

УДК 582.632.1:582.522.68

## ИНТРОДУКЦИЯ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

© 2021 г. Л. В. Ветчинникова<sup>1, \*</sup>, А. Ф. Титов<sup>2, 3, \*\*</sup>

<sup>1</sup>Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

<sup>3</sup>Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

\*e-mail: vetchin@krc.karelia.ru

\*\*e-mail: titov@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 04.12.2020 г.

После доработки 12.12.2020 г.

Принята к публикации 12.12.2020 г.

Обобщены результаты более чем полувековых исследований, отражающие отечественный и зарубежный опыт интродукции карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti. Кратко освещена история вопроса. Дается анализ роста и развития карельской березы в разных почвенно-климатических условиях на территории России. Описаны косвенные признаки, свидетельствующие о наличии узорчатой текстуры в древесине, и особенности их проявления при интродукции. Показано, что одним из наиболее важных итогов многолетней исследовательской работы является тот факт, что при интродукции в разные годы и в разных почвенно-климатических условиях у карельской березы сохраняются ее главные биологические особенности — разнообразие форм роста и узорчатая текстура древесины. Назван ряд задач интродукционной работы с карельской березой, имеющих как прикладной, так и фундаментальный характер, с решением которых авторы связывают дальнейшие перспективы не только сохранения, но и расширенного воспроизводства генофонда этого уникального биологического объекта.

**Ключевые слова:** карельская береза, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, интродукция, почвенно-климатические условия, узорчатая древесина, разнообразие форм роста

**DOI:** 10.31857/S0042132421030108

### ВВЕДЕНИЕ

Интродукция растений предполагает целенаправленный перенос видов за пределы ареалов в новые для них природно-климатические условия. Интродукция имеет длительную историю и, несмотря на иногда кажущуюся стихийность и недостаточно скоординированный характер, всегда в той или иной степени опиралась на опыт и определенные знания. В результате к середине XX в. в ботанических садах мира было интродуцировано примерно 2.5% (около 4.5 тыс. из 180 тыс. известных на тот момент) покрытосеменных растений. В России, помимо ботанических садов и опытных станций, которые занимались этой деятельностью традиционно, дополнительно было создано более 200 интродукционных центров (Коропачинский и др., 2011). Основываясь первоначально на данных экспериментальной ботаники, интродукция растений со временем стала областью приложения других биологических и смежных с ними наук: селекции, генетики, экологии, географии растений, лесоведения и др. При этом одно из ведущих мест среди наук, призванных решать вопросы интродукции, заняла экологическая фи-

зиология растений, поскольку изучение процессов жизнедеятельности в новых для растений условиях произрастания позволяет не только оценить их адаптивный потенциал, но и изучать механизмы их устойчивости к факторам внешней среды.

Как известно, первоначально интродукция растений была направлена на обогащение местной флоры новыми видами главным образом в хозяйственных целях, однако в последние десятилетия особое внимание стало также уделяться вопросам сохранения генофондов и биологического разнообразия травянистых и древесных растений, включая редкие и исчезающие виды (Лапин и др., 1979; Некрасов, 1980; Дюрягина, 1982; Баханова, Намзалов, 2009; Амельченко, 2010; Титок, Володько, 2012).

Древесные растения характеризуются, как правило, достаточно широкой нормой реакции, высокой пластичностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды. Вместе с тем, среди них есть виды, количество представителей которых и занимаемая ими территория по тем или иным причинам сокращаются.

К ним, в частности, относится карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, которая имеет дизъюнктивный и ограниченный ареал (Ветчинникова, Титов, 2019, 2020а,б; Lindquist, 1954; Hejtmánek, 1957; Václav, 1963; Pagan, Paganová, 1994; Kleinschmit, 2002; Consensus ..., 2003; Hagqvist, Mikkola, 2008). Благодаря наличию уникальной и высокоценной узорчатой древесины она многие десятилетия привлекает к себе внимание не только потребителей, но и ученых и специалистов, а начиная с середины XX в. ведутся работы по ее интродукции (Бандер, 1964; Любавская, 1970, 1978; Etholén, 1978). Результаты этой деятельности имеют немалый научный и практический интерес и до сих пор не потеряли своей актуальности. Помимо прочего, они позволяют оценить степень и особенности проявления характерных для карельской березы признаков и свойств в новых условиях произрастания. Постановка данного вопроса имеет немаловажное значение еще и потому, что во взглядах на механизм появления высокодекоративной древесины, которые сформировались в первой половине XX в., до сих пор существуют два принципиально разных подхода (Любавская, 1975; Ермаков, 1986; Багаев, 1987; Ветчинникова, Титов, 2016, 2021). Один из них связывает появление узорчатой текстуры с теми или иными патологическими процессами, которые обусловлены факторами биотической или абиотической природы, а сама узорчатость считается аномальным явлением. Согласно другой, более распространенной в настоящее время точке зрения, существование карельской березы и наличие узорчатой текстуры в ее древесине обусловлено генетически, о чем, на наш взгляд, убедительно свидетельствуют результаты гибридологического анализа и многочисленных опытов по выращиванию не только семенного (от контролируемого опыления), но и вегетативного потомства, полученного путем прививки или клонирования в культуре *in vitro*.

Следует сказать, что в целом интродукции древесных растений посвящено значительное число работ, однако в большинстве своем они направлены на расширение сырьевой базы лесобразующих пород (Лапин и др., 1979; Алексеев, 2009) и/или увеличение ассортимента видов и разновидностей, используемых в озеленении (Розно, 2005; Бабич и др., 2008; Мартынов, 2011). Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды древесных растений изучены в этом плане гораздо хуже. Между тем работы с этой категорией объектов могут помочь прояснить и решить ряд вопросов, носящих не только прикладной, но и фундаментальный характер.

Задачей данной работы стали обобщение и систематизация результатов интродукции карельской березы – уникального биологического объекта, который в соответствии с Красной книгой

Республики Карелия (1985, 2007, 2020) и Красной книгой Владимирской области (2010) относится к группе видов, находящихся в настоящее время под угрозой исчезновения.

#### КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ (ДО 1991 г.) И В РОССИИ (С 1992 г.)

В Советском Союзе наиболее ранние опыты по интродукции карельской березы путем посева семян и/или посадки саженцев, полученных из Карелии, по-видимому, были начаты в 1946 г. на территории Латвийской ССР (в то время здесь еще не были известны места ее естественного произрастания и поэтому их можно рассматривать как работы по интродукции, а не реинтродукции). Культуры были заложены в трех географических точках республики на площади 0.4 га (Бандер, 1964; Сакс, Бандер, 1970) (табл. 1). Согласно наблюдениям, в возрасте 20 лет косвенные признаки карельской березы проявились у 40% деревьев.

В 1947 г. академик ВАСХНИЛ А.С. Яблоков (Яблоков, 1949) инициировал работы по интродукции карельской березы в Московской обл., которые проводились его аспирантом, а впоследствии д. с.-х. н. А.Я. Любавской (Любавская, 1966, 1970, 1978). В лесхозах Московской обл. из семян карельской березы, собранных в Карелии и Белоруссии, ею были созданы опытные культуры и опытно-производственные плантации, занимавшие территории общей площадью около 100 га и числом деревьев с признаками узорчатой древесины более 50 тыс. (Любавская, 1970, 1982; Лаур, 2011; Коновалов и др., 2016) (табл. 1).

Начиная с 1949 г. заготовка семян карельской березы для интродукции осуществлялась преимущественно в Карелии на территории Заонежского спецлесхоза, где в течение последующих 20 лет было собрано более 2600 кг семян. Согласно имеющимся сведениям, семена были отправлены в 49 регионов Советского Союза (Лаур, 2006), включая не только соседние с Карелией (Мурманская, Архангельская, Ленинградская обл.), но и значительно более удаленные от нее (Новосибирская обл., Алтайский и Хабаровский край и др.). Периодически семена карельской березы направляли также в Москву для поставки на экспорт.

Самые северные в нашей стране искусственные насаждения карельской березы, по-видимому, были созданы в Мурманской обл. (табл. 1). Посаженные в середине 1950-х гг., к 18-летнему возрасту деревья имели высоту в среднем более 3 м и диаметр у корневой шейки около 16 см (Александрова, Кузнецова, 1975). К настоящему времени у части этих деревьев диаметр стволов (на высоте 1.3 м) превышает 25 см, а на их поверхности явно

**Таблица 1.** Интродукция карельской березы в Советском Союзе (до 1991 г.)

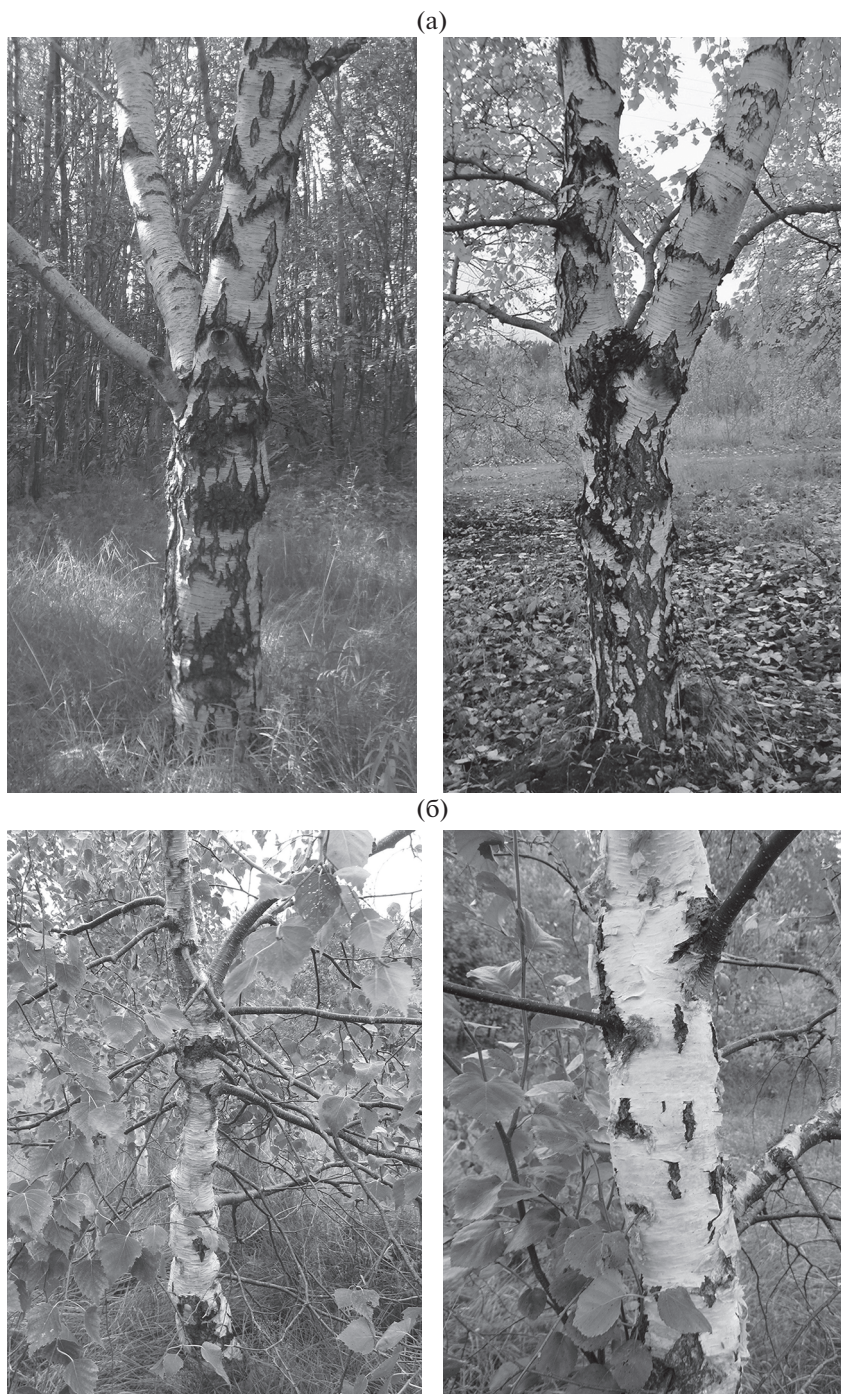
Республика, область, территория	Географические координаты	Природные зоны (территории) и климат	Источник
<b>Киргизская ССР</b>	39° с.ш., 73° в.д.	Горы. Резко континентальный, засушливый	Ибрагимов, Усепнов, 1974
<b>Латвийская ССР</b> Лесничество “Шкеде”	57° с.ш., 25° в.д.	Смешанные леса. Умеренный, морской	Бандер, 1964
<b>Узбекская ССР</b> Самаркандский лесхоз	39° с.ш., 66° в.д.	Степь. Горы. Субтропический внутриконтинентальный	Яскина, 1969, 1972, 1977
<b>Украинская ССР</b> Житомирская обл. Березовский, Малинский и Овруцкий лесхозы Харьковская обл. Даниловский опытный лесхоз	50° с.ш., 28° в.д.  49° с.ш., 36° в.д.	Лесостепь. Умеренно-континентальный	Литвак, 1968 Литвак, Евдокимов, 1977  Молотков, 1984
<b>РСФСР</b>			
Республика Башкортостан	54° с.ш., 56° в.д.	Темнохвойная тайга. Лесостепь. Умеренно-континентальный	Байбурина, 1998; Путенихин, Фарукшина, 2009
Республика Марий Эл Уч.-оп. лесхоз, бот. сад МарГТУ, Мушмаринский питомник, Яльчинское лесничество	56° с.ш., 47° в.д.	Смешанные леса. Умеренно-континентальный	Хакимова, 2002, 2004
Архангельская обл.	62° с.ш., 45° в.д.	Тайга. Умеренный	Багаев, 1963
Воронежская обл.	51° с.ш., 38° в.д.	Лесостепь. Умеренно-континентальный	Косиченко и др., 1983; Попов и др., 1996
Кировская обл.	58° с.ш., 47° в.д.	Южная тайга. Умеренно-континентальный	Проخورова, Несветаев, 2007; Багаев, 2011
Московская обл.	55° с.ш., 37° в.д.	Смешанные леса. Умеренно-континентальный	Любавская, 1966, 1970, 1978
Мурманская обл.	67° с.ш., 33° в.д.	Лесотундра и северная тайга. Умеренно холодный	Александрова, Кузнецова, 1975
Нижегородская обл. Семеновский спецлесхоз	56° с.ш., 44° в.д.	Смешанные леса. Умеренно-континентальный	Горелов и др., 2011
Омская обл. Муромцевское и Артыньское лесничества	56° с.ш., 74° в.д.	Лесостепь. Континентальный и резко континентальный	Суходольский, 1971
Свердловская обл.	56° с.ш., 60° в.д.	Южная тайга. Континентальный	Махнев, 1982
Ульяновская обл. Кузоватовский лесхоз	53° с.ш., 47° в.д.	Лесостепь. Умеренно-континентальный	Хакимова, 2004

просматриваются неровности и выпуклости, которые являются характерными косвенными признаками наличия узорчатой текстуры в древесине (рис. 1а).

Опыт использования семенного и вегетативного потомства при интродукции карельской березы неоднократно применялся в условиях Центральной лесостепи, например в Воронежской (Косиченко и др., 1983) и Липецкой (Погиба, 1992) обл. Так, при создании искусственных насаждений на территории Левобережного лесничества Воронежского лесотехнического института (ныне Учебно-опытного лесхоза Воронежского государственного лесотехнического университета)

исходным материалом в 1960 г. послужили двухлетние саженцы, выращенные из семян финского происхождения (из Института лесной генетики и селекции Финляндии, г. Хельсинки), а позднее, в 1977 г. — из семян, полученных из Карелии (Косиченко и др., 1983). Спустя 20 лет отчетливо выраженные косвенные признаки карельской березы отмечены у 65% деревьев.

Имеются сведения о том, что в 1960-е гг. карельская береза была успешно введена в культуру на территории Узбекской ССР (Яскина, 1969, 1972) и Киргизской ССР (Ибрагимов, Усепнов, 1974) (табл. 1), что значительно расширило географию интродукционных работ в широтном на-



**Рис. 1.** Примеры успешной интродукции карельской березы в Северной Европе: (а) – Мурманская обл. (окрестности г. Апатиты, 67° с.ш., 33° в.д., возраст деревьев 50 лет); (б) – Швеция (вблизи населенного пункта Каликс (Kalix), 65° с.ш., 23° в.д., возраст деревьев 20 лет).

правлении далеко на юг от границы ареала и подтвердило ее высокий адаптивный потенциал.

Благодаря интродукции карельская береза активно продвигалась и в долготном направлении. Со второй половины XX в. она выращивается в Республике Марий Эл (Хакимова, 2002, 2004), в Кировской (Багаев, 1988, 2011; Прохорова, Не-

светаев, 2007), Ульяновской (Хакимова, 2002), Нижегородской (Горелов и др., 2011), Свердловской (Махнев, 1982) областях и ряде других регионов (табл. 1).

В Сибири опыты по выращиванию карельской березы (из семян карельской и ленинградской репродукции) проводились в Омской обл. (Сухо-

дольский, 1971). При этом в семилетних культурах, созданных на территории Муромцевского и Артынского лесничеств, максимальная высота растений достигала 3.5 м, а диаметр у корневой шейки — 7.8 см. Морфологические признаки, характерные для карельской березы, были обнаружены более чем у 30% саженцев в возрасте шести лет и у 46.3% — к девяти годам.

Несколько пунктов интродукции карельской березы находятся в Республике Башкортостан (Путенихин, Фарукшина, 2009). Например, из семян от свободного опыления, полученных в 1962 г. из Карелии, сотрудники Южно-Уральского ботанического сада-института Башкирского научного центра Уральского отделения АН СССР (ныне Ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН) получили потомство, которое произрастает в ботаническом саду и в парке им. М. Гафури в г. Уфе (Путенихин, Фарукшина, 2009). В 1976 г. в Верхне-Троицком лесничестве Туймазинского лесхоза (западная часть Башкирии) были созданы культуры карельской березы с использованием двухлетних саженцев (неизвестного происхождения) общей площадью около 1.5 га (Путенихин, 2007). Спустя 33 года здесь сформировался двухъярусный древостой, верхний ярус которого представлен в равной пропорции карельской березой и березой повислой, а второй — лещиной обыкновенной, жимолостью татарской, черемухой обыкновенной и другими лесными породами, за исключением березы (Путенихин, Фарукшина, 2009). Жизненное состояние деревьев карельской березы в целом оценивалось как хорошее (индекс относительного жизненного состояния — 83.1%), однако по ростовым параметрам она несколько уступала березе повислой (высота — 14.0 и 15.5 м, диаметр ствола — 16.0 и 16.3 см соответственно).

В настоящее время карельская береза представлена и в других ботанических садах и дендрологических парках России, включая Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Ботанический сад Петра Великого БИН им. В.Л. Комарова РАН, ботанические сады Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова и Петрозаводского государственного университета и др., а также и за рубежом (рис. 2). Накопленный при этом опыт, помимо прочего, свидетельствует о перспективности использования карельской березы для зеленого строительства и ландшафтного дизайна в городах и небольших населенных пунктах (Saarnio, 1980), поскольку низкий рост, утолщения на поверхности ствола и своеобразное ветвление придают ей необычный и весьма привлекательный вид.

В 1970-е гг. при осуществлении интродукции большие надежды возлагались на вегетативное размножение карельской березы, хотя она, как

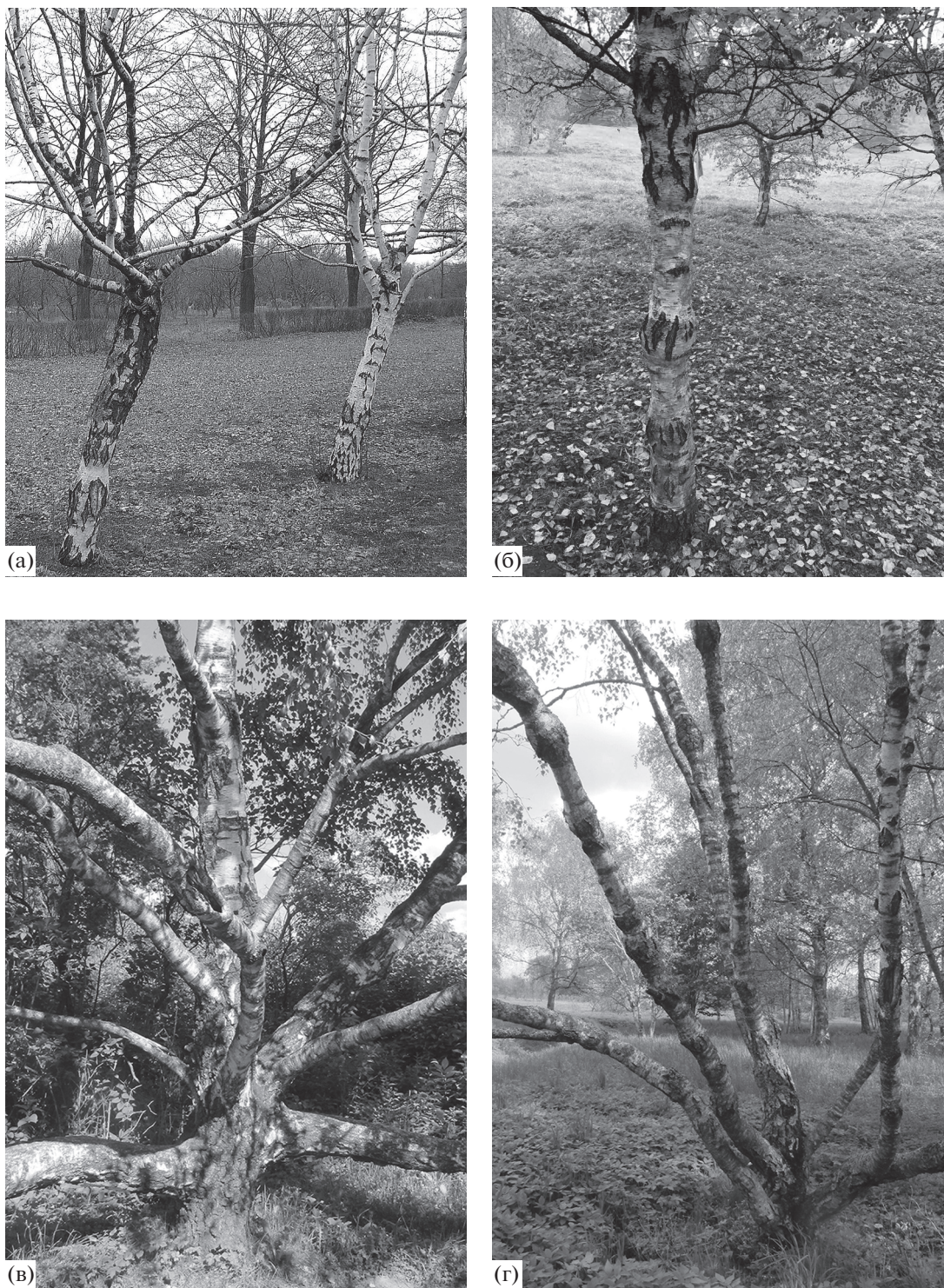
известно, относится к трудноукореняемым растениям. Длительное время перспективным считалось размножение путем прививки, однако из-за низкой приживаемости прививаемых компонентов этот способ не получил широкого применения (Ветчинникова, 2005; Лаур, 2011). Еще менее эффективным оказался метод зеленого черенкования (Савельев, 1992; Шапкин, Казанцева, 1996; Погиба, Казанцева, 2006).

В 1989 г. сотрудники Уфимского ботанического сада-института впервые в России вырастили посадочный материал карельской березы с использованием клонального микроразмножения в культуре *in vitro* (Байбурина и др., 1990). Исходным материалом послужили гибриды и клоны (прививки), растущие на территории Агробиологической станции Карельского филиала АН СССР (ныне Агробиологическая станция КарНЦ РАН), которая находится в пригороде г. Петрозаводска. В результате в 1991 г. в ботаническом саду г. Уфы был создан коллекционный участок карельской березы. В настоящее время он представлен 36 деревьями с наличием косвенных признаков узорчатой древесины, которые наиболее явно проявились на 8-й год развития деревьев (Байбурина, 1998). Позднее 2 тыс. растений-регенерантов, полученных *in vitro*, явились основой для создания целевой плантации по выращиванию деревьев с узорчатой древесиной на территории Туймазинского государственного производственного лесохозяйственного объединения (Республика Башкортостан).

В Воронежской обл. на территории Семилукского лесного селекционного питомника также были созданы опытные культуры с использованием клонового потомства карельской березы (5 генотипов), полученного *in vitro* (Табацкая и др., 2004). Несмотря на то, что у части растений было выявлено проявление соматоклональной изменчивости (вследствие использования каллусной культуры) (Машкина и др., 2011), в целом косвенные признаки наличия узорчатой древесины соответствовали исходным растениям и визуально проявились раньше (в период с 3–4 лет до 5–8 лет) по сравнению с семенным потомством (10–12 лет), использованным здесь ранее при интродукции (Табацкая и др., 2004).

#### ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

Первые в мире опыты по интродукции карельской березы, видимо, были проведены в Финляндии в 1938–1939 гг. на территории лесного питомника Таймела (Taimela) вблизи г. Рованиemi (66° с.ш., 25° в.д.), расположенного в 600 км к северу от границы ее ареала (61°48' с.ш., 29°19' в.д.). С началом генеративной фазы развития были получены полнозрелые семена. Это послужило ос-



**Рис. 2.** Примеры успешной интродукции карельской березы в ботанических садах: (а) – г. Уфа (Республика Башкортостан, Россия); (б) – г. Петрозаводск (Республика Карелия, Россия); (в) – г. Минск (Республика Беларусь); (г) – г. Саласпилс (Латвийская Республика).

новой для массового получения саженцев на севере Финляндии ( $66^{\circ}$ – $68^{\circ}$  с.ш.,  $24^{\circ}$ – $29^{\circ}$  в.д.). К началу 1960-х гг. здесь было высажено более 35 тыс. саженцев на общей площади около 30 га (Etholén,

1978). Исходным материалом стали семена, собранные на территории Пункахарью (Punkaharju) ( $61^{\circ}$  с.ш.,  $29^{\circ}$  в.д., провинция Южное Саво, Восточная Финляндия), расположенной в 700 км

ожнее от места посадок. Однако значительная часть растений в насаждениях, созданных в северной части Финляндии, позднее была утрачена. Основными причинами оказались разного рода повреждения, нанесенные лосями, зайцами, мышевидными грызунами и даже кротами. Деревья карельской березы, которые в настоящее время произрастают в разных частях Лапландии и в г. Рованиеми, — в большинстве своем родом из питомника Таймела.

В Швеции интродукция карельской березы была осуществлена в начале 2000-х гг., когда вблизи населенного пункта Каликс (Kalix, 65° с.ш., 23° в.д.), расположенного в 800 км к северу от границы ареала, были созданы насаждения, включающие 25 генотипов разного географического происхождения — из Швеции, Финляндии и России (Карелии), полученных путем клонального микроразмножения. К возрасту 10–12 лет высота растений варьировала от 2 до 6 м при диаметре ствола от 3 до 13 см (рис. 16). При этом у большинства клонов, независимо от их происхождения и генотипа, явно выражены основные свойства и признаки карельской березы (форма роста, выпуклости и утолщения на поверхности ствола), характерные для исходных материнских деревьев.

Интересные исследования были анонсированы в начале XXI в. в Канаде (Matsson, 2006). Их автор планировал решить две задачи: одна — интродукция карельской березы на территории Британской Колумбии путем выращивания посадочного материала шведского происхождения *in vitro*, а другая — выявление генетических механизмов формирования узорчатой текстуры в древесине. В результате удалось получить посадочный материал и ввести его в культуру, однако вторая задача до сих пор не решена.

Приведенные выше примеры, очевидно, не исчерпывают весь спектр работ по интродукции карельской березы за рубежом. Но даже они весьма показательны в том плане, что не только подтверждают повышенный интерес к данному объекту и его разведению (введению в культуру) в целом ряде регионов, включая те, которые находятся на большом расстоянии от границ его ареала, но и одновременно демонстрируют вполне определенные успехи интродукционной работы.

#### РОСТ ИНТРОДУЦЕНТОВ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИИ

Считается, что сезонный ритм ростовых процессов отражает эколого-физиологические особенности растений и характер их ответной реакции на действие факторов внешней среды, среди которых особое место принадлежит температуре.

Прохождение растениями полного цикла развития свидетельствует об их успешной интродукции. Самым северным пунктом, где успешно интродуцирована карельская береза, считается пос. Ивало (68° с.ш., 27° в.д.), расположенный в провинции Лаппи (Лапландия, Финляндия) (Etholén, 1978). Морозы здесь не вызывали гибели саженцев, но их более “южное” происхождение проявлялось в том, что листопад наблюдался значительно позднее, часто с появлением устойчивого снежного покрова. У карельской березы, посаженной в окрестностях г. Апатиты Мурманской обл. (67° с.ш., 33° в.д.), напротив, в первые 5 лет отмечались повреждения морозом верхушечных побегов, в дальнейшем ежегодно их прирост колебался от 24 до 45 см (Александрова, Кузнецова, 1975). При этом осенняя окраска листьев наблюдалась уже в середине августа, но созревание семян — только во второй декаде сентября, что почти на 1.5 месяца позднее, по сравнению с деревьями карельской березы, произрастающими в 700 км южнее на территории Карелии, где проходит северная граница ее ареала.

Отметим, что большое влияние на скорость роста интродуцентов карельской березы оказывает происхождение семян. Например, в условиях Московской обл. сеянцы белорусского происхождения растут в 2.0–2.5 раза быстрее, чем выращенные в одни и те же сроки посева семена, собранные в Карелии (Любавская, 1970). Более того, растения карельского происхождения сбрасывали листья уже в начале сентября, а растения из Беларуси оставались в облиственном состоянии до середины октября.

Наряду с температурой значительное влияние на рост карельской березы оказывают почвенные условия. В ранних работах обычно отмечалось, что она хорошо растет на сухих каменистых почвах (Соколов, 1938; Scholz, 1963). Однако анализ ростовых показателей хотя и выявил наличие определенных различий в скорости апикального и/или радиального роста деревьев, тем не менее показал отсутствие приуроченности карельской березы к определенному типу почв (табл. 2). Например, в условиях Ульяновской обл., где преобладают темно-серые лесные легкосуглинистые почвы, средние показатели высоты деревьев карельской березы составляют около 4.5 м при диаметре ствола до 6.2 см (Хакимова, 2002), а в Омской обл. — на глееподзолистых, дерново-подзолистых серых лесных и болотных почвах — 3.5 м и 7.8 см соответственно (Суходольский, 1971). В Республике Марий Эл на песчаных, супесчаных и тяжелосуглинистых почвах высота карельской березы варьировала от 5.0 до 8.5 м, а диаметр ствола — от 4.3 до 9.6 см (Хакимова, 2002).

По мнению большинства специалистов (Соколов, 1950; Ветчинникова, Титов, 2020в; Маг-

**Таблица 2.** Ростовые показатели деревьев карельской березы, интродуцированных в разные регионы, в зависимости от почвенных условий\*

Республика, область, территория	Тип почвы	Высота деревьев, м		Диаметр ствола, см	
		возраст насаждений, лет			
		7–18	≥24	7–18	≥24
<b>Латвийская Республика</b> Лесничество “Шкеде”	Дерново-подзолистые, карбонатные	4.8	–	4.3	–
<b>РФ</b>					
<b>Республика Башкортостан</b> Верхне-Троицкое лесничество	Серые лесные, легкосуглинистые	–	14.0	–	>16
<b>Республика Марий Эл</b>					
Учебный лесхоз	Супесчаные	6.8	–	4.3	–
Ботанический сад	Тяжелосуглинистые	–	8.5	–	9.6
Мушмаринский питомник нац. парка “Марий Чодра”	Песчаные	–	5.1	–	6.1
Яльчинское лесничество	Супесчаные	–	5.0	–	3.7
Кировская обл. Шабалинский лесхоз	Подзолистые, средне- и тяжелосуглинистые, супесчаные	1.8–3.7	5.4	3.4	7.6
Московская обл. Ивантеевский лесопитомник	Дерново-подзолистые, супесчаные, суглинистые	4.5	5.7–10.6	5.9	7.8–12.4
Мурманская обл.	Подзолистые глеевые, подзолистые иллювиально-гумусовые	>3	10.0	16 <sup>×</sup>	25
Омская обл.	Дерново-подзолистые, серые лесные и болотные	3.5	–	7.8 <sup>×</sup>	–
Ульяновская обл. Кузоватовский лесхоз	Темно-серые лесные, легкосуглинистые	4.5	–	6.2	–

Примечание: \* – данные из соответствующих источников, указанных в табл. 1; диаметр ствола измерялся на высоте 1.3 м, <sup>×</sup> – на уровне корневой шейки; “–” – отсутствие данных.

tinsson, 1995; Emanuelsson, 1999), именно невысокая требовательность карельской березы к почвенным условиям позволяет ей успешно расти на бедных песчаных (например, в Беларуси) и каменистых (в Республике Карелия и в Швеции) почвах в том числе и потому, что почвенное питание (как и у большинства других видов березы) осуществляется преимущественно за счет эктотрофной микоризы.

Интересно, что имеется положительный опыт использования карельской березы для рекультивации земель, нарушенных в результате открытой добычи полезных ископаемых, в Московской обл. (Казанцева, Васильев, 2006; Любавский, 2006), а также отвалов вскрышных пород в Карелии (Соколов и др., 2010; Соколов, 2016). На плодородных почвах она также хорошо растет, но при условии хорошей освещенности и отсутствия

конкуренции с другими более быстрорастущими древесными породами.

Выявленная в разных регионах России неравномерность роста и развития карельской березы дает основание полагать, что при интродукции она в большей степени обусловлена не почвенными, а биологическими особенностями данной культуры, в частности связанными с разнообразием ее жизненных форм (от одноствольного дерева до многоствольного “дерева-куста” и кустарника), а также с климатическими условиями конкретных мест ее произрастания.

В целом же опыт разведения карельской березы в высокоширотных районах России, а также в Финляндии и Швеции говорит о том, что при соответствующих мерах ухода она способна расти и развиваться, давая хороший прирост и высококачественную древесину в достаточно широком диапазоне почвенно-климатических условий.



## КОСВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ УЗОРЧАТОЙ ТЕКСТУРЫ В ДРЕВЕСИНЕ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ

При интродукции карельской березы особая роль отводится визуальной диагностике признаков, косвенно указывающих на формирование узорчатой текстуры в древесине. Уже в возрасте 2–3 лет специалисты обращают особое внимание на появление утолщений или валиков в основании боковых побегов, тогда как у других видов березы эти части ствола гладкие. С возрастом эти признаки усиливаются и поверхность ствола легко диагностировать как ребристую (наличие вытянутых вдоль ствола ребер), мелкобугорчатую (относительно равномерное и плотное размещение небольших выпуклостей и неровностей на поверхности ствола) или шаровидноутолщенную (крупные утолщения сменяются довольно ровными участками вдоль ствола) (Евдокимов, 1989; Ветчинникова и др., 2013; Ветчинникова, Титов, 2019, 2021; Saarnio, 1976, 1980; Kosonen et al., 2004). Исходя из этого, нетрудно предположить, какой является плотность узорчатого рисунка в текстуре древесины. Например, ребристый тип свидетельствует о слабой волнистости, которая проявляется в основном на начальных этапах развития карельской березы и в дальнейшем может усилиться; шаровидноутолщенный — о наличии выраженного, часто крупноузорчатого рисунка преимущественно в древесине утолщений и относительно слабом проявлении или его полном отсутствии на ровных участках ствола. Наиболее плотное и равномерное расположение узорчатой текстуры в древесине наблюдается у деревьев с мелкобугорчатым типом поверхности ствола.

С возрастом у карельской березы происходит усиление различий между деревьями по форме роста. Так, среди древовидных форм роста выделяют высокоствольную (с хорошо выраженным стволом и высоко приподнятой кроной — от 1.5–2.0 м и выше), короткоствольную (стволовая часть до 1.5–2.0 м, выше которой располагаются несколько мощно развитых скелетных ветвей, формирующих общую крону) и кустообразную (укороченный — от 10 см до 1.0 м, но явно выраженный ствол, несущий раскидистую крону) (Соколов, 1950; Ермаков, 1986; Ветчинникова и др., 2013; Ветчинникова, Титов, 2019, 2021). Кроме древовидных, у карельской березы иногда встречаются низкорослые растения кустарниковой или кустовидной форм роста, большинство из которых обладает слабой репродуктивной способностью и имеет более короткий жизненный цикл. В отличие от кустарниковой формы, кустовидные растения являются многоствольными и не имеют обшего ствола в прикорневой части.

В природных популяциях как в северной (Республика Карелия, Россия), так и в южной (Беларусь) частях ареала чаще встречаются деревья короткоствольной формы роста (60% и более) с мелкобугорчатым типом ствола. При интродукции в семенном потомстве карельской березы также наблюдается дифференциация растений по формам роста, однако их соотношение в разных регионах может различаться. Например, в условиях Воронежской обл. отмечено преобладание деревьев кустообразной формы роста, в Кировской обл. — короткоствольной, а в Московской обл. — высокоствольной. Тем не менее, независимо от региона в потомстве карельской березы с возрастом четко выделяются три группы деревьев (в соответствии с формой роста), которые по скорости роста (как апикального, так и радиального) различаются почти в 1.5 раза. Кроме того, при интродукции около 30% деревьев были идентифицированы как мелкобугорчатые (Республика Марий Эл и Кировская обл.) или шаровидноутолщенные (Ульяновская обл.), а с ребристым типом поверхности ствола — более 50% во всех изученных насаждениях.

В целом накопленные к настоящему времени данные и наблюдения подтверждают высокий уровень наследования узорчатости в древесине у карельской березы при ее интродукции в разных регионах России с разными природно-климатическими условиями. При этом сохраняется и разнообразие жизненных форм, хотя соотношение деревьев по форме роста и типу поверхности ствола заметно варьирует. Причины этого могут быть разными. Например, использование неодинакового в генетическом отношении исходного материала. Преобладание же деревьев высокоствольной формы роста может оказаться результатом отбора лучших по высоте саженцев до их посадки на постоянное место, как это принято в практике лесного хозяйства в отношении других древесных пород, когда среди всех имеющихся выбирают самые крупные. Заметное влияние на рост и развитие карельской березы может оказывать даже выбор схемы посадки саженцев, когда при плотном размещении растения короткоствольной и кустообразной форм роста, обладающие более насыщенной узорчатой текстурой древесины, из-за меньшей скорости роста оказываются менее конкурентоспособными и могут раньше, чем высокоствольные, выпадать из насаждения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе роль интродукции, направленной на сохранение редких и исчезающих видов растений, значительно возросла. Из результатов анализа интродукционного (адаптационного) потенциала более 300 охраняемых травянистых

растений, проходивших испытания в течение 40 лет в условиях Центрального Черноземья, следует, что около 200 из них оказались более или менее устойчивыми (Муковнина, 2010). В отличие от травянистых видов, задача интродукции древесных растений является гораздо более сложной, поскольку большая продолжительность их жизни обуславливает длительный срок проведения испытаний, а успех часто достигается лишь после многократных попыток, на которые часто не хватает ни времени, ни средств.

Как отмечалось выше, работы по интродукции карельской березы были инициированы почти одновременно с началом ее систематического изучения. К настоящему времени этот опыт в разных регионах насчитывает от 40 (Республика Марий Эл) до 70 лет (Московская обл., Россия; Лапландия, Финляндия), что позволяет сделать определенные выводы.

В целом зона интродукции карельской березы занимает обширную территорию — от 68° с.ш., 27° в.д. на севере (Финляндия) до 39° с.ш., 66° в.д. на юге (Узбекистан) — и распространяется преимущественно в юго-восточном направлении далеко за границы ареала. География интродукции карельской березы охватывает часть территории Европейского Севера (Швеция; Финляндия; Мурманская и Архангельская обл. России), центральной части России (Воронежская обл.), Поволжья (Ульяновская обл.), Предуралья и Урала (Башкортостан, Свердловская обл.), Сибири (Омская, Новосибирская, Иркутская обл., Красноярский край) и даже Дальнего Востока (Амурская обл.). Новые места ее произрастания находят в разных природно-климатических условиях: от лесотундры и северной тайги с умеренно холодным климатом до лесостепи и степи с резко континентальным и даже субтропическим внутриконтинентальным климатом. Несмотря на то, что выбор региона нередко носит стихийный (не всегда научно обоснованный) характер, зона интродукции карельской березы почти полностью совпадает с ареалами ее ближайших сородичей — березы повислой *Betula pendula*, березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. или других видов березы.

Анализ результатов интродукции показывает, что практически во всех природно-климатических условиях карельская береза сохраняет близкие по ритмам ростовые процессы и фенологическое развитие, присущие ей в естественных местобитаниях. Тем не менее сроки прохождения отдельных фенофаз могут сдвигаться на более ранние (в южных широтах) или более поздние (в северных широтах). Выращивание карельской березы в крайне северных (Мурманская обл. России; Финляндия) и крайне южных (Узбекистан; Киргизия) регионах, значительно различающихся по продолжительности вегетационного периода и

длительности безморозного периода, значениям средних месячных (включая самый холодный и наиболее жаркий месяцы) и годовых температур и уровню влажности, свидетельствует о ее высоких адаптационных возможностях, а, следовательно, о высоком интродукционном потенциале. Она способна расти в широком диапазоне почвенных условий (от песчаных и суглинистых до подзолистых и черноземных) и даже при отсутствии нормального (или явно нарушенного) почвенного покрова, который возникает, например, при рекультивации земель (Любавский, 2006; Соколов и др., 2010; Соколов, 2016). Кроме того, карельская береза, по всей вероятности, отличается достаточно высокой устойчивостью к болезням и вредителям, поскольку какие-либо сведения о ее повреждениях в местах интродукции отсутствуют.

Очень важным результатом представляется тот факт, что при интродукции в разные годы и в разных почвенно-климатических условиях у карельской березы сохраняются присущие ей биологические свойства и признаки, включая главные: разнообразие жизненных форм и узорчатая текстура в древесине (Любавская, 1978; Хакимова, 2004; Багаев, 2011). При этом увеличения количества деревьев с узорчатой древесиной можно добиться за счет проведения ряда агротехнических мероприятий (уменьшение густоты посадки, проведение выборочных рубок, регулярный уход и др.) (Любавская, 1970; Погиба, Казанцева, 2006).

В соответствии с предложенной классификацией (Трулевич, 1983, 1991) интродукционной устойчивости, карельскую березу можно отнести к III (из четырех) группе устойчивых растений, для которых характерны полный цикл развития побегов, стабильность ритмов развития, сохранение жизненной формы, соответствие местным показателям или их превышение по продуктивности и размерам. У карельской березы, подобно другим растениям III группы, самосев не наблюдается, но возможно размножение искусственным путем с сохранением ее уникальных свойств и признаков. Высокую эффективность показало использование при интродукции посадочного материала карельской березы, полученного вегетативно путем клонального микроразмножения *in vitro* (Байбурина, 1998; Табацкая и др., 2004; Путенихин, Фарукшина, 2009).

В дальнейшем перспективными в рамках задач интродукционной работы с карельской березой могут стать мероприятия и исследования, имеющие не только прикладной характер но и фундаментальное значение. Вот некоторые из них.

1. Создание искусственных насаждений, направленных на сохранение генофонда карельской березы не только *in situ*, но и *ex situ*. Для повышения эффективности этой работы следует использовать семена, полученные в результате

контролируемого опыления, или клоны, полученные вегетативно путем клонального микроразмножения *in vitro*. В этом случае, благодаря обеззараживанию растительного материала, исключается риск распространения каких-либо заболеваний или патогенных возбудителей при переносе его в новые условия. Однако следует иметь в виду, что переход на клоновое размножение может привести к сужению генетического разнообразия, чего можно избежать, если количество клонов в насаждениях будет составлять не менее 30–50. При семенном размножении число деревьев желательно увеличить до 100 особей и более с тем, чтобы создаваемое насаждение с максимальной полнотой отражало генетическое разнообразие карельской березы.

2. Создание и поддержание коллекций *in vitro* (например, <http://www.ckr-rg.ru/usu/465691/>), направленных на сохранение лучших генотипов и создание клонового потомства плюсовых (обладающих повышенными хозяйственными качествами) деревьев, представляющих разные природные популяции (часть из которых может уже отсутствовать в природе).

3. Организация и создание плантаций карельской березы для получения древесины с заданными свойствами в разных регионах России.

4. Использование карельской березы для озеленения и обогащения дендрофлоры северных городов и населенных пунктов России.

5. Определение основных регионов и интродукционных центров получения семян или растительного материала, которые могут обеспечить качественным исходным материалом работы по интродукции карельской березы.

6. Определение пунктов интродукции, расположенных за пределами ареала карельской березы, на которые может быть распространен накопленный опыт ее интродукции.

7. Исследование у карельской березы и близких к ней видов (березы повислой и березы пушистой) свето-температурных зависимостей основных физиологических процессов (рост, фотосинтез, дыхание) в различных по природно-климатическим условиям регионах с целью выявления у них видоспецифичности.

8. Выявление у карельской березы генов, ответственных за формирование узорчатой древесины и изучение механизмов регуляции их экспрессии в обычных (в пределах ареала) и новых для нее условиях произрастания.

Осуществление этих мероприятий и решение указанных выше задач позволит, как нам представляется, повысить эффективность интродукционной работы с карельской березой, следовательно, будет существенным образом способствовать как сохранению, так и расширенному

воспроизводству этой уникальной древесной породы.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа осуществлялась из средств федерального бюджета в рамках выполнения государственного задания ФИЦ “Карельский научный центр Российской академии наук” (Институт леса КарНЦ РАН, Институт биологии КарНЦ РАН, Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН).

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов изучения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Н.М., Кузнецова Г.Е.* Опыт выращивания березы карельской в Полярно-альпийском ботаническом саду // Растит. ресурсы. 1975. Т. 11. № 3. С. 421–425.
- Алексеев В.М.* Лесокультурные испытания перспективных пород интродуцентов на территории Новгородской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб.: ЛТА, 2009. 19 с.
- Амельченко В.П.* Редкие и исчезающие растения Томской области (анатомия, биоморфология, интродукция, реинтродукция, кариология, охрана). Томск: ТГУ, 2010. 238 с.
- Бабич Н.А., Залывская О.С., Травникова Г.И.* Интродуценты в зеленом строительстве северных городов. Архангельск: АГТУ, 2008. 144 с.
- Багаев С.Н.* Карельская и капокорешковая береза в лесах Костромской области // Лесн. хоз. 1963. № 6. С. 20–22.
- Багаев С.Н.* Воспроизводство карельской березы // Лесн. хоз. 1987. № 9. С. 40–41.
- Багаев С.С.* Культуры карельской березы в подзоне южной тайги (Костромская и Кировская области): Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: ЛТА, 1988. 17 с.
- Багаев С.С.* Испытание потомств географических популяций березы карельской в Кировской области // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды / Мат. междунар. конф. (Петрозаводск, 20–24 июня 2011). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 21–24.
- Байбурина Р.К.* Микроразмножение взрослых гибридов березы карельской в культуре тканей // Растит. ресурсы. 1998. Т. 34. № 2. С. 9–22.
- Байбурина Р.К., Старова Н.В., Ермаков В.И.* Способ клонального микроразмножения гибридов карельской березы. Патент SU № 1752284 А1. Дата

- регистрации 02.04.1990. Дата публикации 07.08.1992.
- Бандер В.Л.* Интродукция карельской березы в лесах Латвийской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Елгава: Латв. с.-х. академия, 1964. 28 с.
- Баханова М.В., Намзалов Б.Б.* Интродукция растений. Улан-Удэ: БГУ, 2009. 207 с.
- Ветчинникова Л.В.* Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. М.: Наука, 2005. 269 с.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* Происхождение карельской березы: эколого-генетическая гипотеза // Экол. генет. 2016. Т. 14. № 2. С. 3–18.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* Карельская береза – уникальный биологический объект // Успехи соврем. биол. 2019. Т. 139. № 5. С. 412–433.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* Современное состояние ресурсов *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae) // Растит. ресурсы. 2020а. Т. 56. № 1. С. 16–33.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* О границах ареала карельской березы // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020б. № 6. С. 9–21.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* Особенности структуры популяций карельской березы // Успехи соврем. биол. 2020в. № 6. С. 601–615.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* Карельская береза: важнейшие результаты и перспективы исследований. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2021. 243 с.
- Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Кузнецова Т.Ю.* Карельская береза: биологические особенности, динамика ресурсов и воспроизводство. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 312 с.
- Горелов Н.И., Козлов Н.А., Козьмин А.В.* Испытательные культуры деревьев березы карельской // Лесн. хоз. 2011. № 1. С. 27–28.
- Дюрягина Г.П.* К методике интродукции редких и исчезающих растений // Бот. журн. 1982. Т. 67. № 5. С. 679–687.
- Евдокимов А.П.* Биология и культура карельской березы. Л.: ЛГУ, 1989. 228 с.
- Ермаков В.И.* Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л.: Наука, 1986. 144 с.
- Ибрагимов И., Усепнов И.* Карельская береза в южной Киргизии // Науч. тр. Ташк. с.-х. ин-та. 1974. Вып. 46. С. 55–59.
- Казанцева Е.В., Васильев С.Б.* Карельская береза как один из перспективных видов для лесной рекультивации нарушенных земель // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2006. № 5 (47). С. 95–99.
- Красная книга Карелии: редкие и нуждающиеся в охране растения и животные. Петрозаводск, 1985. С. 77.
- Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. С. 45–46.
- Красная книга Республики Карелия. Белгород: КОНСТАНТА, 2020. С. 86–87.
- Красная книга Владимирской области. Владимир: Транзит-ИКС, 2010. 399 с.
- Коновалов В.В., Махрова Т.Г., Романовский М.Г.* Ивантеевские культуры карельской березы // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2016. № 1. С. 129–139.
- Косиченко Н.Е., Попов В.К., Шетинкин С.В.* Рост культур и микроструктура узорчатой древесины березы карельской в условиях ЦЧО // Лесная интродукция. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1983. С. 152–161.
- Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томошевич М.А.* Очередные задачи интродукции древесных растений в Азиатской России // Сиб. экол. журн. 2011. № 2. С. 147–170.
- Лапин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н.* Интродукция лесных пород. М.: Лесн. промыш., 1979. 224 с.
- Лаур Н.В.* Селекционные методы выращивания карельской березы в Карелии по методикам А.Я. Любавской // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2006. № 5 (47). С. 81–88.
- Лаур Н.В.* Единый генетико-селекционный комплекс: учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2011. 130 с.
- Литвак П.В.* Карельська береза (*Betula verrucosa* var. *carelica* Soc.) в Українському поліссі // Укр. ботанічний ж. 1968. Т. 25. № 1. С. 103–106.
- Литвак П.В., Евдокимов А.П.* Опыт культур карельской березы в условиях Украинского Полесья // Изв. вузов. Лесн. журн. 1977. № 5. С. 149–151.
- Любавская А.Я.* Селекция и разведение карельской березы. М.: Лесн. пром., 1966. 124 с.
- Любавская А.Я.* Итоги интродукции карельской березы в Московской области // Лесная генетика, селекция и семеноводство / Ред. В.И. Ермаков. Петрозаводск: Карелия, 1970. С. 301–310.
- Любавская А.Я.* Карельская береза и ее место в системе рода *Betula* // Закономерности внутривидовой изменчивости листовых древесных пород / Ред. С.А. Мамаев, А.К. Махнев. Свердловск: ИЭРиЖ УНЦ АН СССР, 1975. С. 111–114.
- Любавская А.Я.* Карельская береза. М.: Лесн. пром., 1978. 158 с.
- Любавская А.Я.* Лесная селекция и генетика. М.: Лесн. пром., 1982. 288 с.
- Любавский Д.В.* Опыт выращивания карельской березы на рекультивируемых землях Щелковского учебно-опытного лесхоза // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2006. № 5 (47). С. 100–104.
- Мартынов Л.Г.* Интродукция древесных растений флоры Дальнего Востока в среднетаежной подзоне Республики Коми // Сиб. экол. журн. 2011. № 3. С. 349–355.
- Махнев А.К.* Интродукция карельской березы на Среднем Урале // Интродукция и акклиматизация декоративных растений / Ред. С.А. Мамаев, З.Д. Зайцева. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 30–35.
- Машкина О.С., Буторина А.К., Табацкая Т.М.* Карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* Merkl.) как модель для изучения генетической и эпигенетической изменчивости при формировании узорчатой древесины // Генетика. 2011. Т. 47. № 8. С. 1073–1080.
- Молотков П.И.* Проявление признаков “кареловости” у березы при выращивании ее в районе г. Харькова // Лесоводство и агролесомелиорация. Киев: Урожай, 1984. Вып. 69. С. 21–23.
- Муковнина З.П.* Анализ интродукционной устойчивости охраняемых растений природной флоры Цен-

- трального Черноземья // Вестн. ВГУ. Серия: Геогр. Геоэкол. 2010. № 2. С. 66–69.
- Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. М.: Наука, 1980. 102 с.
- Погиба С.П. Анализ культур березы карельской в Липецкой ЛОС // Науч. тр. МЛТИ. 1992. Вып. 256. С. 23–25.
- Погиба С.П., Казанцева Е.В. Онтогенез карельской березы в культурах Московской области // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2006. № 5 (47). С. 75–81.
- Попов В.К., Сиволапов А.И., Кузнецова Н.А. Формовое разнообразие карельской березы в старейших культурах под Воронежем // Генетика и селекция — на службе лесу / Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 28–29 июня 1996). Воронеж: НИИЛГиС, 1996. С. 52–53.
- Прохорова Е.В., Несветаев В.А. Опыт выращивания карельской березы на постоянном лесосеменном участке в Шабалинском лесхозе Кировской области // Вестн. МГУЛ. Лесн. вестн. 2007. № 5 (54). С. 90–96.
- Путенихин В.П. Цивилизация деревьев (научно-популярные очерки о природе). Уфа: Информреклама, 2007. С. 68–71.
- Путенихин В.П., Фарушкина Г.Г. Карельская береза в Республике Башкортостан // Аграр. Россия. Спецвыпуск. 2009. С. 164–165.
- Розно С.А. Экологобиологический анализ итогов интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара: СамГУ, 2005. 20 с.
- Савельев О.А. Автовегетативное размножение ценных форм карельской березы: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. СПб.: ЛТА, 1992. 19 с.
- Сакс К.А., Бандер В.Л. Опыт по выращиванию карельской березы в Латвийской ССР // Лесная генетика, селекция и семеноводство / Ред. В.И. Ермаков. Петрозаводск: Карелия, 1970. С. 294–300.
- Соколов Н.О. Краеведам о карельской березе. Петрозаводск: Карельский гос. музей, 1938. 16 с.
- Соколов Н.О. Карельская береза. Петрозаводск: Гос. изд. Карело-Финской ССР, 1950. 116 с.
- Соколов А.И. Повышение ресурсного потенциала таежных лесов лесокультурным методом. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 178 с.
- Соколов А.И., Федорец Н.Г., Кривенко Т.И. и др. Первичные этапы формирования биогеоценозов при разведении карельской березы на отвалах Костомукшского железорудного месторождения // Изв. СПб. лесотех. акад. 2010. № 191. С. 22–31.
- Суходольский Д.А. Опыт разведения и акклиматизации березы карельской в Сибири // Лесн. хоз. 1971. № 11. С. 86–89.
- Табацкая Т.М., Бутова Г.П., Машкина О.С. Объект № 95. Опытные плантационные культуры хозяйственно ценных форм карельской березы, созданные на основе технологии *in vitro* // Опытн.-производственные селекционно-семеноводческие объекты НИИЛГиС. Т. 2. Воронеж: НИИЛГиС, 2004. С. 171.
- Титок В.В., Володько И.К. Интродукция растений и биологическое разнообразие // Наука и инновации. 2012. № 4 (110). С. 59–61.
- Трулевич Н.В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений природной флоры СССР: Автореф. дис. ... д. б. н. М.: ГБС АН СССР, 1983. 44 с.
- Трулевич Н.В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений. М.: Наука, 1991. 215 с.
- Хакимова З.Г. Карельская береза в Республике Марий Эл и Ульяновской области // Изв. вузов. Лесн. журн. 2002. № 4. С. 40–45.
- Хакимова З.Г. Оценка и использование ресурсов декоративной древесины лиственных пород в условиях Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Йошкар-Ола: МарГУ, 2004. 20 с.
- Шапкин О.П., Казанцева Е.В. Вегетативное размножение форм карельской березы с декоративной текстурой древесины // Тез. докл. междунар. симпоз. “Строение, свойства и качество древесины — 96” (Мытищи, октябрь 1996). М.: МГУЛ, 1996. С. 36.
- Яблоков А.С. Лесное семеноводство и селекция. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. 275 с.
- Яскина Л.В. Опыт выращивания карельской березы в Ташкентском оазисе: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ташкент: Ташкентский с.-х. ин-т, 1969. 22 с.
- Яскина Л.В. Рост и развитие саженцев карельской березы в орошаемом питомнике Ташкентского оазиса // Науч. тр. Ташкент. с.-х. ин-та. 1972. Вып. 25. С. 164–169.
- Яскина Л.В. Опыт выращивания карельской березы Самаркандским лесхозом // Науч. тр. Ташкент. с.-х. ин-та. 1977. Вып. 71. С. 25–31.
- Consensus document on the biology of European white birch (*Betula pendula* Roth). Series on harmonisation of regulatory oversight in biotechnology. № 28. Paris: OECD, 2003. 46 p.
- Emanuelsson J. The natural distribution and variation of curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Merkl.) Sok.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsskötsel. Umeå: Institutionen för skogsskötsel sveriges lantbruksuniversitet, 1999. 54 p.
- Etholén K. Kokemuksia visakoivun kasvatuksesta lapissa // Silva Fenn. 1978. V. 12. № 4. P. 264–273.
- Hagqvist R., Mikkola A. Visakoivun kasvatust ja käyttö. Metsäkustannus Oy, 2008. 168 s.
- Hejtmánek J. *Betula pendula* var. *carelica* Sokolov v Československu // Preslia. 1957. V. 29. P. 264–268.
- Kleinschmit J. Konsequenzen aus Birkenzüchtung für die forstliche Praxis // Forst und Holz. 2002. Jg. 57. № 15/16. S. 470–475.
- Kosonen M., Leikola M., Hagqvist R. et al. Visakoivu curly birch. Metsälehti Kustannus, 2004. 208 p.
- Lindquist B. Forstgenetik in der schwedischen Waldbaupraxis. Radebene und Berlin: Neumann Verlag, 1954. 156 S.
- Martinsson O. Odling av masurbjörk — en outvecklad nisch för svenskt skogsbruk // Fakta Skog. 1995. № 11. 4 s.
- Matsson J. Identification and propagation of novel value-added hardwood varieties. Project number: Y062183 Forestry science program year-end report 2005/2006. 2006.

- Pagan J., Paganová V.* Breza biela svalcovita (*Betula alba* L. var. *carelica* Merk.) na Slovensku. Curly birch in Slovakia. Zvolen: Technická univerzita, 1994. 75 s.
- Saarnio R.* Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa // *Folia Forestalia*. 1976. № 263. P. 3–28.
- Saarnio R.* Visakoivu – vuoden puu // *Dendrologian seuran tiedotuksia*. 1980. V. 11. № 1. S. 4–14.
- Scholz E.* Das Verbreitungsgebiet der Braunmaserbirke // *Archiv für Forstwesen*. 1963. B. 12. № 12. S. 1243–1253.
- Václav E.* Rozšíření, stanovištní podmínky a růst svalcovité břízy (karelské) v Evropě // *Sborník lesnické fakulty VŠZ v Praze*. 1963. № 6. S. 217–237.

## Introduction of the Curly Birch

L. V. Vetchinnikova<sup>a, \*</sup> and A. F. Titov<sup>b, c, \*\*</sup>

<sup>a</sup>*Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

<sup>b</sup>*Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

<sup>c</sup>*Department of Multidisciplinary Scientific Research, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*

\**e-mail: vetchin@krc.karelia.ru,*

\*\**e-mail: titov@krc.karelia.ru*

The article summarizes the results of over half a century of research regarding the experience of curly (Karelian) birch introductions in Russia and abroad. The background is briefly outlined. The growth and development of curly birch in different edaphoclimatic environments in Russia are analyzed. The main indirect indicators that the wood has figured grain, and the features of their expression in introduced trees are described. It is demonstrated that one of the key outcomes of the years of activities is that introduced curly birch retains its major distinctive biological features – growth form polymorphism and figured grain, across years and edaphoclimatic conditions. A number of activities and tasks for curly birch introduction efforts are named, which are of both applied and fundamental research nature, and which, as the authors believe, need to be addressed to not only conserve but also to expand the reproduction of the gene pool of this unique tree.

*Keywords:* curly birch, *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, introduction, edaphoclimatic conditions, figured wood, growth form polymorphism