

Л.В. Ветчинникова, А.В. Жигунов, К.А. Гудкова, О.А. Савельев

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Одним из наиболее ценных и уникальных представителей аборигенной лесной дендрофлоры Северо-Запада России считается карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti. Интерес к ней обусловлен прежде всего необычностью строения древесины, проводящие элементы которой направлены не строго вертикально, а под разными углами, что приводит к образованию в ней извилистой линии годичных колец, появлению «узорчатости» и оригинальной цветовой гаммы, напоминающей по рисунку мрамор. Именно вследствие этого сердцевина древесины карельской березы на поперечном спиле имеет форму многолучевой звезды (вероятно, поэтому такой «узор» карельской березы финны часто называют «цветком»). Узорчатая текстура, в свою очередь, приводит к изменению физико-химических свойств древесины, повышая ее плотность (от 670 до 840 кг/м³) и твердость (от 3,5 до 5,0 – по Бринеллю) [Евдокимов, 1989; Пылаев, Пылаева, 2018]. Первые сведения о березе, которая «внутренностью походит на мрамор», находим в описаниях лесного знателя форстмейстера Фердинанда Фокеля, который в первой половине 18-го века по приглашению Екатерины I обследовал местные леса северо-запада России [Редько, 1990; Ветчинникова и др., 2013]. Однако целенаправленное изучение карельской березы в Ленинградской области, как и в других регионах России, началось почти 200 лет спустя, когда в 1930-е годы сотрудники кафедры ботаники и дендрологии Ленинградской лесотехнической академии им. С.М. Кирова (ЛТА) (ныне – Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова – СПбГЛТУ) обнаружили ее отдельные деревья в Рошинском районе [Соколов, 1950] и на территории Сланцевского лесхоза [Толстомятенко, 1967]. Низкая численность карельской березы послужила также предпосылкой для создания ее искусственных насаждений. Наиболее ранние ее лесные культуры здесь созданы на территории Охтинского учебно-опытного лесхоза (Всеволожский район) в 1949 и 1957 гг. [Редько и др., 1991] по инициативе Н.О. Соколова, который считается первооткрывателем карельской березы в России. Позднее, в 1970 г., организованы посадки на территории постоянного учебно-производственного питомника Лисинского

лесного колледжа (Тосненский район), в 1970–1971 гг. заложена лесосеменная плантация (ЛСП) на территории Гатчинского лесхоза, а в 1978–1979 гг. – Тихвинского лесхоза. Однако позднее из-за отсутствия необходимой информации о родительских (исходных) деревьях насаждение в Гатчинском лесхозе переведено из категории ЛСП в ПЛСУ (постоянный лесосеменной участок). Сейчас они входят в состав объектов лесосеменной базы Ленинградской области [Гусев и др., 1982; Редько и др., 1991]. Кроме того, 19 деревьев карельской березы сохранились на территории дендропарка самого СПбГЛТУ. Следует сказать, что значительный вклад в изучение карельской березы на территории Ленинградской области внесли Н.О. Соколов [1950, 1970], а затем А.П. Евдокимов [1989]. Однако в последние десятилетия исследования по карельской березе здесь фактически не проводились [Жигунов, Фетисова, 2023], отсутствует и оценка современного состояния этих объектов, которые имеют значительный интерес, причем не только научный, но и практический.

Учитывая это, целью настоящего исследования явилось изучение роста и формового разнообразия карельской березы в наиболее крупных искусственных насаждениях, созданных в разные годы на территории Ленинградской области, а также оценка их современного состояния.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований служили искусственно созданные насаждения карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, расположенные на территории Охтинской части Учебно-опытного лесничества (4-й квартал (кв.) Жерновского участкового лесничества) (далее насаждение «Охта»), на территории постоянного учебно-производственного питомника Лисинского лесного колледжа (96-й кв. Шапкинское участкового лесничества) (далее насаждение «Шапки»), а также ПЛСУ, расположенной на Гатчинской ЛСП (далее участок «Гатчина») (12 кв., выдел 4–5 Таицкого участкового лесничества) и Тихвинская ЛСП (244 кв. Шомушского участкового лесничества), созданные в разные годы в Ленинградской области (табл. 1). Существует и несколько других мест компактного произрастания карельской березы (за исключением ботанических садов и парковых посадок), которые располагаются в Сланцевском, Тосненском и Приозерском районах. К сожалению, информация об этих насаждениях частично или полностью утрачена, отсутствуют также и сведения об их состоянии, поэтому они не были включены в число объектов исследований. Вне зоны нашего внимания остались также бывшие испытательные культуры карельской березы, созданные в 1973 г. на площади 8,8 га в Гатчинском лесхозе. Исходным материалом для них послужили семена, заготовленные с деревьев, произрастающих в бо-

танических заказниках Республики Карелия. Однако в силу высокой густоты посадки и отсутствия необходимых уходов к настоящему времени это насаждение находится в неудовлетворительном состоянии, а единичные деревья карельской березы (не имеющие какой-либо идентификации) встречаются в основном по периметру участка.

На данный момент также не удалось найти информацию о конкретных местах произрастания карельской березы в природных условиях Ленинградской области, а также ее сохранности в Рошинском и Сланцевском районах, где ее находили еще в середине XX века [Соколов, 1950; Толсто-пятенко, 1967].

Таблица 1

Характеристика наиболее крупных насаждений карельской березы, созданных на территории Ленинградской области
[по: Редько и др., 1991; Жигунов, Фетисова, 2023 с изменениями]

Characteristics of the largest plantations of Curly birch established in Leningrad Oblast
[according to: Redko et al., 1991; Zhigunov, Fetisova, 2023 with changes]

Объект исследований	Год создания	Площадь, га	Схема посадки, м	Год исследований, 2022 г.	
				Возраст, лет	Количество растений, шт.
Насаждение «Охта»	1949	1,26	2,0 × 0,7	73	23
	1957	0,33	1,5 × 1,0	65	85
Насаждение «Шапки»	1970	0,28	1,0 × 1,0	52	144
Участок «Гатчина»	1971	3,0	2,0 × 6,0	51	1198
Тихвинская ЛСП					1004
«Тихвин-1»	1978	1,5	5,0 × 5,0	44	462
«Тихвин-2»	1979	3,0	5,0 × 5,0	43	542

Насаждение «Охта» представлено двумя участками, один из которых заложен в 1949 г. на площади 1,26 га, другой – в 1957 г., 0,33 га, соответственно. При создании первого участка под посадку использовали бывшее картофельное поле, почва которого была дерново-слабоподзолистой суглинистой модермулевой на ленточных глинах [Редько и др., 1991]. Напашку борозд производили конным плугом с одновременной высадкой 2-летних сеянцев карельской березы (всего 1780 шт.) с размещением посадочных мест 2,0 × 0,7 м (табл. 1). В междурядьях высаживали люпин многолетний. Другой участок создан 6-летними саженцами карельской березы по схеме 1,5 × 1,0 м на пологом южном склоне возле реки

Жерновки, где почва слабоподзолистая модергумусная суглинистая на моренных суглинках. Семена, по сведениям очевидцев, в обоих случаях имели карельское происхождение. К моменту проведения исследований возраст насаждений составил 73 и 65 лет (первый и второй участки, соответственно) (табл. 1).

Насаждение «Шапки» площадью 0,28 га создано осенью 1970 г. на территории питомника в виде двурядной посадки в условиях камового рельефа. Почвенный покров представлен поверхностно подзолистыми иллювиально-железистыми почвами на флювиогляциальных песках. Посадку осуществляли 2-летними сеянцами по схеме 1,0 × 1,0 м. К настоящему времени возраст насаждения достиг 52 лет (табл. 1).

Для создания участка «Гатчина» площадью 3,0 га в качестве посадочного материала использовали однолетние сеянцы, выращенные в закрытом грунте в условиях Шапкинского базисного питомника и Гатчинской лесосеменной станции, а также 2-летние саженцы, выращенные в открытом грунте в питомнике Некрасовского лесничества Приозерского мехлесхоза [Гусев и др., 1982]. Почвы участка дерново-карбонатные свежие суглинистые. Посадку растений (высотой 0,6–1,0 м) осуществляли осенью 1970 г. и весной 1971 г. под лопату с размещением в шахматном порядке 2,0 × 6,0 м (табл. 1) по 3–4 шт. в одно посадочное место с учетом, что позднее будут удалены те из них, у которых не проявятся косвенные признаки в виде выпуклостей на поверхности ствола, свидетельствующие о наличии узорчатой текстуры в древесине. Дополнительно одноразово вносили торфоминерально-аммиачные удобрения. По результатам обследования в 2022 г. на Гатчинской ПЛСУ было учтено 1198 деревьев карельской березы [Жигунов, Фетисова, 2023].

На Тихвинской ЛСП карельская береза также представлена на двух участках, которые плотно прилегают друг к другу, но различаются по году создания и качеству посадочного материала. Так, в 1978 г. на площади 1,5 га были высажены 4-летние сеянцы карельской березы с закрытой корневой системой (в торфогоршках), а спустя год, в 1979 г., на площади 3,0 га – 2-летние сеянцы с открытой корневой системой, выращенные в теплицах Тихвинского питомника. Почвенный покров территории представлен слабо- и среднеподзолистыми суглинистыми почвами на моренах. Посадку проводили по одному растению в одно посадочное место по схеме 5,0 × 5,0 м. К настоящему времени возраст насаждений составил 44 и 43 года, соответственно (табл. 1).

Добавим, что предварительный статистический анализ не выявил значимых различий по высоте между деревьями на разных участках в насаждении «Охта» и на участке «Гатчина», поэтому в дальнейшем каждый из

них мы рассматривали как единый объект без разделения на участки. Наоборот, достоверные различия обнаружены между участками, созданными на территории Тихвинской ЛСП, вследствие чего их анализировали раздельно, а для удобства изложения условно обозначили как «Тихвин-1» и «Тихвин-2», соответственно.

В ходе полевых работ проводили морфометрические измерения (высота и диаметр ствола) у каждого дерева в насаждениях «Охта» и «Шапки», а на участке «Гатчина» и Тихвинской ЛСП – в каждом пятом ряду. При этом определяли форму роста: высоко-, короткоствольная или кустообразная [Соколов, 1950; Ветчинникова, Титов, 2023]. К высокоствольной относили деревья с хорошо выраженным стволом и высоко приподнятой кроной на уровне от 1,5–2,0 м и выше; к короткоствольной – те деревья, у которых стволовая часть была до 1,5 м, выше которой располагаются несколько мощно развитых скелетных ветвей, формирующих общую крону; к кустообразной относили деревья с укороченным – от 10,0 см до 1,0 м, но явно выраженным стволом, несущим раскидистую крону.

Высоту деревьев определяли с помощью высотомера Suunto PM-5/1520 РС, а диаметр ствола – мерной вилкой с двух сторон дерева на высоте 1,3 м (у деревьев карельской березы с высоко- и короткоствольной формой роста) или у основания ствола на уровне шейки корня (у деревьев с кустообразной формой роста). Для оценки изменчивости показателей использовали коэффициент вариации (C , %) и шкалу уровней изменчивости, предложенную ранее 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.

Для создания стерильной культуры тканей *in vitro* использовали апикальную (верхушечную) меристему вегетативных почек ауксисбластов (однолетние удлиненные побеги). Посадочный материал, полученный на основе клонального микроразмножения, гарантированно сохраняет признаки, свойственные исходным деревьям [Ветчинникова и др., 2013; Ветчинникова, Титов, 2022]. Полученная культура тканей стала частью коллекции клонов *in vitro* [Коллекция..., 2023], создаваемой нами в Институте леса Карельского научного центра РАН.

Статистическая обработка данных осуществлялась в пакете R «stats» (version 4.4.0) [R Core Team, 2020]. Для проверки нормальности распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка. Для сравнения средних значений между группами использовался *t*-тест Стьюдента для независимых выборок. Для многократных сравнений средних значений между группами применялся дисперсионный анализ (ANOVA) с последующей оценкой различий с помощью теста Тьюки HSD (honestly significant

difference). Визуализация данных и построение графиков осуществлялись с помощью библиотеки ggplot2 [Wickham, 2016]. Все обсуждаемые различия были значимы при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Исследования показали, что к настоящему времени в насаждениях карельской березы, искусственно созданных на территории Ленинградской области, преобладают деревья с явно выраженными косвенными признаками наличия узорчатой древесины, однако их сохранность на разных участках существенно различается. Например, в насаждении «Охта» в возрасте 34 лет признаки карельской березы отмечали у 65% от общего числа деревьев – на первом участке и у 52% – на втором [Редько и др., 1991], к возрасту 73 лет из них сохранилось лишь 6%, причем суммарно на обоих участках. По всей вероятности, это обусловлено высокой плотностью посадки и низкой конкурентоспособностью карельской березы относительно других сопутствующих быстрорастущих лиственных древесных пород, сформировавших данное насаждение в течение 73 лет со времени его создания. Об этом свидетельствует и тот факт, что большинство из сохранившихся деревьев (88%) карельской березы по форме роста оказались высокоствольными (рис. 1а). Их высота в среднем составила 19,1 м, варьируя от 2,5 до 32,0 м (табл. 2), что соответствовало высокому коэффициенту вариации (39,6%). Значительные различия здесь зафиксированы и по диаметру ствола, где его значения (на высоте 1,3 м) колебались от 8,0 до 45,0 см, а коэффициент вариации достиг 38,9%, что отразилось и на статистических показателях (рис. 2).

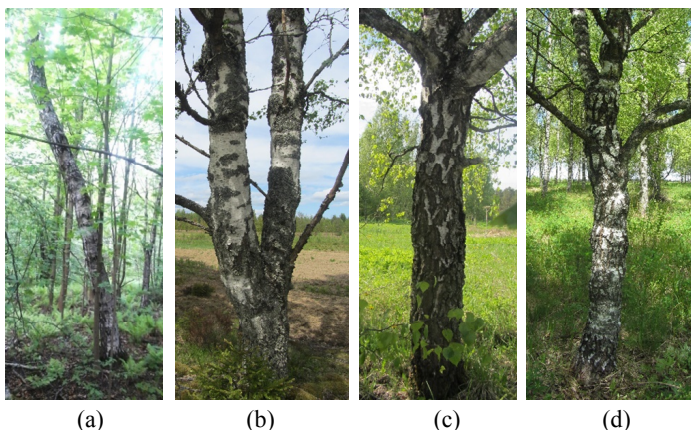


Рис. 1. Деревья карельской березы в Ленинградской области в насаждениях: «Охта» – (а); «Шапки» – (б); участок «Гатчина» – (с); Тихвинская ЛСП – (д)

Fig. 1. Curly birch trees in Leningrad Oblast plantations: «Okhta» – (a); «Shapki» – (b); «Gatchina» – (c); Tikhvin Forest Seed Orchards – (d)

Таблица 2

**Ростовые показатели деревьев карельской березы, произрастающих
в наиболее крупных насаждениях, созданных
на территории Ленинградской области**
**Growth indicators of Curly birch trees in the largest plantations established
in Leningrad Oblast**

Показатель	Насаждение		Участок «Гатчина»	Тихвинская ЛСП	
	«Охта»	«Шапки»		«Тих- вин-1»	«Тих- вин-2»
Высота					
Число деревьев, шт.	77	144	151	85	85
Средние значения, $M \pm m$, м	19,1 $\pm$ 0,9	12,3 $\pm$ 4,21	13,2 $\pm$ 4,6	13,1 $\pm$ 4,6	17,3 $\pm$ 5,1
Размах изменчивости, м	2,5–32,0	3,4–21,3	3,7–24,0	4,0–22,0	5,8–24,6
Коэффициент вариации (C), %	39,6	34,3	35,1	35,2	29,6
Диаметр ствола (на высоте =1,3 м)					
Число деревьев, шт	95	67	51	59	58
Средние значения, $M \pm m$, см	24,0 $\pm$ 1,1	21,3 $\pm$ 9,6	28,0 $\pm$ 10,1	21,5 $\pm$ 7,4	22,8 $\pm$ 5,7
Размах изменчивости, см	8,0–45,0	5,0–44,0	10,0–50,0	6,0–41,0	8,0–34,5
Коэффициент вариации (C), %	38,9	45,3	36,1	34,4	25,0

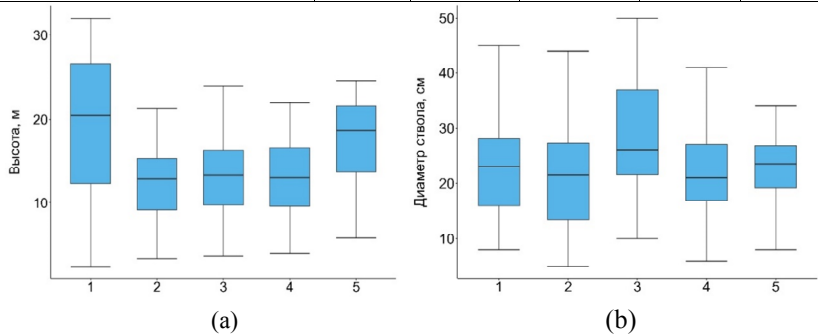


Рис. 2. Размах изменчивости по высоте (а) и диаметру ствола (б) деревьев карельской березы, произрастающих на территории Ленинградской области, где 1 – насаждение «Охта»; 2 – насаждение «Шапки»; 3 – участок «Гатчина»; 4 – участок «Тихвин-1»; 5 – участок «Тихвин-2»

Fig. 2. Range of variability in height (a) and trunk diameter (b) of Curly birch trees in Leningrad Oblast, where 1 – «Okhta»; 2 – «Shapki»; 3 – Gatchina; 4 – Tikhvin-1; 5 – Tikhvin-2

Основные ресурсы карельской березы в Ленинградской области к началу 21-го века сосредоточены на участке «Гатчина» и Тихвинской ЛСП (около 2 тыс. деревьев) (рис. 1, с–d; табл. 1), а также в окрестностях пос. Шапки Тосненского района (около 140 деревьев). Возможно этому, наряду с другими причинами, способствовала схема посадки деревьев, которая оказалась оптимальной для их роста и развития. Вместе с тем сравнительный анализ ростовых показателей деревьев карельской березы, произрастающих в разновозрастных насаждениях, выявил определенные различия между ними. Так, на Тихвинской ЛСП к возрасту 43–44 лет преобладали деревья высокоствольной формы роста (около 70%) (табл. 3), но по средним значениям их высота оказалась в 1,3 раза (или на 4 м) выше (а коэффициент вариации – ниже) на втором участке («Тихвин-2») по сравнению с первым («Тихвин-1») (рис. 2, а).

Таблица 3

Количество деревьев карельской березы с определенной формой роста в наиболее крупных насаждениях, созданных на территории Ленинградской области, в % от числа деревьев

Number of Curly birch trees with specific growth forms in the largest plantations established in Leningrad Oblast, as a % of the total number of trees

Объект исследований	Форма роста		
	Высокоствольная	Короткоствольная	Кустообразная
Насаждение «Охта»	88,0	12,0	0,0
Насаждение «Шапки»	42,4	13,2	44,4
Участок «Гатчина»	34,6	39,9	25,5
Тихвинская ЛСП			
«Тихвин-1»	71,8	18,8	9,4
«Тихвин-2»	69,4	21,2	9,4

Интересно, что на участке «Тихвин-2» около 35% деревьев имели высоту от 11,7 до 19,8 м, а почти 38% – от 20,3 до 24,6 м. На другом участке «Тихвин-1» более 90% деревьев по высоте не превышали 20 м, из которых 34% были ниже 10,7 м (табл. 2). Можно предположить, что при формировании второго участка дополнительно проводилась сортировка и отбор бо-

лее крупных саженцев при посадке, как это принято в практике лесного хозяйства. Не исключено, что обнаруженные различия между участками обусловлены не только качеством посадочного материала, но и его происхождением. К примеру, при выращивании посадочного материала при создании участка «Тихвин-1» использовали семенной материал, полученный от деревьев короткоствольной и кустообразной форм роста, а «Тихвин-2» – высокоствольной. Добавим, что для изготовления шпона (строганого или лущеного), как правило, используют деревья высоко- и короткоствольной формы роста, а для изготовления небольших по размеру сувениров (включая бижутерию) предпочитают кустообразную форму, у которой при характерном ей замедленном линейном росте (в высоту) обычно происходит формирование более насыщенного и «утонченного» рисунка в древесине. Следует учитывать и тот факт, что благодаря своим уникальным свойствам древесина карельской березы высоко ценится на мировом рынке и продается в отличие от других древесных пород в килограммах, а не в кубических метрах. В Финляндии в середине 60-х годов XX века 1 кг узорчатой древесины в сыром виде приравнялся к стоимости 1 кг сахарного песка [Vesterinen, 1966], что дороже любого другого дерева, известного на Севере. По оценке немецких специалистов карельская береза принадлежит к самым дорогим облицовочным шпонам вообще и является наиболее ценным по качеству шпоном березовых [Scholz, 1963]. В начале 21-го столетия стоимость 1 кг сырой древесины составляла от 3 до 5 евро и выше в зависимости от степени насыщенности рисунка [Hupunen et al., 2010] и рыночной конъюнктуры. Древесина карельской березы очень тяжелая, поэтому ствол одного дерева, например, массой 250 кг может оцениваться в 1 тыс. евро при стоимости 4 евро за 1 кг.

При целевом выращивании древесины важным показателем является диаметр ствола, который, например, при производстве строганого шпона, должен быть не менее 16 см. На Тихвинской ЛСП на обоих участках преобладают деревья, имеющие диаметр ствола (на высоте 1,3 м) от 20 до 34 см (54 и 65% на участках «Тихвин-1» и «Тихвин-2», соответственно), при этом на первом участке у трех деревьев он достиг даже 35–41 см (рис. 1,d; табл. 2). Добавим, что у части деревьев наибольший диаметр, измеренный у основания ствола на уровне шейки корня, достиг 43–44 см.

В насаждении «Шапки» и на участке «Гатчина» к возрасту 50 лет высота деревьев в среднем не превышала 13,2 м, но варьировала, соответственно, от 3,4 до 21,3 м и от 3,7 до 24,0 м (рис. 1,b, c; табл. 2). При этом в обоих насаждениях более чем у 40% деревьев эти значения были близкими

к средним, что хорошо заметно на рис. 2,а. По форме роста в насаждении «Шапки» преобладают деревья, имеющие высокоствольную (42,4%) и кустообразную (44,4%) форму роста, а на участке «Гатчина» – все формы роста представлены почти в равной пропорции (табл. 3). Широкая амплитуда отмечена в отношении диаметра ствола (на высоте 1,3 м). Однако в среднем его величина оказалась ниже у деревьев, произрастающих в насаждении «Шапки» (21,3 см), особенно по сравнению с участком «Гатчина», где диаметр ствола составил в среднем 28 см (табл. 2; рис. 2,б). Более того, на участке «Гатчина» диаметр основания ствола на уровне шейки корня у 56% деревьев превысил 35 см, а у 23% – 45 см. Максимальные значения по данному показателю здесь достигли 62–65 см. Заметим, что в природных условиях Беларуси, на территории которой сосредоточены наибольшие в мире запасы карельской березы, к возрасту 29 лет высота деревьев карельской березы колебалась от 7,2 до 12,2 м, диаметр ствола – от 16 до 21 см [Сидор и др., 2016].

Необходимо отметить особую трудоемкость в обнаружении карельской березы как в природных условиях, так и в искусственно созданных насаждениях. Основным показателем, косвенно свидетельствующим об образовании узорчатой древесины, до сих пор считалось наличие утолщений или выпуклостей на поверхности ствола. Однако далеко не всегда величина и количество выпуклостей соответствуют степени выраженности рисунка в текстуре древесины. Существует и другая крайность, когда внешние признаки практически отсутствуют, а на поперечном спиле можно увидеть насыщенную текстуру. Более того образование узорчатой древесины у карельской березы проявляется внешне не сразу: ее косвенные признаки становятся визуально различимыми чаще всего только на 8–10-й год развития растений, а спустя 30–40 лет может наблюдаться обратный процесс «сглаживания» или «заплывания» ранее выпуклой поверхности ствола, поскольку с возрастом скорость линейного (в высоту) роста деревьев снижается, а радиальный (по диаметру) продолжается [Ветчинникова и др., 2023]. Этот процесс сопровождается не только изменением характера поверхности ствола, но и текстуры древесины: насыщенность ее рисунка, как правило, уменьшается. Новые возможности в этом направлении открывают недавно полученные нами результаты молекулярно-генетических исследований, благодаря которым удалось вывести маркер «гена узорчатости» [Gubaev et al., 2024], позволяющий проводить прямую диагностику карельской березы независимо от возраста растений.

В период исследований нами попутно отобран растительный материал (вегетативные почки) и получено вегетативное потомство (путем клонального микроразмножения) пяти генотипов карельской березы, три из которых представляют Тихвинскую ЛСП, одно – насаждение «Гатчина» и одно – насаждение «Шапки» (рис. 3). Полученные растения генотипированы с использованием семи микросателлитных маркеров, что позволило составить их «ДНК-паспорта».

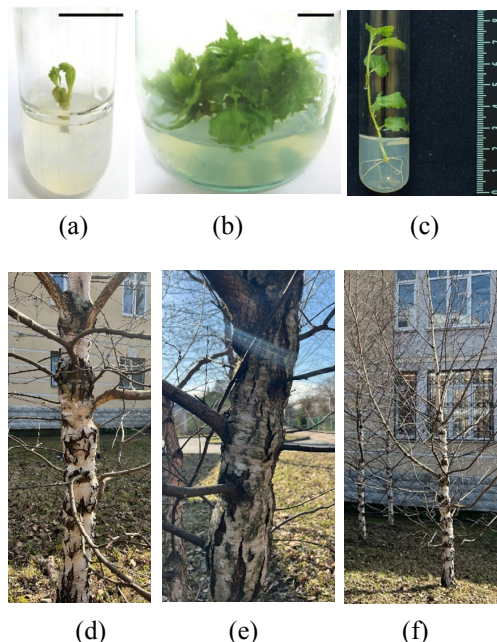


Рис. 3. Начальный этап инициации морфогенеза апикальной меристемы вегетативных почек (а), мультипликация побегов (b), их укоренение (c) в условиях культуры тканей *in vitro* и спустя 10 лет после посадки на территории ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова (d–f), г. Санкт-Петербург

Fig. 3. Initial stage of morphogenesis initiation of apical meristems of vegetative buds (a), shoot multiplication (b), rooting (c) *in vitro* tissue culture conditions, and after 10 years of planting in the botanical garden of the Komarov Botanical Institute (d–f), St. Petersburg

Опыт показывает, что на основе клонального микроразмножения можно вырастить посадочный материал карельской березы с закрытой корне-

вой системой высотой 0,8–1,0 м и более (в зависимости от генотипа) за один вегетационный период. Такой результат достигается за счет того, что индукция микропобегов и их укоренение непосредственно в культуре тканей проводятся в зимне-весенний период (февраль-март), а перенос полученных растений-регенерантов в нестерильные условия (*ex vitro*) осуществляются с началом вегетации (апрель-май) [Ветчинникова, Серебрякова, 2021]. В 2014 г. 5 растений карельской березы, полученных нами таким образом на базе лаборатории лесных биотехнологий в Институте леса Карельского научного центра РАН, были высажены, например, на территории ботанического сада в год 300-летия Ботанического института им. В.Л. Комарова (г. Санкт-Петербург) (рис. 3,d–f) [Гельтман, 2015]. Не вызывает сомнений, что использование современных биотехнологий (прежде всего клонального микроразмножения) и новых возможностей, которые дают молекулярно-генетические методы (например, генотипирование и маркер «гена узорчатости»), является важной предпосылкой для расширенного воспроизводства карельской березы с гарантированным сохранением в потомстве высокоценной узорчатой древесины.

Выводы. 1. Исследования показали, что к первой четверти XXI века на территории Ленинградской области сохранилось несколько разновозрастных насаждений карельской березы. Наиболее крупными из них являются ПЛСУ, расположенная на Гатчинской ЛСП, и Тихвинская ЛСП, где суммарно произрастает более 2 тыс. деревьев с характерными внешними признаками наличия узорчатой древесины. Меньшими по площади и численности оказались насаждения «Охта» и «Шапки», но, являясь составной частью учебно-производственной базы, они также представляют интерес, поскольку имеют некоторые сведения об истории их создания и начальных этапах роста и развития деревьев.

2. Полученные результаты позволили обнаружить как общие черты, так и определенные различия по ростовым показателям и формовому разнообразию изученных деревьев карельской березы. В частности, наибольшие средние значения по высоте зафиксированы у деревьев, расположенных в насаждении «Охта» и на Тихвинской ЛСП (участок «Тихвин-2») (19,1 и 17,3 м соответственно), а по диаметру ствола – на участке «Гатчина» (в среднем 28 см на высоте 1,3 м и до 62 см – у основания ствола на уровне корневой шейки).

3. Деревья карельской березы высокоствольной формы роста преобладают в насаждении «Охта» (88%) и на Тихвинской ЛСП (около 70%), при-

мерно поровну представлена высокоствольная и кустообразная формы роста карельской березы в «Шапках» (42,4 и 44,4%, соответственно) и все формы почти в равном соотношении – на участке «Гатчина» (34,6; 39,9 и 25,5% – высоко-, короткоствольная и кустообразная, соответственно).

4. Различия по ростовым показателям и формовому разнообразию, выявленные между разновозрастными насаждениями карельской березы, созданными на территории Ленинградской области, обусловлены прежде всего разной продолжительностью их формирования, генетическими особенностями исходных деревьев, конкурентными взаимоотношениями, которые сложились в первые годы развития растений, а также разными почвенными условиями места их произрастания.

5. Создание искусственных насаждений плантационного типа является наиболее перспективным способом воспроизводства карельской березы поскольку при таком решении можно предусмотреть и снизить отрицательные последствия ее конкурентных отношений с другими сопутствующими древесными породами путем проведения регулярных агротехнических, а затем и лесоводственных уходов, что позволяет к возрасту рубки, например при семенном размножении получить насаждение, где более 80% деревьев будут иметь признаки узорчатой древесины, а при вегетативном, полученном путем клонального микроразмножения, – 100%.

6. Накопленный к настоящему времени опыт выращивания карельской березы в Ленинградской области показывает, что при соответствующих мерах ухода она вполне способна расти и развиваться, давая хороший прирост и высокоценную узорчатую древесину в достаточно широком диапазоне почвенных условий – от песчаных до суглинистых. А применение новых подходов, таких как клональное микроразмножение *in vitro* и использование маркера «гена узорчатости», может обеспечить существенное расширение реализации этих возможностей. Хороший пример выращивания карельской березы в Ленинградской области представляет собой Тихвинская ЛСП. В дальнейшем она может использоваться не только для решения практических, но и различных научных задач.

7. Оценивая общее состояние насаждений карельской березы, расположенных на территории Ленинградской области, как хорошее, следует иметь ввиду, что несмотря на их искусственное происхождение, они требуют принятия срочных мер по их сохранности и дальнейшему использованию. Для этого в ближайшее время целесообразно провести селекционную оценку деревьев с использованием маркера «гена узорчатости» и отбор наилучших из них для генотипирования и размножения путем

клонирования *in vitro*. Следует также разработать принципы рубки деревьев для создания сырьевой базы высокоценной узорчатой древесины, поскольку изученные насаждения не только достигли возраста рубки, но и уже превысили его, следствием чего может стать появление в древесине сердцевинной гнили и, соответственно, снижения ее качества. Вполне очевидно, что решение этих вопросов является важной государственной задачей. Сейчас, когда первоначальный интерес к искусственно созданным материалам, используемым в быту, заметно снизился, это делает продукцию из карельской березы еще более востребованной.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет средств Российского научного фонда (проект № 22-16-00096).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Ветчинникова Л.В., Серебрякова О.С. Способ ускоренного выращивания посадочного материала древесных растений сем. *Betulaceae* на основе клонирования *in vitro*. Патент РФ А01Н 5/00. Дата регистрации 27.09.2021. Оpubл. 27.09.2021. Бюл. № 27.

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

Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Клональное микроразмножение редких представителей рода *Betula* L. : учеб. пособие. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 51 с.

Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Костина Е.Э., Жигунов А.В. Сибсовое потомство карельской березы на Заонежской лесосеменной плантации // ИВУЗ. Лесной журнал. 2023. № 5. С. 9–26. URL: <https://doi.org/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 2013. 312 с. URL: <http://elibrary.krc.karelia.ru/235/>

Гельтман Д.В. Юбилейные мероприятия, посвящённые 300-летию Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН // Историко-биологические исследования. 2015. Т. 7. № 1. С. 111–112.

Гусев С.П., Евдокимов А.П., Исаков Л.Г. Лесная селекция: методические указания по учебной практике для студентов лесохозяйственного факультета. Л.: ЛТА, 1982. 43 с.

Евдокимов А.П. Биология и культура карельской березы. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. 222 с.

Жигунов А.В., Фетисова А.А. Лесосеменная база карельской березы в Ленинградской области // Леса России: политика, промышленность, наука, образо-

вание: матер. VIII Всерос. науч.-технич. конференции 24–26 мая 2023 г. / под. ред. А.А. Добровольского. СПб.: СПбГЛТУ, 2023. С. 243–246.

Коллекция *in vitro* клонов редких видов сем. *Betulaceae*. URL: <http://www.ckr-rf.ru/usu/465691/>

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М., 1973. 284 с.

Пылаев А.Я., Пылаева Т.Л. Архитектурно-дизайнерские материалы и изделия. Ч. I. Основы архитектурного материаловедения. Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный Федеральный университет, 2018. С. 99.

Редько Г.И. Лесной знатель Ф. Г. Фокель в России // ИВУЗ. Лесной журнал. 1990. № 5. С. 129–131.

Редько Г.И., Брановицкий М.Л., Гусев С.П. Лесные культуры в Охтинском учебно-опытном лесхозе: учебное пособие для прохождения учебной и производственной практик студентами специальности 31.12. Л.: ЛТА, 1991. 76 с.

Сидор А.И., Ковалевич А.И., Луферова Н.С., Ревяко И.Д., Мальцева Л.В., Фомин Е.А. Карелка: Что имеем ... // Лесное и охотничье хозяйство. 2016. № 11. С. 18–23.

Соколов Н.О. Карельская береза. Петрозаводск: Гос. изд. Карело-Финской ССР, 1950. 116 с.

Соколов Н.О. Отбор и выращивание березы карельской в Ленинградской области с использованием самосева // Лесная генетика, селекция и семеноводство. Петрозаводск, 1970. С. 277–281.

Толстомятенко А.И. Отличительные признаки березы карельской (*Betula verrucosa* Ehrh. f. *Soc.*) в лесах Ленинградской области // Науч. тр. Лесотехн. акад. Л.: ЛТА, 1967. С. 138–139.

Gubaev R., Karzhaev D., Grigoreva E., Lytkin K., Safronycheva E., Volkov V., Nesterchuk V., Vetchinnikova L., Zhigunov A., Potokina E. Dissection of figured wood trait in Curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) using high-throughput genotyping // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. 10.1038/s41598-024-55404-y.

Hynynen J., Niemistö P., Viherä-Aarnio A. et al. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in Northern Europe // Forestry. 2010. Vol. 83, no. 1. P. 103–119.

R Core Team. R: a Language and environment for statistical computing. Version 4.0.1 ed. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL: <https://www.r-project.org/>

Scholz E. Die rationelle Bewirtschaftung der Birke // Sozialistische Forstwirtschaft. 1963. Bd. 13. No 12. P. 362–367.

Vesterinen E. Onko visapuulla tulevaisuutta? // Metsät. Aikak. 1966. Vol. 83, no. 8. P. 334–335.

Wickham H. GGPlot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer. 2016. Verlag, New York. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_9

References

Collection of *in vitro* clones of rare species of the Betulaceae family. URL: <http://www.ckp-rf.ru/usu/465691/>

Evdokimov A.P. *Biologiya i kul'tura karel'skoj berezy* [Biology and culture of Curly birch]. L.: Izd-vo LGU, 1989. 222 p. (In Russ.)

Geltman D.V. Yubilejny'e meropriyatiya, posvyashhyonny'e 300-letiyu Botanicheskogo instituta im. V.L. Komarova RAN [Anniversary celebrations dedicated to the 300 years of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences]. *Istoriko-biologicheskie issledovaniya*, 2015, vol. 7, no. 1, pp. 111–112. (In Russ.)

Gubaev R., Karzhaev D., Grigoreva E., Lytkin K., Safronycheva E., Volkov V., Nesterchuk V., Vetchinnikova L., Zhigunov A., Potokina E. Dissection of figured wood trait in Curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) using high-throughput genotyping. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14. 10.1038/s41598-024-55404-y.

Gusev S.P., Evdokimov A.P., Isakov L.G. Lesnaya selekciya: metodicheskie ukazaniya po uchebnoj praktike dlya studentov lesokhozyajstvennogo fakul'teta [Forest Breeding: Methodological Guidelines for Practical Training for Students of the Forestry Faculty]. L.: LTA, 1982. 43 p. (In Russ.)

Hynynen J., Niemistö P., Viherä-Aarnio A. et al. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in Northern Europe. *Forestry*, 2010, vol. 83, no 1, pp. 103–119.

Mamaev S.A. Formy' vnutrividovoj izmenchivosti drevesny'kh ras-tenij [Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants]. M., 1973. 284 p. (In Russ.)

Py'laev A.Ya., Py'laeva T.L. Arkhitekturno-dizajnerskie materialy' i izdeliya. Ch. I. Osnovy' arkhitekturnogo materialovedeniya [Architectural and Design Materials and Products. Part I. Basics of Architectural Materials Science]. Rostov-na-Donu; Taganrog: Yuzhny'j Federal'ny'j universitet, 2018. 99 p. (In Russ.)

R Core Team. R: a Language and environment for statistical computing. Version 4.0.1 ed. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL: <https://www.r-project.org/>

Red'ko G.I. Lesnoj znatel' F. G. Fokel' v Rossii [Forest Expert F.G. Fokel in Russia]. *IVUZ. Lesnoj zhurnal*. 1990, no 5, pp. 129–131. (In Russ.)

Red'ko G.I., Branoviczkij M.L., Gusev S.P. Lesny'e kul'tury' v Okh-tinskom uchebno-opyt'nom leskhoze: uchebnoe posobie dlya prokhozhdeniya uchebnoj i proizvodstvennoj praktik studentami speczial'nosti 31.12. [Forest Cultures in the Okhtinsky Educational and Experimental Forestry: A Textbook for Practical Training for Students of Specialty 31.12.]. L.: LTA, 1991. 76 p. (In Russ.)

Scholz E. Die rationelle Bewirtschaftung der Birke. *Sozialistische Forstwirtschaft*, 1963, bd. 13, no 12, pp. 362–367.

Sidor A.I., Kovalevich A.I., Luferova N.S., Revuako I.D., Maltseva L.V., Fomin E.A. Karelka: Chto imeem ... [Curly Birch: What do We Have.. Forestry and Hunting]. *Lesnoe i okhotnich'e khozyaj-stvo*, 2016, no 11, pp. 18–23. (In Russ.)

Sokolov N.O. Karel'skaya bereza [Curly birch]. Petrozavodsk: Gos. izd. Karelo-Finskoy SSR, 1950. 116 p. (In Russ.)

Sokolov N.O. Otkor i vy'rashhivanie berezy` karel'skoj v Lenin-gradskoj oblasti s ispol'zovaniem samoseva [Selection and Cultivation of Curly birch in the Leningrad Oblast Using Self-Sowing]. *Lesnaya genetika, selekciya i semenovodstvo*. Petrozavodsk, 1970, pp. 277–281. (In Russ.)

Tolstopyatenko A.I. Otlichitel'ny'e priznaki berezy` karel'skoj (*Betula verrucosa* Ehrh. F. Soc.) v lesakh Leningradskoj oblasti [Distinctive Features of Curly birch (*Betula verrucosa* Ehrh. F. Soc.) in the Forests of the Leningrad Oblast]. *Nauch. tr. Lesotekhn. akad. L.*: LTA, 1967, pp. 138–139. (In Russ.)

Vesterinen E. Onko visapuulla tulevaisuutta? *Metsät. Aikak*, 1966, vol. 83, no 8, pp. 334–335.

Vetchinnikova L.V., Serebryakova O.S. Sposob uskorennoogo vy`ra-shhivaniya posadochnogo materiala drevesny`kh rastenij sem. Betulaceae na osnove klonirovaniya in vitro [Method for accelerated cultivation of planting material of woody plants of Betulaceae family based on in vitro cloning]. Patent RF A01H 5/00. Data registracii 27.09.2021. Opublikovano 27.09.2021. Byul. # 27. (In Russ.)

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Curly birch: Some Secrets Remain. *Biology Bulletin Reviews*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 162–174. URL: <https://doi.org/10.1134/S207908642302010X>

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Klonal'noe mikrorazmnozhenie redkikh predstavitelej roda *Betula* L. (uchebnoe posobie) [Clonal Micropropagation of Rare Representatives of the Genus *Betula* L. (textbook)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2022, 51 p. (In Russ.)

Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Kostina E.E., Zhigunov A.V. Sibs Progeny of Curly Birch at the Zaonezhye Forest Seed Orchard. *UVUZ. Lesnoy Zhurnal*, 2023, no. 5, pp. 9–26. URL: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-5-9-26> (In Russ.)

Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Kuznetsova, T.Yu. Curly birch : Biological Characteristics, Resource Dynamics and Reproduction. Petrozavodsk: KarRC Publ., 2013. 312 p. URL: <http://elibrary.krc.karelia.ru/235/> (In Russ.)

Wickham H. GGPlot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer. 2016. Verlag, New York. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_9

Zhigunov A.V., Fetisova A.A. Lesosemennaya baza karel'skoj berezy` v Leningradskoj oblasti [Forest Seed Base of Curly birch in the Leningrad Oblast]. *Lesa Rossii: politika, promy'shennost', nauka, obrazovanie: materialy` VIII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferenczii, 24–26 maya 2023 g.* / pod. red. A.A. Dobrovol'skogo. SPb.: SPbGLTU. 2023, pp. 243–246. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 09.08.2024

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. 2024. Вып. 250. С. 46–66. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.46-66

Представлены результаты изучения роста и формового разнообразия, а также оценка современного состояния насаждений карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, созданных в разные годы на территории Ленинградской области. Объектами исследований явились наиболее крупные из них – «Охта», «Шапки», постоянный лесосеменной участок (ПЛСУ), расположенный на Гатчинской лесосеменной плантации (ЛСП) и Тихвинская ЛСП, названия которых созвучны с их географическим расположением. Показано, что в насаждении «Охта», начало которому положено в 1949 г. и продолжено в 1957 г., к настоящему времени сохранилось не более 6% (от числа посаженных деревьев) карельской березы. Предположительно это обусловлено высокой плотностью посадки и низкой конкурентоспособностью карельской березы относительно других сопутствующих быстрорастущих лиственных древесных пород. В других изученных насаждениях, созданных преимущественно в 1970-е годы, сохранность карельской березы оказалась существенно выше. Установлено, что наибольшие средние значения высоты зафиксированы у деревьев, произрастающих в насаждении «Охта» и на территории Тихвинской ЛСП (участок «Тихвин-2») (19,1 и 17,3 м соответственно), а по диаметру ствола – на участке «Гатчина» (в среднем 28 см на высоте 1,3 м и до 62 см – у основания на уровне корневой шейки). Отмечено также, что в насаждении «Охта» преобладают деревья высокоствольной формы роста (88%), в «Шапках» – высокоствольной (42,4%) и кустообразной (44,4%), на обоих участках Тихвинской ЛСП – примерно поровну представлена высоко- (около 70%) и короткоствольная формы роста (около 20%), а на участке «Гатчина» – все формы почти в равном соотношении (34,6; 39,9 и 25,5% – высоко-, короткоствольная и кустообразная, соответственно). Выявленные особенности насаждений карельской березы, созданных в разные годы на территории Ленинградской области, обусловлены прежде всего разной продолжительностью их формирования, генетическими особенностями исходных деревьев, конкурентными взаимоотношениями, которые сложились в первые годы развития растений, а также разными почвенными условиями места их произрастания. Показано, что к первой четверти 21-го века основные ресурсы карельской березы (более 2 тыс. деревьев) располагаются преимущественно в насаждении «Гатчина» и на территории Тихвинской ЛСП и находятся в хорошем состоянии. Накопленный к настоящему времени опыт

выращивания карельской березы в Ленинградской области показывает, что при соответствующих мерах ухода она вполне способна расти и развиваться, давая хороший прирост и высокоценную узорчатую древесину в достаточно широком диапазоне почвенных условий – от песчаных до суглинистых. Сделан вывод, что создание искусственных насаждений плантационного типа является наиболее перспективным способом воспроизводства карельской березы. В дальнейшем они могут использоваться как для решения научных задач, так и практического использования.

Ключевые слова: карельская береза, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, семенное потомство, узорчатая древесина, ресурсы, рост, развитие, Ленинградская область.

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 Lesotehnikeskoj Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 46–66 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.46-66

This study presents the results of research on the growth, morphological diversity, and current condition of Curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) plantations established in various years in Leningrad Oblast. The research focused on the largest plantations: «Okhta», «Shapki», Gatchina Seed Production Area (SPA), and Tikhvin Forest Seed Orchard (FSO), named after their respective geographic locations. It was shown that in the «Okhta» plantation, established in 1949 and expanded in 1957, less than 6% of the originally planted Curly birch trees have survived to the present day. This decline is presumably due to high planting density and the low competitive ability of Curly birch compared to other fast-growing deciduous species. In other plantations, primarily established in the 1970s, the survival rate of Curly birch was significantly higher. The highest average tree heights were recorded in the «Okhta» plantation and Tikhvin FSO-2 (19.1 m and 17.3 m, respectively), while the largest trunk diameters were found in the Gatchina SPA (averaging 28 cm at 1.3 m height and up to 62 cm at the base near the root collar). It was also noted that in the «Okhta» plantation, tall-stemmed growth forms predominated (88%), while in «Shapki», both high-stemmed (42.4%) and shrub-like forms (44.4%) were prevalent. In both Tikhvin FSO sites, high-stemmed (about 70%) and short-stemmed forms (about 20%) were roughly equally represented, whereas in the Gatchina SPA, all forms were almost equally distributed (34.6%, 39.9%, and 25.5% for high-stemmed, short-stemmed, and shrub-like forms, respectively). The observed characteristics of Curly birch plantations established in different years in Leningrad Oblast are primarily influenced by the duration of plantation establishment, the genetic traits of the original trees, competitive interactions during the early years of growth, and varying soil conditions at the plantation sites. It was demonstrated that by the first quarter of the 21st century, the

primary Curly birch resources (more than 2,000 trees) are concentrated mainly in the Gatchina SPA and Tikhvin FSO and are in good condition. The accumulated experience in cultivating Curly birch in Leningrad Oblast indicates that with appropriate care measures, it is quite capable of growing and thriving, producing good growth and valuable figured wood in a wide range of soil conditions, from sandy to loamy soils. The study concludes that the creation of artificial plantation-type stands is the most promising method for reproducing Curly birch. In the future, these plantations may be used both for scientific research and practical applications.

Key words: Curly birch, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, seed progeny, figured wood, resources, growth, development, Leningrad Oblast

ВЕТЧИННИКОВА Лидия Васильевна – главный научный сотрудник лаборатории лесных биотехнологий Института леса ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», доцент (РАН), доктор биологических наук. SPIN-код: 7683-6378. ResearcherID: J-5665-2018, ORCID: 0000-0003-2091-905X.

185910, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия. E-mail: vetchin@krc.karelia.ru

VETCHINNIKOVA Lidya V. – DSc (Biology), Assistant Professor (RAS), Chief Researcher in the Laboratory for Forest Biotechnology Forest Research Institute KarRC RAS. SPIN-code: 7683-6378, ResearcherID: J-5665-2018, ORCID: 0000-0003-2091-905X.

185910. Pushkinskaya str. 11 Petrozavodsk. Karelia. Russia. E-mail: vetchin@krc.karelia.ru

ЖИГУНОВ Анатолий Васильевич – профессор кафедры лесных культур Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 6704-5792. ORCID: 0000-0001-8707-7526.

194024, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.zhigunov@bk.ru

ZHIGUNOV Anatolii V. – DSc (Agriculture), Professor, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 6704-5792. ORCID: 0000-0001-8707-7526.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: a.zhigunov@bk.ru

ГУДКОВА Ксения Александровна – стажёр-исследователь лаборатории лесных биотехнологий Института леса Карельского научного центра РАН. SPIN-код: 7808-9472. ORCID:0009-0008-2589-000X

185910, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия. E-mail: gudkova@krc.karelia.ru

GUDKOVA Ksenia A. – Research Intern in the Laboratory for Forest Biotechnology Forest Research Institute KarRC RAS. SPIN-code: 7808-9472. ORCID: 0009-0008-2589-000X

185910. Pushkinskaya str. 11 Petrozavodsk. Karelia. Russia. E-mail: gudkova@krc.karelia.ru

САВЕЛЬЕВ Олег Анатольевич – начальник отдела лесного семеноводства и селекции Ленинградского государственного областного казенного учреждения «Управление лесами Ленинградской области», кандидат сельскохозяйственных наук.

191015, ул. Шпалерная, д. 52, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: oleg.save2011@yandex.ru

SAVEL'EV Oleg A. – PhD (Agriculture), Head of Forest Seed Production and Selection Department of the Leningrad State Regional Institution «Forest Management of the Leningrad Region».

191015. Shpalernaya str. 52. St. Petersburg. Russia. E-mail: oleg.save2011@yandex.ru