

## Ели России: их разнообразие и распространение

© А.Е. Андреев<sup>1,2</sup>, М.В. Будович<sup>3</sup>

### Spruces of Russia: their diversity and distribution

A.E. Andreev, M.V. Budovich (Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov; Saint Petersburg Forestry Research Institute; Federal state-financed institution «Federal center for animal health»)

The present work is devoted to a review of the literature containing information on diversity and distribution of representatives of the genus *Picea* on the territory of Russia. It describes aboriginal species growing in the territory of the Russian Federation, as well as species whose position is still ambiguously understood by different authors, including Siberian spruce (*P. obovata* Ledeb.), its close hybrid taxon, Finnish spruce (*P. fennica* (Regel) Kom.), some Far Eastern and East Asian species – Korean spruce (*P. koraiensis* Nakai), and species of the Hokkaido spruce family (*P. jesoensis* (Siebold et Zucc.) Carr.): Kamchatka spruce (*P. kamchatkensis* Lacass.), Komarov spruce (*P. komarovii* V.N. Vassil.), *P. microsperma* (Lindl.) Carr.). The paper also discusses the classification and systematics of the genus *Picea*, as well as the main morphological and phenological characteristics of its representatives. The structure of needles and cones is described. An important aspect of the review is the analysis of the ecological characteristics and biotopic distribution of various spruce species in Russia. Factors influencing the genetic diversity and adaptation of the *Picea* genus, such as climatic conditions and topography, are taken into account. Particular attention is paid to the study of phylogeography and the genetic structure of spruce populations in Russia. The historical factors influencing the formation and differentiation of populations, as well as their genetic structure and its relationship with geographical features are discussed. The conducted review of the literature is of interest to researchers, specialists in the field of forestry and environmental protection, as well as to everyone interested in the flora and fauna of Russia, and ecological genetics.

**Keywords:** systematics, phylogeography, *Picea abies*, *P. obovata*, *P. fennica*, *P. jesoensis*

### Ели России: их разнообразие и распространение

А.Е. Андреев, М.В. Будович

Настоящая работа посвящена обзору литературы, содержащей информацию о разнообразии и распространении представителей рода *Picea* на территории России. Приводится описание аборигенных видов, произрастающих на территории РФ, а также видов, положение которых до сих пор понимается разными авторами неоднозначно. В их числе ель сибирская (*P. obovata* Ledeb.), близкий ей гибридогенный таксон – ель финская (*P. fennica* (Regel) Kom.), некоторые дальневосточные и восточноазиатские виды – ель корейская (*P. koraiensis* Nakai), а также виды из родства ели хоккайдской (*P. jesoensis* (Siebold et Zucc.) Carr. l. c.): ель камчатская (*P. kamchatkensis* Lacass.), ель Комарова (*P. komarovii* V.N. Vassil.), *P. microsperma* (Lindl.) Carr.). Также в работе рассматриваются классификация и систематика рода *Picea*, а также основные морфологические и фенологические характеристики его представителей. Описываются структура хвои и шишек. Важным аспектом обзора является анализ экологических особенностей и биотопического распределения различных видов елей на территории России. Учитываются факторы, влияющие на генетическое разнообразие и адаптацию рода *Picea*, такие как климатические условия и рельеф. Особое внимание уделено исследованиям филогеографии и генетической структуры популяций елей в России. Обсуждаются исторические факторы, влияющие на формирование и дифференциацию популяций, а также их генетическая структура и ее связь с географическими особенностями. Проведенный обзор литературы представляет интерес для исследователей, специалистов в области лесного хозяйства и природоохранительной деятельности, а также для всех, интересующихся флорой и фауной России и экологической генетикой.

**Ключевые слова:** систематика, филогеография, *Picea abies*, *P. obovata*, *P. fennica*, *P. jesoensis*

Андреев Александр Евгеньевич – аспирант СПбГЛТУ им. С.М. Кирова; младший научный сотрудник исследовательской лаборатории ФБУ «СПбНИИЛХ». SPIN-код: 3207-7721, <https://orcid.org/0000-0003-3343-2937>  
E-mail: alexander\_597@mail.ru

Будович Максим Владимирович – ведущий агроном отдела карантина растений  
E-mail: m.budovich@bk.ru

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5  
E-mail: public@spbftu.ru

<sup>2</sup>ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21  
Телефон: (812) 552-80-21

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных»  
600901, г. Владимир, Владимирская обл., ул. Институтский Городок, 33  
Телефон: 8 (492) 226-06-14

В составе рода *Picea* A. Dietr. 34–38 видов, распространенных циркумполярно по всему северному полушарию, наибольшее их число встречается в Центральном и Западном Китае, а также в Северной Америке [70–72]. В России, согласно различным сводкам [6, 8, 24, 33, 37], – 6–7 аборигенных видов ели. Несмотря на многочисленные исследования, систематическое положение некоторых таксонов ели на территории России до сих пор понимается разными авторами неоднозначно, в их числе ель сибирская (*P. obovata* Ledeb.), близкий ей гибридогенный таксон – ель финская (*P. fennica* (Regel) Kom.), некоторые дальневосточные и восточноазиатские виды – ель корейская (*P. koraiensis* Nakai), а также виды из родства ели хоккайдской (*P. jesoensis* (Siebold et Zucc.) Carr. l. s.): ель камчатская (*P. kamchatkensis* Lacass.), ель Комарова (*P. komarovii* V.N. Vassil.), *P. microsperma* Carr.).

Наибольшее внимание в литературе уделено обсуждению таксономического статуса елей, произрастающих в пределах территории Европейской части РФ – ели финской (*Picea fennica*), которая была описана Е. Регелем в 1863 г. [87] в ранге разновидности (*Pinus abies* L. var. *fennica* Regel), и близких таксонов – ели европейской (*P. abies* (L.) H. Karst.) и ели сибирской (*P. obovata*) [6–9, 38, 83, 89, 92]. Их трактовка сводится к двум основным концепциям. Некоторые авторы утверждают, что ель европейскую, сибирскую и финскую являются подвидами или географическими расами *P. abies* [41, 54, 55, 66, 73, 74, 75, 76, 80, 81, 88], другие – относят таксоны *P. abies* и *P. obovata* к самостоятельным видам [1, 6–9, 24, 26, 27, 31, 67, 69–71]. При этом ель финская трактуется ими как гибриды [35, 53, 61], или как самостоятельный вид гибридогенного происхождения [1, 6–9, 20, 21, 23, 27, 31, 69, 70].

В одной из работ Е.Г. Боброва [6] приводится достаточно подробный обзор имеющихся систем рода *Picea*. Особое внимание автор уделяет признакам, на которых базировались эти системы, указав на относительность такого признака, как форма поперечного сечения хвоинок, важность которого в прошлом была очень сильно преувеличена, и необходимость комплексной оценки признаков вегетативных и репродуктивных органов. В этой статье на основе тщательного анализа морфологических и палеоботанических данных ученым

предложена оригинальная систематика рода. Что касается *P. abies* и *P. obovata*, он [5–9] обосновал самостоятельность этих таксонов, принадлежность их к разным видовым рядам (соответственно *Excelsae* Vobg. и *Obovatae* Vobg.) и выдвинул теорию интрогрессивной гибридизации, согласно которой переходные формы между *P. abies* и *P. obovata* на территории Восточной Европы являются результатом длительного гибридогенного взаимодействия между этими видами. Большинство отечественных авторов [1, 21, 31, 35, 53, 42–47] на сегодняшний день едины во мнении, что на территории Восточно-Европейской равнины в результате процессов интрогрессивной гибридизации елей европейской (*P. abies*) и сибирской сформировался большой комплекс популяций ели гибридного происхождения.

Северо-запад России был зоной соприкосновения *P. abies* и *P. obovata*, по мнению одних исследователей, в раннем и среднем плейстоцене [9, 45–47], по оценке других – начиная со среднего голоцена [19, 28–38]. В конце миклулинского (эмского) межледникового более теплолюбивый вид *P. abies* начал расширение своего ареала на восток и заменил *P. obovata*, создав вторичную контактную зону интрогрессии с *P. obovata*. Во второй половине голоцена гибридогенные формы этих видов мигрировали на север через Прионежье, Карелию, Финляндию, Кольский полуостров и далее на юг – вдоль Швеции и Норвегии, за исключением крайнего севера скандинавских стран, где сибирский вид *P. obovata* также оставался во время последнего оледенения [9, 84] (что, однако, не нашло подтверждения в недавних работах [65]).

Результаты молекулярных тестов носят противоречивый характер. Одни авторы [79] считают, что *P. abies* и *P. obovata* можно рассматривать как два близких подвида или две географические расы одного вида *P. abies*, другие [63, 77, 85, 86, 89, 92] – напротив, показывают значительные различия между европейской и сибирской елями, позволяющие говорить о двух самостоятельных видах и гибридных формах между ними.

Наиболее часто для диагностики и разграничения двух этих видов используется такой признак, как форма семенных чешуй [2–4, 6–8, 19, 42–47, 51, 56, 69, 71, 80], другие признаки используются гораздо реже.

Довольно важными, на наш взгляд, являются труды П.П. Попова [41–47], проанализировавшего возможность оценки уровня влияния интрогрессивной гибридизации ели европейской и сибирской на структуру популяций по статистическим параметрам распределения биометрических показателей, характеризующих фенотип семенной чешуи [38]. Однако при этом не учитывались признаки кроющих чешуй и вегетативных органов (побегов с хвоинками).

Недавние исследования Л.В. Орлова с соавторами [37, 38, 39, 40, 83] подтвердили природу ели финской (*P. fennica*) как еще молодого, не до конца сформировавшегося гибридогенного вида, который встречается на протяжении своего обширного ареала в двух основных формах – близкой к *P. abies* и близкой к *P. obovata*. В пределах северо-запада России отмечена также типовая, разновидность *P. fennica*, которая имеет промежуточные признаки строения шишек, но по вегетативным признакам более близка к *P. obovata*. Выявленные закономерности географического распространения этой формы свидетельствуют о том, что она и представляет собой гибридогенный вид *P. fennica*. Согласно результатам проведенного статистического анализа [83], наиболее ценными и консервативными признаками для отличия *Picea abies* и близкородственных таксонов (*P. obovata* и *P. fennica*) являются морфологические характеристики зрелых шишек (размеры и форма) и их чешуй (форма семенной чешуи и её верхнего края, морфология и размер кроющих чешуй, соотношение размеров семенных и кроющих чешуй и т. д.). В ходе исследований этих авторов были изучены гербарные образцы и шишки, собранные с 88 деревьев на 22 пробных площадях, расположенных на всей территории исследуемого региона (Мурманская обл., Республика Карелия, Ленинградская обл.). Каждое дерево было представлено в среднем 5 шишками, всего проанализировано 415 шишек. Морфометрический анализ включал 16 морфологических признаков шишек и их чешуй, отобранных на основе собственных наблюдений и опубликованных данных. Многофакторный сравнительный анализ продемонстрировал большое совпадение между *P. obovata* и *P. fennica*, в то время как особи *P. abies* сформировали отдельный и менее перекрывающийся кластер.

При этом обратнойцевидная форма кроющей чешуи типична для *P. obovata* и комплекса *P. fennica* и не обнаружена у *P. abies*. Европейскую ель от остальных таксонов отличает узкоромбическая форма кроющей чешуи. Семенные чешуи *P. fennica* по верхнему краю треугольные, до заметно удлинённых, неравнозубчатых, волнистые или округлые, внезапно суженные. Зрелые шишки (3–) 6–11 см длиной, от цилиндрической до продолговато-яйцевидной формы, часто изогнутые. Также этот таксон отличается от родительских видов заметно опушёнными молодыми побегами и изменчивостью в строении верхушки хвоя (часто она может быть как постепенно, так и короткоприострэнной даже в пределах одного побега). Кроме того, этими авторами впервые установлена важная диагностическая значимость таких признаков вегетативных органов, как морфология подушечек однолетних побегов (их форма, размеры, угол отклонения от оси побега), профиллов верхушечных почек (размеры и форма, форма килля профиллов, соотношение длины профиллов и почек), опушение побега, подушечек и чешуй почек и некоторые другие.

Одним из важных и актуальных на сегодняшний день остается вопрос о границах распространения ели финской и близких таксонов в пределах северо-запада Европейской России и на остальной части ареала, который до сих пор является не до конца изученным. Недавние исследования выявили, что на островах Финского залива широко распространена *P. fennica*. Если раньше ель финская указывалась только для архипелага «Березовые острова» (Северный Березовый и Малый Березовый) [18], то проведенные в 2011–2014 гг. мониторинговые оценки на островах Выборгского и Финского заливов, показали, что на большинстве из них в качестве примеси в хвойных (чаще еловых и мелколиственно-еловых) лесах встречаются все три формы ели финской [39]. Особого внимания заслуживает обнаружение на о-ве Гогланд, самом крупном из центральных островов восточной части Финского залива (20,64 кв. км, 175,7 м над ур. м), ели сибирской (*P. obovata*), к настоящему времени уже подтвержденное образцами, собранными с нескольких деревьев [39].

На Урале и в Предуралье, согласно мнению многих отечественных исследователей,

ель сибирская испытывает значительное генетическое влияние ели европейской, что связано с историей образования и распространения гибридной ели в послеледниковый период и до настоящих дней [22, 25, 30, 32, 36, 47, 52, 56, 60, 62]. Морфологические исследования Л.В. Орловой с соавторами (2017) позволили впервые выделить для Южного Урала (Таганай) две группы ели сибирской (*P. obovata*): 1) с короткими и толстыми, густо опушенными молодыми побегами; 2) с очень тонкими (1,5–2,5 мм толщиной), голыми или слабо опушенными молодыми побегами, а также *P. fennica*, близкая к *P. obovata* – приуроченных к определенным высотным поясам, что подтверждает результаты молекулярно-генетических исследований З.Х. Шигапова [60] и его вывод о существовании на Южном Урале и в Башкирском Предуралье нескольких генетически различающихся популяций. Как показала оценка гербарных образцов (LE, MW, MHA, SVER), ели, произрастающие на остальной части территории Урала, также отвечают найденным признакам. Дальнейшие, более тщательные полевые исследования в природе, могли бы значительно помочь в уточнении границ распространения этих выявленных форм *P. obovata* в пределах Урала и Зауралья.

Наибольший интерес для изучения генетического взаимодействия европейской и сибирской елей на Урале и в Западной Сибири представляет юго-западный сектор Западной Сибири, так как там зафиксирован наибольший градиент изменения популяций ели по всем морфолого-биометрическим показателям [47], что подтверждают и результаты наших исследований. По сочетанию качественных и количественных морфологических признаков вегетативных и репродуктивных органов ели Тюменской области, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов морфологически и генетически неоднородны и могут быть разделены на несколько групп: *P. obovata* – I (типичную) и II [40], а также 2 формы *P. fennica* (близкую к *P. obovata* и типичную). Распространение этих групп в регионе, на первый взгляд, достаточно хаотичное, что связано, вероятно, с зависимостью изученных признаков от условий разноса пыльцы ветром. Однако выделяются и некоторые закономер-

ности: на юго-западе ХМАО отсутствуют дельта, относящиеся к *P. obovata*, встречается лишь *P. fennica*. На основании имеющихся на сегодняшний день данных становится возможным более детально очертить границу распространения «европейских» и «сибирских» гаплотипов *nadl* в популяциях ели на левом берегу Оби, в областях, примыкающих с юга к ЯНАО [39].

В.А. Волковым [11–14, 49, 50] впервые проанализированы с использованием видоспецифичных маркеров полиморфизма мтДНК природные популяции ели из труднодоступных районов Западной Сибири между Уральским хребтом и левым берегом Оби, проведено сравнение их с образцами из Европейской части России. В ходе исследования установлено, что гаплотипы мтДНК *P. abies* на востоке не переходят на правый берег р. Оби в ее долготном течении. С севера естественным пределом их распространения является широтная система террас Оби – Сибирские Увалы, с востока они ограничены левобережной поймой Оби, с юго-востока – водоразделом Иртыша и Средней Оби в её широтном течении. Очень важно, что выявленная граница согласуется с картой районов популяционно-расовой структуры ареала елей на основе биометрических показателей зрелых семян шишек [43]. Интересны также результаты, касающиеся южного предела распространения в этом регионе *P. obovata*, которая распространена здесь только на территории ЯНАО и ХМАО, не переходя к югу на территорию Тюменской области. Для елей из старовозрастных лесов природного резервата Вепский лес (Ленинградская обл.) изучена природа гетерогенности мтДНК, которую можно объяснить как случаями митохондриальной гетероплазмы, так и наличием ядерных копий митохондриальных генов (NUMT).

В числе критических видов – также дальневосточные и восточноазиатские виды из родства ели хоккайдской (*P. jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr.): ель камчатская (*P. kamschatkensis* Lacass.), *P. komarovii* V. Vassil., *P. microsperma* (Lindl.) Carr., *P. mandshurica* Nakai, и *P. koraiensis* Nakai.

Ель холодного умеренного климата, *Picea jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr. является одним из основных и широко распростра-

ненных компонентов бореальных лесов на Дальнем Востоке России, на северо-востоке Китая, в Корее и Японии. В.Л. Комаров [24] в обработке рода для I тома «Флоры СССР» приводит 9 видов рода *Picea*, признавая в ранге самостоятельных видов *P. kamschatkensis* Lacass.

Е.Г. Бобров [4] рассматривает в составе нового, описанного им ряда *Ajanenses* Bobr. из секции *Casicta* 4 вида: *P. jezoensis* (Siebold et Zucc.) Carr., *P. ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr., *P. hondoensis* Mayr и *P. sitchensis* (Bong.) Carr. При этом остальные критические таксоны (*P. kamschatkensis*, *P. microsperma*, *P. mandshurica* и *P. komarovii*) он помещает в синонимы к *P. ajanensis*. По поводу *P. jezoensis* Бобров пишет, что, возможно, это всего лишь садовая форма, являющаяся культурным производным от *P. hondoensis*. Здесь следует заметить, что, если некоторые отечественные исследователи также используют для этой ели эпитет «*ajanensis*» [8, 10, 17, 24], зарубежные авторы [69, 70] предпочитают название «*jezoensis*». Ю.И. Манько [29], принимая более удобное с точки зрения отечественного лесоводства название *P. ajanensis*, оговаривает это решение условием: «Если заключение В.Н. Васильева (1950) и Е.Г. Боброва (1971) о том, что *P. jezoensis* представляет собой садовую форму ели, справедливо». Однако более правильным с точки зрения ботанической номенклатуры является название *Picea jezoensis* Carr. [34, 37, 70].

Для нас очень важным является указание Е.Г. Боброва на то, что на западе своего ареала аянская ель смешивается с елью сибирской (*P. obovata*), а в приморских областях – с *P. koraiensis*. Поскольку именно такие гибридные формы были отмечены и собраны в Южном Приморье (Тернейский р-н – окрестности пос. Пластун, Амгу, Терней). Всего проведено описание более 100 экземпляров. Для большинства из них установлена гибридная природа (*Picea jezoensis* × *P. koraiensis*), причем преобладают гибриды этих видов, близкие к *P. jezoensis*. Кроме того, здесь же установлено произрастание гибридов, близких *P. koraiensis*, и типичных *P. jezoensis* и *P. koraiensis*. Подобные гибридные формы, безусловно, требуют дальнейших тщательных исследований в природе и в лабораторных условиях.

Большинство отечественных авторов [16, 28, 34] признают *P. jezoensis* единым видом, включая *P. microsperma* и *P. kamschatkensis* в синонимы. И.Ю. Коропачинский в IV томе «Сосудистых растений Советского Дальнего Востока» три вида ели (*Picea kamschatkensis* Lacass., *P. komarovii* V. Vassil и *P. microsperma* Carr.) объединяет с *Picea ajanensis* Fisch. ex Carr. (= *P. jezoensis* Carr.). В монографии «Древесные растения азиатской части России» И.Ю. Коропачинский [24] придерживается той же концепции. По мнению А. Фаржон [69, 70], *Picea jezoensis* включает два подвида – типовой (subsp. *jezoensis*) и subsp. *hondoensis*. Типовой подвид имеет две разновидности – var. *jezoensis* и var. *komarovii*. Последняя разновидность иногда рассматривается в ранге отдельного вида, *Picea komarovii*. Китайские авторы [68] приводят для Дунбэя аянскую ель как две разновидности хоккайдской: *P. jezoensis* var. *ajanensis* и *P. jezoensis* var. *komarovii*. Японские ученые [64] рассматривают в составе *P. jezoensis* 3 внутривидовых таксона: var. *jezoensis*; var. *hondoensis* Rheder; и var. *korana* Uyeki [93], синоним var. *komarovii*, который часто используется [69]. По их мнению и мнению некоторых других исследователей, ель йезская распространена в центральной части Камчатки, материковой части России, на Сахалине и на юге Курильских островов на Дальнем Востоке России (РДВ); в северо-восточном Китае и на острове Хоккайдо в Японии [78]. Хондская ель ограничена высокими возвышениями в центральной области и на полуострове Кии острова Хонсю (Япония).

Между тем В.М. Урусов в своих работах [57–59] признает для ДВ 8 видов елей: *P. obovata*, *P. glehnii*, *P. koraiensis*, *P. manshurica* Nakai (*P. obovata* × *P. koraiensis*), *P. jezoensis*, *P. komarovii*, *P. microsperma* и гибрид *P. jezoensis* и *P. microsperma*, отстаивает видовую самостоятельность *Picea microsperma* и *P. komarovii*.

Ель мелкосеменная (*Picea microsperma* Carr.) отличается, по его мнению, от *P. jezoensis* более узкими цилиндрическими шишками, с сильно оттопыренными тонкими чешуями, песочным цветом шишек, отсутствием блеска, формой кроющих чешуй (триостренный край) и расширенными книзу подушечками хвои. Является основным лесообразователем ельников юга РДВ, к северу от 48° с. ш. Рас-

пространена на юге и юго-востоке Хабаровского края, в Приморье, по всему Сахалину (кроме п-ова Шмидта), в Центральной Камчатке, на южных Курильских о-вах (Шикотан, Кунашир, юг Итурупа), а также в низкогорьях Амурской обл. (Аянский р-н и южная часть российского Малого Хингана); за пределами РДВ – в Японии (Хоккайдо, Хонсю), возможно, в Корее [82]. Ель камчатская (*Picea kamtschaticensis* Lacass.) отличается промежуточными признаками: шишки длинные (до 12–13 см), блестящие, семенные чешуи легко открываются, тонкие на верхушке, часто чуть загнутые кнаружи; кроющие чешуи шишек от слаботриостренных до пятиугольных, подушечки побегов до слабоздутых к основанию, направленных вбок. Урусов обозначает этот таксон как гибрид *P. microsperma* и *P. jezoensis*, распространенный в зонах контакта данных видов (бассейн р. Камчатки и по крайней мере в бассейне Амура с выходом к Татарскому проливу через Северный Сихотэ-Алинь). По мнению В.В. Потенко [48] и В.Н. Ворошилова [15], ель камчатская встречается только на Камчатском п-ове, преимущественно в бассейне р. Камчатки, а В.М. Урусов считает ель камчатскую распространенным на РДВ сингамеоподобным образованием. В.В. Потенко [48] полагает, что это вид от ели аянской обособился 390 тыс. лет назад, а «ели Глена и сибирская дивергировали от ели камчатской и аянской 1,5 млн. лет назад, то есть в начале четвертичного периода».

Ель Комарова распространена на Корейском полуострове (Северная Корея) и в южной части северо-восточного Китая (Heilongjiang) [93]. По мнению В.М. Урусова и др. [59], ель Комарова распространена на Российской территории в Приморье (Восточно-Маньчжурские горы, юг Сихотэ-Алиня, предгорья Западного Сихотэ-Алиня, на п-ове Муравьев-Амурский, в Посыетском р-не), как редкость – на островах Монерон, Кунашир, Итуруп в Сахалинской области, а также в некоторых прибрежных районах на юго-западе Сахалина, вне России – в Корее, Маньчжурии и, возможно, на п-ове Хоккайдо в Японии. На островах присутствие вида связано с выходом на современную сушу флористических элементов ландшафтной зоны, ушедшей в плиocene-эоплейстоцене под уровень моря.

Ель йезская (*Picea jezoensis*) является одним из наиболее важных и изученных компонентов четвертичных пылевых и макрофоссильных сообществ в Японии [90, 91]. Используя макрофоссилии хвоинок и шишек, *P. jezoensis* можно отличить от других японских елей, поскольку это единственный вид в секции *Casicta* [69] с морфологией хвоинок и шишек, которая значительно отличается от таковой у других видов, относящихся к секции *Picea*. Следовательно, макрофоссилии *P. jezoensis* позволяют датировать их филогеографическую историю, хотя невозможно идентифицировать эту ель на уровне разновидности.

М. Aizawa с соавторами [64] были изучены генетические вариации *P. jezoensis* в широком диапазоне по всей северо-восточной Азии с использованием унаследованной по материнской линии митохондриальной ДНК и отцовски унаследованных хлоропластных ДНК-маркеров. В этой работе оценивались 33 природных популяции, включая 3 разновидности вида в Японии, России, Китае и Южной Корее. Было обозначено существование резких шовных зон в проливах вокруг Японии в виде географического распределения митохондриальных гаплотипов (GST=0,901; NST=0,934). Также был обнаружен возможный обширный поток пыльцы, но не семян через проливы вокруг Японии в течение прошлой истории популяций в схеме распределения гаплотипов хлоропластов (GST=0,233; NST=0,333). Анализ изоляции по расстоянию между видами показал, что, выступая в качестве барьера для движения семян и пыльцы, острые шовные зоны оказали сильное влияние на уровень генетической дифференциации между популяциями.

Оценка разнообразия и распространения видов рода *Picea* на территории России является актуальным и значимым исследованием, которое дает полное представление о многообразии этого рода и его экологических особенностях. Результаты работы могут быть использованы для более глубокого изучения видов рода *Picea*, а также для разработки мер по охране и сохранению елей в России.

В настоящей работе были рассмотрены базовая информация о филогеографическом анализе рода *Picea* на территории России. Наиболее проработанными в литературе яв-

ляются взаимоотношения между двумя видами ели на территории Европейской части РФ – *P. abies* и *P. obovata*. Опыт, полученный при разработке данного вопроса, может быть применен при рассмотрении взаимоотношений между другими проблемными,

но менее изученными таксонами, например, *P. koraiensis* и *P. obovata* на юге Сибири, *P. jezoensis* и *P. koraiensis* в Тернейском районе Южного Приморья, *P. microsperma* и *P. jezoensis* у берегов бассейна р. Камчатки и р. Амур и т. д.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакин, О.В. Сосудистые растения Татарстана / О.В. Бакин, Т.В. Рогова, А.П. Ситников. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2000. – 496 с.
2. Бакшаева, В.И. Межвидовые гибриды ели сибирской и ели европейской / В.И. Бакшаева // Научная конференция, посвященная итогам работ Института леса Карельского филиала АН СССР за 1962 г. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет им. О.В. Куусинена, 1963. – С. 50–51.
3. Бакшаева, В.И. Изменчивость и формовое разнообразие ели в Карелии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.И. Бакшаева // Петрозаводский государственный университет им. О.В. Куусинена, 1966. – 26 с.
4. Бакшаева, В.И. Явление диссимметрии морфологических признаков вегетативных признаков сосны и ели в Карелии / В.И. Бакшаева // Лесоведение. – 1971. – Т. 6. – С. 55–61.
5. Бобров, Е.Г. Об особенностях флоры эрратической области (один из путей формирования) / Е.Г. Бобров // Советская ботаника. – 1944. – Т. 2. – С. 3–20.
6. Бобров, Е.Г. История и систематика рода *Picea* A. Dietr / Е.Г. Бобров // Новости сист. высш. раст. – 1971. – Т. 7. – С. 5–40.
7. Бобров, Е.Г. *Pinophyta* (Gymnospermae) – голосеменные / Е.Г. Бобров // Флора европейской части СССР. – Л.: Наука, 1974. – Т. 1. – С. 100–116.
8. Бобров, Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР / Е.Г. Бобров. – Л.: Наука. Ленингр. отд-е, 1978. – 188 с.
9. Бобров, Е.Г. Интрогрессивная гибридизация и геосторические смены формаций таежной зоны СССР / Е.Г. Бобров // Ботанический журнал. – 1983. – Т. 68. – С. 3–9.
10. Васильев, В.Н. Дальневосточные ели секции *Omorica* Willkm / В.Н. Васильев // Ботанический журнал. – 1950. – Т. 35, № 5. – С. 498–511.
11. Волков, В.А. Создание тест-систем для генетической идентификации основных хвойных лесообразующих пород РФ в целях установления фактов незаконных рубок / В.А. Волков // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии: 17-я Всероссийская молодежная научная конференция, посвященная памяти академика
12. РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева (Москва, 6–7 апреля 2017 г., ФГБНУ ВНИИСБ). – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – С. 69–72. – ISBN 978-5-9675-1642-9.
13. Волков, В.А. Применение методов ландшафтной генетики для уточнения границ ареалов видов ели (*Picea L.*) в зоне интрогрессивной гибридизации / В.А. Волков, Е.К. Потокина // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 11–12 ноября 2020 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. – 2020. – С. 86–88.
14. Волков, В.А. Анализ полиморфизма микросателлитных локусов в популяциях *Picea abies* (L.) N. Karst. и *Picea obovata* Ledeb. / В.А. Волков, Г.В. Калько // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – вып. 237. – С. 97–108. – DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.97-108. – ISBN 978-5-9239-0697-4.
15. Волков, В.А. Гетероплазмия и ядерные копии митохондриальных генов (NUMTs), выявленные в зоне интрогрессивной гибридизации ели европейской и ели сибирской / В.А. Волков, Е.А. Григорьева, М.В. Лебедева, Е.К. Потокина // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2022. – № 1. – С. 4–19. – DOI: 10.21178/2079-6080.2022.1.4. – ISSN 2079-6080.
16. Ворошилов, В.Н. Флора советского Дальнего Востока / В.Н. Ворошилов. – М.: Наука, 1966. – 478 с.
17. Ворошилов, В.Н. Определитель растений советского Дальнего Востока: учеб. пособие. / В.Н. Ворошилов. – М.: Наука, 1982. – 672 с.
18. Глазкова, Е.А. Сосудистые растения. Природная среда и биологическое разнообразие архипелага Березовые острова (Финский залив) / Е.А. Глазкова, Н.Н. Цвелев. – СПб.: Бостон-Спектр, 2007. – С. 140–190.

18. Данилов, В.Н. Изменчивость семенных чешуй *Picea excelsa* / В.Н. Данилов // Ботанический журнал. – 1943. – Т. 2. – С. 191–202.
19. Доронина, А.Ю. Сосудистые растения Карельского перешейка (Ленинградская область) / А.Ю. Доронина. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. – 574 с.
20. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области / под ред. Л.И. Малышевой. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 799 с.
21. Ильинов, А.А. Сравнительная оценка фенотипического и генетического разнообразия северотаежных малонарушенных популяций ели финской (*Picea × fennica*) / А.А. Ильинов, Б.В. Раевский, О.А. Рудковская, Л.В. Топчиева // Труды Карельского научного центра РАН. – 2011. – Т. 1. – С. 37–47.
22. Комаров, В.Л. *Coniferales* – хвойные / В.Л. Комаров // Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1934, Т. 1. – С. 130–195.
23. Корчагин, А.А. Современная динамика лесной растительности на Европейском Севере СССР / А.А. Корчагин // Лесоведение. – 1968. – № 3. – С. 30–35.
24. Кравченко, А.В. Конспект флоры Карелии / А.В. Кравченко. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 403 с.
25. Лантратова, А.С. Анализ дендрофлоры Карелии / А.С. Лантратова. – Петрозаводск: Карельское книжное издательство, 1985. – 108 с.
26. Манько, Ю.И. Ель аянская и особенности её географического распространения / И.Ю. Манько // Комаровские чтения. Владивосток. – 1983. – Вып. 30. – С. 3–28.
27. Манько, Ю.И. Ель аянская / И.Ю. Манько. – М.: Наука, 1987. – 280 с.
28. Мамаев, С.А. Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении / С.А. Мамаев. – Свердловск: изд-во Уральского университета, 1983. – 110 с.
29. Мамаев, С.А. Определитель деревьев и кустарников Урала: Местные и интродуцированные виды / С.А. Мамаев; – Рос. акад. наук. Ур. отд-ние. Ботан. сад. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 256 с. – ISBN 5-7691-1041-4.
30. Мамаев, С.А. Ель сибирская на Урале: (Внутривидовая изменчивость и структура популяций) / С.А. Мамаев, Н.П. Попов; Отв. ред. П.Л. Горчаковский; АН СССР, Урал. отд-ние, Ин-т экологии растений и животных. – М.: Наука, 1989. – 103 с. – ISBN 5-02-004580-2.
31. Меницкий, Ю.Л. Fam.20. Pinaceae Adams / Ю.Л. Меницкий, Л.В. Орлова // Конспект флоры Кавказа. В 3-х томах. Т. 1. / Отв. ред. А.Л. Тахтаджян; ред. Ю.Л. Меницкий, Т.Н. Попова. – СПб.: Изд-во СПбГУ. – 2003. – С. 174–179.
32. Налетов, П.А. Географическая изменчивость популяций ели на северо-западе европейской части России / П.А. Налетов, А.А. Егоров, Л.В. Орлова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Мат-лы Всерос. научно-технич. конф.-вебинара, Санкт-Петербург, 16–18 июня 2020 г. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 202–204.
33. Недолужко, В.А. Конспект дендрофлоры российского Дальнего Востока / В.А. Недолужко. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 208 с.
34. Нотов, А.А. Материалы к флоре Тверской области. Ч. 1. 4-е изд. Высшие растения / А.А. Нотов. – Тверь: Изд-во Тверского государственного университета, 2005. – 214 с.
35. Овёснов, С.А. Конспект флоры Пермской области / С.А. Овёснов. – Пермь: Изд-во Пермского университета, 1997. – 252 с.
36. Орлова, Л.В. Сем. Pinaceae Spreng. ex F. Rudolphi – Сосновые. Конспект флоры Восточной Европы. В 4-х томах. Т. 1. / Л.В. Орлова. – СПб.–М.: Изд-во «Артемис», 2012. – С. 50–79.
37. Орлова, Л.В. К систематике и географическому распространению ели финской (*Picea fennica* (Regel) Kom., Pinaceae) / Л.В. Орлова, А.А. Егоров // Новости систематики высших растений. – 2011. – № 42. – С. 5–23.
38. Орлова Л.В. Обзор дикорастущих хвойных российских островов Финского залива / Л.В. Орлова, Е.А. Глазкова // Turczaninowia. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 228–256.
39. Орлова, Л.В. Таксономическое разнообразие ельников и их распределение на территории национального парка «Таганай» (Южный Урал) / Л.В. Орлова, А.Ф. Потокин, Е.М. Копцева, Е.Ю. Васильев, П.С. Кириллов, А.А. Егоров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – Вып. 218. – С. 43–60.
40. Парфенов, В.И. О внутривидовой систематике *Picea abies* (L.) Karst. / В.И. Парфенов // Новости систематики высших растений. – 1971. – Т. 8. – С. 4–11.
41. Попов, П.П. Гибридная ель на северо-востоке Европы / П.П. Попов // Лесоведение. – 1996. – Т. 2. – С. 62–72.
42. Попов, П.П. Интеграция популяционных систем ели сибирской в западной части ареала / П.П. Попов // Биоразнообразие Западной Сибири – результаты исследований; ред. Б.П. Цыбульский. Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 1996. – С. 51–64.
43. Попов, П.П. Оценка влияния интрогрессивной гибридизации елей европейской и сибирской на структуру популяции / П.П. Попов // Проблемы взаимодействия человека и природной среды // Материалы итоговой научной сессии Ученого Совета Института проблем освоения Севера СО РАН. Вып. 1. Тюмень: Изд-во Института проблем освоения Севера СО РАН, 1999. – С. 102–105.
44. Попов, П.П. Структура и дифференциация популяций ели в Восточной Европе и Западной Сибири / П.П. Попов // Российский экологический журнал. – 2003. – Т. 34. – С. 27–33.
45. Попов, П.П. Формовая структура и географическая дифференциация популяций ели в Северо-Западной России / П.П. Попов // Журнал экологии (Journal of Ecology). – 2010. – Т. 41. – С. 378–385.
46. Попов, П.П. Закономерности региональной дифференциации популяций елей европейской и сибирской / П.П. Попов. – Новосибирск: Изд-во Наука, 2014. – 216 с.
47. Потенко, В.В. Палеоморфизм изоферментов и генетические взаимоотношения хвойных веществ ДВ России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Потенко. – Владивосток, 2004. – 38 с.
48. Потокина, Е.К. Генетическая дифференциация популяций ели на северо-западе России по результатам маркирования микросателлитных локусов / Е.К. Потокина, Л.В. Орлова, М.С. Вишневская, Е.А. Алексеева, А.Ф. Потокин, А.А. Егоров // Экологическая генетика. – 2012. – Т. 10, № 2. – С. 40–49.
49. Потокина, Е.К. Гетероплазмия и ядерные копии митохондриальных генов (NUMTs) в зоне интрогрессивной гибридизации ели европейской и ели сибирской / Е.К. Потокина и др. // Генетика популяций: прогресс и перспективы: Материалы Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика Ю.П. Алтухова (1936–2006) и 45-летию основания лаборатории популяционной генетики им. Ю.П. Алтухова ИОГен РАН (17–21 апреля 2017 г., Звенигородская биологическая станция им. С.Н. Сكاдовского Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова). – М.: Ваш Формат, 2017. – С. 223–225.
50. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1975. – 319 с.
51. Пугенихин, В.П. Ель сибирская на Южном Урале и в Башкирском Предуралье / В.П. Пугенихин, З.Х. Шигапов, Г.Г. Фарушкина. – М.: Наука, 2005. – 179 с. – ISBN 5-02-006373-8.
52. Раменская, М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии / М.Л. Раменская. – Л.: Наука, 1983. – 180 с.
53. Сукачев, В.Н. Лесные породы: систематика, география и фитосоциология их / В.Н. Сукачев. Ч. 1: Хвойные. Вып. 1. – М.: «Новая деревня», 1928. – 80 с.
54. Сукачев, В.Н. История растительности СССР во время плейстоцена / В.Н. Сукачев // Растительность СССР. В 2-х томах. Т. 1. – М.; Л.: Советская наука, 1938. – С. 183–234.
55. Татаринков, В.В. Структура популяций ели в лесах Среднего Урала: популяционные исследования в заповедниках: Дис. ... канд. биол. наук, спец. 03.00.16 – Экология / В.В. Татаринков. – Тюмень, 1993. – 163 с.
56. Урусов, И.М. Интрогрессия и гибридизация видов природной флоры в связи с проблемой повышения продуктивности лесов: препринт / И.М. Урусов. – Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР, 1987. – 42 с.
57. Урусов, И.М. Генезис растительности и рациональное природопользование на Дальнем Востоке / И.М. Урусов. – Владивосток: РИО ДВО АН СССР, 1988. – 356 с.
58. Урусов, В.М. Хвойные российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования / В.М. Урусов, И.И. Лобанова, Л.И. Варченко. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 438 с.
59. Ухваткина, О.Н. Особенности онтогенеза *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr. в условиях среднего пояса Южного Сихотэ-Алиня / О.Н. Ухваткина, Т.А. Комарова, А.Д. Трофимова // Лесной вестник. – 2010. – № 3. – С. 169–173.
60. Шигапов, З.Х. Внутривидовая изменчивость и дифференциация видов семейства Pinaceae на Урале: автореф. дис. ... д-ра биол. наук, спец. 03.00.05 – ботаника / З.Х. Шигапов. – Пермь, 2005. – 46 с.
61. Цвелев, Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) / Н.Н. Цвелев. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбФФА, 2000. – 781 с.
62. Янбаев, Ю.А. Дифференциация популяций ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) на Южном Урале / Ю.А. Янбаев и др. // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 9. – С. 1244–1249.
63. Aarrestad, P.A. Foreign Norway spruce (*Picea abies*) provenances in Norway and effects on biodiversity / P.A. Aarrestad, T. Myking, O.E. Stabbetorp, M.M. Tollefsrud // NINA Report. – 2014. – N 1075. – 44 p.

64. Aizawa, M. Phylogeography of a northeast Asian spruce, *Picea jezoensis*, inferred from genetic variation observed in organelle DNA markers / M. Aizawa, H. Yoshimaru, H. Saito, T. Katsuki, T. Kawahara, K. Kitamura, F. Shi, M. Kaji // *Molecular Ecology*. – 2007. – Vol. 16, N 16. – P. 3393–3405.
65. Alsos, I.G. Last Glacial Maximum environmental conditions at Andøya, northern Norway; evidence for a northern ice-edge ecological “hotspot” / I.G. Alsos, P. Sjögren, A.G. Brown, L. Gjelly, M.K.F. Merkel, A. Paus, W.G. Van Der Bilt // *Quaternary Science Reviews*. – 2020. – V. 239, 106364. – DOI: 10.1016/j.quascirev.2020.106364.
66. Ascherson, P.F.A. Synopsis der mitteleuropäischen Flora / P.F.A. Ascherson, P. Graebner / W. Engelmann, 1905. – Bd 6, H. 1. – 350 p.
67. Beissner, L. Handbuch der Nadelholzkunde: Systematik, Beschreibung, Verwendung und Kultur der Ginkgoaceen, Freiland-Coniferen und Gnetaceen. Für Gärtner, Forstleute und Botaniker / L. Beissner. – Berlin: P. Parey, 1909. – 604 p.
68. Chou, Y.L. Ligneous flora of Heilongjiang / Y.L. Chou, S.-L. Tang, S.-G. Nie. – Harbin, China: Heilongjiang Science and Technology Press, 1986. – 585 p. (In Chinese).
69. Farjon, A. Pinaceae, Drawings and Descriptions of the Genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Regnum Vegetabile / A. Farjon. Vol. 121. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany, 1990. – 330 p.
70. Farjon, A. World checklist and bibliography of conifers / A. Farjon. 2<sup>nd</sup> ed. Royal Botanical Gardens, Kew, 2001. – 309 p.
71. Farjon, A. Handbook of the world's conifers: Revised and updated edition / A. Farjon. – Brill, Leiden-Bošton, Netherlands. – 2017. – Vol. 1. – 1154 p.
72. Farjon, A. An atlas of the world's conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status / A. Farjon, D. Filer. – Brill, Leiden-Boston, Netherlands. – 2013. – 512 p.
73. Väre H. Suomen puu- ja pensaskasvio [The woody plant flora of Finland] / H. Väre, J. Saarinen, A. Kurto, L. Hämet-Ahti. – Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö, 1992. – 373 p.
74. Holmberg, O.R. Hartmans handbok i Skandinavians flora / O.R. Holmberg, C.J. Hartman // PA Norsledt Söners. – 1922. – Vol. 1, Part 1. – 540 p. (In Swedish).
75. Hultén, E. Atlas of the distribution of vascular plants in NW Europe / E. Hultén. – Stockholm: Generalstabens litografiska anstalts förlag, 1950. – 1080 p.
76. Jalas, J. Gymnospermae (*Pinaceae* to *Ephedraceae*): Atlas Florae Europaea / J. Jalas, J. Suominen. – Helsinki: Societas Biologica Fennica Vanamo, 1973, Vol. 2. – 40 p.
77. Grahl-Nielsen, O. A chemometric comparison between *Picea abies* and *P. obovata* (Pinaceae) in Norway / O. Grahl-Nielsen, O. Mjaavatten, D.O. Ovstedal // *Nordic Journal of Botany*. – 1991. – Vol. 11. – N 6. – P. 613–618.
78. Kreštov P.V., Nakamura Y. Phytosociological study of the *Picea jezoensis* forests of the Far East / P.V. Kreštov, Y. Nakamura // *Folia Geobotanica*. – 2002. – Vol. 37. – P. 441–473.
79. Krutovskii, K.V. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci / K.V. Krutovskii, F. Bergmann // *Heredity*. – 1995. – Vol. 74. – P. 464–480.
80. Lindquist, B. The main varieties of *Picea abies* (L.) Karst. in Europe / B. Lindquist // *Acta Horti Berg*. – 1948. – Vol. 14. – P. 249–342.
81. Mela A.J. Suomen kasvio (Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia) / A.J. Mela, A.K. Cajander. – Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran kirjapainossa, 1906. – 763 p.
82. Nakai, T. A synoptical sketch of Korean flora / T.A. Nakai // *Bulletin of the National Science Museum*. – 1952. – Vol. 31. – P. 1–153.
83. Orlova, L. Systematics and distribution of spruce species in the North-West of Russia / L. Orlova // *Dendrobiology*. – 2020. – Vol. 84. – P. 12–29.
84. Parnucci, L. Glacial survival of boreal trees in Northern Scandinavia / L. Parnucci, T. Jørgensen, M.M. Tollefsrud, E. Elverland, T. Alm, S.L. Fontana, E. Willerslev // *Science*. – 2012. – Vol. 335. – P. 1083–1086.
85. Potokina, E.K. Genetic differentiation of spruce populations in northwest Russia revealed with microsatellite markers / E.K. Potokina, L.V. Orlova, M.S. Vishnevskaya, E.A. Alekseeva, A.F. Potokin, A.A. Egorov // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. – 2013. – Vol. 3. – P. 352–360. – <https://doi.org/10.1134/S2079059713050080>.
86. Potokina, E.K. Analysis of the Polymorphism of Organelle DNA to Elucidate the Phylogeography of Norway Spruce in the East European Plain / E.K. Potokina, A.A. Kiseleva, M.A. Nikolaeva, S.A. Ivanov, P.S. Ulianich, A.F. Potokin // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. – 2015. – Vol. 5. – N 4. – P. 430–439.

87. Regel, E.L. *Pinus abies* L. var. *fennica* / E.L. Regel // *Gartenflora*. – 1863. – Vol. 12. – P. 95–96.
88. Teplouchoff, Th. Ein Beitrag zur Kenntniss der sibirischen Fichte – *Picea obovata* Ledeb. / Th. Teplouchoff // *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou*. – 1868. – Vol. 41. – N 3. – P. 9.
89. Tollefsrud, M.M. Late Quaternary history of North Eurasian Norway spruce (*Picea abies*) and Siberian spruce (*Picea obovata*) inferred from macrofossils, pollen and cytoplasmic DNA variation / M.M. Tollefsrud et al. // *Journal of Biogeography*. – 2015. – Vol. 42. – N 8. – P. 1431–1442. – DOI: 10.1111/jbi.12518.
90. Tsukada, M. Vegetation and climate during the last glacial maximum in Japan / M. Tsukada // *Quaternary Research*. – 1983. – Vol. 19. – N 2. – P. 212–235.
91. Tsukada, M. Map of vegetation during the last glacial maximum in Japan / M. Tsukada // *Quaternary Research*. – 1985. – Vol. 23. – N 3. – P. 369–381.
92. Tsuda, Y. The extent and meaning of hybridization and introgression between Siberian spruce (*Picea obovata*) and Norway spruce (*Picea abies*): cryptic refugia as stepping stones to the west? / Y. Tsuda, J. Chen, M. Stocks, T. Källman, J. H. Sønstebo, L. Parnucci, M. Lascoux, M. // *Molecular Ecology*. – 2016. – Vol. 25. – N 12. – P. 2773–2789.
93. Uyeki, H. Tree and forest 7 / H. Uyeki // *Chosen Sanrin-Kaiho*. – 1942. – Vol. 206. – P. 3–13. (In Japanese with Latin description).

## REFERENCES

1. Bakin O.V., Rogova T.V., Sitnikov A.P. Sosudišnye rašeniya Tatarštana. Kazan', 2000, 496 p. (In Russian).
2. Bakshaeva V.I. Mezhdovoye gidridy eli sibirskoy i eli evropejskoy. Nauchnaya konferentsiya, posvyashennaya itogam rabot Instituta lesa Karel'skogo filiala AN SSSR za 1962 g. Petrozavodsk, 1963, pp. 50–51. (In Russian).
3. Bakshaeva V.I. Izmenchivost' i formovoe raznoobrazie eli v Karelii: Extended abstract of candidate's thesis. Petrozavodsk, Petrozavodskiy gosudarstvennyy universitet im. O.V. Kuusinen, 1966, 26 p. (In Russian).
4. Bakshaeva V.I. Yavlenie dissimetrii morfologicheskikh priznakov vegetativnykh priznakov sosny i eli v Karelii. *Lesovedenie*. 1971, vol. 6, pp. 55–61. (In Russian).
5. Bobrov E.G. Ob osobennostyakh flory ehrraticeskoy oblasti (odin iz putej formirovaniya). *Sovetskaya botanika*. 1944, vol. 2, pp. 3–20. (In Russian).
6. Bobrov E.G. Istoriya i sistematika roda *Picea* A. Dietr.. *Novosti sist. vyssh. rast.* 1971, vol. 7, pp. 5–40. (In Russian).
7. Bobrov E.G. *Pinophyta* (Gymnospermae) – golosemnyye. Flora evropejskoy chasty SSSR. Leningrad, 1974, pp. 100–116. (In Russian).
8. Bobrov E.G. Lesoobrazuyushhie khvojnye SSSR. Leningrad, 1978, 188 p. (In Russian).
9. Bobrov E.G. Introgressivnaya gidridizatsiya i geoištoricheskie smeny formatsij tazhnoj zony SSSR. *Botanicheskij zhurnal*. 1983, vol. 68, pp. 3–9. (In Russian).
10. Vasil'ev V.N. Dal'nevostochnye eli seksii Omorica Willkm. *Botanicheskij zhurnal*. 1950, vol. 35, no. 5, pp. 498–511. (In Russian).
11. Volkov V.A. Sozdanie test-sistem dlya geneticheskoy identifikatsii osnovnykh khvojnykh lesobrazuyushchikh porod RF v tselyakh ustanovleniya faktov nezakonnykh rubok. Biotekhnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i veterinari: 17-ya Vserossiyskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya (Moscow, 6–7 aprelya 2017 g., FGBNU VNIISB) – Moscow, 2017, pp. 69–72. ISBN 978-5-9675-1642-9. (In Russian).
12. Volkov V.A., Potokina E.K. Primenenie metodov landshaftnoj genetiki dlya utocneniya granits arealov vidov eli (*Picea* L.) v zone introgressivnoj gidridizatsii. Aktual'nye voprosy v lesnom khozaystve, Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, Saint Petersburg, 11–12 noyabrya 2020 goda. SPb., 2020, pp. 86–88. (In Russian).
13. Volkov V.A., Kal'ko G.V. Analiz polimorfizma mikrosatelitnykh lokusov v populatsiyakh *Picea abies* (L.) H. Karst. i *Picea obovata* Ledeb. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*. 2021, no. 237, pp. 97–108. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.97-108.
14. Volkov V.A., Grigor'eva E.A., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Geteroplazmiya i yadernye kopii mitokhondrial'nykh genov (NUMTs), vyyavlenyye v zone introgressivnoj gidridizatsii eli evropejskoy i eli sibirskoy. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozaystva*. 2022, no. 1, pp. 4–19. DOI: 10.21178/2079-6080.2022.1.4.
15. Voroshilov V.N. Flora sovetskogo Dal'nego Voštoka. Moscow, 1966, 478 p. (In Russian).
16. Voroshilov V.N. Opredelitel' rašenij sovetskogo Dal'nego Voštoka: ucheb. posob. Moscow, 1982, 672 p. (In Russian).

17. Glazkova E.A., Tselev N.N. Sosudište rašeniya. Prirodnaya sreda i biologicheskoe raznoobrazie arhipelaga Berezovye ostrova (Finskij zaliv). St. Petersburg, 2007. pp. 140–190. (In Russian).
18. Danilov V.N. Izmenchivost' semennykh cheshuj *Picea excelsa*. *Botanicheskij zhurnal*. 1943, vol. 2, pp. 191–202.
19. Doronina A.Yu. Sosudište rašeniya Karel'skogo pereshejka (Leningradskaya oblast'). Moscow, 2007, 574 p. (In Russian).
20. Ilyustrirovannyj opredelitel' rašenij Leningradskoj oblasti. Moscow, 2006, 799 p. (In Russian).
21. Il'inov A.A., Raevskij B.V., Rudkovskaya O.A., Topchieva L.V. Sravnitel'naya otsenka fenotipicheskogo i geneticheskogo raznoobraziya severotacznykh malonarushennykh populyatsij eli finskoj (*Picea × fennica*). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*. 2011, vol. 1, pp. 37–47. (In Russian).
22. Komarov V.L. *Coniferales* – khvojnye. *Flora SSSR*. 1934, vol. 1. Moscow, pp. 130–195. (In Russian).
23. Korchagin A.A. Sovremennaya dinamika lesnoj rašitel'nosti na Evropejskom Severe SSSR. *Lesovedenie*. 1968, no. 3, pp. 30–35.
24. Kravchenko A.V. Konspekt flory Karelii. Petrozavodsk, Karel'skij nauchnyj tsentr RAN. 2007, 403 p. (In Russian).
25. Lantratova A.S. Analiz dendroflory Kaelii. Petrozavodsk, 1985, 108 p. (In Russian).
26. Man'ko Yu.I. El' ayanskaya i osobennosti eyo geograficheskogo rasprostraneniya. *Komarovskie chteniya*. Vladivoŝtok, 1983, vol. 30, pp. 3–28. (In Russian).
27. Man'ko Yu.I. El' ayanskaya. Moscow, 1987, 280 p. (In Russian).
28. Mamaev S.A. Vidy khvojnykh na Urale i ikh ispol'zovanie v ozelenenii. Sverdlovsk, 1983, 110 p.
29. Mamaev S.A. Opredelitel' derev'ev i kušarnikov Urala. Meštnye i introdutsirovannye vidy. Ekaterinburg, 2000, 256 p. (In Russian).
30. Mamaev S.A., Popov P.P. El' sibirskaya na Urale. (Vnutrividovaya izmenchivost' i štruktura populyatsij). Moscow, 1989, 103 p. (In Russian).
31. Menitskij Yu.L., Orlova L.V. Fam.20. Pinaceae Adans. Konspekt flory Kavkaza. vol. 1. red. Yu.L. Menitskij, T.N. Popova. St. Petersburg, 2003, pp. 174–179. (Pereizdanie Moscow, 2004). (In Russian).
32. Naletov P. A. Geograficheskaya izmenchivost' populyacij eli na severo-zapade evropejskoj časti Rossii. *Lesa Rossii: politika, promyšlennost', nauka, obrazovanie*. 2020, pp. 202–204. (In Russian).
33. Nedoluzhko V.A. Konspekt dendroflory rossijskogo Dal'nego Voštoka. Vladivoŝtok, 1995, 208 p. (In Russian).
34. Notov A.A. Materialy k flore Tverskoj oblasti. Ch. 1, 4-e izd. Vysshie rašeniya. Tver', 2005, 214 p. (In Russian).
35. Ovyosnov S.A. Konspekt flory Permskoj oblasti. Perm', 1997, 252 p. (In Russian).
36. Orlova L.V. Sem. Pinaceae Spreng. ex F. Rudolphi – Sosnovye. Konspekt flory Voštočnoj Evropy. St. Petersburg, Moscow, 2012, vol. 1, pp. 50–79. (In Russian).
37. Orlova L.V., Egorov A.A. K sistematike i geograficheskomu rasprostraneniu eli finskoj (*Picea fennica* (Regel) Kom., Pinaceae). *Novosti sišt. vyssh. rašt.* 2011, no. 42, pp. 5–23. (In Russian).
38. Orlova L.V., Glazkova E.A. Obzor dikoraštushhikh khvojnykh ostrovov rossijskogo sektora Finskogo zaliva Baltijskogo morya. *Turczaninowia*. 2018, vol. 21, no. 2, pp. 228–256. (In Russian).
39. Orlova L.V., Potokin A.F., Koptseva E.M., Vasil'ev E.Yu., Kirillov P.S., Egorov A.A. Taksonomicheskoe i florističeskoe raznoobrazie el'nikov natsional'nogo parka Taganaj (Yuzhnyj Ural). *Izveštija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoi akademii*. 2017, no. 218, pp. 43–60. (In Russian).
40. Parfenov V.I. O vnutrividovoj sistematike *Picea abies* (L.) Karšt. *Novosti sistematiki vysshikh rašenij*. 1971, vol. 8, pp. 4–11. (In Russian).
41. Popov P.P. Gibrinadaya el' na severo-voštoker Evropy. *Lesovedenie*. 1996, vol. 2, pp. 62–72. (In Russian).
42. Popov P.P. Integratsiya populyatsionnykh sistem eli sibirskoj v zapadnoj časti areala. Bioraznoobrazie Zapadnoj Sibiri – rezul'taty issledovanij, red. B.P. Tsybul'skij. Tyumen', 1996, pp. 51–64. (In Russian).
43. Popov P.P. Otsenka vliyaniya introgressivnoj gibrizatsii eliej evropejskoj i sibirskoj na štrukturu populyatsii. *Problemy vzaimodejštviya čeloveka i prirodnoj sredy. Vyp. 1. Materialy itogovoj nauchnoj sessii Uchenogo Soveta Inštituta problem osvoeniya Severa SO RAN*. Tyumen', 1999, pp. 102–105. (In Russian).
44. Popov P.P. Štruktura i differentsiatsiya populyatsij eli v Voštočnoj Evrope i Zapadnoj Sibiri. *Rossijskij ehkologicheskij zhurnal*. 2003, vol. 34, pp. 27–33. (In Russian).
45. Popov P.P. Formovaya štruktura i geograficheskaya differentsiatsiya populyatsij eli v Severo-Zapadnoj Rossii. *Zhurnal ehkologii (Journal of Ecology)*. 2010, vol. 41, pp. 378–385. (In Russian).
46. Popov P.P. Zakonomernosti regional'noj differentsiatsii populyatsij eliej evropejskoj i sibirskoj. Novosibirsk, 2014, 216 p. (In Russian).
47. Potenko V.V. Paleomorfizm izofermentov i geneticheskie vzaimootnošeniya khvojnykh veshhešt' DV Rossii. Extended abstract of Doctor's thesis. Vladivoŝtok, 2004, 38 p. (In Russian).
48. Potokina E.K., Orlova L.V., Vishnevskaya M.S., Alekseeva E.A., Potokin A.F., Egorov A.A. Geneticheskaya differentsiatsiya populyatsij eli na severo-zapade Rossii po rezul'tatam markirovaniya mikrosatelitnykh lokusov. *Ehkologicheskaya genetika*. 2012, vol. 10, no. 2, pp. 40–49. (In Russian).
49. Potokina E.K., Lebedeva M.V., Ul'yanich P.S., Levkoev Eh.A., Volkov V.A., Zhigunov A.V. Geteroplazmiya i yadernye kopii mitohondrial'nykh genov (NUMTs) v zone introgressivnoj gibrizatsii eli evropejskoj i eli sibirskoj. *Genetika populyatsij: progress i perspektivy. Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii, posvyashhennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Yu.P. Altukhova (1936–2006) i 45-letiyu osnovaniya laboratorii populyatsionnoj genetiki im. Yu.P. Altukhova IOGen RAN (17–21 aprelya 2017 g., Zvenigorodskaya biologicheskaya štantsiya im. S.N. Skadovskogo Biologicheskogo fakul'teta MGU im. M.V. Lomonosova)*. Moscow, 2017, pp. 223–225. (In Russian).
50. Pravdin L.F. El' evropejskaya i sibirskaya v SSSR. Moscow. 1975, 319 p. (In Russian).
51. Putnikhin V.P., Shigapov Z.Kh., Farukshina G.G. El' sibirskaya na Yuzhnom Urale i v Bashkirskom Predural'e. Moscow, 2005. (In Russian).
52. Ramenskaya M.L. Analiz flory Murmanskoj oblasti i Karelii. Leningrad, 1983, 180 p.
53. Sukachyov V.N. Lesnye porody: sistematika, geografiya i fitosotsiologiya ikh. Ch. 1: Khvojnye. Vyp. 1. Moscow, 1928, 80 p. (In Russian).
54. Sukachyov V.N. Istoriya rašitel'nosti SSSR vo vremya plejštotsena. Rašitel'nost' SSSR. Vol. 1. Moscow, Leningrad, 1938, pp. 183–234. (In Russian).
55. Tatarinov V.V. Štruktura populyatsij eli v lesakh Srednego Urala: populyatsionnye issledovaniya v zapovednikakh. Extended abstract of Doctor's thesis. 1993, 163 p. (In Russian).
56. Urusov I.M. Introgressiya i gibrizatsiya vidov prirodnoj flory v svyazi s problemoj povysheniya produktivnosti lesov. Vladivoŝtok, 1987, 42 p. (In Russian).
57. Urusov I.M. Genetiz rašitel'nosti i ratsional'noe prirodoopol'zovanie na Dal'nem Voštoker. Vladivoŝtok, 1988, 356 p. (In Russian).
58. Urusov V.M., Lobanova I.I. Varchenko L.I. Khvojnye rossijskogo Dal'nego Voštoka – tsennye ob'ekty izučeniya, okhrany, razvedeniya i ispol'zovaniya. Vladivoŝtok, 2007, 438 p.
59. Urvatkina O.N. Osobennosti ontogeneza *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr. v usloviyah srednegornogo poyasa Yuzhnogo Sihote-Alinya. *Lesnoj vešt'nik*. 2010, vol. 3, pp. 169–173. (In Russian).
60. Shigapov Z.K. Vnutrividovaya izmenchivost' i differentsiatsiya vidov semejstva Pinaceae na Urale. Extended abstract of Doctor's thesis. Perm', 2005, 46 p. (In Russian).
61. Tselev N.N. Opredelitel' sosudištykh rašenij Severo-Zapadnoj Rossii (Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti). St. Petersburg, 2000, 781 p. (In Russian).
62. Yanbaev Y.A., Shigapov Z.K., Putnikhin V.P., Bakhtiyarova R.M. Differentsiatsiya populyatsij eli sibirskoj (*Picea obovata* Ledeb.) na Yuzhnom Urale. *Genetika*. 1997, vol. 33, no. 9, pp. 1244–1249. (In Russian).
63. Aarrestad P.A., Myking T., Stabbetorp O.E., Tollefsrud M.M. Foreign Norway spruce (*Picea abies*) provenances in Norway and effects on biodiversity. *NINA Report*. 2014, no. 1075, 44p.
64. Aizawa M., Yoshimaru H., Tomaru N., Tsumura Y., Yamamoto S. Phylogeography of a northeast Asian spruce, *Picea jezoensis*, inferred from genetic variation observed in organelle DNA markers. *Molecular Ecology*. 2007, vol. 16, no. 16, pp. 3393–3405.
65. Alsos I.G., Sjögren P., Brown A.G., Gjelly L., Merkel M.K.F., Paus A., Lammers Y., Edwards M.E., Alm T., Leng M., Goslar T., Langdon C.T., Bakke J., van der Bilt W.G.M. Last Glacial Maximum environmental conditions at Andoya, northern Norway: evidence for a northern ice-edge ecological "hotspot". *Quaternary Science Reviews*. 2020, 239, 106364, DOI: 10.1016/j.quascirev.2020.106364.
66. Ascherson P.F.A., Graebner P. Synopsis der mitteleuropäischen Flora. W. Engelmann, 1905. Bd 6, H. 1., 350 p.
67. Beissner L. Handbuch der Nadelholzkunde: Systematik, Beschreibung, Verwendung und Kultur der Ginkgoaceen, Freiland-Coniferen und Gnetaceen. Für Gärtner, Forstleute und Botaniker. Berlin, 1909, 604 p.
68. Chou Y.L., Tang S.L., Nie S.G. Ligneous flora of Heilongjiang. Harbin, China. Heilongjiang Science and Technology Press, 1986, 585 p. (In Chinese).
69. Farjon A. Pinaceae, Drawings and Descriptions of the Genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. *Regnum Vegetabile*, vol. 121. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany, 1990, 330 p.
70. Farjon A. World checklist and bibliography of conifers. 2<sup>nd</sup> ed. Royal Botanical Gardens, Kew, 2001, 309 p.
71. Farjon A. Handbook of the world's conifers: Revised and updated edition. Brill, Leiden-Boston, Netherlands. vol. 1, 2017, 1154 p.



72. Farjon A., Filer D. An atlas of the world's conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Brill, Leiden-Boston, Netherlands, 2013, 512 p.
73. Hämet-Ahti L., Palmén A., Alanko P., Tigerstedt P.M.A. Suomen puu- ja pensaskasvio [The woody plant flora of Finland]. Helsinki, 1992, 373 p.
74. Holmberg O.R., Hartman C.J. Hartmans handbok i Skandinavians flora. PA Norstedt Söners, 1922, vol. 1, part 1. (In Swedish).
75. Hultén E. Atlas of the distribution of vascular plants in NW Europe. Stockholm, 1950, 1080 p.
76. Jalas J., Suominen J. Gymnospermae (*Pinaceae* to *Ephedraceae*): Atlas Florae Europaea. Helsinki, 1973, vol. 2, 40 p.
77. Grahl-Nielsen O., Mjaavatten O., Ovstedal D.O. A chemometric comparison between *Picea abies* and *P. obovata* (Pinaceae) in Norway. *Nordic Journal of Botany*. 1991, vol. 11, no. 6, pp. 613–618.
78. Kreštov P.V., Nakamura Y. Phytosociological study of the *Picea jezoensis* forests of the Far East. *Folia Geobotanica*. 2002, vol. 37, pp. 441–473.
79. Krutovskii K.V., Bergmann F. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci. *Heredity*. 1995, vol. 74, pp. 464–480.
80. Lindquist B. The main varieties of *Picea abies* (L.) Karst. in Europe. *Acta Horti Berg*. 1948, vol. 14, pp. 249–342.
81. Mela A.J., Cajander A.K. Suomen kasvio (Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia). Helsinki, 1906, 763 p.
82. Nakai T. A synoptical sketch of Korean flora. *Bulletin of the National Science Museum*. 1952, vol. 31, pp. 1–153.
83. Orlova L., Gussarova G., Glazkova E., Egorov A., Potokin A., Ivanov S. Systematics and distribution of spruce species in the North-West of Russia. *Dendrobiology*. 2020, vol. 84, pp. 12–29.
84. Parducci L., Tollefsrud M.M., Jørgensen T., Elverland E., Alm T., Fontana S.L., Bennett K.D., Haile J., Matetovici L., Suyama Y., Edwards M.E., Andersen K., Rasmussen M., Boessenkool S., Coissac E., Brochmann C., Taberlet P., Houmark-Nielsen M., Larsen N.K., Orlando L., Gilbert M.T.P., Kjær K.H., Alsos I.G., Willerslev E. Glacial survival of boreal trees in Northern Scandinavia. *Science*. 2012, vol. 335, pp. 1083–1086.
85. Potokina E.K., Orlova L.V., Vishnevskaya M.S., Alekseeva E.A., Potokin A.F., Egorov A.A. Genetic differentiation of spruce populations in northwest Russia revealed with microsatellite markers. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2013, vol. 3, pp. 352–360. <https://doi.org/10.1134/S2079059713050080>.
86. Potokina E.K., Kiseleva A.A., Nikolaeva M.A., Ivanov S.A., Ulianich P.S., Potokin A.F. Analysis of the Polymorphism of Organelle DNA to Elucidate the Phylogeography of Norway Spruce in the East European Plain. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2015, vol. 5, no. 4, pp. 430–439.
87. Regel E.L. *Pinus abies* L. var. *fennica*. *Gartenflora*. 1863, vol. 12, pp. 95–96.
88. Teplouchoff Th. Ein Beitrag zur Kenntniss der sibirischen Fichte – *Picea obovata* Ledeb. *Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou*. 1868, vol. 41, no. 3, p. 9.
89. Tollefsrud M.M., Latalowa M., van der Knaap W.O., Brochmann C., Sperisen C. Late quaternary history of North Eurasian Norway spruce (*Picea abies*) and Siberian spruce (*Picea obovata*) inferred from macrofossils, pollen and cytoplasmic DNA variation. *Journal of Biogeography*. 2015, vol. 42, no. 17, pp. 1431–1442. DOI: 10.1111/jbi.12518.
90. Tsukada M. Vegetation and climate during the last glacial maximum in Japan. *Quaternary Research*. 1983, vol. 19, no. 2, pp. 212–235.
91. Tsukada M. Map of vegetation during the last glacial maximum in Japan. *Quaternary Research*. 1985, vol. 23, no. 3, pp. 369–381.
92. Tsuda Y., Chen J., Stocks M., Källman Th., Sønstebo J.H., Parducci L., Semerikov V., Sperisen Ch., Politev D., Ronkainen T., Väiliranta M., Vendramin G.G., Tollefsrud M.M., Lascoux M. The extent and meaning of hybridization and introgression between Siberian spruce (*Picea obovata*) and Norway spruce (*Picea abies*): cryptic refugia as stepping stones to the west? *Molecular Ecology*. 2016, vol. 25, pp. 2773–2789.
93. Uyekei H. Tree and forest 7. *Chosen Sanrin-Kaiho*. 1942, vol. 206, pp. 3–13. (In Japanese with Latin description).

Статья поступила в редакцию 5.05.2023

DOI 10.21178/2079-6080.2023.3.29  
УДК 630\*232.13

## Анализ сохранности генотипа *Quercus robur* L. с использованием SSR- и ISSR-маркеров при создании каллусных культур

© С.Г. Ржевский, А.М. Кондратьева, О.Ю. Гусева

### Analysis of the preservation of the *Quercus robur* L. genotype using SSR- and ISSR-markers in the creation of callus cultures

S.G. Rzhovsky, A.M. Kondratyeva, O.Ju. Guseva (Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology)

Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) is a forest-forming species in the European part of Russia and has a high economic value. However, at the same time, reproduction and cultivation of oak plantations causes significant difficulties. At present, a technique for clonal micropropagation of this species using nodal segments has been developed, but its application to old-growth trees causes difficulties. Therefore, it is relevant to search for alternative biotechnological approaches for the reproduction of adult oak material, including the production of regenerated plants through callus culture by indirect organogenesis or somatic embryogenesis. However, such a method of reproduction can lead to an intense manifestation of somaclonal variability, so its use should be accompanied by the control of the preservation of the genotype. This paper presents the result of the analysis of the preservation of the *Q. robur* genotype during the creation of callus cultures *in vitro*. Parts of green and semi-lignified shoots of a 200-year-old tree obtained during the growing season served as primary explants for obtaining oak callus cultures. To identify variability, two sets of molecular markers were used: microsatellite (SSR) and intermicrosatellite (ISSR). PCR was performed with the selected markers, and the amplification products were detected by agarose gel electrophoresis. As a result, the involved markers showed the complete identity of the genotypes of the original trees and callus tissues grown in *in vitro* culture. Thus, it has been shown that the cultivation of pedunculate oak calli has prospects for the conservation and reproduction of valuable tree genotypes.

**Keywords:** oak, microsatellites, intermicrosatellite markers, *in vitro* culture, callus