

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ *BETULA PENDULA* VAR. *CARELICA* (BETULACEAE)

© 2020 г. Л. В. Ветчинникова<sup>1, \*</sup>, А. Ф. Титов<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup>Институт леса ФИЦ “Карельский научный центр Российской академии наук”, г. Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ “Карельский научный центр Российской академии наук”, г. Петрозаводск, Россия

<sup>3</sup>Отдел комплексных научных исследований ФИЦ “Карельский научный центр Российской академии наук”, г. Петрозаводск, Россия

\*e-mail: [vetchin@krc.karelia.ru](mailto:vetchin@krc.karelia.ru)

Поступила в редакцию 18.07.2019 г.

После доработки 23.10.2019 г.

Принята к публикации 12.12.2019 г.

На основании собственных и литературных данных обобщены и систематизированы сведения, касающиеся влияния антропогенных факторов на состояние ресурсов карельской березы (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti). Показано, что в Карелии – на территории, где сосредоточена подавляющая их часть в России – она оказалась среди наиболее пострадавших от антропогенных воздействий древесных растений. Кратко описаны особенности структуры популяций карельской березы, негативные антропогенные воздействия (рубки деревьев, агротехнические мероприятия и др.), которые оказали отрицательное влияние на их численность и структуру. Подчеркивается, что их последствия до сих пор не преодолены. Анализируется также влияние позитивных антропогенных воздействий (организация особо охраняемых природных территорий и лесных культур и др.) на сохранение и/или восстановление генофонда карельской березы. На основании рассмотренных данных сделан вывод, что наиболее перспективной формой сохранения и воспроизводства ресурсов карельской березы на современном этапе является развитие ее плантационного выращивания с использованием современных биотехнологий.

**Ключевые слова:** *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, структура популяций, негативное и позитивное воздействие антропогенных факторов, состояние ресурсов, воспроизводство численности и генофонда

**DOI:** 10.31857/S0033994620010082

Расширение и интенсификация хозяйственной деятельности, осуществляемой человеком, почти всегда, включая настоящее время, сопровождается усилением антропогенного воздействия на природу и ухудшением экологической ситуации на значительных по площади территориях. Осознание данного факта и понимание масштаба негативных последствий этого для человека привело в XX в. к выработке определенного набора мер и действий, которые составили содержательную основу различных международных, национальных и региональных природоохранных программ, а также нормативно-правовых актов, направленных на сохранение и/или восстановление природной среды и биоразнообразия. Благодаря этому стало возможным говорить не только о негативном, но и позитивном антропогенном воздействии на природу в целом и ее отдельные компоненты (биологические объекты или природные комплексы), особенно те, которые считаются наиболее ценными и/или уникальными. Одним из та-

ких объектов является карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, которая в силу особой ценности ее древесины активно эксплуатируется человеком уже многие годы (не менее 500 лет) и в то же время вследствие своих биологических особенностей характеризуется низким уровнем естественного восстановления [1]. Ареал карельской березы носит ограниченный и фрагментированный характер и приурочен к определенным природно-климатическим условиям, которые исторически сложились исключительно на территориях, находящихся в северо-западной части континентальной Европы [2–4].

В России подавляющая часть ресурсов карельской березы в настоящее время находится на территории Республики Карелия [5–7]. Помимо Карелии, единичные экземпляры карельской березы в природных условиях можно встретить в Смоленской, Владимирской, Псковской и, возможно, в Костромской областях. В других регионах России,

где она произрастала ранее, в настоящее время карельская береза или реинтродуцирована как, например, в Ленинградской области, или, что не исключено, уже вообще отсутствует (Ярославская, Калужская, Брянская, Новгородская области). В силу этого именно в Карелии карельская береза всегда была и остается предметом особого внимания. В настоящей работе, основываясь на собственных и литературных данных, нами принята попытка их обобщения и систематизации с целью выявления особенностей структуры популяций карельской березы, а также негативного или позитивного влияния тех или иных антропогенных факторов на состояние ее ресурсов в Карелии и, соответственно, в России.

### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

Как было сказано выше, ареал карельской березы соответствует определенным природно-климатическим условиям и при этом перекрывается с ареалами березы повислой *Betula pendula* Roth и березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. Отметим, что вопросам экологии березы повислой и березы пушистой, являющихся лесообразующими видами, посвящено довольно большое количество работ, но лишь недавно появилась публикация, посвященная их ценологическому распределению и экологическим предпочтениям на территории центральной России [8]. На основании 1414 геоботанических описаний (53 группы ассоциаций) показано, что береза повислая и береза пушистая значительно различаются по отношению к факторам влажности, освещенности, трофности, требовательностью к азотному питанию. В частности, береза повислая предпочитает более сухие, затененные и менее богатые азотом местообитания по сравнению с березой пушистой. При этом береза пушистая является более эвритопным видом, так как охватывает почти 85% фитоценологического пространства, а береза повислая — около 72%. Эти данные позволили сделать вывод о том, что эти два широко распространенных вида — береза повислая и береза пушистая — хотя и имеют в значительной степени перекрывающиеся синэкологические ареалы, но четко различаются по синэкологическим оптимумам.

Карельская береза по таксономическому статусу считается разновидностью березы повислой, однако по сравнению с последней имеет локальный и ограниченный ареал исключительно на территории стран Балтийского региона (в широком смысле его понимании) [9]. Изучение карельской березы в местах естественного произрастания на территории России (Республика Карелия, Ленинградская и Смоленская области), Финляндии, Швеции, Дании, Германии, Латвии, Литве, Польше и Республике Беларусь, позволили

нам выявить ряд важных особенностей структуры ее природных популяций.

Карельская береза не образует лесов, произрастает одиночно или небольшими группами, как правило, изолированными друг от друга. К настоящему времени количество сохранившихся растений карельской березы в одних популяциях исчисляется единицами, а в других — несколькими десятками и редко сотнями, т.е. ресурсы ее весьма ограничены (табл. 1). Более того, за последние десятилетия в границах всего ареала произошло резкое снижение плотности ее популяций, обусловленное не только уменьшением общей численности деревьев, но и занимаемой ими площади (табл. 2). В связи с ограниченностью и локальностью произрастания карельская береза в настоящее время считается редким растением. В соответствии с Красной книгой Российской Федерации и Красного списка МСОП (Международный союз охраны природы) [41] она отнесена к категории 2(EN), т.е. к числу исчезающих, находящихся в опасном состоянии видов (Endangered) [42, 43].

В лесных ценозах карельская береза занимает довольно узкую и специфическую экологическую нишу. Места произрастания карельской березы, как правило, соответствуют опушкам леса и берегам водоемов (~70%), бывшим пашням и пастбищам (~20%). Отдельные деревья и небольшие группы встречаются вдоль придорожной полосы (~10%). При оценке по шкале “освещенность—затенение” она располагается преимущественно в открытых или полукрытых местообитаниях. Известно о внутривидовых взаимоотношениях деревьев карельской березы между собой и с сопутствующими породами, которые существенно влияют на ростовые и формообразовательные процессы, репродукцию и даже продолжительность ее жизни. Установлено, что при высокой плотности насаждений карельская береза до появления признаков узорчатости растет интенсивно и не уступает по высоте березе повислой [44]. Но через 10–15 лет, по мере формирования узорчатой древесины, она снижает темпы роста и переходит в подчиненный ярус, поскольку наблюдается смыкание крон рядом растущих безузорчатых особей или сопутствующих пород [7]. По мере затенения постепенно прекращается и формирование узорчатой текстуры в древесине. К 25–30-ти годам карельская береза не выдерживает конкуренцию с другими более быстрорастущими лиственными породами и, как правило, находится в угнетенном состоянии и даже отмирает. Поэтому в сообществах она предпочитает занимать крайнее относительно конкурентов или пограничное с открытым пространством местоопложение, а в случае усиления фитоценологического влияния для нее характерно изгибание ствола в сторону открытого пространства, что не свойственно березе повислой и березе пушистой.

**Таблица 1.** Численность популяций *Betula pendula* var. *carelica* в разных частях ее ареала  
**Table 1.** The number of *Betula pendula* var. *carelica* populations in different parts of its range

Страна Country	Количество деревьев, площадь насаждения Number of trees, area	Источник сведений Source of information
Северная Европа Northern Europe		
Финляндия Finland	Единичные Occasional	Heikinheimo, 1951 [10]; Kosonen et al., 2004 [11]
	~100 шт. ~100 ind.	Hagqvist, Mikkola, 2008 [12]; Ветчинникова и др., 2013 [7] Hagqvist, Mikkola, 2008 [12]; Vetchinnikova, 2013 [7]
Швеция Sweden	Единичные Occasional	Johnsson, 1951 [13]; Lindquist, 1954 [14]
	125 шт., 0.5 га 125 ind., 0.5 ha	Martinsson, Vetchinnikova, 1999 [15]
	87 шт. 87 ind.	Emanuelsson, 1999 [16]; Побирушко и др., 1999 [17] Emanuelsson, 1999 [16]; Pobirushko et al., 1999 [17]
	~200 шт. ~200 ind.	Ветчинникова и др., 2013 [7] Vetchinnikova, 2013 [7]
Норвегия Norway	Единичные Occasional	Ruden, 1954 [18]; Hodnebrog, 1996 [19]
Дания Denmark	2	Rönne, 2005, устное сообщение Rönne, 2005, oral communication
	Только в культуре Only in the culture	Ветчинникова и др., 2013 [7] Vetchinnikova, 2013 [7]
Центральная Европа Central Europe		
Польша Poland	8.5 га 8.5 ha	Scholz, 1963 [20]
	Единичные Occasional	Jakuszewski, 1970 [21]
	~100 шт. ~100 ind.	Piroznikow, 2015, устное сообщение Piroznikow, 2015, oral communication
Словакия Slovakia	Единичные Occasional	Scholz, 1963 [20]; Pagan, Paganová, 1994 [22]
Германия Germany	Единичные Occasional	Scholz, 1963 [20]
Чехия Czech	Единичные Occasional	Hejtmanek, 1957 [23]; Vaclav, 1961 [24]
Восточная Европа Eastern Europe		
Эстония Estonia	~100 шт. ~100 ind.	Sibul, 2011 [25]
Латвия Latvia	~400 шт. ~400 ind.	Сакс, Бандер, 1970, 1973, 1974 [26–28]; Бандер, 1959 [29]; Кундзиньш и др., 1972 [30] Saks, Bander, 1970, 1973, 1974 [26–28]; Bander, 1959; Kundzins et al., 1972 [30]

Таблица 1. Окончание

Страна Country	Количество деревьев, площадь насаждения Number of trees, area	Источник сведений Source of information
	Единичные Occasional	Наши данные, 2015 Our data, 2015
Литва Lithuania	Единичные Occasional	Vailionis, 1935 [31]; Сакс, Бандер, 1973 [27]; Наши данные, 2015 Vailionis, 1935 [31]; Saks, Bander, 1973, [27] Our data, 2015
Беларусь Belarus	~10 га ~10 ha	Соколов, 1959 [32]; Любавская, 1966 [33] Sokolov, 1959 [32]; Lyubavskaya, 1966 [33]
	~ 40 тыс. шт. ~ 40000 ind.	Побирушко, 1992 [34]; Ветчинникова и др., 2013 [7] Pobirushko, 1992 [34]; Vetchinnikova, 2013 [7]
Украина Ukraine	Единичные Occasional	Соколов, 1950 [5] Sokolov, 1950 [5]
	>1000 шт. >1000 ind.	Тарасевич, 2011 [35] Tarasevich, 2011 [35]
Россия Russia		
Республика Карелия Republic of Karelia	>5 тыс шт. >5000 ind.	Соколов, 1950 [5] Sokolov, 1950 [5]
	~1700 шт. ~1700 ind.	Ветчинникова и др., 2013 [7] Vetchinnikova, 2013 [7]
Ленинградская область Leningrad region	Единичные (occasional)	Соколов, 1950 [5] Sokolov, 1950 [5]
	Только в культуре Only in culture	Наши данные, 2017 Our data, 2017
Костромская область Kostroma region	58 шт. 58 ind.	Багаев, 1963 [36] Bagaev, 1963 [36]
Смоленская область Smolensk region	Единичные Occasional	Соколов, 1975 [37] Sokolov, 1975 [37]
	>900 шт. >900 ind.	Евдокимов, 1978 [38] Evdokimov, 1978 [38]
	~400 шт. ~400 ind.	Глушенко, 1988, устное сообщение Glushenko, 1988, oral communication
	14 шт. 14 ind.	Наши данные, 2018 Our data, 2018
Владимирская область Vladimir region	~230 шт., 15 га ~230 ind., 15 ha	Шапкин и др., 1996 [39] Shapkin et al., 1996 [39]
Псковская область Pskov region	~450 шт. ~450 ind.	Николаева, Воробьев, 2016 [40] Nikolaeva, Vorobyov, 2016 [40]
Ярославская область Yaroslavskaaya oblast	Единичные Occasional	<a href="http://www.plantarium.ru/page/image/id/222946.html">http://www.plantarium.ru/page/image/id/222946.html</a>

Результаты исследований свидетельствуют об отсутствии приуроченности карельской березы к определенному типу почв [5, 10, 11, 45–47]. Вероятно, это связано с тем, что почвенное питание у

нее, как и у большинства видов березы, осуществляется преимущественно за счет экотрофной микоризы, которая, как известно, не является видоспецифичной для отдельных древесных пород.

**Таблица 2.** Площадь, количество деревьев и плотность популяций на примере ботанических заказников *Betula pendula* var. *carelica*, расположенных на территории Республики Карелия

**Table 2.** Area, number of trees and population density by the example of the botanical nature reserves of *Betula pendula* var. *carelica* located in the Republic of Karelia

Показатель Indicator	Ботанические заказники Botanical nature reserve					
	“Анисимовщина” “Anisimovshchina”		“Каккоровский” “Kakkorovski”		“Спасогубский” “Spasogubskiy”	
	1976 г.*	2005 г.	1976 г.*	2005 г.	1976 г.*	2005 г.
Площадь, га Area, ha	5.7	4.4	26	26	8.3	4.9
Количество деревьев, шт. Number of trees	2168	1639	608	30	375	4
Плотность популяции, число особей на га Population density, ind./ha	380.4	372.5	23.4	1.2	45.2	0.8

Примечание. \* – данные Петрозаводской лесосеменной станции.

Note. \* – data from the Petrozavodsk forest seed orchard.

Хотя показано, что насыщенность ризосферы микробным населением у карельской березы в 2.5 раза выше, чем у березы повислой [48]. Относительно невысокая требовательность карельской березы к почвенным условиям в местах менее благоприятных для других древесных пород, объясняется, по всей видимости, ее низкой фитосенотической конкурентоспособностью и необходимостью поиска незанятых ниш, причем с достаточно высокой освещенностью [7, 20, 34, 49, 50]. На плодородных почвах она также хорошо растет и развивается, но только при условии отсутствия конкуренции с другими древесными породами [12].

В популяциях карельской березы преобладают средневозрастные ( $g_2$ ) и старые генеративные ( $g_3$ ) деревья. На протяжении всего ареала зафиксированы постгенеративные: субсенильные ( $ss$ ) и даже сенильные ( $s$ ) особи. Виргинильные ( $v$ ) и молодые генеративные ( $g_1$ ) встречаются, но очень редко, поэтому естественное возобновление в границах ареала выражено слабо. Однако средний возраст и общий биологический цикл ее развития в благоприятных условиях примерно соответствует большинству основных видов рода *Betula* (100–140 лет) и является не столь коротким, как считалось ранее (50–60 лет) [51, 52].

Карельская береза характеризуется высоким уровнем полиморфизма и индивидуальной изменчивостью по целому ряду анатомо-морфологических признаков, включая текстуру древесины (от едва заметной волнистости волокон до ярко выраженной), форму роста (от деревьев до кустарников), тип поверхности ствола (от ребристого до шаровидноутолщенного) независимо от

условий и места ее произрастания. Это, прежде всего, отражает биологические особенности данной древесной породы, придает ей дополнительную пластичность и расширяет возможности ее существования в различных экологических условиях. В границах ареала среди жизненных форм преобладает форма дерева. Это довольно крупные растения с четко выраженным главным стволом, часто разветвленным. Высота их может составлять от 1–3 м до 20–25 м, диаметр – от 2–5 см до 20 и даже 45–50 см и более.

Карельская береза, подобно всем представителям рода *Betula*, относится к анемофильным растениям и размножается преимущественно семенами. При высокой концентрации деревьев (например, в специальных теплицах или при контролируемом опылении) доля растений с ярко выраженными признаками, характерными для карельской березы, составляет в потомстве 90% и более. Это говорит об устойчивом характере наследования узорчатости в древесине при семенном размножении карельской березы и, более того, дает основания для предположения об ее генетической обособленности от березы повислой. В условиях же, когда плотность природных популяций карельской березы уже существенно снизилась, при свободном опылении и скрещивании с березой повислой или березой пушистой в потомстве количество особей с узорчатой древесиной резко уменьшается и может составлять всего 2–3%, редко достигая 25% или чуть выше. При вегетативном размножении (порослью, отводками), которое слабо выражено у карельской березы, рисунок

**Таблица 3.** Количество срубленных стволов\* *Betula pendula* var. *carelica* и объемы их древесины в разных лесхозах Республики Карелия (в период с 1994 по 2007 гг.) (По данным Госкомитета Республики Карелия по лесопромышленному комплексу, 2007)

**Table 3.** The number of felled stems\* of *Betula pendula* var. *carelica* and their wood volumes in different forest management enterprises of the Republic of Karelia (from 1994 to 2007) (According to the State Committee of the Republic of Karelia on Forest Industry, 2007)

Лесхоз Forest management enterprise	Количество стволов Number of stems	Объем древесины, м <sup>3</sup> Wood volume, m <sup>3</sup>
Заонежский Zaonezhskiy	704	98
Спасогубский Spasogubskiy	70	23
Прионежский Prionezhskiy	320	18
Ладвинский Ladvinskiy	283	~16
Всего Total	1377	~155

Примечание. \* С учетом многоствольных деревьев.

Note. \* Including multi-stemmed trees.

узорчатой древесины в потомстве сохраняется и соответствует текстуре материнских растений.

Таким образом, из всего вышеизложенного следует, что особенности структуры популяций карельской березы обусловлены целым рядом причин, в том числе и характерным для нее синэкологическим оптимумом, а также стремлением занять свободные экологические ниши. С другой стороны, ее низкая конкурентоспособность вкупе с многочисленными неконтролируемыми рубками привели к настоящему времени к значительному сокращению ее численности и существенному обеднению ее генофонда.

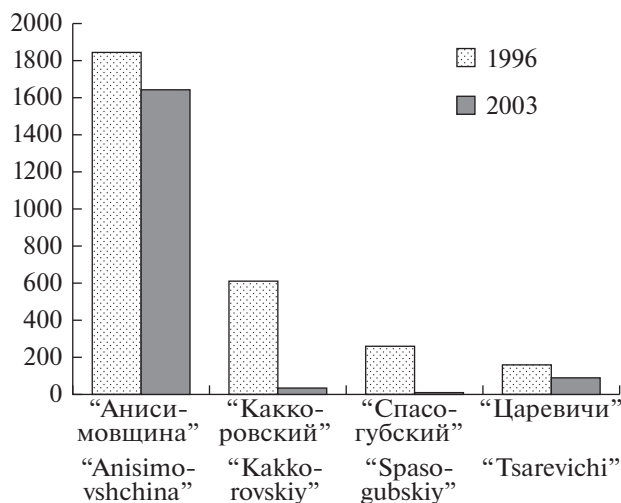
#### ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РЕСУРСЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

**Массовые и выборочные рубки.** К негативным антропогенным воздействиям в отношении ресурсов карельской березы прежде всего следует отнести массовые и выборочные рубки, зачастую носящие неконтролируемый характер. Известно, что в районах ее произрастания местное население в течение длительного времени использовало оригинальную и прочную древесину для изготовления различных столярно-токарных изделий и мебели, а также отделочных работ. При этом более высокие и крупные по диаметру стволы употреблялись на изготовление досок и фанеры, а короткоствольные и кустообразные (но обладающие более насыщенной текстурой) — для предметов домашнего обихода. Например, в 1930 г. в Петровском районе (ныне — Кондопожский район) Карелии однократно произвели заготовку 5500 кг

древесины карельской березы, ориентированную на вывоз за пределы республики [53]. Позднее, в 1935 г. в Заонежском районе была организована и действовала на постоянной основе специальная артель-школа “Карельская береза” по изготовлению различных кустарно-художественных изделий и мебели. Добавим, что древесина карельской березы благодаря свилеватости (изогнутости) волокон горит по сравнению с обычной березой дольше и дает больше тепла, поэтому нередко использовалась местным населением в качестве дров.

Непоправимый ущерб карельской березе был нанесен в годы Великой Отечественной войны и временной финской оккупации: интенсивные рубки в этот период привели к значительному сокращению ее численности (хотя оценить это количественно из-за отсутствия соответствующих документов сложно). Особенно сильно при этом пострадали семенные участки в бывших тогда Заонежском, Петровском, Шелтозерском, Ведлозерском и Пряжинском районах Карелии, где наилучшие по высоте и текстуре древесины семенные деревья были вырублены и вывезены в Финляндию [5, 11].

Новая большая волна рубок была зафиксирована в начале 90-х годов, когда из-за повышенного внимания к карельской березе резко возросло браконьерство и объемы незаконных рубок. По официальным данным только за период 1994–2003 гг. на территории Карелии было вырублено около 1.5 тысяч деревьев различных форм роста и узорчатости (табл. 3). К примеру, были утрачены все плюсовые деревья на территории Петрозаводского лесопитомника “Вилга” и в отобранном ранее плюсовом насаждении (вблизи д. Шуньга За-



**Рис. 1.** Изменение численности деревьев *Betula pendula* var. *carelica* в ботанических заказниках Республики Карелия в период с 1996 по 2003 гг. По горизонтали – ботанические заказники; по вертикали – количество деревьев.

**Fig. 1.** Changes in the number of *Betula pendula* var. *carelica* stems in the botanical nature reserves of the Republic of Karelia between 1996 and 2003. X-axis – botanical nature reserve; y-axis – number of trees.

онежского района), частично – на Петрозаводской лесосеменной плантации (ЛСП), архиве клонов [54], на территории Государственного природного заказника “Кижский”. В этот же период уничтожена значительная часть деревьев в ботанических заказниках “Анисимовщина” (197 из 1836) и “Береза карельская у деревни Царевичи” (70 из 163), а ботанические заказники “Каккоровский” и “Спасогубский” оказались, по сути, на грани полного исчезновения (рис. 1). В целом общая площадь ботанических заказников карельской березы сократилась с 40.4 до 36.4 га, но самое главное, в естественных условиях численность деревьев в Карелии в целом упала более чем в 2 раза – с 3957 до 1703 (по данным инвентаризации 1976 и 2005 годов соответственно).

Таким образом, рубки карельской березы, зафиксированные на территории Карелии в разные годы только в 20-ом столетии, носящие по большей части несанкционированный характер, оказали наибольшее негативное влияние не только на численность, но и качественный состав ее популяций [55]. Сегодня природные популяции карельской березы представлены преимущественно деревьями со слабо выраженной узорчатой текстурой древесины или измененной формой роста, сформированной порослевыми побегими вокруг пней, оставшихся от спиленных или срубленных деревьев. Как уже отмечалось, большинство деревьев по своему возрасту (80 лет и более) находится на поздней генеративной и даже постгенеративной стадиях развития [3]. Вероят-

но, этим, наряду с другими причинами, обусловлено и фактически полное отсутствие у карельской березы жизнеспособного подроста, что ведет к обеднению генофонда и в дальнейшем грозит его полной деградацией.

**Агротехнические мероприятия.** Судя по разным источникам, отрицательное влияние на ресурсы карельской березы могли оказать и некоторые виды агротехнических мероприятий такие, например, как подсечно-огневое земледелие или обработка территорий, используемых в хозяйственных целях, ядохимикатами. В частности, подсечно-огневое земледелие (одна из примитивных ранних систем земледелия лесной зоны, основанная на выжигании леса и посадке на этом месте сельскохозяйственных растений) сохранялось местами в Северной Европе до XVII–XIX вв. В Карелии к началу 30-х годов 20-го столетия подсечная система земледелия еще использовалась в Сегозерском, Петровском, Кондопожском, Заонежском и Шелтозерском районах [56], т.е. в местах наибольшего распространения карельской березы. Заметим также, что пожары, с одной стороны, оказывали на карельскую березу также, как и на другие виды деревьев губительное влияние, а с другой – отчасти способствовали ее расселению [2, 57].

Выявлены и другие случаи отрицательного влияния агротехнических мероприятий на состояние природных ресурсов карельской березы. Так, в 1968 г. в Карелии при обработке сенокосных угодий гербицидами их воздействию подверглись прилегающие к ним леса, в результате значительно пострадала популяция карельской березы, расположенная в прибрежной зоне оз. Мунозеро (на площади 274 га погибло 125 деревьев), находящегося в Кондопожском районе.

#### ВЛИЯНИЕ ПОЗИТИВНЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РЕСУРСЫ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

К позитивным мерам, направленным на сохранение и/или восстановление численности популяций и генофонда карельской березы можно отнести следующие: придание ей статуса особо охраняемого биологического объекта; создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (включая заповедники и ботанические заказники), организация хозяйств, специализирующихся на разведении карельской березы, и лесных культур; выявление плюсовых (лучших) деревьев и создание на их основе плантаций, развитие и внедрение в практику новых биотехнологий, а также расширение работ по интродукции карельской березы в другие регионы.

Рассмотрим более подробно результаты такого рода деятельности и попробуем оценить их роль в

сохранении и/или восстановлении ресурсов карельской березы.

**Статус особо охраняемого биологического объекта и создание ООПТ.** В силу ограниченности ресурсов карельской березы и локальности ее произрастания в ряде стран, включая Россию, неоднократно поднимался вопрос о необходимости ее охраны. Так, в 1939 г. вышло специальное постановление Совета народных комиссаров Карельской АССР, в котором она была объявлена особо охраняемой породой. Были запрещены рубки карельской березы, начаты работы по ее инвентаризации и воспроизводству. Заметим, что даже ее санитарные рубки на тот период без специального разрешения Совета Министров Карельской АССР не проводились. В 1985 и 2007 годах карельская береза была включена в 1-е [58] и последнее (3-е) издание Красной книги Республики Карелия с категорией, соответствующей исчезающим, находящимся в опасном состоянии видам [42]. Однако во 2-м издании Красной книги [59] из-за отсутствия таксономического статуса вида она не приводится. В 2010 г. она включена в Красную книгу Владимирской области. Кроме того, карельская береза неизменно входит в перечень видов (пород) деревьев и кустарников, заготовка древесины которых в России запрещена.

В середине прошлого века для сохранения и поддержания генетического разнообразия карельской березы был организован ряд ООПТ [60]. Так, во Владимирской области в 6 км юго-западнее г. Коврова в 1980 г., на землях лесного фонда Ковровского лесничества, создан памятник природы регионального значения “Карельская береза” общей площадью 15 га (охранная зона – 50 га). Карельская береза произрастает здесь единично или небольшими группами. Общее количество деревьев составляет менее 100 в возрасте 60–80 лет и более. Наибольшие ресурсы в России, как уже отмечалось, в настоящее время находятся на территории Карелии, и они обеспечивают здесь сохранение и охрану более 90% ресурсов карельской березы (табл. 4). При этом большая часть деревьев (95%) оказалась сосредоточенной в четырех ботанических заказниках регионального значения: в “Анисимовщине”, “Каккоровском”, “Спасогубском” и “Береза карельская у деревни Царевичи”, которые суммарно занимают не более 0.01% от общей площади всех ООПТ, созданных с участием карельской березы [3, 4]. Заметим также, что первые три ботанических заказника соответствуют по своему местоположению ранее существовавшим природным популяциям карельской березы, описанным еще в 50-е годы [5], а четвертый – создан искусственно в 1934 г. в Прионежском районе под руководством и при непосредственном участии первого в России исследователя карельской березы Н.О. Соколова.

Во второй половине XX в. в Карелии, кроме того, были организованы и до сих пор функционируют территории специального назначения – Заонежская и Петрозаводская ЛСП. Более 1.6 тысяч деревьев, начиная с 1957 г., выращивается на опытных участках Института леса ФИЦ “Карельский научный центр РАН” (ИЛ КарНЦ РАН), расположенных на территории Агробиологической станции Института биологии ФИЦ “Карельский научный центр РАН” (ИБ КарНЦ РАН) (в пригороде г. Петрозаводска) (табл. 4).

Необходимо отметить, что распределение деревьев карельской березы на занимаемой ими территории в различных районах Карелии до организации ботанических заказников было весьма неравномерным [3]. Более 70% от общей численности выявленных к тому времени деревьев находилось на территории Заонежского лесхоза (табл. 5), которая составляла менее 25% от общей площади естественных насаждений карельской березы. Наибольшие площади (65%) зарегистрированы в Прионежском лесхозе, хотя численность деревьев карельской березы на них была в 4 раза ниже, чем в Заонежском.

В настоящее время основные ресурсы карельской березы в Республике Карелия сосредоточены на территории Заонежского полуострова в ботаническом заказнике “Анисимовщина”, который уникален не только по количеству, но и качеству произрастающих здесь деревьев (рис. 2). Такого рода насаждения карельской березы естественного происхождения не встречаются больше нигде в России. Ее появление здесь и сохранение обусловлено целым рядом факторов, включая в первую очередь природно-климатические условия, а также особенности хозяйственного освоения данной территории [56, 61].

Несомненно, ООПТ, созданные на территории Карелии, внесли большой вклад в сохранение генофонда и генетического разнообразия карельской березы и продолжают играть важную роль в этом деле [4]. Необходимо также иметь в виду, что в них представлена основная и наиболее ценная часть генофонда, а ее лучшие деревья являются главным объектом для проведения различных научных исследований и осуществления практических работ по ее воспроизводству и интродукции. Однако по-прежнему имеются серьезные опасения относительно их будущего, так как в последние годы в них не ведутся регулярные уходы. Поэтому сохранение имеющегося генофонда карельской березы, прежде всего за счет правильной организации работы ООПТ (и особенно ботанических заказников) является важной государственной задачей.

**Создание лесных культур и отбор плюсовых деревьев.** Для России пионерными стали работы по размножению карельской березы семенами, на-

**Таблица 4.** Численность деревьев *Betula pendula* var. *carelica* на ООПТ и территориях специального назначения, расположенных в Республике Карелия (к началу XXI в.)

**Table 4.** The number of *Betula pendula* var. *carelica* trees in protected areas and other special purpose territories located in the Republic of Karelia (by the beginning of the 21st century)

Название ООПТ и территории специального назначения Protected areas and other special purpose territory	Количество деревьев Number of trees		
	в природе in nature	в культуре in culture	
		>25 лет >25 years	<15 лет <15 years
Кондопожский район Kondopozhsky district			
ГПЗп “Кивач” “Kivach”, SNR и охранная зона (побережье оз. Мунозеро) and conservation zone (shore of Lake Munozero)	Единичные occasional ~30	90 ~190	5 —
ГБЗк “Спасогубский” “Spasogubskiy”, BNR	4	—	~400
Медвежьегорский район Medvezhyegorsky district			
ГПЗк “Кижский” “Kizhskiy” NR	7	—	~100
ГБЗк “Анисимовщина” “Anisimovshchina”, BNR и урочище Баев Наволок and natural boundary Baev Navolok	~1600 ~100	~1300 —	— —
Заонежская ЛСП “Zaonezhskaya”, FSO	—	~5000	~2500
Прионежский район Prionezhsky district			
ГБЗк “Каккоровский” “Kakkorovskiy”, BNR	~30	~40	~1000
ГБЗк “Береза карельская у деревни Царевичи” “Karelian birch by Tsarevichi village”, BNR	—	93	—
Петрозаводская ЛСП (архив клонов) Petrozavodsk FSO (clone archive)	—	~50	—
Агроботаническая станция ИБ КарНЦ РАН Agrobiological station of IB KarRC RAS	—	~800	~800

Примечание. ГПЗп – Государственный природный заповедник; ГПЗк – Государственный природный заказник; ГБЗк – Государственный ботанический заказник; ЛСП – лесосеменная плантация.

Note. SNR – Strict nature reserve; NR – Nature reserve; BNR – Botanical nature reserve; FSO – forest seed orchard.

чаты в 1931 г. на территории заповедника “Кивач”. В 1934 г. были созданы первые лесные культуры карельской березы на территории Петрозаводского, а в 1939 г. – Заонежского лесхозов. Послевоенный (советский) период характеризовался активизацией в Карелии работ по организации лесных культур карельской березы. Первоначально их создание осуществлялось путем подготовки площадок для содействия естественному возобновлению или посевом семян. Дальнейшее

развитие лесные культуры получили после организации специализированных хозяйств в Заонежском лесхозе, Спасогубском и Рыборецком лесничествах. С тех пор посев семян был заменен на предварительное выращивание посадочного материала, сначала в условиях открытого грунта, а с 1972 г. – в условиях защищенного грунта. Однако следует признать, что лесные культуры, созданные в основном в 70-е и 80-е годы по используемой на тот период технологии (из семян от сво-



**Рис. 2.** Внешний вид стволовой части лучших деревьев *Betula pendula* var. *carelica*, произрастающих в ботаническом заказнике “Анисимовщина” (Медвежьегорский район, Республика Карелия).

**Fig. 2.** External appearance of stems of the best *Betula pendula* var. *carelica* trees growing in the botanical nature reserve “Anisimovschina” (Medvezhiegorsk district, Republic of Karelia).

**Таблица 5.** Количество деревьев *Betula pendula* var. *carelica* естественного происхождения и занимаемая ими площадь в разных лесхозах Республики Карелия к 1976 г.\*

**Table 5.** Number of trees and area occupied by *Betula pendula* var. *carelica* of natural origin in different forest management enterprises of the Republic of Karelia by 1976\*

Лесхоз Forest management enterprise	Лесничество Forest ranger station	Количество деревьев Number of trees	Площадь, га Area, ha	Средний возраст, лет Average age
Заонежский Zaonezhskii	Северное North	471	9.4	Не определен Not determined
	Толвуйское Tolvuiskoe	2168	5.7	Не определен Not determined
	Кижское Kizhi	217	2	Не определен Not determined
Всего по лесхозу Total for forest enterprise		2856	17.1	
Прионежский Prionezhsky	Шелтозерское Sheltozero	118	21	50
	Рыборецкое Ryboretsky	608	26	35
Всего по лесхозу Total for forest enterprise		726	47	
Спасогубский Srasogubsky	Спасогубское Srasogubsky	375	8.3	32–35
Всего по лесхозу Total for forest enterprise		375	8.3	
В целом Total		3957	72.4	

Примечание. \* по данным Петрозаводской лесосеменной станции.  
Note. \* according to Petrozavodsk forest seed orchard.

**Таблица 6.** Годы создания и площадь искусственных насаждений *Betula pendula* var. *carelica* на территории Республики Карелия**Table 6.** Periods of establishment and area of artificial plantations of *Betula pendula* var. *carelica* in the Republic of Karelia

Годы закладки Years of development	Площадь, га Area, ha	Годы закладки Period of establishment	Площадь, га Area, ha
1934–1952	15.5	1970–1986	5202.0
1953–1955	134.5	1987–2003	17.5
1959–1960	9.0	2004–2007	29.4
1961–1969	141.5	2008–2019	1.0

бодного опыления, с высокой нормой посева в питомниках и т. д.) на больших площадях, также не оправдали связанные с ними серьезные ожидания.

Важное значение для воспроизводства ресурсов карельской березы имели работы по отбору плюсовых деревьев, которые в дальнейшем использовались в работах по гибридизации и вегетативному размножению. В период с 1978 по 1981 гг. таких было отобрано 64 дерева, к 1983 г. — 99 [62, 63]. В целом в республиканском реестре было зарегистрировано 167 плюсовых деревьев карельской березы. В дальнейшем для посева стали применяться гибридные семена, полученные в результате контролируемого опыления деревьев, обладающих наиболее выраженными внешними признаками проявления узорчатой древесины, что позволило значительно увеличить количество “узорчатых” особей в потомстве [6, 7, 52, 62]. С участием вегетативного и семенного потомства плюсовых деревьев карельской березы были созданы ЛСП (на площади 42.1 га) и архив клонов (от 40 генотипов), полученных путем прививки (0.4 га).

В целом к 1986 г. в Республике Карелия общая площадь лесных культур составила более 5 тыс. га. Однако в дальнейшем их объемы значительно сократились (табл. 6). Более того, в 90-е годы обозначилась явная тенденция к уменьшению числа плюсовых деревьев и к 2013 г. их сохранилось всего 68. Помимо деревьев, в Карелии были отобраны 6.3 га плюсовых насаждений, из которых 4.2 га позднее были списаны, как несоответствующие требованиям по санитарному состоянию, а насаждение площадью 2.1 га, представленное более чем 1 тыс. деревьев, существенно пострадало в результате незаконных рубок.

Таким образом, современные данные показывают, что для успешного разведения карельской березы целесообразно создавать специализированные хозяйства, но их эффективность будет зависеть главным образом от качества посадочного материала и регулярности проведения агротехнических и лесоводственных мероприятий. В Карелии хорошим примером в этом плане являются

культуры плантационного типа, находящиеся на территории Заонежской ЛСП и на опытных участках ИЛ КарНЦ РАН, расположенных на территории Агробиологической станции ИБ КарНЦ РАН (табл. 1), посадочный материал которых получен из семян от контролируемого опыления, а также в результате прививки или путем клонального микроразмножения с организацией регулярных уходов в течение 7–10 лет от начала их создания.

**Развитие и внедрение в практику новых биотехнологий.** Важным способом сохранения и воспроизводства ресурсов карельской березы следует признать разработку и внедрение новых биотехнологий, таких как клональное микроразмножение, начало которым положено в 90-е годы. Их использование способствует массовому производству качественного посадочного материала в целях создания культур плантационного типа (рис. 3). Важно, что клональное микроразмножение (на основе культуры апикальной меристемы побегов) позволяет получать растения карельской березы с гарантированными признаками узорчатой текстуры древесины и сохранять растительный материал, поддерживая его в стерильных условиях в течение нескольких десятилетий, формируя коллекцию генотипов лучших деревьев (часть из которых даже уже не существует в природе). Подобная *in vitro* коллекция клонов карельской березы (более 100 генотипов) разного географического происхождения создана нами в ИЛ КарНЦ РАН [64, 65].

Важно и другое, с помощью клонального микроразмножения можно сравнительно быстро увеличить численность популяций и расширить возможности восстановления ресурсов карельской березы вегетативным и семенным путем. По сути, широкое применение современных биотехнологий позволяет перевести лесовосстановление на новый уровень, а следовательно, качественно улучшить культуру ведения лесного хозяйства.

Исходным материалом для дальнейшего пополнения коллекции и получения посадочного



**Рис. 3.** Основные этапы создания культур *Betula pendula* var. *carelica* плантационного типа на основе клонального микроразмножения: культура побегов *in vitro* (a); укоренение побегов *in vitro* (спустя 3 недели) (b); растения-регенеранты, перенесенные из стерильных условий (*in vitro*) в нестерильные (*ex vitro*) (c); высаженные в специальные кассеты типа Plantek-F (d) и спустя 3 месяца (e) (масштабная линейка a, b, c – 1 см; d, e – 10 см), плантация взрослых деревьев в возрасте 15 лет (f).

**Fig. 3.** The main stages of the development of *Betula pendula* var. *carelica* plantation type cultures based on micropropagation: *in vitro* shoot culture (a); rooting of shoots *in vitro* (after 3 weeks) (b); regenerated plants transferred from sterile (*in vitro*) to non-sterile (*ex vitro*) conditions (c); planted in Plantek-F seedling trays (d) and after 3 months (e) (scale bar a, b, c – 1 cm; d, e – 10 cm), plantation of 15-year-old adult trees (f).

материала путем клонального микроразмножения могут служить природные популяции, которые, хотя и являются малочисленными (на сегодня их общая численность в Карелии составляет менее 2 тыс. деревьев), но представляют собой наиболее ценную часть генофонда карельской березы, а также искусственные насаждения, в том числе созданные в Карелии преимущественно в 80-е годы, где благодаря этому удалось вырастить к настоящему времени около 7 тыс. деревьев.

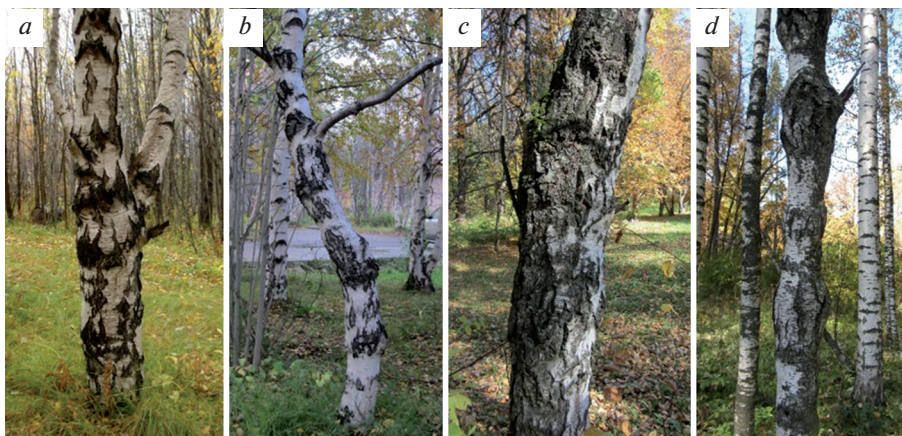
**Интродукция карельской березы.** К деятельности, направленной на увеличение ресурсов карельской березы, также следует отнести работы по ее интродукции. Впервые они были осуществлены в 1947 г. в Московской области из семян карельского происхождения [6]. Позднее, в 50–60-е годы, здесь же из семян, собранных в Карелии и Белоруссии, были созданы опытные культуры общей площадью более 100 га. Самые северные искусственные насаждения карельской березы на-

ходятся в Мурманской области (рис. 4a, b). Посаженные в середине 50-х годов, к 15-летнему возрасту они имели высоту в среднем около 3 м с диаметром у корневой шейки 15 см [66].

В Сибири опыты по выращиванию карельской березы (карельского и ленинградского происхождения) были проведены, к примеру, в Омской области [67]. Морфологические признаки, характерные для карельской березы проявились, у более чем 30% саженцев к шестилетнему возрасту, а у 46% – к девятилетнему. В семилетних культурах максимальная высота растений составила около 3.5 м, диаметр у корневой шейки – 7.8 см.

В Республике Марий Эл культуры карельской березы представлены на четырех участках с общим числом деревьев около 350 (рис. 4c, d).

Со второй половины XX в. карельская береза выращивается также на Урале [68], в Башкортостане [69], в Воронежской [70], Костромской [71] и Ульяновской [72] областях и ряде других регионов.



**Рис. 4.** Примеры деревьев *Betula pendula* var. *carelica* (внешний вид стволовой части), интродуцированных в Мурманскую область (a, b) и в Республику Марий Эл (c, d).

**Fig. 4.** External appearance of *Betula pendula* var. *carelica* trees (stem part) introduced to the Murmansk region (a, b) and the Republic of Mari El (c, d).

Необходимо подчеркнуть, что потомство карельской березы при интродукции в другие регионы России, даже если природно-климатические условия существенно отличаются от таковых на территории естественного ареала, сохраняет характерные для нее декоративные признаки узорчатой текстуры древесины.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в данной работе материалы позволяют нам констатировать, что карельская береза в Республике Карелия — на территории, где сосредоточена наибольшая часть ее ресурсов в России — оказалась среди древесных растений наиболее подверженных негативным антропогенным воздействиям, а ее численность в природных популяциях, как и по всему ареалу, существенно сократилась. Вместе с тем становится все более очевидным, что основой сохранения и воспроизводства карельской березы на современном этапе может и должно стать развитие плантационного выращивания этой ценной породы, а применение новых биотехнологий позволит существенно расширить реализацию этих возможностей.

С экономической точки зрения наиболее оправдано осуществлять производственное (массовое) выращивание карельской березы по двум сценариям, дополняющим друг друга: долгосрочному — создание искусственных насаждений (плантационных культур) для использования древесины в промышленных целях и краткосрочному — выращивание посадочного материала для озеленения населенных пунктов и интродукции в другие регионы.

Однако пока оба сценария реализуются в очень незначительной степени, что объясняется существованием целого ряда серьезных проблем:

во-первых, нормативно-правовых; во-вторых, финансовых (отсутствуют необходимые государственные и/или частные инвестиции); в-третьих, организационных (отсутствует эффективная система государственного администрирования); в-четвертых, кадровых (не ведется обучение и подготовка специалистов соответствующего профиля).

Решение указанных проблем является важной государственной задачей. И от того, с какой полнотой и как быстро они будут решены зависит удастся ли нам сохранить и улучшить генофонд карельской березы, а также увеличить в перспективе ее ресурсы до объемов, позволяющих использовать этот уникальный и высокоценный биологический объект в промышленных целях.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

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 и Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. 2019. Карельская береза — уникальный биологический объект — Успехи совр. биологии. 139(5): 412–433. <https://doi.org/10.1134/S0042132419050107>
2. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. 2016. Происхождение карельской березы: эколого-генетическая гипотеза. — Экологическая генетика. 14(2): 3–18. <https://doi.org/10.17816/ecogen1423-18>
3. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. 2018а. Ботанические заказники карельской березы в Республике Карелия: история, современное состояние и про-

- блемы. — Ботан. журн. 103(2): 256–265.  
<https://doi.org/10.1134/S0006813618020096>
4. *Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф.* 20186. Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении генофонда карельской березы. — Труды КарНЦ РАН, серия Экологические исследования. 10: 3–10.  
<https://doi.org/10.17076/eco912>
  5. *Соколов Н.О.* 1950. Карельская береза. Петрозаводск. 116 с.
  6. *Любавская А.Я.* 1978. Карельская береза. М. 158 с.
  7. *Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Кузнецова Т.Ю.* 2013. Карельская береза: биологические особенности, динамика ресурсов и воспроизводство. Петрозаводск. 312 с.  
<http://elibrary.krc.karelia.ru/235/>
  8. *Понов С.Ю.* 2017. Ценолитическое распределение и экологические предпочтения *Betula pendula* и *Betula pubescens* в Центральной России. — Журн. общ. биологии. 78(2): 61–73.
  9. *Корнеевец В.* 2008. Понятия “страны Балтийского региона” и “Балтийский регион”. — Космополис. 2(21): 68–77.
  10. *Heikinheimo O.* 1951. Kokemuksia visakoivun kasvatuksesta. — Commun. Inst. Forest. Fenn. 39(5): 1–26.
  11. *Kosonen M., Leikola M., Hagqvist R., Mikkola A., Väli-talo H.* 2004. Visakoivu. Curly Birch. Metsälehti Kustannus. 208 p.
  12. *Hagqvist R., Mikkola A.* 2008. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Hameenlinna. 168 s.
  13. *Johnsson H.* 1951. Avkommor av masurbjörk. — Svenska Skogsvf. Tidskr. 49(1): 34–45.
  14. *Lindquist B.* 1954. Forstgenetik in der schwedischen Waldbaupraxis. 2: 89–108.
  15. *Martinsson O., Vetchinnikova L.* 1999. Management, reproduction and protection of Karelian birch in Fennoscandia. — Biological basis of the study, management and protection of flora, fauna and the cover in Eastern Fennoscandia. Intern. conf. Petrozavodsk. P. 64–65.
  16. *Emanuelsson J.* 1999. The natural distribution and variation of curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Merkl.) Sok.) in Sweden: Examensarbete i ämnet skogsskötsel. Institutionen för skogsskötsel sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 54 p.
  17. *Побирушко В.Ф., Мартинссон У., Эмануэльссон Е.* 1999. Распространение и изменчивость карельской березы в юго-восточной Швеции — В сб. Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии: Тез. междунар. конф. Петрозаводск. С. 43–44.
  18. *Ruden T.* 1954. Om valbjörk og endel andre unormale veddannelser hos björk. — Medd. Foren. Det. Norske Skogforsoksv. 43: 451–505.
  19. *Hodnebrog T.* 1996. Utvalg av kloner valbjörk (*Betula pendula* f. *carelica*). — Norsk Landbruks forskning. 10(2): 101–106.
  20. *Scholz E.* 1963. Das Verbreitungsgebiet der Braunmasebirke. — Archiv für Forstwesen. 12(12): 1243–1253.
  21. *Jakuszewski T.* 1970. Nowe stanowisko brzozy czeczotowatej *Betula verrucosa* Ehrh. var. *carelica* K. Mer-clin w Beskidzie Sadeckim. — Roczn. Sek. Dendrol. PTB. 24: 31–33.
  22. *Pagan J., Paganová V.* 1994. Breza biela svalcovita (*Betula alba* L. var. *carelica* Merk.). — Technická univerzita vo Zvolen. 10. 75 s.
  23. *Hejtmánek G.* 1957. *Betula pendula* var. *carelica* Socolov v Československu. — Preslia. 29: 264–268.
  24. *Václav E.* 1961. Rozšíření, vlastnosti a pěstování svalcovité břízy v ČSSR. — Přírodovědecký časopis slezský. 22(2): 151–171.
  25. *Sibul I., Habicht K.-L., Ploomi A.* 2011. Curly birch stands and cultivation results in Estonia. — In: Structural and Functional Deviations from Normal Growth and Development of Plants Under the Influence of Environmental Factors: Material of intern. conf. Petrozavodsk: KarRC RAS. P. 310–313.
  26. *Сакс К.А., Бандер В.Л.* 1970. Опыт по выращиванию карельской березы в Латвийской ССР. — В сб.: Лесная генетика, селекция и семеноводство. Петрозаводск. С. 294–300.
  27. *Сакс К.А., Бандер В.Л.* 1973. Новое в разведении березы карельской. — Лесн. хоз-во. 1: 40–41.
  28. *Сакс К.А., Бандер В.Л.* 1974. Исследования по выращиванию узорчатой карельской березы. — Тр. Латв. с.-х. акад. Вып. 75. С. 11–14.
  29. *Бандер В.Л.* 1959. Карельская береза в Латвийской ССР. — Тр. Латв. с.-х. акад. Рига. С. 364–365.
  30. *Кундзиньш А.В., Игаунис Т.А., Гайлис Я.Я., Пирагс Д.М., Роне В.М., Ронис Э.Я., Сарма В.П., Смилга Я.Я.* 1972. Лесная селекция. М. 200 с.
  31. *Vailionis L.* 1935. Lietuvos berzu reta. Referat: Die Wisakrankheit in den Wäldern Litauens. — Kaunas Sr. Hort. bot. Univ. 3: 5–36.
  32. *Соколов Н.О.* 1959. Карельская береза. Л.: Изд. науч.-иссл. сектора ЛТА. 36 с.
  33. *Любавская А.Я.* 1966. Селекция и разведение карельской березы. М. 124 с.
  34. *Побирушко В.Ф.* 1992. Распространение и изменчивость березы карельской в Беларуси. — В кн.: Ботаника. Минск. Вып. 31. С. 31–39.
  35. *Тарасевич А.В.* 2011. Популяционные разновидности рода *Betula* L. и их оценка для использования в Полесье Украины. — Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: Материалы междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 337–346, 379–391.
  36. *Багаев С.Н.* 1963. Карельская и капокорешковая береза в лесах Костромской области. — Лесн. хоз-во. Вып. 6. С. 20–22.
  37. *Соколов Н.О.* 1975. Отбор карельской березы в лесах и культурах Северо-Запада. — В кн.: Закономерности внутривидовой изменчивости лиственных древесных пород. Свердловск: УНЦ РАН. С. 111–114.
  38. *Евдокимов А.П.* 1978. Эколого-биологические свойства и обоснование методов выращивания карельской березы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л. 20 с.
  39. *Шапкин О.М., Погиба С.П., Казанцева Е.В.* 1996. Популяционно-генетический анализ карельской

- березы и вегетативное размножение ее ценных форм. — Лесохозяйственная информация Фед. службы лесн. хоз-ва ВНИИЦ лесресурс. М. Вып. 9. С. 4–15.
40. Николаева Н.Н., Воробьев В.В. 2016. Итоги инвентаризации генетического резервата карельской березы в НП “Себежский”. — В сб.: Научные исследования в заповедниках и национальных парках России: Тезисы Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 25-летию юбилею биосферного резервата ЮНЕСКО “Национальный парк “Водлозерский”. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 164.
  41. IUCN Red List Categories and Criteria. 2012. Version 3.1. IUCN. 32 p.
  42. Красная книга Республики Карелия. 2007. Петрозаводск. С. 45–46.
  43. Красная книга Владимирской области. 2010. Владимир. С. 95.
  44. Евдокимов А.П. 1989. Биология и культура карельской березы. Л. 228 с.
  45. Heikinheimo O. 1933. Visakoivumetsien perustaminen ja kasvattaminen. — Suomen metsänhoitoyhdistyksen vuosikirja. P. 27–46.
  46. Бандер В.Л. 1959. Карельская береза в Латвийской ССР. — Труды Латвийской с.-х. академии. 8: 364–365.
  47. Pork K., Sander R. 1973. Maarajkase levikust Lääne-Eestis. — Eesti loodus. 6: 332–335.
  48. Мощенская Ю.Л., Кикеева А.В., Галибина Н.А., Мошкина Е.В., Никерова К.М., Подгорная М.Н., Софронова И.Н., Новицкая Л.Л. 2017. Физиологическая роль микоризы в адаптации растений карельской березы к бедным по уровню плодородия почвам. — В сб. Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения: Мат-лы VII Всерос. науч. конф. по лесному почвоведению с межд. участием. Петрозаводск. С. 394–397.
  49. Соколов Н.О. 1958. Задачи дальнейшего изучения карельской березы. — Изв. Карельского и Кольского филиалов АН СССР. 3: 96–102.
  50. Hupunen J., Niemistö P., Viherä-Aarnio A., Brunner A., Hein S., Velling P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe — Forestry, 83(1): 103–119. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp035>
  51. Raulo J., Sirén G. 1978. Neljän visakoivikon päätehakkoon tuotos ja tuotto. — Silva Fenn. 12(4): 245–252. <https://doi.org/10.14214/sf.a14862>
  52. Ермаков В.И. 1986. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л. 144 с.
  53. Соколов Н.О. 1938. Краеведам о карельской березе. Петрозаводск. 16 с.
  54. Лаур Н.В. 2006. Селекционные методы выращивания карельской березы в Карелии по методикам проф. А.Я. Любавской. — Лесной Вестник. Вестник МГУЛ. 5(47): 81–88.
  55. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Топчиева Л.В., Рендаков Н.Л. 2012. Оценка генетического разнообразия популяций карельской березы в Карелии с помощью микросателлитных маркеров. — Экол. генет. 10(1): 34–37.
  56. Никитина О.А. 1993. Коллективизация и раскулачивание в Карелии: Автореф. дис. ... канд. истор. наук. М. 21 с.
  57. Vetchinnikova L.V., Titov A.F. 2017. The origin of the Karelian birch: An ecogenetic hypothesis. — Russian J. Genetics: Applied Research. 7(6): 665–677. <https://doi.org/10.1134/S2079059717060144>
  58. Красная книга Карелии: редкие и нуждающиеся в охране растения и животные. 1985. Петрозаводск. С. 77.
  59. Красная книга Карелии. 1995. Петрозаводск. 286 с.
  60. Особо охраняемые природные территории Республики Карелия. 2017. Петрозаводск. 432 с.
  61. Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранение. 2013. Петрозаводск. 180 с. <http://elibrary.krc.karelia.ru/322/>
  62. Щурова М.Л. 2011. Состояние насаждений карельской березы в Республике Карелия. — В сб.: Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: Мат-лы междунар. конф. Петрозаводск. С. 306–309.
  63. Лаур Н.В. 2012. Лесная селекция и семеноводство в Карелии. М. 160 с.
  64. Коллекция *in vitro* клонов редких растений семейства Betulaceae. <http://www.ckr-rf.ru/usu/465691/>
  65. Коллекция *in vitro* клонов редких видов сем. Betulaceae. <http://www.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=2635>
  66. Александрова Н.М., Кузнецова Г.Е. 1975. Опыт выращивания березы карельской в Полярно-альпийском ботаническом саду. — Раст. ресурсы. 11(3): 421–425.
  67. Суходольский Д.А. 1971. Опыт разведения и акклиматизации березы карельской в Сибири. — Лесн. хоз-во. 11: 86–89.
  68. Махнев А.К. 1982. Интродукция карельской березы на Среднем Урале. — В кн.: Интродукция и акклиматизация декоративных растений. Свердловск. С. 30–35.
  69. Байбурина Р.К. 1998. Микрклональное размножение взрослых гибридов березы карельской в культуре тканей. — Раст. ресурсы. 34(2): 9–22.
  70. Табацкая Т.М., Бутова Г.П., Машкина О.С. 2004. Объект № 95. Опытные плантационные культуры хозяйственно ценных форм карельской березы, созданные на основе технологии *in vitro*. — В кн.: Опыттно-производственные селекционно-семеноводческие объекты НИИЛГиС. Т. 2. Воронеж. С. 171.
  71. Багаев С.Н. 1987. Воспроизводство березы карельской. — Лесн. хоз-во. 9: 40–41.
  72. Хакимова З.Г. 2002. Карельская береза в Республике Марий Эл и Ульяновской области. — Изв. выс. уч. зав. Лесн. журн. 4: 40–45.

## Current Status of *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae) Resources

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

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

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

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

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

**Abstract**—Information concerning the effect of anthropogenic factors on the state of curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti) resources, based on literature and our own data is summarized and systematized. It has been shown that in Karelia, where the overwhelming majority of its resources are accumulated in Russia, *B. pendula* var. *carelica* is one of the most affected by anthropogenic impact on woody plants. Features of population structure and negative anthropogenic impact (felling, agrotechnical measures, etc.), which affected the number and structure of curly birch populations, are briefly described. It is emphasized that negative consequences are still not overcome. The effect of positive anthropogenic impact (establishment of nature protected areas and forest cultures, etc.) on the preservation and/or restoration of the curly birch gene pool is also analyzed. Based on the considered data, it is concluded that at the present stage, the most promising form of conservation and reproduction of curly birch resources is cultivation on plantations using modern biotechnological approaches.

**Keywords:** *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, population structure, negative and positive anthropogenic impact, state on natural resources, restoration of abundance and gene pool

### ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out under the state order to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Forest Research Institute KRC RAS, Institute of Biology KRC RAS and Department of Multidisciplinary Scientific Research KRC RAS).

### REFERENCES

1. Vetchinnikova L.V., Titov A.F. 2019. Karel'skaya bereza – unikal'nyy biologicheskii ob'yekt [Karelian Birch – a Unique Biological Object]. – Uspekhi sovremennoy biologii. 139(5): 412–433. (In Russian) <https://doi.org/10.1134/S0042132419050107>
2. Vetchinnikova L.V., Titov A.F. 2016. Genesis of the Karelian Birch. An Ecogenetic hypothesis. – Ecological genetics. 14(2): 3–18. <https://doi.org/10.17816/ecogen1423-18>
3. Vetchinnikova L.V., Titov A.F. 2018. Botanicheskie zakazniki karel'skoj berezy v Respublike Kareliya: istoriya, sovremennoe sostoyanie i problemy [Karelian Birch in Sanctuaries in the Republic of Karelia: History, Current State and Problems]. – Botanicheskij Zhurnal. 103(2): 256–265. (In Russian) <https://doi.org/10.1134/S0006813618020096>
4. Vetchinnikova L.V., Titov A.F. 2018. Rol' osobo ohranyayemykh prirodnykh territorij v sohranении genofonda karel'skoj berezy [The role of protected areas in the conservation of the Curly birch gene pool]. – Transactions of the Karelian Research Centre of RAS. Ecological Studies Series. 10: 3–11. (In Russian) <https://doi.org/10.17076/eco912>
5. Sokolov N.O. 1950. Karel'skaya bereza [Curly birch]. Petrozavodsk. 116 p. (In Russian)
6. Lyubavskaya A.Ya. 1978. Karel'skaya bereza. [Curly birch]. Moscow. 158 p. (In Russian)
7. Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Kuznetsova T.Yu. 2013. Karel'skaya bereza: biologicheskie osobennosti, dinamika resursov i vosproizvodstvo [Curly birch: biological characteristics, resource dynamics, and reproduction]. Petrozavodsk. 312 p. (In Russian) <http://elibrary.krc.karelia.ru/235/>
8. Popov S.Yu. 2017. Tsenoticheskoye raspredeleniye i ekologicheskiye predpochteniya *Betula pendula* i *Betula pubescens* v Tsentral'noy Rossii [Coenotic distribution and ecological preferences of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Central Russia]. – Zhurnal Obshchey Biologii [Bulletin Reviews]. 78(2): 61–73. (In Russian)
9. Korneyevets V. 2008. Ponyatiya “strany Baltiyskogo regiona” i “Baltiyskiy region”. – Kosmopolis. 2(21): 68–77. (In Russian)
10. Heikinheimo O. 1951. Kokemuksia visakoivun kasvatuksesta. – Commun. Inst. Forest. Fenn. 39(5): 1–26.
11. Kosonen M., Leikola M., Hagqvist R., Mikkola A., Väli-talo H. 2004. Visakoivu. Curly Birch. Metsälehti Kustannus. 208 p.
12. Hagqvist R., Mikkola A. 2008. Visakoivun kasvatus ja käyttö. Hameenlinna. 168 s.
13. Johnsson H. 1951. Avkommor av masurbjork. – Svenska Skogsvf. Tidskr. Bd. 49. № 1. S. 34–45.
14. Lindquist B. 1954. Forstgenetik in der schwedischen Waldbaupraxis. № 2. S. 89–108.
15. Martinsson O., Vetchinnikova L. 1999. Management, reproduction and protection of Karelian birch in Fennoscandia. – Biological basis of the study, management and protection of flora, fauna and the cover in Eastern Fennoscandia. Intern. conf. Petrozavodsk. P. 64–65.

16. Emanuelsson J. 1999. The natural distribution and variation of curly birch (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Merkl.) Sok.) in Sweden: Examensarbete i ämnet skogsskötsel. Institutionen för skogsskötsel sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 54 p.
17. Pobirushko V.F., Martinsson U., Emanuelsson E. 1999. Rasprostranenie i izmenchivost' karel'skoj berezy v yugo-vostochnoj Shvecii [Distribution and variability of Karelian birch in south-eastern Sweden]. — In: Biologicheskie osnovy izucheniya, osvoeniya i ohrany zhivotnogo i rastitel'nogo mira, pochvennogo pokrova Vostochnoj Fennoskandii. Tez. Mezhdunar. konf. Petrozavodsk. P. 43–44. (In Russian)
18. Ruden T. 1954. Om valbjørk og endel andre unormale veddannelser hos bjørk. — Medd. Foren. Det. Norske Skogforsoksv. 43: 451–505.
19. Hodnebrog T. 1996. Utvalg av kloner valbjørk (*Betula pendula* f. *carelica*). — Norsk Landbruks forskning. 10(2): 101–106.
20. Scholz E. 1963. Das Verbreitungsgebiet der Braumaserbirke. — Archiv für Forstwesen. 12(12): 1243–1253.
21. Jakuszewski T. 1970. Nowe stanowisko brzozy czeczotowatej *Betula verrucosa* Ehrh. var. *carelica* K. Merclin w Beskidzie Sadeckim. — Rocz. Sek. Dendrol. PTB. 24: 31–33.
22. Pagan J., Paganová V. 1994. Breza biela svalcovita (*Betula alba* L. var. *carelica* Merk.). — Technicka univerzita vo Zvolen. 10: 75.
23. Hejtmánek G. 1957. *Betula pendula* var. *carelica* Socolov v Československu. — Preslia. 29: 264–268.
24. Václav E. 1961. Rozšíření, vlastnosti a pěstování svalcovité břízy v ČSSR. — Přírodovědecký časopis slezský. 22(2): 151–171.
25. Sibul I., Habicht K.-L., Ploomi A. 2011. Curly birch stands and cultivation results in Estonia. — In: Structural and Functional Deviations from Normal Growth and Development of Plants Under the Influence of Environmental Factors: Material of intern. conf. Petrozavodsk: KarRC RAS. P. 310–313.
26. Saks K.A., Bander V.L. 1970. Opyt po vyrashchivaniyu karel'skoj berezy v Latvijskoj SSR [Experience in growing Karelian birch in the Latvian SSR]. — In: Lesnaya genetika, selekciya i semenovodstvo. Petrozavodsk. C. 294–300. (In Russian)
27. Saks K.A., Bander V.L. 1973. Novoe v razvedenii berezy karel'skoj [New in breeding Karelian birch]. — Lesn. hoz-vo. 1: 40–41. (In Russian)
28. Saks K.A., Bander V.L. 1974. Issledovaniya po vyrashchivaniyu uzorchatoj karel'skoj berezy [Studies on the cultivation of patterned Karelian birch]. — Tr. Latv. s.-h. akad. 75: 11–14. (In Russian)
29. Bander V.L. 1959. Karel'skaya bereza v Latvijskoj SSR [Karelian birch in the Latvian SSR]. — Tr. Latv. s.-h. akad. Riga. P. 364–365. (In Russian)
30. Kundzīn'sh A.V., Igaunis T.A., Gajlis YA., Pirags D.M., Rone V.M., Ronis E.YA., Sarma V.P., Smilga YA. 1972. Lesnaya selekciya [Forest Breeding]. M. 200 s. (In Russian)
31. Vaillonis L. 1935. Lietuvos berzu reta. Referat: Die Wisakrankheit in den Wäldern Litauens. — Kaunas Sr. Hort. bot. Univ. 3: 5–36.
32. Sokolov N.O. 1959. Karel'skaya bereza. [Curly birch]. L.: Izd. nauch.-issl. sektora LTA. 36 s. (In Russian)
33. Lyubavskaya A.YA. 1966. Selekcija i razvedenie karel'skoj berezy [Breeding and breeding of Karelian birch]. M. 124 s. (In Russian)
34. Pobirushko V.F. 1992. Distribution and variability of Karelian birch in Belarus — In: Botanica. Minsk. 1992. 31: 31–39. (In Russian)
35. Tarasevich A.V. 2011. Populyacionnye raznovidnosti roda *Betula* L. i ih ocenka dlya ispol'zovaniya v Poles'e Ukrainy [Population varieties of the genus *Betula* L. and their assessment for use in the Polesie of Ukraine] — In: Strukturnye i funkcional'nye otkloneniya ot normal'nogo rosta i razvitiya rastenij pod vozdejstviem faktorov sredi: Materialy mezhdunar. konf. Petrozavodsk: KarNC RAN. C. 337–346, 379–391. (In Russian)
36. Bagaev S.N. 1963. Karel'skaya i kapokoshkovaya bereza v lesah Kostromskoj oblasti [Karelian and burroot birch in the forests of Kostroma region]. — Lesn. hoz-vo. 6: 20–22. (In Russian)
37. Sokolov N.O. 1975. Otborkarel'skoj berezy v lesah i kul'turah Severo-Zapada [Selection of Karelian birch in forests and cultures of the North-West]. — In: Zakonomernosti vnutrividovoj izmenchivosti listvennyh drevesnyh porod. Sverdlovsk: UNC RAN. C. 111–114. (In Russian)
38. Evdokimov A.P. 1978. Ekologo-biologicheskie svoystva i obosnovanie metodov vyrashchivaniya karel'skoj berezy: Avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. L. 20 s. (In Russian)
39. Shapkin O.M., Pogiba S.P., Kazanceva E.V. 1996. Populyacionno-geneticheskij analiz karel'skoj berezy i vegetativnoe razmnozhenie ee cennyh form [Population-genetic analysis of Karelian birch and vegetative propagation of its valuable forms]. — Lesohozyajstvennaya informaciya Fed. sluzhby lesn. hoz-va VNIIC lesresurs. M. 9: 4–15. (In Russian)
40. Nikolaeva N.N., Vorob'ev V.V. 2016. Itogi inventarizacii geneticheskogo rezervata karel'skoj berezy v NP "Sebezhsnij" — In: Nauchnye issledovaniya v zapovednikah i nacional'nyh parkah Rossii: Tezisy Vseros. nauchno-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashchennoj 25-letnemu yubileyu biosfernogo rezervata YUNESKO "Nacional'nyj park "Vodlozerskij". Petrozavodsk: KarNC RAN. S. 164.
41. IUCN Red List Categories and Criteria. 2012. Version 3.1. IUCN. 32 p.
42. Krasnaya kniga Respubliki Kareliya. 2007. [Red data book of Republic Karelia]. Petrozavodsk. P. 45–46. (In Russian)
43. Krasnaya kniga Vladimirskoy oblasti. 2010. [Red Book of the Vladimir region]. Vladimir: Tranzit-IKS. P. 95. (In Russian)
44. Evdokimov A.P. 1989. Biology and culture of Karelian birch. Leningrad: Leningrad University, 228 p. (In Russian)
45. Heikinheimo O. 1933. Visakoivumetsien perustaminen ja kasvataminen. — Suomen metsänhoitoyhdistyksen vuosikirja. P. 27–46.
46. Bander V.L. 1959. Karel'skaya bereza v Latvijskoj SSR. — Trudy Latvijskoj s.-kh. Akademii. 8: 364–365. (In Russian)

47. *Pork K., Sander R.* 1973. Maarajkase levikust Lääne-Eestis. — Eesti loodus. 6: 332–335.
48. *Moshchenskaya Yu.L., Kikeyeva A.V., Galibina N.A., Moshkina Ye.V., Nikerova K.M., Podgornaya M.N., Sofronova I.N., Novitskaya L.L.* 2017. Fiziologicheskaya rol' mikorizy v adaptatsii rasteniy karel'skoj berezy k bednym po urovnyu plodorodiya pochvam. — In: Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty lesnogo pochvovedeniya: Mat-li VII Vseros. nauchn. konf. po lesnomu pochvovedeniyu s mezhdunarodnym uchastiyem. Petrozavodsk [Physiological the role of mycorrhiza in the adaptation of Karelian birch plants to poor fertility soils. — In: Theoretical and applied aspects of forest soil science: VII All-Russian scientific conference on forest soil science with international participation. Petrozavodsk]. P. 394–397. (In Russian)
49. *Sokolov N.O.* 1958. Tasks for the further study of Karelian birch. — Izv. Karelian and Kola branches of the USSR. 3: 96–102. (In Russian)
50. *Hynynen J., Niemistö P., Viherä-Aarnio A., Brunner A., Hein S., Velling P.* 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. — Forestry, 83(1): 103–119. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp035>
51. *Raulo J., Sirén G.* 1978. Neljän visakoivikon päätehakkuun tuotos ja tuotto. — Silva Fenn. 12(4): 245–252. <https://doi.org/10.14214/sf.a14862>
52. *Ermakov V.I.* 1986. Mekhanizmy adaptatsii berezy k usloviyam Severa [Mechanisms of adaptation of birch to the conditions of the North]. Leningrad. 144 p. (In Russian)
53. *Sokolov N.O.* 1938. Kraevedam o karel'skoj bereze [Local historian about Curly birch]. Petrozavodsk. 16 p. (In Russian)
54. *Laur N.V.* 2006. Selektionnye metody vyrashchivaniya karel'skoj berezy v Karelii po metodikam prof. A.YA. Lyubavskoy [Breeding methods for growing Karelian birch in Karelia by the methods of prof. A.YA. Lyubavskoy]. — Lesnoj Vestnik/Forestry Bulletin. Vestnik MGUL. 5(47): 81–88. (In Russian)
55. *Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Topchieva L.V., Rendakov N.L.* 2012. Ocenka geneticheskogo raznoobraziya populyacij karel'skoj berezy v Karelii s pomoshch'yu mikrosatelitnykh markerov [Evaluation of the genetic diversity of Karelian birch populations in Karelia using microsatellite markers]. — Ekologicheskaya genetika. [Ecological genetics]. 10(1): 34–37. (In Russian)
56. *Nikitina O.A.* 1993. Kollektivizatsiya i raskulachivanie v Karelii: Avtoref. dis. ... kand. istor. nauk. [Collectivization and dekulakization (dispossession) in Karelia: Abstr. ... Dis. Cand. (History) Sci.]. Moscow. 21 p. (In Russian)
57. *Vetchinnikova L.V., Titov A.F.* 2017. The origin of the Karelian birch: An ecogenetic hypothesis. — Russian J. Genetics: Applied Research. 7(6): 665–677. <https://doi.org/10.1134/S2079059717060144>
58. *Krasnaya kniga Karelii: redkie i nuzhdayushchiesya v ohrane rasteniya i zhivotnye.* 1985. [Red Data Book of Karelia: rare plants and animals that need protection.]. Petrozavodsk. P. 77. (In Russian)
59. *Krasnaya kniga Karelii.* 1995. [Red data book of Karelia]. Petrozavodsk. 286 p. (In Russian)
60. *Osobo ohranyaemye prirodnye territorii Respubliki Kareliya.* 2017. [Specially protected natural territories of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk. 432 p. (In Russian)
61. *Sel'govye landshafty Zaonezhskogo poluostrova: prirodnye osobennosti, istoriya osvoeniya i sohranenie.* 2013. [The rural landscapes of the Zaonezhsky peninsula: natural features, history of development and conservation]. Petrozavodsk 180 p. <http://elibrary.krc.karelia.ru/322/> (In Russian)
62. *Shurova M.L.* 2011. Sostoyanie nasazhdenij karel'skoj berezy v Respublike Kareliya. [The condition of Curly birch plantations in the Republic of Karelia]. — In: Strukturnye i funktsional'nye otkloneniya ot normal'nogo rosta i razvitiya rasteniy pod vozdeystviem faktorov sredy. Materialy mezhd. konf. Petrozavodsk. P. 306–309. (In Russian)
63. *Laur N.V.* 2012. Lesnaya selektsiya i semenovodstvo v Karelii [Forest selection and seed production in Karelia]. Moscow. 160 p. (In Russian)
64. *Collection of in vitro clones of rare species of the family Betulaceae.* <http://www.ckp-rf.ru/usu/465691>
65. *Collection of in vitro clones of rare species of the family Betulaceae.* <http://www.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=2635>
66. *Aleksandrova N.M., Kuznetsova G.E.* 1975. Opyt vyrashchivaniya berezy karel'skoj v Polyarno-al'pijskom botanicheskom sadu [The experience of growing Karelian birch in the Polar Alpine Botanical Garden]. — Rastitelnye resursy. 11(3): 421–425. (In Russian)
67. *Sukhodolsky D.A.* 1971. Opyt razvedeniya i akklimatizatsii berezy karel'skoj v Sibiri. [Experience of breeding and acclimatization of Curly birch in Siberia]. — Lesnoe khozyaystvo. 11: 86–89. (In Russian)
68. *Makhnev A.K.* 1982. Introduktsiya karel'skoj berezy na Srednem Urals [The introduction of Karelian birch in the Middle Urals]. — In.: Introduktsiya i akklimatizatsiya dekorativnykh rastenij. Sverdlovsk. P. 30–35. (In Russian)
69. *Bajburina R.K.* 1998. Mikroklonal'noe razmnozhenie vzroslykh gibridov berezy karel'skoj v kul'ture tkanej [Micropropagation of adult hybrids of Karelian birch in tissue culture]. — Rastitelnye resursy. 34(2): 9–22. (In Russian)
70. *Tabatskaya T.M., Butova G.P., Mashkina O.S.* 2004. Ob'ekt № 95. Opytnye plantatsionnye kul'tury hozyajstvenno cennykh form karel'skoj berezy, sozdannye na osnove tekhnologii *in vitro* [Object No. 95. Experimental plantation crops of economically valuable forms of Curly birch, created on the basis of *in vitro* technology]. — In: Opytno-proizvodstvennyye selektsionno-semenovodcheskie ob'ekty NIILGiS. Vol. 2. Voronezh. P. 171. (In Russian)
71. *Bagaev S.N.* 1987. Vosproizvodstvo berezy karel'skoj [Reproduction of Karelian birch]. — Lesnoe khozyaystvo. 9: 40–41. (In Russian)
72. *Khakimova Z.G.* 2002. Karel'skaya bereza v Respublike Marij El i Ul'yanovskoj oblasti. [Curly birch in the Republic of Mari El and the Ulyanovsk region]. — Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 4: 40–45. (In Russian)