



Обзорная статья

УДК 582.632.1:581.5

DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-9-31

## Реинтродукция карельской березы

**Л.В. Ветчинникова**<sup>1✉</sup>, *д-р биол. наук, доц., гл. науч. сотр.*; *ResearcherID: [J-5665-2018](https://orcid.org/0000-0003-2091-905X)*,  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2091-905X>*

**А.Ф. Титов**<sup>2,3</sup>, *чл.-кор. РАН, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр.*;  
*ResearcherID: [A-6705-2014](https://orcid.org/0000-0001-6880-2411)*, *ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-2411>*

<sup>1</sup>Институт леса ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910; [vetchin@krc.karelia.ru](mailto:vetchin@krc.karelia.ru)<sup>✉</sup>

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910; [titov@krc.karelia.ru](mailto:titov@krc.karelia.ru)

<sup>3</sup>Отдел комплексных научных исследований ФИЦ «Карельский научный центр РАН», ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910; [titov@krc.karelia.ru](mailto:titov@krc.karelia.ru)

Поступила в редакцию 29.05.20 / Одобрена после рецензирования 05.09.20 / Принята к печати 07.09.20

**Аннотация.** Обобщены и систематизированы результаты научных исследований отечественных и зарубежных авторов за последние несколько десятилетий, касающиеся реинтродукции карельской березы *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti. Кратко изложен вопрос о современном состоянии ее ресурсов. Отмечены основные причины их сокращения в конце XX – начале XXI вв.: массовые незаконные рубки, исчезновение или значительное изменение характерных мест обитания карельской березы, биологические особенности данного вида (фрагментированный ареал, низкая конкурентоспособность и др.). Приводятся основные итоги интродукционной работы с карельской березой на территориях, которые находятся далеко за пределами ее ареала (преимущественно на юго-востоке от типичных мест произрастания). Показано, что отечественный опыт реинтродукции карельской березы основан прежде всего на создании лесных культур и организации особо охраняемых природных территорий. Отмечены результаты реинтродукции карельской березы за рубежом: в Финляндии, Швеции, Норвегии, Германии, Белоруссии и др. Несмотря на неодинаковую результативность (зависящую от многих факторов) работ по реинтродукции в разных странах, в целом она внесла и вносит существенный вклад в сохранение и увеличение ресурсов карельской березы – уникального представителя европейской лесной дендрофлоры. Важно и то, что при реинтродукции, проведенной в разные годы и в разных почвенно-климатических условиях, у карельской березы сохраняются ее главные биологические особенности: узорчатая текстура в древесине, разнообразие форм роста и характера поверхности ствола. Это дополнительно подтверждает ранее предложенную авторами гипотезу о возможности придания карельской березе статуса самостоятельного биологического вида. На основании анализа накопленных данных высказано мнение



о необходимости осуществления реинтродукции карельской березы в природные местообитания за счет использования растительного материала местного происхождения (в случае реставрации популяций) или переноса его из других популяций (в случае репатриации). Кроме того, важная роль в сохранении и воспроизводстве карельской березы отводится технологии клонального микроразмножения.

**Ключевые слова:** карельская береза, ресурсы карельской березы, генофонд, ареал карельской березы, интродукция, реинтродукция, лесные культуры, локальные популяции, клональное микроразмножение

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» и при финансовом обеспечении из средств федерального бюджета в рамках выполнения государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН – тема № 121061500082-2, Институт биологии КарНЦ РАН – тема № 0218-2019-0074, Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН).

**Для цитирования:** Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Реинтродукция карельской березы // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 3. С. 9–31. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-9-31>

## Review article

### Reintroduction of Curly Birch

**Lidia V. Vetchinnikova**<sup>1✉</sup>, *Doctor of Biology, Assoc. Prof., Chief Research Scientist;*  
ResearcherID: [J-5665-2018](https://orcid.org/0000-0003-2091-905X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2091-905X>

**Alexander F. Titov**<sup>2,3</sup>, *Corresp. Member of RAS, Doctor of Biology, Prof., Chief Research Scientist;*  
ResearcherID: [A-6705-2014](https://orcid.org/0000-0001-6880-2411), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-2411>

<sup>1</sup>Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; [vetchin@krc.karelia.ru](mailto:vetchin@krc.karelia.ru)<sup>✉</sup>

<sup>2</sup>Institute of Biology of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation

<sup>3</sup>Department of Multidisciplinary Scientific Research of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russian Federation; [titov@krc.karelia.ru](mailto:titov@krc.karelia.ru)

*Received on May 29, 2020 / Approved after reviewing on September 5, 2020 / Accepted on September 7, 2020*

**Abstract.** The paper offers a systematic overview of the results of research regarding reintroduction of curly (Karelian) birch *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti published by Russian and foreign authors over the past few decades. We briefly outline the current situation with its resources and the key causes of their decline in the late 20th – early 21st centuries, such as mass-scope illegal logging, vanishing or substantial alteration of typical curly birch habitats, as well as some biological features (fragmented distribution, low competitive capacity, etc.). The main outcomes of the curly birch introduction activities in the areas lying far beyond its natural distribution (mainly to the south-east from it) are reported. It is shown that the experience of curly birch reintroduction in Russia is mostly based on planting of forests and establishment of specially protected areas. The results of curly birch reintroduction in Finland, Sweden, Norway, Germany, Belarus and other countries are



observed. Although reintroduction is not equally effective in all countries (its success depends on many factors), it has made and is making a significant contribution to the preservation and augmentation of the resources of this unique member of the European forest tree flora. Importantly, the curly birch from the reintroductions performed in different years and different edaphic and climatic conditions steadily retains its key biological features, such as figured grain and diversity of growth forms and trunk surface characteristics, which once again confirms the authors' previously expressed opinion that there are grounds for classifying the curly birch as a separate biological species. Proceeding from the analysis of the data amassed by now, it is suggested that the efficiency of curly birch reintroduction to its natural habitats can be promoted by mainly using the stocking material of local provenance (when restoring populations) or by transferring it from other populations (for repatriation cases). An important role in the preservation and reproduction of curly birch belongs to the micropropagation technique.

**Keywords:** curly birch, curly birch resources, gene pool, curly birch distribution, introduction, reintroduction, forest plantations, local populations, micropropagation

**Acknowledgements:** The research was supported by the World-class Scientific and Educational Center "Russian Arctic: New Materials, Technologies and Research Methods" and funded from the federal budget as part of the state assignment of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences (Forest Research Institute, KarRC RAS – Topic No. 121061500082-2; Institute of Biology, KarRC RAS – Topic No. 0218-2019-0074; Department of Multidisciplinary Scientific Research, KRC RAS).

**For citation:** Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Reintroduction of Curly Birch. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 3, pp. 9–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-9-31>

Древесные растения характеризуются широкой нормой реакции, высокой пластичностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, благодаря чему занимают значительные по площади ареалы. Одним из исключений является карельская береза *Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, обладающая уникальной и высокоценной узорчатой древесиной. Это дерево оказалось среди тех немногочисленных видов, которые имеют ограниченный и фрагментированный ареал. Как показывают исследования, в настоящее время в природных условиях в наибольшем количестве карельская береза растет в Белоруссии, где встречается почти повсеместно, хотя распределена по территории страны неравномерно [4, 36, 40]. В естественных условиях карельская береза также произрастает в России, Швеции, Финляндии, Польше, редко – в Норвегии, Эстонии и Словакии [12]. Однако приходится констатировать, что в последние 2–3 десятилетия практически на всей площади ареала численность популяций карельской березы и, соответственно, ее генофонд неуклонно сокращаются. Кроме того, постепенно исчезают или значительно изменяются типичные места обитания вида: земли, использовавшиеся в сельском хозяйстве, заброшенные пастбища и т. п. Наряду с другими причинами это становится дополнительным препятствием для естественного возобновления карельской березы, а в древостоях вызывает смену породного состава. В отдельных странах (Германия, Чехия, Дания, Латвия, Литва) к началу XXI в. она исчезла совсем [18]. В Республике Карелии, где сосредоточены основные ресурсы карельской березы нашей страны, только за последние 20–30 лет произошло сокращение численности вида почти на 2/3, и в настоящее время он является краснокнижным [27].

Возникла реальная угроза утраты этого высокоценного дерева, что существенно актуализирует вопрос о его воспроизводстве и восстановлении генофонда. Поэтому в целом ряде стран, включая Россию, где в природных условиях карельская береза встречается до сих пор или еще недавно произрастала, ведутся работы по ее реинтродукции, хотя пока их масштаб не очень значителен.

Цель исследования – обобщение и систематизация результатов реинтродукционных работ, осуществляемых на протяжении нескольких десятилетий для воспроизводства ресурсов карельской березы и обогащения генофонда ее природных популяций.

*Современное состояние ресурсов карельской березы и причины их сокращения.* Карельская береза способна расти в разных природно-климатических условиях: протяженность ее ареала с севера на юг составляет около 2,3 тыс. км, от территории Финляндии (62° с. ш.) до Словакии (48° с. ш.), с запада на восток – около 2,5 тыс. км, от Норвегии (10° в. д.) до России (40° в. д.). Ареал карельской березы в значительной степени совпадает с ареалами березы повислой *Betula pendula* Roth и березы пушистой *B. pubescens* Ehrh. Однако карельская береза заметно отличается от этих двух видов по требованиям к условиям произрастания, прежде всего своим отношением к световому фактору, предпочитая хорошо освещенные места. Она, как и береза повислая, является светлюбивой породой, но, в отличие от последней, не способна образовывать леса, расти в древостоях с высокой плотностью и конкурировать с березой повислой в местах контакта с ней, часто оказываясь в подчиненном ярусе. В лесных ценозах карельская береза занимает довольно узкую и специфическую экологическую нишу. Она встречается в мелко- и редколесьях (~68–70 %), на опушках леса и по берегам водоемов (~15 %), а также на нелесных землях – сенокосных угодьях или заброшенных пастбищах – (~10 %) и возле жилых строений.

В Швеции и Белоруссии отдельные деревья и их небольшие группы до сих пор можно найти в придорожных полосах (~8 %). В Эстонии вид отмечен на альварных почвах, каменных грядках и в других местах вдоль побережья Балтийского моря. В Латвии и Белоруссии карельскую березу обнаруживали в дюнах и на откосах, где почвы преимущественно песчаные. В целом вид произрастает в растительных сообществах с пониженной напряженностью конкурентных отношений и/или в той или иной мере подверженных антропогенному воздействию [13, 36, 70, 71].

На всем протяжении ареала распределение деревьев карельской березы носит неравномерный характер: в одних популяциях их количество исчисляется единицами, а в других – несколькими десятками, иногда сотнями. В Белоруссии свыше 15 тыс. деревьев карельской березы (табл. 1). По общей оценке они представляют собой наибольшую часть всех мировых ресурсов этого вида в природных популяциях к началу XXI в.

В России природные популяции карельской березы сохранились только на территории Республики Карелии (около 1,5 тыс. деревьев). Единичные представители вида обнаружены в Псковской, Смоленской и Владимирской областях. В других регионах страны, где это дерево произрастало ранее, в настоящее время оно или реинтродуцировано (в Ленинградской и Костромской областях), или уже отсутствует (Ярославская, Калужская, Брянская и Новгородская области) [12].

Таблица 1

Насаждения с участием карельской березы на территории Республики Беларусь

Table 1

## Curly birch plantations in the territory of the Republic of Belarus

Область	Площадь, га*	Количество деревьев, % от общего числа**	Запас, м <sup>3</sup> ***
Брестская	42,3	0,8	~1500
Витебская	563,9	24,7	~3000
Гомельская	19,7	1,3	<100
Гродненская	9,8	4,6	~2000
Минская	45,7	13,0	~6000
Могилевская	13,7	55,6	>2500
<i>Всего</i>	695,1	100	~15100

Примечание: Данные по: \* – [4]; \*\* – [40]; \*\*\* – [38].

В связи с ограниченной численностью и локальным характером произрастания карельская береза считается редким растением. В соответствии с Красной книгой Российской Федерации [28] и Красным списком Международного союза охраны природы [53] карельская береза отнесена к категории 2/EN, т. е. к числу исчезающих, находящихся в опасном состоянии видов [25–27]. Данная категория присваивается таксонам, которые имеют высокую степень риска исчезновения в природе в ближайшее время, что определяется наблюдаемым (или предполагаемым) сокращением численности популяций или особей минимум на 50 % за последние (или в ближайшие) 10 лет либо площадью ареала менее 500 км<sup>2</sup>. Добавим, что карельская береза неизменно входит в перечень видов деревьев и кустарников, заготовка древесины которых в России запрещена.

Основные причины резкого сокращения численности популяций карельской березы известны [9, 14]. К ним прежде всего относятся выборочные рубки (в том числе незаконные), проводившиеся в течение длительного времени ради высокоценной древесины карельской березы, активно использовавшейся человеком. В результате таких рубок исчезли наиболее ценные генотипы, а многие природные популяции оказались представленными главным образом деревьями со слабо выраженной узорчатой текстурой древесины. Кроме того, в естественных условиях возраст многих деревьев карельской березы составляет 80 лет и более, т. е. особи находятся на поздней генеративной и даже постгенеративной стадиях развития и характеризуются резким снижением репродуктивной функции. Этим объясняется то, что в границах всего ареала жизнеспособный подрост (виргинильные и молодые генеративные растения), практически отсутствует.

Отрицательное влияние на формирование и развитие карельской березы оказывают и колебания природно-климатических факторов, делаая ее плодоношение крайне нестабильным: высокоурожайные годы чередуются с годами средне- и малоурожайными (особенно заметно это проявилось в начале XXI в.). Дополнительно процессу сокращения численности карельской березы в природных условиях способствовали некоторые ее биологические особенности [11, 13, 14, 19].



*Интродукция карельской березы: основные итоги.* Первые работы по интродукции карельской березы проведены около полувека назад, почти одновременно с началом ее систематического изучения. К настоящему времени зона интродукции вида занимает обширную территорию – от Финляндии на севере до Узбекистана и Киргизии на юге – и, расширяясь преимущественно в юго-восточном направлении, далеко выходит за пределы ареала [16].

Анализ результатов интродукции показывает, что практически во всех природно-климатических условиях – от северной тайги с умеренно холодным климатом до лесостепи с резко континентальным – карельская береза сохраняет ритмы ростовых процессов и особенности фенологического развития, присущие ей в естественных местообитаниях, хотя прохождение отдельных фенофаз может сдвигаться на более ранние или более поздние сроки в южных и северных широтах соответственно. Карельская береза способна расти в широком диапазоне почвенных условий – от песчаных и суглинистых до подзолистых и черноземных – и даже при отсутствии нормального почвенного покрова или на явно нарушенных землях, например на рекультивированных [4, 30, 41, 42].

Однако эффективность интродукции карельской березы не является очень высокой. Очевидно, это обусловлено биологическими особенностями вида, а также климатическими условиями конкретных пунктов интродукции. В ходе планирования работ по переносу карельской березы за пределы ареала важно предварительно осуществлять всестороннюю оценку природно-климатических условий намеченного места интродукции. Наиболее подходящими для дерева становятся условия бореальных и смешанных лесов. Дополнительными критериями могут служить состав лесообразующих пород и сопутствующих им видов в новом пункте интродукции с учетом того, что карельская береза, в отличие от некоторых других древесных пород, предпочитает хорошо освещенные местообитания; результаты применения «дистанционного метода», который дает представление об условно допустимом расстоянии от границы ареала вида или места происхождения исходного растительного материала до пункта интродукции [16, 17].

Наиболее полно признаки и свойства карельской березы сохраняются, как и у других растений, в вегетативном потомстве, полученном, например, в результате клонального микроразмножения *in vitro*. Использование при интродукции семенного материала также вполне допустимо, но только он должен быть получен контролируемым опылением с участием отцовских и материнских деревьев, имеющих явно выраженные косвенные признаки карельской березы.

При создании искусственных насаждений карельской березы необходимо обращать внимание на густоту посадки – при высокой плотности «узорчатость» в древесине проявляется слабо или не проявляется вообще – и географическое происхождение растительного материала. Например, в условиях Московской области сеянцы карельской березы белорусского происхождения растут в 2–2,5 раза быстрее, чем выращенные в те же сроки посева из семян, собранных в Карелии. В Свердловской области у сеянцев белорусского происхождения в зимний период было отмечено повреждение низкой температурой верхушечных побегов, а растения из Карелии опережали в прохождении осенних фенофаз растения из Латвии [31, с. 89–98]. Результат интродукции карельской березы зависит также от своевременности и регулярности агротехнических мероприятий и лесоводственных уходов.

*Отечественный опыт реинтродукции карельской березы.* Для России первым опытом реинтродукции карельской березы стали работы по ее размножению семенами, начатые Н.О. Соколовым в 1931 г. на территории заповедника «Кивач» в Карелии [18]. В результате уже в 1934 г. здесь были созданы лесные культуры карельской березы на территории Петрозаводского, а в 1939 г. – Заонежского лесхозов [43]. Первоначально эти работы осуществлялись путем мероприятий, способствующих естественному возобновлению карельской березы, или посевом ее семян. Дальнейшее развитие лесные культуры получили после организации специализированных хозяйств в Заонежском лесхозе, Спасогубском и Рыборецком лесничествах [15, 18, 21]. В целом к 1986 г. в Карелии общая площадь культур карельской березы составила более 5 тыс. га в 14 лесхозах (рис. 1).

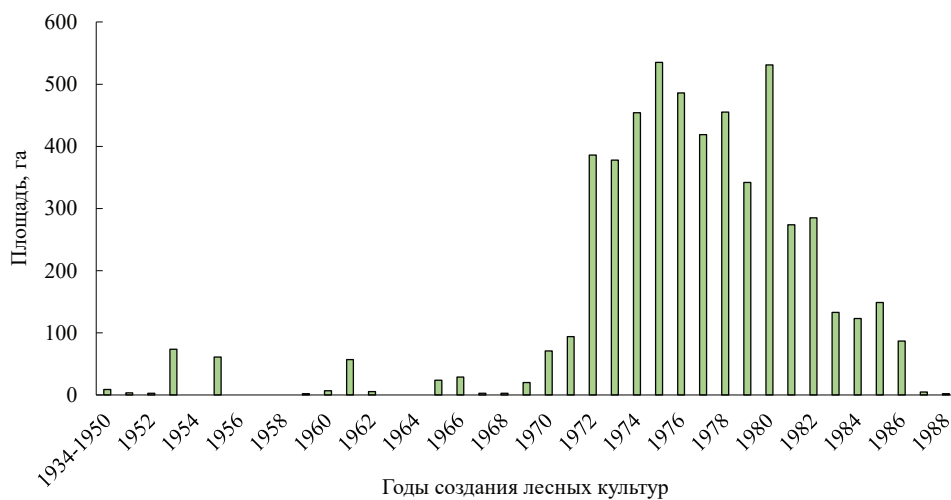


Рис. 1. Годы создания и площадь лесных культур карельской березы в Республике Карелии

Fig. 1. Years of planting and area of curly birch plantations in the Republic of Karelia

Однако следует признать, что лесные культуры, созданные в основном в 1970–80-е гг. на больших площадях из семян от свободного опыления случайно выбранных деревьев, с высокой нормой посева в питомниках и другими способами, не оправдали связанные с ними ожидания. Позднее, в период с 1987 по 2020 г. площадь новых участков карельской березы в Карелии увеличилась не более чем на 50 га.

Для охраны и воспроизводства карельской березы в 1984 г. в Карелии были организованы 4 ботанических заказника общей площадью 40,4 га [6, 7, 10, 32]. Важное значение для реинтродукции популяций карельской березы в регионе имел отбор плюсовых (лучших) деревьев, обладающих наиболее выраженными внешними признаками узорчатой древесины. В дальнейшем такие деревья использовались в работах по контролируемому опылению, что значительно увеличило количество узорчатых особей в потомстве [22, 29, 45]. В результате применения семенного и вегетативного потомства плюсовых деревьев карельской березы

здесь созданы лесосеменные плантации общей площадью 42,1 га и архив клонов из 40 генотипов на площади 0,4 га, полученных путем прививки.

К сожалению, в 1990-е гг., когда резко возрос объем незаконных рубок, были утрачены многие плюсовые деревья, значительно пострадали ботанические заказники и искусственно созданные насаждения [9, 10, 45]. Часть культур из-за отсутствия средств на проведение регулярных уходов оказалась по своему состоянию на среднем или низком уровне, поскольку, с одной стороны, произошло их зарастание быстрорастущими лиственными породами (ивой, осинкой или другими видами березы), а с другой стороны, вследствие появления высокой травянистой растительности саженцы повреждались мышевидными грызунами и другими мелкими млекопитающими, которые для питания часто использовали молодую кору у основания стволов. Кроме того, большинство природных популяций карельской березы, а также более 300 га искусственно созданных популяций по возрастной структуре стали спелыми или перестойными.

К началу XXI в. карельская береза в Карелии оказалась под угрозой исчезновения, а проблема сохранения ее генофонда и воспроизводства ресурсов приобрела особую остроту. Чтобы исправить ситуацию, по инициативе ученых была разработана региональная целевая программа, утвержденная в 2008 г. республиканским Законодательным Собранием. Однако начало выполнения программы совпало с мировым и российским финансовыми кризисами, что остановило ее уже на старте. К тому же оставался нерешенным вопрос о предоставлении для реализации программы земель, находящихся в федеральной собственности, земель запаса и о переводе сельскохозяйственных земель, на которых предполагалось создание лесных культур плантационного типа, в состав лесного фонда.

Несмотря на это, исследования в соответствии с целями и задачами программы продолжались. Одним из важных итогов стало создание *in vitro* коллекции клонов карельской березы, выращенной вегетативным путем благодаря разработке (с получением патентов) и использованию технологии клонального микроразмножения [8, 33, 34]. В настоящее время коллекция включает более 100 генотипов карельской березы разного географического происхождения из России (Республика Карелия, Ленинградская и Смоленская области), Белоруссии, Дании, Норвегии, Финляндии и Швеции. С 2016 г. коллекция вошла в научно-технологическую инфраструктуру Российской Федерации [23]. Среди клонов, составляющих данную коллекцию, есть и генотипы, которые уже отсутствуют в природе.

В последние годы разработаны новые технологические решения для массового и круглогодичного выращивания посадочного материала карельской березы с гарантированным сохранением ее уникальных признаков и свойств [35]. Результаты не имеют мировых аналогов и являются важной предпосылкой сохранения этого уникального вида, его интродукции и реинтродукции. Посадочный материал, полученный путем клонального микроразмножения, стал основой для создания коллекции клонов *in situ* на территории агробиологической станции ФИЦ «Карельский научный центр РАН», где в настоящее время произрастает несколько сотен растений редких представителей семейства *Betulaceae* (рис. 2).



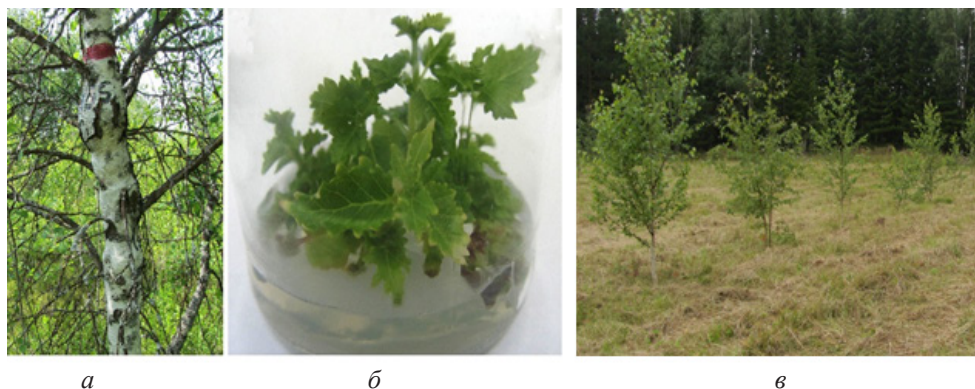


Рис. 2. Плюсовое дерево карельской березы № 155 в природных условиях (а), в культуре *in vitro* (б) и его вегетативное потомство, выращенное путем клонального микроразмножения на опытных участках Института леса КарНЦ РАН на Агробиологической станции КарНЦ РАН (в)

Fig. 2. Curly birch plus tree No. 155 in natural conditions (a), cultured *in vitro* (b), and its vegetative progeny grown by micropropagation at the test plots of the Forest Research Institute KarRC RAS at the Agrobiological Research Station (v)

Применение современных биотехнологий существенно расширяет возможности воспроизводства и реинтродукции уникальных генотипов карельской березы, а метод клонального микроразмножения позволяет поддерживать их морфо- и органогенез круглогодично и сохранять в течение нескольких десятилетий. У вегетативного размножения есть и другие преимущества. Оно, во-первых, обеспечивает полное воспроизводство генотипов лучших деревьев с присущими им признаками узорчатой текстуры древесины, во-вторых, способствует ускоренному выращиванию посадочного материала и, в-третьих, позволяет сравнительно быстро увеличить численность популяций.

Однако при организации лесосеменных плантаций (или насаждений) карельской березы переход на клоновое размножение с целью сохранения генофонда может привести к сужению генетического разнообразия. Это можно предупредить, если в качестве посадочного материала будет отобрано не менее 10, а лучше 30–50 клонов. В случае создания лесосырьевых плантаций вполне допустимо использование ограниченного числа клонов, даже одного наиболее продуктивного.

В России работы по реинтродукции карельской березы проводились, кроме Карелии, только в Ленинградской и Костромской областях. Так, мероприятия по реинтродукции карельской березы в Ленинградской области были осуществлены на территории Охтинского учебно-опытного лесхоза (Всеволожский район) в 1949 и 1957 гг. [39]. К настоящему времени заложенные там насаждения карельской березы находятся в удовлетворительном состоянии, но лишь отдельные деревья имеют косвенные признаки узорчатой текстуры древесины. Основные ресурсы вида (не менее 1,5 тыс. деревьев) в Ленинградской области сосредоточены на Гатчинской и Тихвинской лесосеменных плантациях (рис. 3), а также в окрестностях пос. Шапки Тосненского района. У большинства экземпляров здесь зафиксированы косвенные признаки узорчатой древесины в виде выпуклостей и/или неровностей на поверхности ствола. Высота деревьев

составляет от 15 до 20 м, диаметр ствола – от 30 до 45 см (табл. 2). Эти насаждения, созданные преимущественно в конце 1970-х гг., находятся в хорошем состоянии, но требуют принятия мер по их сохранению и плана дальнейшего использования.



Рис. 3. Реинтродукция карельской березы в Ленинградской области. Окрестности г. Тихвина

Fig. 3. Curly birch reintroduction in the Leningrad Region. The vicinity of Tikhvin

Таблица 2

**Искусственно созданные насаждения карельской березы в Ленинградской области**

Table 2

**Artificially regenerated curly birch plantations in the Leningrad region**

Местонахождение	Годы создания	Площадь, га	Характеристика деревьев (максимальные значения)	
			Высота, м	Диаметр, см
Охтинский учебно-опытный лесхоз	1949	1,26	15	19
	1957	0,33	10,5	27
Гатчинская плантация	1974–1976	~5	16	45
Тихвинская плантация	1979	4,50	17,5	32,5
У пос. Шапки, Тосненский район	–	–	21	34

В природных условиях Костромской области (Судиславский, Костромской и Нерехтский районы) карельская береза обнаружена в начале 1960-х гг. в виде одиночных деревьев или небольших групп по 4–5 экземпляров возрастом 30–45 лет [1]. В частности, на территории Судиславского лесничества в местечке Климцово, которое получило статус памятника природы, было отобрано 58 плюсовых деревьев карельской березы. Однако к настоящему времени само

насаждение и, соответственно, его статус в качестве особо охраняемой природной территории утрачены, а семенное потомство карельской березы сохранилось только в культурах, созданных на территории Костромской и Кировской областей [2]. К примеру, в Кировской области в полусибсовом потомстве (от свободного опыления) карельской березы 56 % особей характеризуются явно выраженными признаками узорчатой текстуры древесины, 34 % – слабо заметными и только 10 % оказались без признаков. Большинство деревьев, 53 %, имеют короткоствольную форму роста (высота – около 9 м, диаметр ствола – до 12 см), 35 % – высокоствольную (высота – около 14 м, диаметр ствола – до 15 см) и 12 % – кустообразную (высота – до 7 м, диаметр ствола – до 8 см) [37].

*Зарубежный опыт реинтродукции карельской березы.* Первые в мире плантации карельской березы были заложены в 1920 г. в Финляндии руководителем лесной школы В. Аалтоненом на опытной территории Весияко (Vesijako) Института леса Финляндии в коммуне Падасйоки (Padasjoki). Географическое положение территории – 61°25' с. ш. 29°19' в. д., 100 км к востоку от г. Тампере (Tampere) [50, 56, 66]. Положительные результаты этих опытов стимулировали расширение исследований, которые с 1923 г. приобрели здесь систематический характер.

Позднее, в 1930-е гг., работы по разведению и реинтродукции карельской березы были организованы по инициативе О. Хейкинхеймо [51, 61, 66] и продолжены не только в государственных организациях, но и в частном секторе, однако в целом не приобрели крупного масштаба [50]. Основные мероприятия осуществлены в южной части Финляндии на естественных для карельской березы широтах (61°48' с. ш. 29°19' в. д.), на территории общей площадью около 20 га, а также на севере Финляндии (66–68° с. ш. 24–29° в. д.) – около 30 га.

К началу 1960-х гг. только в разных районах Лапландии интродуцировано более 35 тыс. саженцев [48]. Однако значительная часть из них позднее была утрачена и работы по реинтродукции и интродукции приостановились. Основной причиной этого стали повреждения, наносимые растениям лосями, зайцами, мышевидными грызунами и даже кротами [69].

Начиная с 1980-х гг. наиболее активные работы по реинтродукции карельской березы вновь проводились в Финляндии [46]. При этом основное внимание было уделено разработке способов получения и выращивания посадочного материала. В частности, эффективным оказалось получение сеянцев карельской березы из селекционно улучшенных семян, которые собирались главным образом с деревьев из крупногабаритных теплиц [55]. Отдельные плюсовые деревья карельской березы в качестве исходного материала для разведения были выбраны в естественных популяциях еще в конце 1940-х гг. Количество генотипов в одной теплице, как правило, варьировало от 33 до 50 [72].

Несмотря на высокую себестоимость теплиц, их использование оказалось экономически оправданным, поскольку в них выращивались исключительно деревья карельской березы и отсутствовали другие опылители (например, береза повислая), поэтому количество особей с узорчатой древесиной достигало в потомстве 90 % и более. Кроме того, цветение и образование семян карельской березы в теплицах чаще всего начиналось уже в возрасте 2–3 лет. Урожайность семян составляла в среднем 20 кг на 1000 м<sup>2</sup> в год. Для ежегодного посева использовали 6–7 кг семян. 1 кг давал около 500–700 тыс. сеянцев, из которых

90 % выращивались с закрытой корневой системой. В 90-е гг. в Финляндии впервые была разработана и использована технология клонального микроразмножения карельской березы [63, 67]. В последние десятилетия здесь в культуре *in vitro* ведется разведение нескольких клонов вида уже в коммерческих целях [56, 64].

Густота посадки при создании плантаций карельской березы в Финляндии в большинстве случаев составляла от 1200 до 2000 семян на 1 га, или 400–800 растений-регенерантов (растения, полученные в культуре тканей) на 1 га. Для обеспечения нормального развития растений в течение по меньшей мере 5–7 лет после посадки в культурах ведутся агротехнические и регулярные лесоводственные уходы: скашивание травянистой растительности, удаление поросли, обрезка сучьев. При необходимости используются гербициды с обязательным соблюдением ограничений по срокам их применения и концентрациям. Растения, которые не проявляют косвенных признаков формирования узорчатой древесины (что наблюдается у особей, полученных из семенного посадочного материала), из насаждения удаляются. Эти работы ведутся в культурах возрастом от 10 до 13 лет при высоте деревьев 7–9 м.

В результате в 1990-е гг. общая площадь посадок карельской березы в Финляндии существенно возросла, увеличиваясь ежегодно на 150–250 га [57], а в период с 2000 по 2006 г. – в среднем уже на 330 га [50]. Согласно официальной статистике, с 1984 г. по настоящее время общая площадь территории, используемой для реинтродукции карельской березы в Финляндии, составляет более 5 тыс. га. Причем преобладают деревья с мелкобугорчатым типом поверхности ствола (табл. 3). Однако в последние годы наметилась тенденция сокращения объемов посадки [50].

Таблица 3

**Соотношение деревьев карельской березы по типу поверхности ствола при реинтродукции в Финляндии в зависимости от возраста [по 66, 68]**

Table 3

**The ratio of curly birch trees by trunk surface type during reintroduction in Finland depending on age [according to 66, 68]**

Местонахождение	Возраст, лет	Узорчатые деревья, шт.	Тип поверхности ствола, % от общего числа узорчатых деревьев		
			м/буг.	ш/ут.	ребр.
Пункахарью (Punkaharju), 35 км на юго-восток от г. Савонлинна (Savonlinna)	42–43	106	80,3	8,1	11,6
Керимяки (Kerimäki), 20 км на восток от г. Савонлинна	35	245	66,4	11,8	21,8
Хаухо (Hauho), 30 км к северу от г. Хямеэнлинна (Hämeenlinna)	35	246	88,6	5,9	5,5
Весияко (Vesijako), 60 км на северо-восток от г. Хямеэнлинна	52	48	87,5	10,4	2,1
<i>Среднее</i>	–	–	75,5	8,5	14,6

Примечание: м/буг. – мелкобугорчатый, ш/ут. – шаровидноутолщенный, ребр. – ребристый.



В Швеции первые опыты по выращиванию карельской березы с целью ее реинтродукции относятся к началу 1940-х гг. [54]. Использовали саженцы, полученные из семян от свободного и контролируемого опыления. Через 5 лет обнаружили проявление косвенных признаков примерно у 20 % растений, еще через 2 года количество таких деревьев увеличилось вдвое. В настоящее время в Швеции карельская береза выращивается преимущественно в частном секторе как в южной, так и в центральной частях страны [18, 47, 58]. Посадочный материал, в основном саженцы, как правило, приобретается в Финляндии.

С начала 2000-х гг. в Швеции для интродукции и реинтродукции начали использовать растения карельской березы, полученные путем клонального микроразмножения. Например, по инициативе ученого-лесоведа У. Мартинссона на территории 10 коммун – от Карлсруны (Хольмшё (Holmsjö), 56° с. ш. 15° в. д.) на юге страны до Каликса (65° с. ш. 23° в. д.) на севере – созданы насаждения карельской березы, включающие 25 генотипов разного географического происхождения: из Швеции, Финляндии и России (Карелии). К 10–12 годам высота растений варьировала от 2 до 6 м при диаметре ствола 3–13 см. При этом у большинства клонов независимо от местонахождения проявились основные свойства и признаки карельской березы (форма роста, выпуклости и утолщения на поверхности ствола), характерные для исходных материнских особей. Различия наблюдались лишь по скорости роста: при интродукции в северную часть страны деревья росли медленнее, чем при реинтродукции в южную, что закономерно, поскольку удаленность нового места произрастания в долготном направлении составила почти 2 тыс. км.

В Норвегии начало работ по реинтродукции карельской березы относится к 1943 г., когда в восточной части страны, в провинции Бускеруд, было посажено 3670 саженцев финского происхождения (из заповедника Ауланко (Aulanko), окрестности г. Хямеэнлинна) и 416 норвежского (из местечка вблизи оз. Раннсфьорден (Randsfjorden), округ Иннландет). Весной 1944 г. высажено еще около 1 тыс. растений норвежского происхождения (регион Сёрлланн (Sørlandet), Южная Норвегия). В конце века для реинтродукции карельской березы в этой стране также начали использовать культуру тканей. На территории питомников в Реиерсёла (Reiersøl), 58° с. ш. 8° в. д., Дёммесмуене (Dømmesmoen), 58° с. ш. 8° в. д., и Линдала (Lyngdal), 58° с. ш. 7° в. д, расположенных на юге Норвегии, было организовано выращивание *in vitro* 10 генотипов карельской березы с характерными признаками узорчатой текстуры в древесине [52].

Ситуация с реинтродукцией карельской березы в Германии оказалась следующей. Согласно данным Шольца [70], карельская береза встречалась в восточной части страны, но к середине 1950-х гг. сохранилось всего 2 дерева. Одно из них было обнаружено вблизи местечка Крёхерн (Stöchern), а другое, с которого были собраны семена для размножения вида, – в районе г. Вальдзиверсдорф (Waldsieversdorf). Однако первые опыты по реинтродукции карельской березы с использованием семян не увенчались успехом, поскольку из-за свободного опыления количество особей с узорчатой древесиной в потомстве было единичным. В результате опытов по контролируемому опылению с участием деревьев карельской березы финского происхождения были получены особи, унаследовавшие узорчатую текстуру, однако большинство растений было низкорослыми, а следовательно, неперспективными для производства (в дальнейшем) шпона.

Селекционная оценка семенного потомства позволила выбрать дерево, которое в дальнейшем было использовано при разработке технологии клонального микроразмножения [49, 59, 62]. Полученное потомство (клон GB) стало основой для создания опытного участка вблизи г. Хельбра (Helbra). Косвенные признаки наличия узорчатой текстуры в древесине растений проявились через 10 лет после посадки на постоянное место. На 30-й год диаметр основания ствола составил 47 см. По итогам проведенных испытаний клон GB получил регистрационный номер (№ 123804020334) и был передан в качестве исходного для размножения в коммерческих целях [62].

Работы по реинтродукции карельской березы проводились и в других странах Европы. Например, в Польше опытные культуры семенного происхождения карельской березы были созданы в конце 1960-х гг. на территории экспериментального лесничества Академии наук Польши «Звезинец» [60]. В Словакии в 1982–1983 гг. осуществлены опыты по контролируемому опылению карельской березы местного происхождения и на базе учебного лесхоза Зволненского технического университета созданы опытные культуры [65]. В результате получено потомство, в котором количество узорчатых особей достигло 75 %. В Эстонии карельскую березу выращивали в 70-е гг. XX в. В начале XXI в. внимание к ней еще более усилилось. К примеру, только в 2005 г. здесь, преимущественно в западной части страны, было создано 29 плантаций площадью от 0,05 до 53 га [71].

В начале 90-х гг. прошлого века произведены первые работы по выращиванию карельской березы в Дании. При этом саженцы покупались преимущественно в Финляндии, редко – в Швеции. Отличительной особенностью датских культур карельской березы является то, что во многих случаях ее высаживают вместе с сопутствующими породами. При этом предпочтение отдается видам, которые не могут конкурировать с ней по высоте, например лещине обыкновенной *Corylus avellana* L. или малине обыкновенной *Rubus idaeus* L. Иногда в культурах карельской березы выращивают широко известные датские рождественские ели, или пихту Нордманна *Abies nordmanniana* (Steven) Spach [18].

В конце XX–начале XXI вв. активизировались работы по реинтродукции карельской березы в Белоруссии. Первые опыты были проведены в 1987–1988 гг. на территории Корневской экспериментальной базы (53°21' с. ш. 31°06' в. д.) Института леса Национальной академии наук Белоруссии (г. Гомель) и Мозырского опытного лесхоза. Площади опытных участков – около 5 и 1 га соответственно.

К 10 годам развития узорчатые формы составили около 30 %, а к 20 – более 40 %. По форме роста в первое десятилетие преобладали высокоствольные деревья, по мере развития число узорчатых особей с короткоствольной формой роста заметно увеличилось. Сравнительный анализ показал, что в первое десятилетие интенсивность как апикального, так и радиального роста была превосходящей у высокоствольных форм карельской березы по сравнению с короткоствольными. У обеих форм относительная величина радиального прироста оказалась в 1,3 и 1,5 раза больше, чем прирост в высоту. При относительно равных высотах диаметр ствола у короткоствольных форм превосшел этот показатель у высокоствольных.



В последние годы реинтродукция карельской березы на территории Белоруссии ведется в Брестской, Витебской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областях. Общая площадь участков, занятых этим видом, уже составила более 40 га [40].

*Вклад реинтродукции в сохранение и увеличение ресурсов карельской березы.* Анализ литературных данных и собственные наблюдения показывают, что реинтродукция карельской березы наиболее активно проводилась на территории России (Республика Карелия) и Финляндии, а также некоторых других европейских государств. Благодаря этой деятельности в Карелии удалось приостановить сокращение численности карельской березы и сохранить ее ресурсы, несмотря на негативные последствия, например, антропогенного воздействия: прежде всего выборочных рубок, зачастую носящих неконтролируемый и незаконный характер, агротехнических мероприятий, таких как обработка территорий ядохимикатами и др., – или отсутствие определенных знаний и технологий, необходимых для успешных организации и проведения работ по реинтродукции этого уникального вида [5, 20, 24 и др.].

Важным достижением в решении вопроса сохранения и воспроизводства ресурсов карельской березы путем реинтродукции является разработка и внедрение новых технологий, в первую очередь клонального микроразмножения на основе культуры апикальной меристемы вегетативных побегов, минуя этап каллусообразования. Эти технологии впервые применены в Финляндии в середине 1980-х гг. [67], а в России – в начале 1990-х гг. [3, 18, 44]. Использование данной технологии обеспечивает массовое производство качественного посадочного материала карельской березы с сохранением в потомстве признаков узорчатой текстуры древесины. Однако необходимо иметь в виду, что переход на клоновое размножение может привести к сужению генетического разнообразия, чего можно избежать за счет увеличения числа клонов в насаждениях. При семенном размножении число деревьев желательнее увеличить до 100 и более в целях создания насаждения, более полно отражающего генетическое разнообразие вида.

Важнейшими источниками исходного материала для пополнения коллекций клонов в культуре тканей, проведения контролируемого опыления и получения семян могут служить особо охраняемые природные территории, созданные с участием карельской березы; природные популяции, сохранившиеся в нашей стране (в Карелии) и в Белоруссии; вновь созданные объекты в Финляндии и живые коллекции клонов *in vitro* и *in situ* [14, 32, 40].

### Заключение

Обобщение и систематизация результатов исследований, направленных на изучение ресурсов карельской березы, показали, что ее природные популяции в пределах ареала (за исключением Белоруссии) характеризуются крайне невысокой численностью. Пример Республики Карелии, где ресурсы данного вида в естественных условиях являются наибольшими не только в России, но и в Северной Европе, отчетливо демонстрирует, что сохранение этого уникального вида только за счет создания особо охраняемых природных территорий, включения в Красную книгу и введения запрета на рубку невозможно. В число наи-

более эффективных методов сохранения и воспроизводства карельской березы входят реинтродукция вида в природные местообитания (*in situ*) и сохранение его в культуре (*ex situ*). В природных условиях реинтродукция может осуществляться путем реставрации, или восстановления/пополнения существующей, но исчезающей популяции местным материалом; а также репатриации, или возрождения популяции вида в местообитаниях, где он произрастал ранее, за счет его переноса из других популяций.

Создание локальных популяций карельской березы целесообразно проводить в природных биотопах, максимально близких по условиям, особенно по уровню освещенности, к тем, где вид встречался ранее или произрастает до сих пор, но находится на грани исчезновения. При этом важно использовать посадочный материал, полученный вегетативным способом (включая клональное микроразмножение) и/или из семян от контролируемого опыления с участием материнских и отцовских деревьев, имеющих хорошо выраженные косвенные признаки узорчатой текстуры древесины. Необходимо учитывать своеобразие и уникальность биологических признаков и свойств карельской березы, особенности генетической структуры популяций, современное состояние ресурсов вида. Опыт интродукционной работы с карельской березой также может оказаться полезным при ее реинтродукции.

Для успешного разведения карельской березы требуется создание специализированных хозяйств. Их эффективность будет зависеть главным образом от качества посадочного материала и регулярности агротехнических мероприятий и лесоводственных уходов. Кроме того, при создании искусственных насаждений карельской березы важно обращать внимание на густоту посадки и географическое происхождение растительного материала.

Положительным примером реинтродукции карельской березы является опыт финских специалистов. В Финляндии создание искусственных насаждений этого вида, включая его интродукцию в северные регионы страны, началось еще в 1920-е гг. и продолжалось до начала 1960-х гг. Затем работы были временно приостановлены. Однако позднее, в период с 1984 по 2006 г., в стране осуществлена масштабная реинтродукция карельской березы. В результате общая площадь искусственных насаждений, составленных данным видом, превысила 5 тыс. га. Не случайно именно Финляндия до сих пор остается основным экспортером ценной древесины этого дерева на мировом рынке. Большим спросом пользуются также семена и саженцы карельской березы финского происхождения.

Для сохранения карельской березы в культуре (*ex situ*) следует шире использовать клональное микроразмножение. Оно позволяет получать растения карельской березы с гарантированными признаками узорчатой текстуры древесины и сохранять растительный материал, поддерживая его в стерильных условиях в течение нескольких десятилетий, создавая коллекцию генотипов долгосрочного хранения. С помощью данной технологии можно сравнительно быстро увеличить численность популяций и расширить возможности возобновления вида вегетативным путем. Широкое применение современных биотехнологий переводит реинтродукцию на новый уровень, а следовательно, качественно улучшает культуру ведения лесного хозяйства.

Таким образом, осуществление реинтродукции карельской березы в природные местообитания за счет формирования локальных популяций (*in situ*) на

основе их реставрации, а при необходимости и их репатриации, а также сохранение ее в культуре (*ex situ*), включая создание коллекций клонов или банка генотипов *in vitro*, повысит эффективность работ по сохранению генофонда и воспроизводству ресурсов карельской березы. Опыт также показывает, получение устойчивых популяций (с достаточной численностью, чтобы в будущем они могли обеспечить свое самовоспроизводство) является сложной задачей, решение которой потребует внедрения долгосрочных программ и больших финансовых ресурсов, что посылно далеко не каждому региону, но вполне возможно в рамках целевой или одной из федеральных программ. Данные трудности могут быть преодолены лишь при активном участии государства, т. к. требуется не только выделение значительных средств, но и подготовка квалифицированных кадров, разработка и принятие ряда нормативно-правовых актов, информационная поддержка со стороны средств массовой информации и т. д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Багаев С.Н. Карельская и капокорешковая береза в лесах Костромской области // Лесн. хоз-во. 1963. № 6. С. 20–22.

Bagayev S.N. Karelian and Burr-Root Birch in the Forests of the Kostroma Region. *Lesnoye khozyaystvo*, 1963, no. 6, pp. 20–22. (In Russ.).

2. 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 / ред. кол.: Л.Л. Новицкая, Н.Н. Николаева, Л.Л. Веселкова. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2011. С. 21–24.

Bagayev S.S. Test of Posterities of Geographical Populations of Karelian Birch in the Kirov Region. *Structural and Functional Deviations from Normal Growth and Development of Plants under the Influence of Environmental Factors*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2011, pp. 21–24. (In Russ.).

3. Байбурина Р.К. Микроклональное размножение взрослых гибридов березы карельской в культуре тканей // Раст. ресурсы. 1998. Т. 34, № 2. С. 9–22.

Baiburina R.K. Micropropagation of Adult Hybrids of Curly Birch in Tissue Culture. *Rastitelnye Resursy*, 1998, vol. 34, no. 2, pp. 9–22. (In Russ.).

4. Барсукова Т.Л. Береза карельская в Белоруссии // Интенсификация лесного хоз-ва в Белорусской ССР. М.: ВНИИЛМ, 1987. С. 142–149.

Barsukova T.L. Karelian Birch in Belarus. *Intensification of Forestry in the Byelorussian SSR*. Moscow, VNIILM Publ., 1987, pp. 142–149. (In Russ.).

5. Беднова О.В. Реинтродукция, репатриация, реставрация... и урбанизация // Природа. 2014. № 10. С. 27–35.

Bednova O.V. Reintroduction, Repatriation, Restoration... and Urbanization. *Priroda*, 2014, no. 10, pp. 27–35. (In Russ.).

6. Белоусова Н.А. Развитие охраняемого природного фонда Карелии и его современное состояние: препр. докл. Петрозаводск: Кар. фил. АН СССР, 1987. 52 с.

Belousova N.A. *Development of the Protected Natural Fund of Karelia and Its Current State*: Preprint of the Report. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 1987. 52 p. (In Russ.).

7. Белоусова Н.А. Лесные и ботанические заказники Карелии // Охраняемые природные территории и памятники природы Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1992. С. 71–81.

Belousova N.A. Forest and Botanical Reserves of Karelia. *Protected Natural Territories and Natural Monuments of Karelia*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 1992, pp. 71–81. (In Russ.).

8. Ветчинникова Л.В. Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. М.: Наука, 2005. 269 с.

Vetchinnikova L.V. *Karelian Birch and Other Rare Representatives of the Genus Betula* L. Moscow, Nauka Publ., 2005. 269 p. (In Russ.).

9. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении генофонда карельской березы // Тр. КарНЦ РАН. Сер.: Экологич. исследования. 2018. № 10. С. 3–11.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. The Role of Protected Areas in the Conservation of the Curly Birch Gene Pool. *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences. Ecological Studies Series*, 2018, no. 10, pp. 3–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.17076/eco912>

10. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Карельская береза в заказниках Республики Карелия: история, современное состояние и проблемы // Ботан. журн. 2018. Т. 103, № 2. С. 256–265.

Vetchinnikova L.V., Titov A. F. Karelian Birch in Sanctuaries in the Republic of Karelia: History, Current State, Problems. *Botanicheskii Zhurnal*, 2018, vol. 103, no. 2, pp. 256–265. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0006813618020096>

11. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Карельская береза – уникальный биологический объект // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139, № 5. С. 419–433. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0042132419050107>

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. The Karelian Birch – a Unique Biological Object. *Uspekhi sovremennoi biologii* = Biology Bulletin Reviews, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 102–114. (In Eng.). <https://doi.org/10.1134/S2079086420020085>

12. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. О границах ареала карельской березы // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 6. С. 9–21.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Update on the Boundaries of the Curly Birch Range. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2020, no. 6, pp. 9–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-9-21>

13. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Особенности структуры популяций карельской березы // Успехи современной биологии. 2020. Т. 140, № 6. С. 601–615. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0042132420050087>

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Specific Characteristics of Curly Birch Population Structure. *Uspekhi sovremennoi biologii* = Biology Bulletin Reviews, 2021, vol. 10, no. 4, pp. 102–114. (In Eng.). <https://doi.org/10.1134/S2079086421040095>

14. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Современное состояние ресурсов *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae) // Раст. ресурсы. 2020. Т. 56, вып. 1. С. 16–33.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Current Status of *Betula pendula* var. *carelica* (Betulaceae) Resources. *Rastitelnye Resursy*, 2020, vol. 56, iss. 1, pp. 16–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0033994620010082>

15. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Карельская береза: важнейшие результаты и перспективы исследований: моногр. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2021. 243 с.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. *Curly Birch: Major Research Results and Prospects for Future Research*: Monograph. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2021. 243 p. (In Russ.).

16. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Интродукция карельской березы // Успехи современной биологии. 2021. Т. 141, № 3. С. 296–309.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Introduction of the Curly Birch. *Uspekhi sovremennoi biologii* = Biology Bulletin Reviews, 2021, vol. 141, no. 3, pp. 296–309. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0042132421030108>

17. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Оценка перспектив интродукции карельской березы // Тр. КарНЦ РАН. Сер.: Эксперим. биология. 2021. № 3. С. 21–35.

Vetchinnikova L.V., Titov A.F. Assessment of Curly Birch Introduction Prospects. *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences. Experimental Biology Series*, 2021, no. 3, pp. 21–35. (In Russ.). <https://doi.org/10.17076/eb1367>

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

Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Kuznetsova T.Yu. *Curly Birch: Biological Characteristics, Resource Dynamics, and Reproduction*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2013. 312 p. (In Russ.).

19. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф., Топчиева Л.В. Изучение генетического разнообразия и дифференциации северных и южной популяций карельской березы // Генетика. 2021. Т. 57, № 4. С. 412–419. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0016675821040147>

Vetchinnikova L.V., Titov A.F., Topchieva L.V. A Study of the Genetic Diversity and Differentiation of Northern and Southern Curly Birch Populations. *Genetika = Russian Journal of Genetics*, 2021, vol. 57, iss. 4, pp. 416–422. (In Eng.). <https://doi.org/10.1134/S1022795421040141>

20. Горбунов Ю.Н., Дзыбов Д.С., Кузьмин З.Е., Смирнов И.А. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов). Тула: Гриф и К, 2008. 56 с.

Gorbunov Yu.N., Dzybov D.S., Kuz'min Z.E., Smirnov I.A. *Guidelines for Reintroduction of Rare and Endangered Plant Species (for Botanical Gardens)*. Tula, Grif and K Publ., 2008. 56 p. (In Russ.).

21. Евдокимов А.П. Биология и культура карельской березы. Л.: ЛГУ, 1989. 228 с. Evdokimov A.P. *Biology and Crop of Curly Birch*. Leningrad, LSU Publ., 1989. 228 p. (In Russ.).

22. Ермаков В.И. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л.: Наука, 1986. 144 с.

Ermakov V.I. *Mechanisms of Birch Adaptation to the North Conditions*. Leningrad, Nauka Publ., 1986. 144 p. (In Russ.).

23. Коллекция *in vitro* клонов редких растений семейства *Betulaceae* // Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации: центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки. Режим доступа: <https://ckp-rf.ru/usu/465691/> (дата обращения: 15.03.22).

*In vitro* Collection of Rare Plant Clones of *Betulaceae* Family. *Scientific and Technological Infrastructure of the Russian Federation: Centers of Collective Use of Scientific Equipment and Unique Scientific Installations*. (In Russ.).

24. Коровин С.Е., Кузьмин З.Е. К вопросу о понятиях и терминологии в интродукции растений // Бюл. Глав. ботан. сада. 1997. Вып. 175. С. 3–11.

Korovin S.E., Kuzmin Z.E. On Concepts and Terminology in Plant Introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1997, iss. 175, pp. 3–11. (In Russ.).

25. Красная книга Владимирской области. Владимир: Транзит-ИКС, 2010. 400 с. *The Red Data Book of the Vladimir Region*. Vladimir, Tranzit-IKS Publ., 2010. 400 p. (In Russ.).

26. Красная книга Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2007. 368 с. *The Red Data Book of the Republic of Karelia*. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 2007. 368 p. (In Russ.).

27. Красная книга Республики Карелия. Белгород: Константа, 2020. 448 с.



*The Red Data Book of the Republic of Karelia*. Belgorod, Konstanta Publ., 2020. 448 p. (In Russ.).

28. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

*The Red Data Book of the Russian Federation (Plants and Fungi)*. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 855 p. (In Russ.).

29. Любавская А.Я. Карельская береза. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 158 с.

Lyubavskaya A.Ya. *Karelian Birch*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978. 158 p. (In Russ.).

30. Любавский Д.В. Опыт выращивания карельской березы на рекультивируемых землях Щелковского учебно-опытного лесхоза // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2006. № 5. С. 100–104.

Lubavski D.V. Experience of Growing Karelian Birch on Recultivate Soils. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2006, no. 5, pp. 100–104. (In Russ.).

31. Махнев А.К. Интродукция карельской березы на Среднем Урале // Интродукция и акклиматизация декоративных растений / отв. ред. С.А. Мамаев, З.Д. Зайцева. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. С. 30–35.

Makhnev A.K. Introduction of Karelian Birch in the Middle Urals, *Introduction and Acclimatization of Ornamental Plants*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1982, pp. 30–35. (In Russ.).

32. Особо охраняемые природные территории Республики Карелия. Петрозаводск, 2017. 432 с.

*Specially Protected Natural Territories of the Republic of Karelia*. Petrozavodsk, 2017, 432 p. (In Russ.).

33. Патент 2627194 С1 РФ, МПК А01Н 4/00(2006.01), А01Н 5/00(2006.01). Способ клонального микроразмножения растений семейства *Betulaceae*: № 2016127313: заявл. 06.07.2016: опубл. 03.08.2017. / Л.В. Ветчинникова, Т.Ю. Кузнецова.

Vetchinnikova L.V., Kuznetsova T.Yu. *Method for Clonal Micro-Reproduction of Betulaceae Family Plants*. Patent RF no. RU 2627194 C1, 2017. (In Russ.).

34. Патент 2650754 С1 РФ, МПК А01Н 4/00(2006.01), А01Н 5/00(2006.01). Способ получения микропобегов растений семейства *Betulaceae*: № 2016140800: заявл. 17.10.2016: опубл. 17.04.2018 / Л.В. Ветчинникова, Т.Ю. Кузнецова, Н.Е. Петрова, О.С. Серебрякова, А.И. Степанова.

Vetchinnikova L.V., Kuznetsova T.Yu., Petrova N.E., Serebryakova O.S., Stepanova A.I. *Method for Producing Micro Bine of Plants of the Betulaceae Family*. Patent RF no. RU 2650754 C1, 2018. (In Russ.).

35. Патент 2756074 С1 РФ, МПК А01Н 5/00(2006.01). Способ ускоренного выращивания посадочного материала древесных растений семейства *Betulaceae* на основе клонирования *in vitro*: № 2020128604: заявл. 27.08.2020: опубл. 27.09.2021 / Л.В. Ветчинникова, О.С. Серебрякова.

Vetchinnikova L.V., Serebryakova O.S. *Method for Accelerated Cultivation of Planting Material of Woody Plants of Betulaceae Family Based on in vitro Cloning*. Patent RF no. RU 2756074 C1, 2021. (In Russ.).

36. Побирушко В.Ф. Распространение и изменчивость березы карельской в Беларуси // Ботаника: сб. науч. тр. Минск: Навука і тэхніка, 1992. Вып. 31. С. 31–39.

Pobirushko V.F. Distribution and Variability of Karelian Birch in Belarus. *Botany: Collection of Academic Papers*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1992, iss. 31, pp. 31–39. (In Russ.).



37. Прохорова Е.В., Несветаев В.А. Опыт выращивания карельской березы на постоянном лесосеменном участке в Шабалинском лесхозе Кировской области // Вестник МГУЛ – Лесн. вестн. 2007. № 5. С. 90–96.

Prokhorova E.V., Nesvetaev V.A. Experience of Cultivation of the Karelian Birch on Constant Wood a Seed a Site in Shabalinskoy Timber Enterprise of the Kirov Area. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2007, no. 5, pp. 90–96. (In Russ.).

38. Пугачевский А.В. Карельская береза в Беларуси. Минск, 2008. 8 с.

Pugachevskiy A.V. *Karelian Birch in Belarus*. Minsk, 2008. 8 p. (In Russ.).

39. Редько Г.И., Брановицкий М.Л., Гусев С.П. Лесные культуры в Охтинском учебно-опытном лесхозе. Л.: ЛТА, 1991. 76 с.

Red'ko G.I., Branovitskiy M.L., Gusev S.P. *Forest Plantations in the Okhta Training and Experimental Forestry*. Leningrad, LTA Publ., 1991. 76 p. (In Russ.).

40. Сидор А.И., Ковалевич А.И., Луферова Н.С., Ревяко И.Д., Мальцева Л.В., Фомин Е.А. Карелка: Что имеем... // Лесн. и охотничье хоз-во. Минск: Мин-во лесн. хоз-ва Республики Беларусь, 2016. № 11. С. 18–23.

Sidor A.I., Kovalevich A.I., Lufarova N.S., Revyako I.D., Mal'tseva L.V., Fomin E.A. *Karelika: What We Have... Forestry and Hunting*. Minsk, Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, 2016, no. 11, pp. 18–23. (In Russ.).

41. Соколов А.И. Повышение ресурсного потенциала таежных лесов лесокультурным методом. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 178 с.

Sokolov A.I. *Increasing the Resource Potential of Taiga Forests Using the Forestry Method*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2016. 178 p. (In Russ.).

42. Соколов А.И., Федорев Н.Г., Кривенко Т.И., Лейбонен Е.Э., Новицкая Л.Л. Первичные этапы формирования биогеоценозов при разведении карельской березы на отвалах Костомукшского железорудного месторождения // Изв. СПбЛТА. 2010. № 191. С. 22–31.

Sokolov A.I., Fedorez N.G., Krivenko T.I., Leibonen E.E., Novitskaja L.L. Early Stages in the Formation of Biogeocenoses at Curly Birch Cultivation on the Spoil Banks of Kostomukshskoye Iron Ore Deposit. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii* = News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy, 2010, no. 191, pp. 22–31. (In Russ.).

43. Соколов Н.О. Карельская береза. Петрозаводск: Гос. изд-во Карело-Фин. ССР, Сортавал. кн. тип., 1950. 116 с.

Sokolov N.O. *Curly Birch*. Petrozavodsk, Gosudarstvennoye izdate'stvo Karelo-Finskoy SSR, Sortaval'skaya knizhnaya tipografiya, 1950. 116 p. (In Russ.).

44. Табачкая Т.М., Бутова Г.П., Машикина О.С. Объект № 95. Опытные плантационные культуры хозяйственно ценных форм карельской березы, созданные на основе технологии *in vitro* // Опытно-производственные селекционно-семеноводческие объекты НИИЛГиС. 2004. Т. 2. С. 171.

Tabatskaya T.M., Butova G.P., Mashkina O.S. Object No. 95. Experimental Plantations of Economically Valuable Forms of Karelian Birch Created on the Basis of *in vitro* Technology. *Experimental and Production Breeding and Seed-Growing Facilities of NIILGiS*. 2004, vol. 2, p. 171. (In Russ.).

45. Щурова М.Л. Состояние насаждений карельской березы в Республике Карелия // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды / ред. кол.: Л.Л. Новицкая, Н.Н. Николаева, Л.Л. Веселкова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 305–310.

Shurova M.L. State of Karelian Birch Plantations in the Republic of Karelia. *Structural and Functional Deviations from Normal Growth and Development of Plants Influenced by Environmental Factors*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2011, pp. 305–310. (In Russ.).

46. Consensus Document on the Biology of European White Birch (*Betula pendula* Roth). *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology*, No. 28. Paris, OECD, 2003. 45 p.
47. 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. (In Swe.).
48. Etholén K. Kokemuksia visakoivun kasvatuksesta lapissa [Experimental Growing of Curly Birch in Finnish Lapland]. *Silva Fennica*, 1978, vol. 12, no. 4, pp. 264–274. (In Fin.). <https://doi.org/10.14214/sf.a14865>
49. Ewald D., Naujoks G., Piegert H. Performance and Wood Quality of *in vitro* Propagated Hybrid Curly Birch (*Betula pendula* × *Betula pendula* var. *carelica* Sok.) Clones. *Silva Genetica*, 2000, vol. 49, no. 2, pp. 98–101.
50. Hagqvist R., Mikkola A. *Visakoivun kasvatus ja käyttö*. Metsäkustannus Oy, 2008. 168 s. (In Fin.).
51. Heikinheimo O. Kokemuksia visakoivun kasvatuksesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 1951, vol. 39(5), pp. 1–26. (In Fin.).
52. Hodnebrog T. *Valbjørk: produksjon på utvalgte kloner*. Ås, Forskningsparken, 1996. 3 p. (In Nor.).
53. *IUCN Red List Categories and Criteria*. Version 3.1. Switzerland, IUCN, 2012. 33 p.
54. Johnsson H. Avkommor av masurbjörk. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift*, 1951, Bd. 49, Nr. 1, S. 34–45. (In Swe.).
55. Kleinschmit J. Konsequenzen aus Birkenzüchtung für die forstliche Praxis. *Forst und Holz*, 2002, Jg. 57, Nr. 15/16, S. 470–475. (In Ger.).
56. Kosonen M., Leikola M., Hagqvist R., Mikkola A., Väitalo H. *Visakoivu = Curly Birch*. Metsälehti Kustannus, 2004. 208 p. (In Fin.; In Eng.).
57. Martinsson O. Odling av masurbjörk – en outvecklad nisch för svenskt skogsbruk. *Fakta Skog*, 1995, nr. 11. 4 s. (In Swe.).
58. Martinsson O., Vetchinnikova L. Management, Reproduction and Protection of Karelian Birch in Fennoscandia. *Proceedings of the International Conference: Biological Basis of the Study, Management and Protection of Flora, Fauna and the Cover in Eastern Fennoscandia*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 1999, pp. 64–65.
59. Matschke J., Ewald D., Bolland G., Schneck H. Möglichkeiten der beschleunigten Vermehrung von Braunmasebirken. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 1987, Bd. 21, Nr. 1, S. 21–25. (In Ger.).
60. Mejnartowicz L. Genetyka. Red. S. Białobok. *Brzozy Betula L.* Warszawa–Poznań, Polska Akademia Nauk, 1979, s. 219–264. (In Pol.).
61. Mikkilä H. *Guide to the Montell Trail in the Punkaharju Experimental Area*. Helsinki, Finnish Forest Research Institute, 1992. 27 p.
62. Naujoks G., Schneck V., Dietrich E. 30 Jahre In-vitro-Vermehrung der Braunmasebirke. *AFZ-DerWald*, 2017, Bd. 5, S. 32–35. (In Ger.).
63. Niemistö P., Viherä-Aarnio A., Velling P., Heräjärvi H., Verkassalo E. *Koivun kasvatus ja käyttö*. Metsäkustannus Oy, 2008. 254 s. (In Fin.).
64. Nikkanen T., Velling P. *Metsäpuiden Erikoismuodot – koristeputa viherrakentamiseen*. Metsäkustannus Oy, 2011. 156 s. (In Fin.).
65. Paganová V. Analysis of Inheritance and Growth of Curly Birch Progenies from Controlled Hybridisation and Possibilities of their Utilisation for Timber Production in Agricultural Landscape. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2004, vol. 40, no. 2, pp. 51–62. <https://doi.org/10.17221/3700-CJGPB>

66. Raulo J., Sirén G. Neljän visakoivikon päätehakkuun tuotos ja tuotto [Yield in Volume and Money of Final Cutting in Four Curly Birch Stands]. *Silva Fennica*, 1978, vol. 12, no. 4, pp. 245–252. (In Fin.). <https://doi.org/10.14214/sf.a14862>

67. Ryytänen L., Ryytänen M. Propagation of Adult Curly Birch Succeeds with Tissue Culture. *Silva Fennica*, 1986, vol. 20, no. 2, pp. 139–147. <https://doi.org/10.14214/sf.a15448>

68. Saarnio R. Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia*, 1976, no. 263, pp. 1–28. (In Fin.).

69. Sarvas R. Visakoivikon perustaminen ja hoito. *Metsätal Aikakauslehti*, 1966, vol. 83, no. 8, pp. 331–333. (In Fin.).

70. Scholz E. Das Verbreitungsgebiet der Braunmasebirke. *Archiv für Forstwesen*, 1963, Bd. 12, Nr. 12, S. 1243–1253. (In Ger.).

71. Sibul I., Habicht K.-L., Ploomi A. Curly Birch Stands and Cultivation Results in Estonia. *Structural and Functional Deviations from Normal Growth and Development of Plants under the Influence of Environmental Factors: Materials of the International Conference*. Petrozavodsk, KarRC RAS Publ., 2011, pp. 310–313.

72. Velling V.P., Viherä-Aarnio A., Rautanen J. Züchtung und Anbau von Birke in Finland – eine Erfolgsstory? *Forst und Holz*, 2002, Jg. 57, Nr. 15/16, S. 459–465. (In Ger.).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest