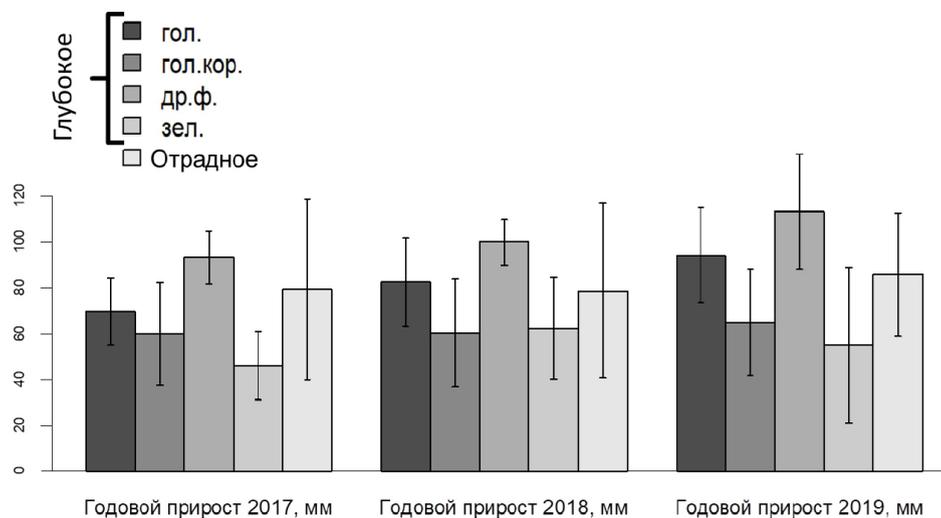


Рис. 8. Диаграммы годовых приростов 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу оз. Глубокое (средние значения, интервалы – стандартное отклонение) и НОС «Отрадное»

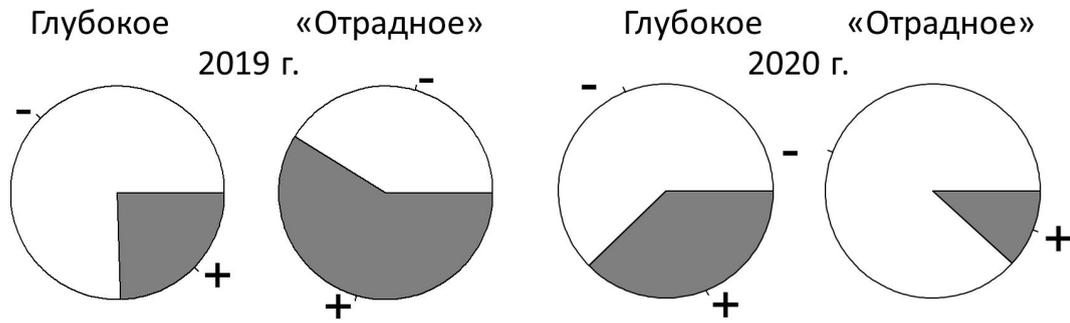


Рис. 9. Круговые диаграммы годовых приростов долей семяносащих растений *P. pumila* в популяции на берегу озера Глубокое и НОС «Отрадное». Обозначения: «+» – семяносащие растения, «-» – отсутствие семеношения



Рис. 10. Семена *P. pumila*, собранные на берегу оз. Глубокое (А), и их рентгенограмма (В)

По результатам рентгенографии определена полнотернистость семян, она составила 42,9%. По этому показателю качество семян уступает аналогичному показателю семян, собранных в природном ареале *P. pumila* [6]. Наружных повреждений семян нет, как нет и повреждений энтомовредителями. У остальных семян выявлены следующие скрытые дефекты: пустотернистость, несформированность эндосперма и зародыша, недовыполненность. Семена, представленные на рентгенограмме, были высеяны. Абсолютная всхожесть семян составила 58,3%, грунтовая всхожесть – 25%.

Также нужно отметить, что между растениями на берегу оз. Глубокое и на территории НОС «Отрадное» не наблюдались значимые различия между группами

в таких параметрах, как продолжительность жизни хвои, многостольность и поражение хермесом.

По данным проведенного обследования самой большой популяции *P. pumila* в Ленинградской области (56 растений), посаженной взрослыми растениями, привезенными из мест его естественного произрастания, можно сделать вывод о позитивном результате этого опыта. Все измеренные и проанализированные параметры растений не уступают аналогичным параметрам ранее интродуцированных растений и даже иногда превосходят их. Это наблюдается при сравнении с популяцией *P. pumila* в НОС «Отрадное». Все 4 выделенные нами группы растений устойчивы в экстремальных условиях на северном берегу оз. Глубокое. Кедровый стланник успешно акклиматизирован в

этих условиях, имеет регулярное семеношение, возможно его дальнейшее генеративное размножение.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют об успешном опыте акклиматизации кедрового стланика на северном берегу оз. Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Подтверждаются данные об устойчивости *P. pumila* в экстремальных условиях. Это высокодекоративное вечнозеленое растение пригодно для одиночных и групповых посадок на альпийских горках, открытых пространствах, у водоемов. Оно абсолютно зимостойко в климатических условиях Северо-Запада России. В Ленинградской области кедровый стланик является крайне редким растением.

По результатам наших исследований мы рекомендуем кедровый стланик для широкого использования в озеленении на Северо-Западе России.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановым темам «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)» (№: АААА-А18-118032890141–4). Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам ФГБНУ Агрофизического научно-исследовательского института Н.С. Прияткину, М.В. Архипову, Л.П. Гусаковой и П.А. Щукиной за помощь в рентгенографическом исследовании семян.

ЛИТЕРАТУРА

Список русскоязычной литературы

1. Алексеев ВА. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. Лесоведение. 1989;(4):51-7.
2. Архипов МВ, Прияткин НС, Гусакова ЛП, Карамышева АВ, Трофимук ЛП, Потрахов НН, Бессонов ВВ, Щукина ПА. Методика микрофокусной рентгенографии для выявления скрытой дефектности семян древесных лесных пород и других видов сосудистых растений. Журн техн физ. 2020;90(2):338-46.
3. Берман ДИ, Важенин БП. Бессмертен ли кедровый стланик? Природа 2014;(9):34-47.
4. Горошкевич СН. О возможности естественной гибридизации *Pinus sibirica* и *Pinus pumila* в Прибайкалье. Ботанический журн. 1999;84(9):48-57.
5. Гроссет ГЭ. К изучению экологии кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) (Механизм активного полегания при наступлении морозов). Бюлл МОИП Отд биол. 1959;64(2):85-96.
6. Карамышева АВ, Фирсов ГА, Трофимук ЛП, Орлова ЛВ. Особенности и способы размножения кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) в Санкт-Петербурге. Вестн Удмуртского ун-та сер биол науки о Земле. 2019;29(2):181-9.
7. Лапин ПИ. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. Бюлл глав бот сада. 1967;(65):13-8.
8. Нешатаева ВЮ. Сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) полуострова Камчатка. Растительность России. 2011;(19):71-100.
9. Орлова ЛВ. Систематический обзор дикорастущих и некоторых интродуцированных видов рода *Pinus* L. (Pinaceae) флоры России. Новости систематики высших растений. 2001;33:7-40.
10. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Васильев НП, Бялт ВВ, Волчанская АВ. Хвойные (Coniferae) научно-опытной станции Отрадное Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Вестн СПбГУ сер 3. 2014;(2)66-76.
11. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Егоров АА, Неверовский ВЮ. Хвойные Санкт-Петербургской лесотехнической академии (аннотированный каталог). СПб.: СПб ГЛТА; 2011.
12. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Трофимук ЛП, Карамышева АВ. Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae) – история изучения, современное состояние в ботанических садах Санкт-Петербурга и перспективы его использования в озеленении на Северо-Западе России. Hortus Botanicus. 2019;(14):100-23.
13. Петрова ЕА, Горошкевич СН, Политов ДВ, Белоконь ММ, Попов АГ, Васильева ГВ. Семенная продуктивность и генетическая структура популяций в зоне естественной гибридизации кедрового сибирского и кедрового стланика в Северном Прибайкалье. Хвойные бореальной зоны. 2007;24(2-3):329-35.
14. Связева ОА, Лукс ЮА, Латманнизова ТМ. Интродукционный питомник Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова на северо-востоке Карельского полуострова (Ленинградская область). СПб.: Росток; 2011.
15. Серебряков ИГ. Экологическая морфология растений. М.; 1962.

16. Сметанин АН. Пищевые растения Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Центр типографии СЭТО-СТ; 1998.
17. Тихомиров БА. Кедровый стланник, его биология и использование. М.: МОИП; 1949.

Общий список литературы/Reference List

1. Alekseev VA. [Diagnostics of the vital state of trees and tree stands]. *Lesovedeniye*. 1989;(4):51-7. (In Russ.)
2. Arkhipov MV, Priyatkin NS, Gusakova LP, Karamysheva AV, Trofimuk LP, Potrakhov NN, Bessonov VB, Shchukina PA. [Micro-focus X-Ray method for detecting of hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants]. *Zhurnal Tekhnicheskoy Fiziki*. 2020;90(2):338-46. (In Russ.)
3. Berman DI, Vazhenin BP. [Is Siberian dwarf pine immortal?]. *Priroda*. 2014;(9):34-47. (In Russ.)
4. Goroshkevich SN. [On the possibility of natural hybridization of *Pinus sibirica* and *Pinus pumila* in Baikal Region]. *Botanicheskiy Zhurnal*. 1999;84(9):48-57. (In Russ.)
5. Grosset GE. [On studying the ecology of Dwarf Siberian Pine (*Pinus pumila* Rgl.) (The mechanism of active lodging during the onset of frost)]. *Biulleten MOIP Otdeleniye Biologii*. 1959;64(2):85-96. (In Russ.)
6. Karamysheva AV, Firsov GA, Trofimuk LP, Orlova LV. [Characteristics of and methods for seed propagation of Dwarf Siberian Pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae) in St. Petersburg]. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta Seriya Biologiya Nauki o Zemle*. 2019;29(2):181-9. (In Russ.)
7. Lapin PI. [The seasonal rhythm of woody plants development and its significance for introduction]. *Biulleten Glavnogo Botanicheskogo Sada*. 1967;(65):13-8. (In Russ.)
8. Neshataeva VY. [Communities of the dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) of Kamchatka Peninsula]. *Rastitelnost' Rossii*. 2011;(19):71-100. (In Russ.)
9. Orlova LV. [A systematic review of wild and some introduced species of the genus *Pinus* L. (Pinaceae) of the Russian flora]. *Novosti Sistematiiki Vysshikh Rasteniy*. 2001;33:7-40. (In Russ.)
10. Orlova LV, Firsov GA, Vasilyev NP, Byalt VV, Volchanskaya AV. [Conifers (Coniferae) of Otradnoye Research Station of V.L. Komarov Botanical Institute]. *Vestnik SPbGU Ser 3*. 2014;(2):66-76. (In Russ.)
11. Orlova LV, Firsov GA, Yegorov AA, Neverovskiy VYu. *Khvoynye Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii (Annotirovannyi Katalog)*. [The Coniferous of St. Petersburg Forestry Academy (Annotated Catalog)]. Saint Petersburg: SPb GLTA; 2011. (In Russ.)
12. Orlova LV, Firsov GA, Trofimuk LP, Karamysheva AV. [Siberian Dwarf Pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae): The history of studies, the current state in the botanical gardens of Saint Petersburg, and the prospects of its use in greening in the Northwest of Russia]. *Hortus Botanicus*. 2019;(14):100-23. (In Russ.)
13. Petrova YeA, Goroshkevich SN, Politov DV, Belokon MM, Popov AG, Vasilyeva GV. [Seed productivity and genetic structure of populations in the zone of natural hybridization of Siberian stone pine and dwarf pine in the Northern Baikal Region]. *Khvoynye Borealnoy Zony*. 2007;24(2-3):329-35. (In Russ.)
14. Sviazeva OA, Luks YuA, Latmanizova TM. *Introduktsionnyi Pitomnik Botanicheskogo Sada Botanicheskogo Instituta Im. V. L. Komarova na Severo-Vostokey Karelskogo Peresheyka (Leningradskaya oblast)*. [Introduction Nursery of the Botanical Garden of V.L. Komarov Botanical Institute in the Northeast of Karelian Isthmus (Leningrad Region)]. Saint Petersburg: Rostok; 2011. (In Russ.)
15. Serebriakov IG. *Ekologicheskaya Morfologiya Rasteniy [Ecological Morphology of Plants]*. Moscow; 1962. (In Russ.)
16. Smetanin AN. *Pishchevye Rasteniya Kamchatki*. [Food Plants of Kamchatka]. *Petropavlovsk-Kamchatskiy: Tsentr Tipografii SETO-ST*; 1998. (In Russ.)
17. Tikhomirov BA. *Kedrovyy Stlanik, Yego Biologiya i Ispolzovaniye*. [Dwarf Siberian Cedar, Its Biology and Use]. Moscow: MOIP; 1949. (In Russ.)
18. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J Roy Stat Soc Ser B*. 1995;57:289-300.
19. Critchfield WB, Little EL. *Geographic Distribution of the Pines of the World, Miscellaneous Publication no. 991*. Washington (DC): U.S. Department of Agriculture & Forest Service; 1966.
20. *Del Tredici P*. The New USDA Plant Hardiness Zone Map. *Arnoldia*. 1990;50(3):16-20.
21. Saito S. On relations of caching by animals on the seed germination of Japanese stone pine (*Pinus pumila* Regel) Bull. Shiretoko Museum. 1983;(5):23-40.