

УДК 582.632.1 (1-751.1) (470.22)

## КАРЕЛЬСКАЯ БЕРЕЗА В ГОСУДАРСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ «КИВАЧ»

Л. В. Ветчинникова<sup>1\*</sup>, А. Ф. Титов<sup>2</sup>, К. А. Гудкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910), \*vetchin@krc.karelia.ru

<sup>2</sup> Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910)

Представлены результаты исследования популяции карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti в Государственном природном заповеднике (ГПЗп) «Кивач», создание которой началось в 1950–1970-е годы. На примере семенного и вегетативного (полученного путем клонального микро-размножения) потомств изучены ростовые показатели у деревьев шести разновозрастных групп, произрастающих на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга, общей численностью 108 деревьев. Показано, что в семенном потомстве высота 24-летних молодых деревьев составила в среднем 12,5 м, а 52-летних – 16,0 м, в то время как высота 65-летних деревьев – только 11,6 м. Высказано предположение, что снижение уровня освещенности, отмеченное на ранее созданных участках и обусловленное разными причинами, оказало негативное влияние на рост в одном случае деревьев всех форм роста, а в другом – преимущественно короткоствольных и кустообразных. Дан сравнительный анализ изменчивости изученных ростовых показателей. В частности, показано, что коэффициент вариации для признака «высота растений» у семенного потомства колеблется от высокого или очень высокого (34–45 %) на стадии молодых генеративных растений ( $g_1$ ) до повышенного (27 %) – у растений, находящихся на поздней генеративной стадии ( $g_3$ ). У вегетативного потомства этот показатель находится на гораздо более низком (около 8 %) или среднем (около 16 %) уровне. В целом распределение деревьев по высоте и диаметру ствола соответствует нормальному распределению, а значения коэффициента вариации, как показывает анализ, зависят главным образом от возраста деревьев, их онтогенетического состояния, условий освещенности и в наибольшей степени – от уровня генетической гетерогенности каждой из шести изученных групп растений, обусловленной их происхождением. На основании проведенной работы сделан вывод, что условия, существующие на территории ГПЗп «Кивач», являются вполне благоприятными для роста карельской березы, а общее состояние ее популяции можно признать удовлетворительным, но требующим ликвидации нескольких «аварийных» деревьев и осуществления регулярных мероприятий по уходу на всех шести участках, деревья которых образуют данную популяцию.

Ключевые слова: карельская береза; *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti; популяция; семенное и вегетативное потомство; высота; диаметр; генофонд; узорчатая древесина

Для цитирования: Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Гудкова К. А. Карельская береза в государственном природном заповеднике «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 7. С. 76–90. doi: 10.17076/eb1966

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ФИЦ «Карельский научный центр РАН» (Институт леса КарНЦ РАН – № FMEN-2021-0018).

## L. V. Vetchinnikova<sup>1\*</sup>, A. F. Titov<sup>2</sup>, K. A. Gudkova<sup>1</sup>. CURLY BIRCH IN THE KIVACH STATE NATURE RESERVE

<sup>1</sup> Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia), \*vetchin@krc.karelia.ru

<sup>2</sup> Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia)

The article presents the results of studies on the population of curly (or Karelian) birch *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti created in the Kivach State Nature Reserve since the 1950s–1970s. Seed- and vegetative (produced by clonal micro-propagation) progenies were sampled (108 trees in total) to study growth parameters in six tree groups of different ages growing not far from one another. In seed progeny, the average height was 12.5 m in young, 24-year-old trees, 16.0 m in 52-year-old trees, and a mere 11.6 m in 65-year-old trees. It is hypothesized that the reduction in illumination in older plantations due to different reasons has affected the growth of trees of all growth forms in one case and primarily of short-stemmed and shrub-like forms in the other. The variability of the growth parameters was comparatively analyzed. Thus, the coefficient of variation of the “plant height” attribute in seed progeny ranged from high or very high (34–45 %) in young generative-stage plants ( $g_1$ ) to elevated (27 %) in the late generative stage ( $g_3$ ). This index in vegetative progeny was at a much lower (ca. 8 %) or an interim (ca. 16 %) level. The height and diameter distributions of trees generally conform to the normal law, while the coefficient of variation, as analysis has shown, mainly depends on the tree age, ontogenetic status, illumination and, most significantly, on the origin-controlled level of genetic heterogeneity in each of the six plant groups. A conclusion drawn from this study is that the conditions in the Kivach Nature Reserve are quite favorable for curly birch growth, and the general state of the population can be recognized as satisfactory except the need to remove some “hazardous” trees and implement regular tending in all the six sites harboring the trees that form this population.

Keywords: Curly (Karelian) birch; *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti; population; seed and vegetative progeny; height; diameter; gene pool; figured wood

For citation: Vetchinnikova L. V., Titov A. F., Gudkova K. A. Curly birch in the Kivach State Nature Reserve. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2024. No. 7. P. 76–90. doi: 10.17076/eb1966

Funding. The research was funded from the Russian federal budget through state assignment to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Forest Research Institute KarRC RAS – #FMEN-2021-0018).

### Введение

Одним из наиболее эффективных способов сохранения ценных природных объектов и природных комплексов является организация особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Созданные ООПТ полностью или частично исключаются из хозяйственного использования, и для каждой из них в зависимости от категории ООПТ устанавливается свой

особый режим охраны. В России ООПТ, в состав насаждений которых входит карельская береза, созданы и существуют главным образом на территории Республики Карелия [Холова и др., 2000; Особо..., 2017]. Кроме этого, имеются памятники природы карельской березы в Смоленской, Владимирской [Азбукина и др., 2010], Ульяновской областях и Удмуртской Республике. Генетический резерват карельской березы организован в Псковской области

(в границах национального парка «Себежский») [Николаева, Воробьев, 2017]. В Республике Карелия главными ООПТ, где сосредоточены основные ресурсы карельской березы, являются четыре государственных ботанических заказника регионального значения [Ветчинникова, Титов, 2024а] и два ООПТ федерального уровня – государственный природный заповедник (ГПЗп) «Кивач» и государственный природный заказник «Кижский» [Ветчинникова, Титов, 2024б]. Первый из них, ГПЗп «Кивач», появился в 1931 г. и является одним из старейших в России. Он располагается на территории Кондопожского района в 80 км севернее г. Петрозаводска, занимая в целом около 11 тысяч га (примерно 110 км<sup>2</sup>). На его территории, частично находящейся на побережье оз. Мунозеро, в начальный период создания заповедника уже имелись единичные деревья карельской березы [Андреев, 1962; Яковлев, 1963], поэтому при организации здесь дендрологического питомника она впервые в России была включена в список видов древесной и кустарниковой растительности, нуждающихся в охране и расширенном воспроизводстве [Педдер, 1931; Соколов, 1934; Андреев, 1962]. Учитывая, что в начале 20-го века карельская береза была еще малоизученной лесной древесной породой, среди первоочередных ставились задачи выявления мест ее произрастания, определения численности популяций и возможности наследования характерной для нее узорчатой древесины в семенном потомстве.

Первые поисковые работы карельской березы проводились по инициативе Н. О. Соколова одновременно с началом организации заповедника в августе 1931 г. [Ветчинникова и др., 2013]. Он же оказался одним из первых, кто наиболее подробно описал отличительные признаки карельской березы и предложил классифицировать ее по форме роста (высоко-, короткоствольная или кустообразная) [Соколов, 1950]. В 1949 г. появилась публикация Ф. С. Яковлева [1949], в которой впервые были представлены данные, характеризующие анатомо-морфологические особенности узорчатой древесины и ее отличия от обычной (прямоволокнистой) древесины, свойственной березе повислой. В 1950-е годы на территории ГПЗп «Кивач» были организованы полевые опыты, в результате которых определены агротехнические мероприятия, направленные на увеличение выживаемости сеянцев карельской березы [Яковлев, Романовская, 1959]. Выращенный тогда посадочный материал стал основой для создания дендропарка на территории самого ГПЗп. Работы по сохранению

и изучению карельской березы продолжают здесь и в настоящее время. Так, за последние 25 лет усилиями работников заповедника с участием ученых Института леса КарНЦ РАН созданная ранее популяция карельской березы дополнилась растениями, выращенными не только из семян, но и путем клонального микроразмножения (*in vitro*). В частности, благодаря этому карельская береза продолжает занимать важное место не только в дендрологической коллекции «Кивача», но и среди других объектов на туристических маршрутах в Карелии.

Целью данной работы явилось изучение современного состояния популяции карельской березы, созданной на территории ГПЗп «Кивач» с использованием как семенного, так и вегетативного потомства, полученного путем клонального микроразмножения.

## Материалы и методы

Объектом исследований служила популяция карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, находящаяся на территории ГПЗп «Кивач», преимущественно в центральной части экскурсионной зоны, на склоне, ведущем к водопаду Кивач (рис. 1; табл. 1). Она включает шесть групп деревьев (произрастающих на шести близкорасположенных по отношению друг к другу участках), которые различаются по возрасту, онтогенетическому состоянию и способу получения посадочного материала.

Началом современной популяции карельской березы стала группа деревьев (участок № 1), высаженная в 1959 г. в непосредственной близости от здания музея заповедника (табл. 1; рис. 1, 2, а). Исходные семена были собраны в 1956 г. в природной популяции карельской березы, находящейся в районе оз. Мунозеро, которое прилегает на юго-западе к охранной зоне ГПЗп «Кивач». Возраст деревьев к настоящему времени достиг 65 лет, и они находятся на поздней генеративной стадии ( $g_3$ ).

Другая группа растений (участок № 2) также имеет семенное происхождение. Она создана в 1972 г. и располагается слева вдоль экскурсионного маршрута по направлению от основного входа на территорию заповедника к зданию музея (табл. 1; рис. 1, 2, б). К моменту проведения исследований возраст деревьев этой группы составил 52 года, что соответствует средневозрастной генеративной стадии ( $g_2$ ).

К этой группе (участок № 2) со стороны входа вплотную примыкает группа карельской березы (участок № 4), деревья которой имеют вегетативное происхождение (получены путем клонального микроразмножения) (табл. 1; рис. 1).

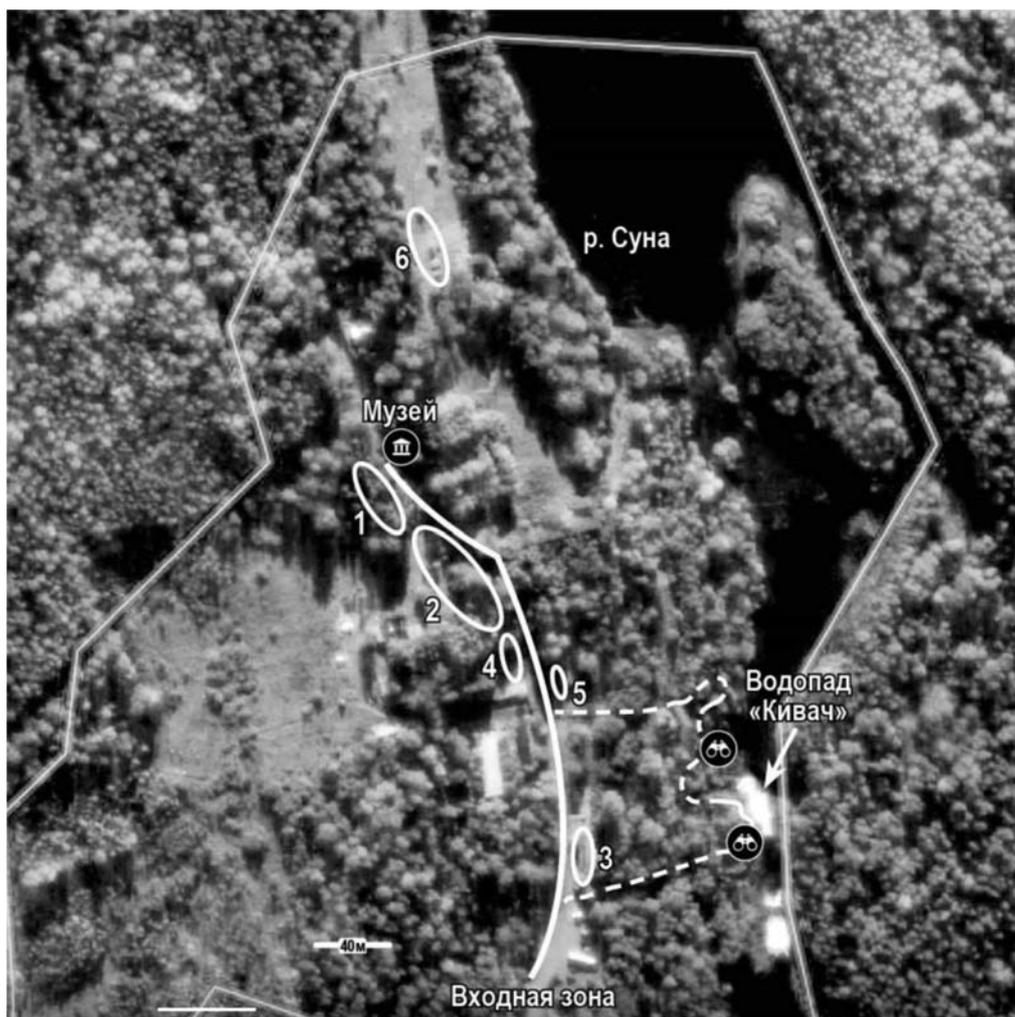


Рис. 1. Схема расположения участков, на которых произрастают деревья, образующие популяцию карельской березы в границах ГПЗп «Кивач»: на участках №№ 1–3 – семенное потомство, №№ 4–6 – вегетативное. Кондопожский район, Республика Карелия (масштабная линейка – 40 м)

Fig. 1. Layout of the plots with the trees forming a population of the curly birch within the boundaries of the Kivach State Nature Reserve: in plots no. 1–3 – seed progeny, no. 4–6 – vegetative. Kondopoga District, Republic of Karelia (scale bar – 40 m)

Таблица 1. Группы деревьев, образующие популяцию карельской березы на территории ГПЗп «Кивач» (по состоянию на август 2024 г.)

Table 1. Tree groups forming the curly birch population of the Kivach State Nature Reserve (as of August 2024)

№ группы Group number	Годы создания Years of establishment	Происхождение Genesis	Возраст, лет Age	Количество растений Number of trees
1	1959	семенное seeds	65	18
2	1972	«	52	45
3	2000	«	24	9
4	2015–2019	вегетативное ( <i>in vitro</i> ) vegetative ( <i>in vitro</i> )	5–9	10
5	2021	«	3	6
6	2021	«	3	20

Примечание. Здесь и далее номер группы деревьев соответствует номеру участка.

Note. Here and below the tree group number corresponds to the plot number.

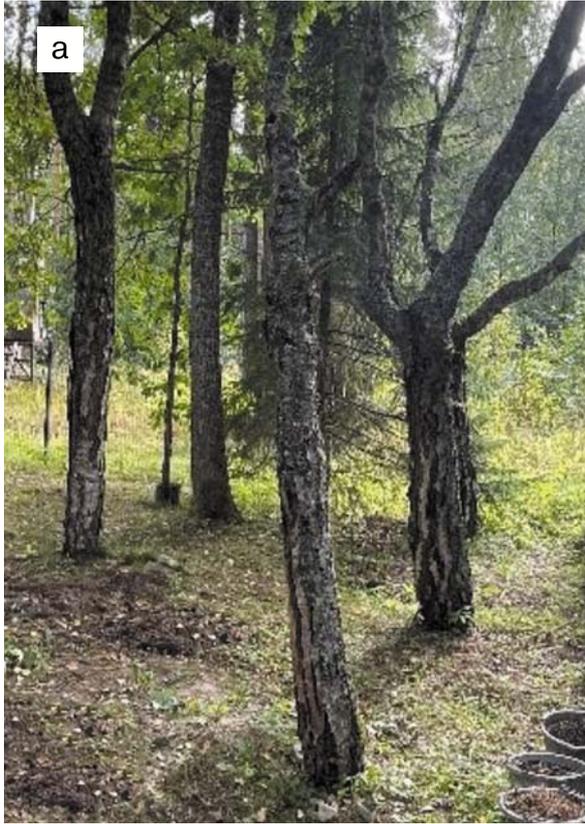


Рис. 2. Карельская береза на территории ГПЗп «Кивач», 2024 г.: участки №№ 1 (а), 2 (б), 3 (в)

Fig. 2. Curly birch in the Kivach State Nature Reserve, 2024: plots no. 1 (a), 2 (б), 3 (в)

Однако, учитывая неоднородность растений этой группы по возрасту и отсутствие информации об исходных деревьях, их ростовые показатели в данной работе не приводятся.

Участок № 3, расположенный у первого (от входа) обустроенного места спуска к водопаду Кивач, представлен группой деревьев, сформированной в 2000 г. с использованием семенного материала, полученного в результате различных вариантов контролируемого опыления карельской березы между собой, а также с березой повислой (табл. 1; рис. 1, 2, в). Информация о происхождении родительских деревьев, участвовавших в скрещивании, изначально отсутствовала, но растения, составляющие эту группу, являются одновозрастными, к настоящему времени они достигли 24 лет и соответствуют молодой генеративной стадии ( $g_1$ ).

Группы деревьев, произрастающие на участках №№ 5 и 6, созданы в 2021 г. (табл. 1; рис. 1). При их формировании использовали вегетативное потомство, полученное путем клонального микроразмножения. В этом случае исходным материалом служила культура тканей 12 генотипов карельской березы, которая является частью коллекции клонов *in vitro*, созданной в Институте леса Карельского научного центра РАН [Коллекция ..., 2016]. Возраст растений к моменту проведения исследований составил 3 года, и они находятся на виргинильной стадии ( $v$ ) онтогенетического развития. Группы №№ 5 и 6 занимают два участка, один из которых (№ 5) находится на склоне в непосредственной близости от второго (от входа) обустроенного места спуска к водопаду Кивач, а другой (№ 6) – примерно в 200 м дальше от него на левом берегу р. Суна вниз по течению.

В ходе выполнения полевых работ измеряли высоту и диаметр ствола индивидуально у каждого дерева. Высоту деревьев семенного происхождения определяли с помощью высоотомера Haglöf EC II (Швеция), диаметр ствола – мерной вилкой с двух сторон дерева на высоте 1,3 и 0,5 м, а также на уровне шейки корня у основания ствола. Высоту растений вегетативного происхождения (за исключением деревьев группы № 4) измеряли специальной линейкой с точностью  $\pm 0,5$  см, а диаметр стволиков – мерной вилкой на высоте 0,1 м. При регистрации ростовых показателей определяли также форму роста: высоко-, короткоствольная или кустообразная [Соколов, 1950; Ветчинникова и др., 2013; Ветчинникова, Титов, 2023]. Наличие узорчатой текстуры в древесине устанавливали визуально по косвенным признакам, характерным для карельской березы, к которым прежде

всего относятся утолщения или выпуклости на поверхности ствола [Saarnio, 1976; Haggqvist, Mikkola, 2008; Ветчинникова и др., 2023]. Об уровне изменчивости ростовых показателей судили по размаху изменчивости и коэффициентам вариации ( $C$ , %), используя шкалу, предложенную для древесных растений [Мамаев, 1973], согласно которой:  $C < 7$  % – очень низкий уровень изменчивости;  $C = 8-12$  % – низкий;  $C = 13-20$  % – средний;  $C = 21-30$  % – повышенный;  $C = 31-40$  % – высокий и  $C > 40$  % – очень высокий.

Статистическую обработку данных осуществляли, используя пакет R (version 4.4.0). Для проверки нормальности распределения данных применяли критерий Шапиро – Уилка. Для оценки достоверности различий между средними значениями ростовых показателей деревьев, произрастающих на разных участках, использовали t-тест Стьюдента, дисперсионный анализ (ANOVA) и тест Тьюки HSD (Honestly Significant Difference). Все обсуждаемые в статье различия были значимы при  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

### *Ростовые показатели деревьев карельской березы семенного происхождения*

Исследования показали, что к настоящему времени в популяции карельской березы, созданной на территории ГПЗп «Кивач» в конце 1950-х – начале 1970-х гг., среди растений семенного происхождения преобладают деревья с явно выраженными косвенными признаками наличия узорчатой древесины, однако их сохранность и состояние в разновозрастных группах, произрастающих на участках №№ 1 и 2, существенно различались. Группа № 1 состояла в 2003 г. из 20 деревьев [Ветчинникова, Ветчинникова, 2006], к 2024 г. из них осталось 18 (90 % от общего числа деревьев). Значительно ниже оказалась сохранность в группе № 2: из 65 деревьев к настоящему времени осталось 45 (69 %). По всей вероятности, это обусловлено изначально высокой плотностью посадки и, соответственно, высокой конкуренцией деревьев карельской березы между собой в тех случаях, когда другие сопутствующие породы были удалены при проведении уходов. В результате выживали те деревья, у которых скорость роста в высоту была выше. Таким образом, к 2024 г. высота деревьев карельской березы, сохранившихся на участке № 2, в среднем равнялась 16,0 м, варьируя от 4,9 до 24,3 м (табл. 2). На участке № 1, на котором деревья старше деревьев участка № 2 на 13 лет, их высота была ниже

и в среднем составила 11,6 м, а максимальная не превышала 15,8 м. Диаметр же ствола у деревьев был практически одинаковым на обоих участках (независимо от высоты, на которой проводили измерения, – 1,3, 0,5 м или у корневой шейки). Однако размах изменчивости по данному признаку оказался выше у деревьев на участке № 1, что нашло свое отражение и в величине коэффициента вариации (табл. 2).

Более низкие значения высоты деревьев на участке № 1 по сравнению с № 2, по всей вероятности, связаны не столько с их возрастом, сколько со значительным изменением уровня

освещенности деревьев карельской березы вследствие перехода сформированного рядом елового насаждения в верхний ярус. Добавим, что за последние 10 лет (с 2013 по 2024 г.) прирост в высоту у деревьев группы № 1 по сравнению с группой № 2 был в 2,5 раза ниже и составил в среднем 1,9 и 4,8 м соответственно. Из-за недостаточного уровня освещенности у части деревьев на обоих участках наблюдается также изменение направления роста ствола в виде его искривления в сторону открытых пространств и/или наибольшей освещенности.

Таблица 2. Ростовые показатели у разных групп деревьев карельской березы семенного происхождения, произрастающих на территории ГПЗп «Кивач»

Table 2. Growth parameters in different groups of seed-genesis curly birch trees growing in the Kivach State Nature Reserve

Показатель Parameter	Номер группы / Group number		
	1	2	3
	Высота, м / Height (H), m		
Число деревьев Number of trees	18	45	9
Среднее значение, м Mean, m	11,6 ± 0,7	16,0 ± 0,7	12,5 ± 1,9
Размах изменчивости, м Range, m	4,8–15,8	4,9–24,3	4,9–18,8
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	26,9	31,0	44,5
	Диаметр ствола на высоте 1,3 м Diameter at H = 1.3 m		
Число деревьев Number of trees	18	45	9
Среднее значение, см Mean, m	20,3 ± 1,7	20,5 ± 0,8	16,2 ± 1,6
Размах изменчивости, см Range, cm	9,0–32,5	9,75–34,0	11,0–24,0
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	38,9	26,9	28,9
	Диаметр ствола на высоте 0,5 м Diameter at H = 0.5 m		
Число деревьев Number of trees	18	45	9
Среднее значение, см Mean, m	22,5 ± 2,0	22,2 ± 0,8	18,6 ± 1,7
Размах изменчивости, см Range, cm	9,0–37,5	12,5–33,8	11,2–25,7
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	37,2	24,8	28,0
	Диаметр ствола у корневой шейки Diameter at root collar		
Число деревьев Number of trees	18	45	9
Среднее значение, см Mean, m	24,0 ± 2,0	26,3 ± 1,0	23,2 ± 2,4
Размах изменчивости, см Range, cm	8,5–42,0	14,5–42,0	12,8–32,0
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	35,8	25,4	30,5

Распределение деревьев по высоте и диаметру в группах №№ 1 и 2, представленных наибольшим числом деревьев, соответствует кривой нормального распределения. При этом на обоих участках доминируют деревья с высокоствольной формой роста (83 и 60 % на участках №№ 1 и 2 соответственно). По-видимому, это связано с особенностями роста карельской березы в зависимости от условий освещения, когда по мере усиления затенения в результате смыкания крон соседних деревьев (обычно в возрасте 25–30 лет) растения кустообразной формы роста, а затем и короткоствольной не выдерживают конкуренцию с высокоствольными деревьями и постепенно отмирают [Ветчинникова, Титов, 2020, 2021б]. По этой же причине на участках №№ 1 и 2 короткоствольные по форме роста деревья составляют 17 и 40 % соответственно, а кустообразные к настоящему времени вообще отсутствуют. Заметим, что в природных условиях, например, в Беларуси ведущая роль в формовом составе природных популяций карельской березы принадлежит короткоствольной форме роста – до 45–55 %, на долю кустообразной приходится 25–30 %, а высокоствольной – только 15–20 % [Барсукова, 1987].

Косвенными признаками наличия узорчатой древесины у карельской березы, как известно, являются выпуклости или неровности, визуально хорошо заметные на поверхности ствола (рис. 3, а, б). У деревьев, произрастающих на участках №№ 1 и 2, преобладают деревья карельской березы с мелкобугорчатым типом поверхности ствола (почти 80 % от общего числа деревьев), однако у многих из них уже произошло «сглаживание» или «заплывание» ранее выпуклой поверхности (рис. 3, в).

Следует также отметить, что к настоящему времени у части деревьев карельской березы на участках № 1 и 2 наблюдаются обломы ствола и ветвей первого порядка, наклон ствола более 45°, сильное поражение древесины гнилью, а также наличие плодовых тел дереворазрушающих грибов и наличие морозобоин в виде глубоких трещин на стволе, в разрезе которых просматриваются значительные некротические изменения древесины (рис. 4). Тем не менее в целом состояние деревьев в группах №№ 1 и 2, входящих в состав популяции карельской березы на территории ГПЗп «Кивач», можно оценить как удовлетворительное. Однако в обеих группах деревьев требуется проведение работ

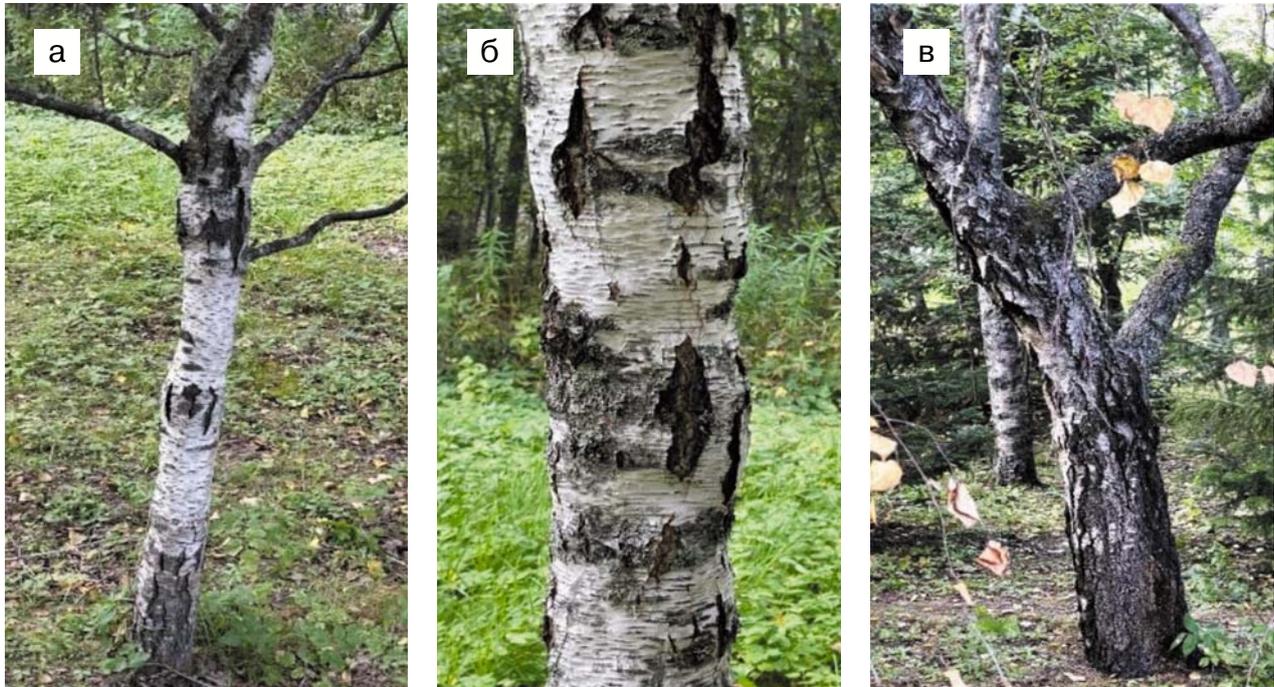


Рис. 3. Косвенные признаки, свидетельствующие о наличии узорчатой древесины, в виде выпуклостей и утолщений на поверхности ствола 24-летних деревьев карельской березы (участок № 3) (а, б) и пример их «заплывания» к 64 годам (участок № 1) (в). ГПЗп «Кивач», 2024 г.

Fig. 3. Signs indirectly indicating the presence of figured wood in the form of bulges and thickenings on the trunk surface of 24-year-old curly birch trees (plot no. 3) (а, б) and an example of their 'sagging' by 64 years of age (plot no. 1) (в). Kivach Sate Nature Reserve, 2024

по уходу, прежде всего направленных на удаление деревьев, имеющих явно выраженные признаки, соответствующие категориям аварийности.

В группе растений № 3 средние и максимальные значения высоты 24-летних молодых генеративных деревьев оказались меньше, чем 52-летних (участок № 2), на 3,5 и 5,5 м соответственно, а по сравнению с 65-летними (группа № 1), напротив, – выше соответственно на 0,9 и 3,0 м (табл. 2). При этом минимальные значения высоты деревьев во всех трех группах были примерно одинаковыми независимо от их возраста, онтогенетического состояния и условий произрастания. Высокий коэффициент вариации (44,5 %) свидетельствует о значительной вариабельности данного показателя в группе 24-летних деревьев (участок № 3), что, возможно, обусловлено в данном случае небольшой выборкой, а также биологическими особенностями карельской березы, которая характеризуется высоким полиморфизмом по ряду признаков, включая форму роста и тип поверхности ствола.

Наряду с высотой деревьев важным ростовым показателем является диаметр ствола. У 24-летних деревьев (участок № 3) неза-

висимо от высоты, на которой проводили измерения диаметра ствола, средние и максимальные значения были ниже, а минимальные – выше по сравнению с 65-летними деревьями (участок № 1) и лишь немногим уступали 52-летним (участок № 2) (табл. 2). Отметим также, что у молодых генеративных деревьев уже к возрасту 24 лет (участок № 3) средние значения диаметра ствола достигли 16,2, 18,6 и 23,2 см (на высоте 1,3, 0,5 м и у корневой шейки соответственно), а максимальные были от 24 до 32 см, что является вполне достаточным, например, для производства строганого шпона в случае, если бы речь шла о промышленной плантации.

Исследования также показали, что, несмотря на близость семенного потомства по ростовым показателям, абсолютные их значения внутри одновозрастных групп карельской березы могут заметно различаться. По всей вероятности, это связано с биологическими особенностями карельской березы и тем полиморфизмом, который отражает наличие генетической разнородности у деревьев, составляющих популяцию и ее отдельные группы, по ряду признаков, включая форму роста и тип поверхности ствола.



Рис. 4. Примеры повреждения стволов у отдельных деревьев карельской березы: а – морозобоины, б – облом ствола и ветвей первого порядка, в – наличие на стволе плодовых тел дереворазрушающих грибов. ГПЗп «Кивач», 2024 г.

Fig. 4. Examples of trunk damage in individual curly birch trees: а – frost damage, б – breakage of trunk and first-order branches, в – fruiting bodies of wood-decay fungi on the trunk. Kivach State Nature Reserve, 2024

*Ростовые показатели деревьев карельской березы вегетативного происхождения*

Учитывая общее состояние деревьев семенного происхождения, работы по сохранению, а также изучению карельской березы на территории ГПЗп «Кивач» продолжают на протяжении многих лет, а сама популяция периодически пополняется растениями, но уже не семенного, а вегетативного происхождения, полученными путем клонального микро-размножения (с использованием коллекции клонов *in vitro* [Коллекция..., 2016]), которое позволяет гарантированно сохранять в потомстве признаки, соответствующие исходным деревьям. Так, в 2021 г. сотрудниками ИЛ КарНЦ РАН совместно с работниками заповедника высажены две новые группы растений (участки №№ 5 и 6) (табл. 1), где 10 из 12 представленных клонов имеют карельское происхождение, а один из них генетически соответствует дереву, произрастающему на участке № 1 ГПЗп «Кивач». При этом растения группы № 5 соответствуют одному клону (генотипу), который включает 6 генетически однородных растений, а группа № 6 сформирована из 20 растений, соответствующих 11 клонам (генотипам).

Сравнительный анализ ростовых показателей растений вегетативного происхождения, представленных на участках №№ 5 и 6, показал, что уже спустя три года после посадки

они различались как по высоте, так и по диаметру ствола (табл. 3). Причем на участке № 6 растения характеризуются более высокими значениями по первому признаку, а на участке № 5 – по второму. Скорее всего, это связано с генетическими особенностями исходных генотипов, проявление которых мы наблюдаем у растений (клонов), полученных путем клонального микро-размножения, независимо от их возраста и места произрастания. Так, на участке № 5 представлены клоны, исходный растительный материал которых соответствует карельской березе, имеющей короткоствольную форму роста. К возрасту трех лет растения этой группы, являясь генетически однородными, сохранили близкие значения по высоте, и, соответственно, коэффициент вариации по этому показателю у них характеризуется низким уровнем (7,7 %) (табл. 3).

На участке № 6 растения представлены 11 клонами, среди которых большинство исходных генотипов имеют высокоствольную форму роста. У этого вегетативного потомства по сравнению с группой № 5 средние значения и размах изменчивости по высоте больше, а коэффициент вариации соответствует среднему уровню варибельности (15,8 %). Обращает на себя внимание значительный размах изменчивости и очень высокий коэффициент вариации по диаметру ствола у растений группы № 5, которые, скорее всего, обусловлены

Таблица 3. Ростовые показатели у деревьев карельской березы вегетативного происхождения, произрастающих на территории ГПЗп «Кивач»

Table 3. Growth parameters of vegetative-genesis curly birch trees growing in the Kivach State Nature Reserve

Показатель Parameter	Номер группы / Group number	
	5	6
	Высота, м Height (H), m	
Число деревьев Number of trees	6	20
Среднее значение, м Mean, m	1,5 ± 0,1	1,8 ± 0,1
Размах изменчивости, м Range, m	1,4–1,7	1,3–2,4
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	7,7	15,9
	Диаметр ствола у корневой шейки Diameter at root collar	
Число деревьев Number of trees	6	20
Среднее значение, см Mean, cm	2,3 ± 0,4	1,3 ± 0,1
Размах изменчивости, см Range, cm	1,0–3,5	0,6–2,1
Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	40,5	30,9

началом формирования у части из них утолщений на поверхности ствола, косвенно свидетельствующих об образовании узорчатой древесины (рис. 5).

### Заключение

Карельская береза, как было отмечено, является одним из главных объектов дендрологической коллекции, созданной на территории ГПЗп «Кивач». Работы, начатые здесь в 1930-е годы, явились первыми в России и послужили началом целенаправленного изучения биологических особенностей тогда еще малоизученной древесной породы, обладающей высокоценной древесиной и уже имеющей спрос на мировом рынке в качестве древесного сырья. Последнее, наряду с уникальными биологическими особенностями карельской березы [Ветчинникова, Титов, 2019, 2021a], объясняет повышенный интерес к этому объекту, который наблюдается на протяжении многих лет в целом ряде стран.

В настоящее время популяция карельской березы, находящаяся на территории ГПЗп «Кивач», представлена шестью разновозрастными группами растений, расположенными на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга, общей численностью 108 деревьев.

Три группы из шести имеют семенное происхождение (72 дерева, возраст от 24 до 65 лет), а три – вегетативное, полученное путем клонального микроразмножения *in vitro* (36 растений, возраст от 3 до 9 лет).

Исследования показали, что в целом условия, сложившиеся на территории ГПЗп «Кивач», можно считать вполне благоприятными для роста карельской березы, что следует из анализа данных по ростовым показателям. К сожалению, в момент создания участков в 1950–1970-е годы не были соблюдены нормы ее посадки, и к настоящему времени деревья короткоствольной формы роста оказались отчасти в угнетенном состоянии, а кустообразной – совсем утраченными, хотя именно они характеризуются наиболее насыщенной узорчатой текстурой древесины. Одним из главных факторов, лимитирующих рост растений в данных условиях, следует считать снижение уровня освещенности, которое произошло в одном случае в результате конкуренции деревьев карельской березы между собой, а в другом – из-за подросшего рядом елового насаждения. В дальнейшем при формировании новых групп растений подбирались уже участки с хорошей освещенностью, поэтому ростовые показатели (в частности, в высоту и по диаметру ствола у корневой шейки) у 24-летних деревьев превышают таковые у 65-летних.



Рис. 5. Проявление косвенных признаков наличия узорчатой древесины у растений вегетативного происхождения: а – в возрасте 8 лет (участок № 4); б, в – в возрасте 3 лет (участок № 5). ГПЗп «Кивач», 2024 г.

Fig. 5. Manifestation of indirect signs of figured wood in vegetative-genesis plants: а – at the age of 8 years (plot no. 4); б, в – 3 years (plot no. 5). Kivach State Nature Reserve, 2024.

Изменчивость изученных ростовых показателей деревьев в целом соответствует нормальному распределению (или близка к нему), а установленные значения коэффициента вариации в значительной степени зависят от возраста деревьев, их онтогенетического состояния, условий освещенности и особенно от уровня генетической гетерогенности каждой из шести изученных групп. Так, например, у деревьев семенного происхождения на стадии молодых генеративных растений ( $g_1$ ) коэффициент вариации по высоте соответствует высокому или очень высокому уровню (34–45 %). Но с возрастом, начиная, как правило, со средневозрастной генеративной стадии ( $g_2$ ) он постепенно снижается (31 %), достигая у растений в поздний генеративный период ( $g_3$ ) величины в 27 %.

У вегетативного потомства к возрасту трех лет на этапе их виргинильного развития

величина коэффициента вариации по высоте у генетически однородных клонов находится на низком уровне (около 8 %), а у гетерогенных – на среднем (около 16 %). В то же время в обеих группах растений наблюдали высокий уровень изменчивости по диаметру ствола на уровне корневой шейки, что, по-видимому, обусловлено наличием неровностей и утолщений на его поверхности, свидетельствующих о начале формирования узорчатой текстуры в древесине.

Заметим, что по средним значениям высоты и размаху изменчивости по этому признаку деревья семенного происхождения в возрасте 52 лет, произрастающие на территории ГПЗп «Кивач», превышают одновозрастные деревья, расположенные, к примеру, в Ленинградской области [Ветчинникова и др., в печати] (табл. 4). При этом ростовые показатели,

Таблица 4. Сравнительные данные, характеризующие высоту деревьев карельской березы, произрастающих в искусственно созданных популяциях в Республике Карелия и Ленинградской области

Table 4. Comparative data on the height of curly birch trees growing in man-made populations in the Republic of Karelia and the Leningrad Region

Местонахождение и объект исследований Location and study object	Год создания Year of establishment	Возраст Age	Число деревьев Number of trees	Высота	
				среднее значение, м mean, m	размах изменчивости, м range, m
Семенное потомство / Seed progeny					
Карелия, ГПЗп «Кивач» Karelia, Kivach Nature Reserve группа деревьев № 1 tree group #1	1959	65	18	11,6 ± 0,7	4,8–15,8
группа деревьев № 2 tree group #2	1972	52	45	16,0 ± 0,7	4,9–24,3
группа деревьев № 3 tree group #3	2000	24	9	12,5–1,9	4,9–18,8
Ленинградская область* Leningrad Region*					
питомник Лисинского лесного колледжа Lisino Forest College nursery	1970	52	144	12,3 ± 4,2	3,4–21,3
Гатчинская ПЛСУ Gatchina PFSP	1971	51	151	13,2 ± 4,6	3,7–24,0
Вегетативное потомство / Vegetative progeny					
Карелия, ГПЗп «Кивач» Karelia, Kivach Nature Reserve группа деревьев № 5 tree group #5	2021	3	6	1,5 ± 0,1	1,4–1,7
группа деревьев № 6 tree group #6	2021	3	20	1,8 ± 0,1	1,3–2,4
Карелия, ГПЗк «Кижский»** Karelia, Kizhsky Nature Sanctuary					
участок «Южный» Yuzhnyi (Southern) site	2015	2 4	8	1,2 ± 0,1 2,0 ± 0,2	1,0–1,4 1,8–2,3
участок «Восточный» Vostochnyi (Eastern) site	2015	2 4	10 9	1,2 ± 0,3 1,8 ± 0,3	0,8–1,7 1,3–2,1

Примечание. ПЛСУ – постоянный лесосеменной участок; ГПЗк – государственный природный заказник. \*По данным: Ветчинникова и др., в печати; \*\*по данным: Ветчинникова, Титов, 2024б.

Note. PFSP – permanent forest seed plot. \*According to: Vetchinnikova et al., in press; \*\*according to: Vetchinnikova, Titov, 2024b.

зафиксированные у вегетативного потомства, указывают на то, что в условиях заповедника «Кивач» растения в возрасте трех лет сопоставимы по высоте или даже превышают таковые, участвующие в настоящее время в восстановлении популяции карельской березы в границах ГПЗк «Кижский» [Ветчинникова, Титов, 2024б].

Вместе с тем необходимо отметить, что определенные опасения вызывает состояние отдельных деревьев, высаженных на территории заповедника более 50 лет назад. Они еще не достигли критического возраста, но некоторые из них уже имеют явно выраженные признаки, соответствующие категориям аварийности, установленным Правилами санитарной безопасности в лесах. Согласно им деревья с углом наклона ствола  $\geq 45^\circ$  относятся к I категории; с наличием плодовых тел дереворазрушающих грибов и признаками поражения гнилевыми болезнями, нарушающими прочность древесины, – к II; деревья с повреждениями и утратой целостности ствола (дупла, трещины, расщепление ствола, механические повреждения) – к III. Очевидно, что в самое ближайшее время требуется удалить все аварийные деревья, и лучше осуществить это в конце ближайшей зимы – начале весны, чтобы накопленные ранее в корнях органические вещества могли расходоваться на образование порослевых побегов, способных дать начало «новым» растениям с наступлением вегетационного периода в очередном календарном году.

В целом из результатов проведенного исследования и их анализа следует ряд выводов и соображений.

Во-первых, общее состояние популяции карельской березы, находящейся на территории ГПЗп «Кивач», можно признать удовлетворительным, хотя в ее составе имеются аварийные деревья, требующие ликвидации.

Во-вторых, несмотря на то что популяция карельской березы, созданная в границах ГПЗп «Кивач», представлена относительно небольшим количеством деревьев (чуть более 100), она является важной частью ценного генофонда карельской березы, составляющего, в свою очередь, часть природного наследия Карелии, а ее лучшие деревья (генотипы) могут быть источником для получения семян и пополнения коллекции клонов в культуре тканей, что может стать основой для осуществления практических работ по ее воспроизводству.

В-третьих, исследования карельской березы, ведущиеся в Институте леса КарНЦ РАН на протяжении уже почти 70 лет, доказали целесообразность и перспективность использования посадочного материала не только семенного

происхождения, но и вегетативного, полученного с привлечением клонального микроразмножения, в целях воспроизводства, в том числе расширенного, этого уникального представителя европейской аборигенной дендрофлоры и на территории Республики Карелия, и за ее пределами.

В-четвертых, в дальнейшем при создании плантаций карельской березы с коммерческими целями ООПТ с участием карельской березы, созданные в разные годы в Республике Карелия, могут рассматриваться как важный источник генетического разнообразия, а отдельные генотипы, отобранные здесь по тем или иным характеристикам, позволят вести селекционно-генетическую работу в разных направлениях и с разными целями.

В-пятых, подобно другим популяциям и насаждениям карельской березы популяция, созданная на территории ГПЗп «Кивач», является важным и интересным биологическим объектом, который позволяет проводить на его основе как фундаментальные, так и прикладные исследования.

## Литература

- Азбукина Р. Е., Быков Ю. А., Вахромеев И. В., Веселкин Г. А., Давыдова С. Н., Горькавый В. И., Карпинский А. Ю., Лавров И. А., Михлин В. Е., Петриченко Л. Н., Сергеев М. А., Серегин П. А., Скрипченко Л. С., Скрипченко Ф. А., Усков М. В., Цадкина А. А. Красная книга Владимирской области / Администрация Владим. обл., Департамент природопользования и охраны окружающей среды, Гос. автоном. учреждение «Единая дирекция особо охран. прир. территорий Владим. обл.». Владимир: Транзит-ИКС, 2010. С. 95.
- Андреев К. А. Справка о заповеднике «Кивач». 1962 г. (рукопись) // Архив КарНЦ РАН. Ф. 5, оп. 3, ед. хр. 45. 7 с.
- Барсукова Т. Л. Береза карельская в Беларуси // Интенсификация лесного хозяйства в Белорусской ССР. Сборник научных трудов. М.: ВНИИЛМ, 1987. С. 142–149.
- Ветчинникова Л. В., Ветчинникова Т. Ю. Оценка состояния насаждений карельской березы на территории заповедника «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. 2006. Вып. 10. С. 5–9.
- Ветчинникова Л. В., Жигунов А. В., Гудкова К. А., Савельев О. А. Современное состояние насаждений карельской березы в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии (в печати).
- Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Ботанические заказники карельской березы в Республике Карелия // Труды Карельского научного центра РАН. 2024а. № 1. С. 58–73. doi: 10.17076/bg1852
- Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Карельская береза: важнейшие результаты и перспективы исследований. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2021а. 243 с.

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Карельская береза: загадки остаются // Успехи современной биологии. 2023. Т. 143, № 1. С. 91–104. doi: 10.31857/S0042132423010118

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Карельская береза – уникальный биологический объект // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139, № 5. С. 412–433. doi: 10.1134/S0042132419050107

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Костина Е. Э., Жигунов А. В. Сибсовое потомство карельской березы на Заонежской лесосеменной плантации // Известия вузов. Лесной журнал. 2023. № 5. С. 9–26. doi: 10.37482/0536-1036-2023-5-9-26

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Кузнецова Т. Ю. Карельская береза: биологические особенности, динамика ресурсов и воспроизводство. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 312 с.

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Особенности структуры популяций карельской березы // Успехи современной биологии. 2020. Т. 140, № 6. С. 601–615. doi: 10.31857/S0042132420050087

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Пространственная и возрастная структура популяций березы повислой и карельской березы // Труды Карельского научного центра РАН. 2021б. № 11. С. 22–38. doi: 10.17076/eb1501

Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф. Реинтродукция и восстановление популяции *Betula pendula* var. *carelica* в государственном природном заказнике «Кижский» // Растительные ресурсы. 2024б. Т. 60, вып. 4. С. 69–85. doi: 10.31857/S0033994624040048

Коллекция *in vitro* клонов редких растений семейства Betulaceae // Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации: центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки [Электронный ресурс]. 2016. URL: <https://ckp-rf.ru/usu/465691/> (дата обращения: 09.10.2024).

Мамаев С. М. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 284 с.

Николаева Н. Н., Воробьев В. В. Современное состояние и структура генетического резервата карельской березы (национальный парк «Себежский», Псковская область) // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 8, № 5. С. 53–66.

Особо охраняемые природные территории Республики Карелия / Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия, Бюджетное природоохранное рекреационное учреждение Республики Карелия «Дирекция особо охраняемых природных территорий регионального значения Республики Карелия», Карельский научный центр РАН; сост. Кипрухин И. В. и др. СПб.: Свое изд-во, 2017. 432 с.

Педдер Ю. А. Государственный лесной заповедник «Кивач» КНИИ. 1931 г. (рукопись) // Архив КарНЦ РАН. Ф. 1, оп. 33, ед. хр. 272. 10 с.

Соколов Н. О. Госзаповедник «Кивач». 1934 г. (рукопись) // Архив КарНЦ РАН. Ф. 1, оп. 33, ед. хр. 277. 14 с.

Соколов Н. О. Карельская береза. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1950. 116 с.

Хохлова Т. Ю., Антипин В. К., Токарев П. Н. Особо охраняемые природные территории Карелии. Изд. 2-е, доп. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 312 с.

Яковлев Ф. С. Анатомическое строение ствола карельской березы // Известия Карело-Финской научно-исследовательской базы АН СССР. 1949. № 1. С. 3–19.

Яковлев Ф. С. Заповедник «Кивач» (краткий справочник). 1963 г. (рукопись) // Архив КарНЦ РАН. Ф. 5, оп. 3, ед. хр. 46. 7 с.

Яковлев Ф. С., Романовская М. М. Изучение влияния условий среды на рост и развитие карельской березы. 1959 г. (рукопись) // Архив КарНЦ РАН. Ф. 5, оп. 6, ед. хр. 9. 57 с.

Hagqvist R., Mikkola A. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Metsäkustannus Oy, 2008. 168 s.

Saarnio R. Viljeltyjen visakoivikoiden laatuja kehitys Etelä-Suomessa // Folia Forestalia. 1976. N 263. S. 3–28.

## References

Andreev K. A. A brief report on the Kivach Nature Reserve. 1962 (manuscript). *Archive of the KarRC RAS*. F. 5, inv. 3, item 45. 7 p. (In Russ.)

Azbukina R. E., Bykov Yu. A., Vakhromeev I. V., Veselkin G. A., Davydova S. N., Gor'kavyi V. I., Karpinskiy A. Yu., Lavrov I. A., Mikhlin V. E., Petrichenko L. N., Sergeev M. A., Seregin P. A., Skripchenko L. S., Skripchenko F. A., Uskov M. V., Tsadkina A. A. The Red Data Book of the Vladimir Region. Vladimir: Tranzit-IKS; 2010. P. 95. (In Russ.)

Barsukova T. L. Curly birch in Belarus. *Intensifikatsiya lesnogo khozyaistva v Belorusskoi SSR. Sbornik nauchnykh trudov = Intensification of forestry in the Belarusian SSR. Proceedings*. Moscow: VNIILM; 1987. С. 142–149. (In Russ.)

Hagqvist R., Mikkola A. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Metsäkustannus Oy; 2008. 168 p. (In Finn.)

In vitro collection of rare plant clones of Betulaceae family. *Nauchno-tekhnologicheskaya infrastruktura Rossiiskoi Federatsii: tsenyri kollektivnogo pol'zovaniya nauchnym oborudovaniem i unikal'nye nauchnye ustanovki = Scientific and technological infrastructure of the Russian Federation: Centers for collective use of scientific equipment and unique scientific facilities*. 2016. (In Russ.). URL: <https://ckp-rf.ru/usu/465691/> (accessed: 09.10.2024).

Khokhlova T. Yu., Antipin V. K., Tokarev P. N. Specially protected natural areas of Karelia. 2<sup>nd</sup> ed., enl. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2000. 312 p. (In Russ.)

Kiprukhin I. V. et al. (comp.). Specially protected natural areas of the Republic of Karelia. St. Petersburg: Svoe izd-vo; 2017. 432 p. (In Russ.)

Mamaev S. A. Forms of intraspecific variability of woody plants (the case of the Pinaceae family in the Urals). Moscow: Nauka; 1973. 284 p. (In Russ.)

Nikolaeva N. N., Vorobiev V. V. The current state and structure of Karelian birch genetic reserve (Sebezhsky National Park, Pskov Region). *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Kola Science Centre RAS*. 2017;8(6-5):53–66. (In Russ.)

Pedder Yu. A. Kivach State Forest Reserve KRI. 1931 (manuscript). *Archive of the KarRC RAS*. F. 1, inv. 33, item 272. 10 p. (In Russ.)

Saarnio R. Viljeltyjen visakoivikoiden laatuja kehitys Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia*. 1976;263:3–28. (In Finn.)

Sokolov N. O. Curly birch. Petrozavodsk: Gos. izd-vo KFSSR; 1950. 116 p. (In Russ.)

Sokolov N. O. Kivach State Reserve. 1934 (manuscript). *Archive of the KarRC RAS*. F. 1, inv. 33, item 277. 14 p. (In Russ.)

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Botanical reserves of curly birch in the Republic of Karelia. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS*. 2024a;1:58–73. (In Russ.). doi: 10.17076/bg1852

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Curly birch: major research results and prospects for future research. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2021. 243 p. (In Russ.)

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Curly birch: some secrets remain. *Biol. Bull. Rev.* 2023;13(2):162–174. doi: 10.1134/S207908642302010X

Vetchinnikova L. V., Titov A. F., Kostina E. E., Zhigunov A. V. Sibs progeny of curly birch at the Zaonezhye forest seed orchard. *Izvestiya vuzov. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2023;5:9–26. (In Russ.). doi: 10.37482/0536-1036-2023-5-9-26

Vetchinnikova L. V., Titov A. F., Kuznetsova T. Yu. Curly birch: biological characteristics, resource dynamics, and reproduction. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2013. 312 p. (In Russ.)

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Reintroduction and restoration of the curly birch population in Kizhsky State Nature Sanctuary. *Rastitel'nye Resursy = Plant Resources*. 2024b;60(4):69–85. (In Russ.). doi: 10.31857/S0033994624040048

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Spatial and age structure of silver birch and curly birch populations. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS*. 2021;11:22–38. (In Russ.). doi: 10.17076/eb1501

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. Specific characteristics of Karelian birch population structure. *Biol. Bull. Rev.* 2021;4:414–427. doi: 10.1134/S2079086421040095

Vetchinnikova L. V., Titov A. F. The Karelian birch – a unique biological object. *Biol. Bull. Rev.* 2020;10:102–114. doi: 10.1134/S2079086420020085

Vetchinnikova L. V., Vetchinnikova T. Yu. Assessment of the curly birch plantings condition on the territory of the Kivach Nature Reserve. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS*. 2006;10:5–9. (In Russ.)

Vetchinnikova L. V., Zhigunov A. V., Gudkova K. A., Savel'ev O. A. Current state of curly birch plantations in Leningrad Oblast. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii* (in press). (In Russ.)

Yakovlev F. S. Anatomical structure of Karelian birch trunk. *Izvestiya Karelo-Finskoi nauchno-issledovatel'skoi bazy AN SSSR = Proceedings of the Karelo-Finnish Research Base of the Academy of Sciences of the USSR*. 1949;1:3–19. (In Russ.)

Yakovlev F. S. Kivach Reserve (a brief guide), 1963 (manuscript). *Archive of the KarRC RAS*. F. 5, inv. 3, item 46. 7 p.

Yakovlev F. S., Romanovskaya M. M. Study of the influence of environmental conditions on the growth and development of Karelian birch. 1959 (manuscript). *Archive of the KarRC RAS*. F. 5, inv. 6, item 9. 57 p.

Поступила в редакцию / received: 10.10.2024; принята к публикации / accepted: 22.10.2024.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### Ветчинникова Лидия Васильевна

д-р биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории лесных биотехнологий

e-mail: vetchin@krc.karelia.ru

### Титов Александр Федорович

чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, профессор, руководитель лаборатории экологической физиологии растений

e-mail: titov@krc.karelia.ru

### Гудкова Ксения Александровна

стажер-исследователь лаборатории лесных биотехнологий

e-mail: gudkova@krc.karelia.ru

## CONTRIBUTORS:

### Vetchinnikova, Lidia

Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher

### Titov, Alexander

RAS Corr. Fellow, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of Laboratory

### Gudkova, Kseniya

Trainee Researcher