

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ  
И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.  
БИОТЕХНОЛОГИИ  
PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE  
MANAGEMENT. BIOTECHNOLOGIES**

УДК 582.623.2:575.222.72(571.17)  
DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.62

**РОЛЬ ИСТОРИИ РАССЕЛЕНИЯ И ИНТРОГРЕССИИ  
В МОРФОЛОГИИ *POPULUS NIGRA* L. В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ  
ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ**

**Б. В. Прошкин<sup>1</sup>, А. В. Климов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет,  
Российская Федерация, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

<sup>2</sup>ООО «ИнЭКА-консалтинг»,  
Российская Федерация, 654027, Новокузнецк, ул. Лазо, 4  
E-mail: populus0709@mail.ru

*Приводятся результаты исследования отдельных качественных морфологических признаков *Populus nigra*, выявленных в бассейнах рек Катунь, Бий и Томи в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны, в зонах его естественной гибридизации с *P. laurifolia*. Вероятно, что отличия по выраженности полупрозрачного края листовой пластинки связаны с различными путями заселения бассейнов после плейстоцен-голоценового оледенения. Наличие опушённых форм *P. nigra* является фенотипическим проявлением интрогрессии. Рассматривается возможное практическое использование признаков для селекции и отбора хозяйственно ценных форм.*

**Ключевые слова:** популяции; морфологические признаки; край листовой пластинки; изменчивость; естественная гибридизация; вегетативное размножение.

**Введение.** *Populus nigra* один из видов, образующих прирусловые пойменные леса в Евразии и северной Африке. В Европе тополь чёрный является объектом всестороннего изучения, поскольку с конца 20-го века он признан исчезающим видом. К настоящему времени проведена масштабная инвентаризация насаждений в европейском регионе [1–3], выполнены многочисленные исследования морфоло-

гической изменчивости [4–6] и генетического разнообразия в западной части ареала [7, 8]. В последнее время значительное внимание уделяется оценке пространственной дифференциации популяций *P. nigra* и истории развития ареала [7, 8]. Как показали исследования J. Guet et al. [9] и J. Dewoody et al. [8], некоторые морфологические характеристики листа, наряду с гаплотипами хлоропластов, играют

---

© Прошкин Б. В., Климов А. В., 2019.

**Для цитирования:** Прошкин Б. В., Климов А. В. Роль истории расселения и интрогрессии в морфологии *Populus nigra* L. в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 2 (42). С. 62–74. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.62

важную роль в оценке исторической дифференциации популяций у пойменных видов *Populus*. Это обусловлено тем, что они не коррелируют с современными климатическими условиями и не отражают адаптивные различия. Особенности морфологии показывают наличие вероятных рефугиумов и пути реколонизации видов в плейстоцене и голоцене. Следовательно, изучение фенотипической изменчивости является важным инструментом выявления современной пространственной дифференциации популяций видов тополя [10].

В систематическом отношении *P. nigra* относится к секции *Aigeiros* Lunell – чёрные тополи [11], хотя его положение не бесспорно в силу, вероятно, гибридного происхождения [12]. Наиболее древняя находка ископаемых остатков чёрных тополей – *P. microdentata* Budants. известна из раннего эоцена Камчатки  $53 \pm 1,4$  млн. лет. На территории Западной Сибири самый ранний представитель *P. kisakensis* (Sukhov) Pjinskaja отмечен в отложениях нижнего миоцена [13]. Современный *P. nigra* достоверно известен с плиоцена на территории Киргизии и Армении [14]. Длительная история существования и обширный ареал способствуют большому морфологическому разнообразию *P. nigra*. В западной части ареала он представлен преимущественно *P. nigra* var. *typica* L., для которой характерны раскидистая крона, голые листья и побеги [4]. На Балканском полуострове встречается подвид *P. nigra* var. *betulifolia* (Pursh) Torr. (*P. nigra* var. *caudina* Ten. = *P. nigra* var. *pubescens* Parl.), который характеризуется опушёнными побегами, листьями и соцветиями [6].

В восточной части ареала *P. nigra* произрастает на крупных и средних реках Западной Сибири и в низкогорьях северо-западной части Алтае-Саянской горной страны. И сам таксон, и его насаждения в большинстве частей региона изучены слабо [15]. Только в бассейне реки Томи проведены исследования морфологической изменчивости *P. nigra* [16, 17].

Интересная морфологическая особенность листьев *P. nigra* приводится во «Flora of China» [18]. Авторы отмечают, что для региональных представителей секции *Aigeiros* характерны листья с полупрозрачным краем. Этот же признак приведён для чёрных тополей в «Адвентивной флоре Москвы и Московской области» [19]. Данных о наличии этих признаков у *P. nigra* в Западной Сибири нет [15, 20], и судя по описаниям, в этой части ареала также распространён исключительно *P. nigra* var. *typica*. Однако, как показали проведённые полевые исследования 2015–2017 гг., в популяциях *P. nigra* бассейнов рек Томи, Бии и Катунь встречаются особи с полупрозрачным краем, опушением черешка и нижней стороны пластинки [16]. Тем не менее, рассматривать указанные признаки как проявление исключительно внутривидовой изменчивости *P. nigra* в указанной части ареала затруднительно. Поскольку в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны наблюдается зона его совместного произрастания и естественного скрещивания с *P. laurifolia* Ledeb. (секция *Tacamahaca* Mill.), то некоторые из них могут являться следствием интрогрессивной гибридизации.

Интерес к природе и значению отмеченных признаков в Сибирской части ареала особенно актуален в связи с перспективностью широкого применения тополя чёрного при лесной рекультивации техногенных ландшафтов нефтекомплекса и угледобычи. *P. nigra* отличается высокой устойчивостью к загрязнению и имеет значительный потенциал для фиторемедиации [4, 21, 22]. Однако его использование для этой цели сдерживается низкой способностью к размножению одревесневшими черенками [15]. Ранее в зоне его естественной гибридизации с *P. laurifolia* в бассейне реки Енисей была отмечена довольно высокая укореняемость черенков у части особей, что может рассматриваться как признак, являющийся следствием интрогрессии [23]. Однако и в

настоящее время такие деревья приходится выявлять «вслепую», путём массового испытания на питомниках многочисленных образцов, поэтому применение данных о фенотипическом проявлении интрогрессии у *P. nigra* в зоне гибридизации может иметь большое практическое значение для повышения эффективности отбора ценных форм и последующей селекционной работы.

**Цель** настоящего исследования – рассмотреть отдельные особенности *P. nigra* в зоне естественной гибридизации в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны, выявить природу их возникновения и практическую ценность.

**Объекты и методика исследований.** Исследования были выполнены в девяти популяциях *P. nigra* поймы реки Томи, двух

Катуни и одной Бии (табл. 1). На обследованной территории *P. nigra* является широко распространённым пойменным видом. Он образует насаждения в пойме реки Томи как в низкогорьях Алатауско-Шорского нагорья, так и относительно равнинной Кузнецкой котловине. Исследованные популяции Катуня приурочены к её устью и *P. nigra* здесь доминирует в топольниках. На реке Бии распространение тополя чёрного ограничено предгорной областью, выше до истока, в силу резкого изменения геолого-геоморфологических условий формирования русла, он не встречается. На многих из изученных участков указанных рек *P. nigra* произрастает совместно с *P. laurifolia* и везде в том или ином количестве присутствовал их естественный гибрид *P. × jrtyshensis* Ch. Y. Yang.

Таблица 1

## Участки сбора полевого материала

Название популяции	Условные обозначения	Координаты	Количество обследованных	
			деревьев/ листовых пластинок на анатомию	деревьев/листьев на морфологию
река Томь				
Чистенький	ЧИ	53°66'19"N, 88°28'56"E	–	30/450
Майзас*	МА	53°37'24"N, 88°12'48"E	–	30/450
Кийзак	КИ	53°72'27"N, 87°94'58"E	–	30/450
ГРЭС*	ГР	53°79'32"N, 87°62'15"E	30/30	30/450
Швейник	ШВ	53°48'34"N, 87°28'42"E	30/30	30/450
Карлык*	КА	53°49'21"N, 87°28'03"E	–	30/450
Новокузнецк*	НО	53°49'04"N, 87°07'23"E	30/30	30/450
Казанково	КЗ	53°99'08"N, 87°29'44"E	–	30/450
Славино	СЛ	54°02'05"N, 87°22'55"E	30/30	30/450
река Катунь				
Иконниково*	ИК	N52°25'57" E85°05'83"	30/30	30/450
Усть-Катунь	УК	N52°27'02" E85°09'54"	30/30	30/450
река Бия				
Бия1*	БИ	N52°36'32" E86°28'33"	30/30	30/450

**Примечание:** \* – популяции в очагах гибридизации.

Наличие или отсутствие полупрозрачного края листовой пластинки исследовали с помощью стереоскопического микроскопа МБС–10 (ЛЗОС, Россия) при увеличении 16,3х. Выявление особенностей его анатомического строения проводили в ряде обследованных популяций (табл. 1). Листья фиксировались в смеси спирта этилового 96 %, глицерина и воды в соотношении 1:1:1. Поперечные срезы делали в средней части листовой пластинки. Для выявления анатомических особенностей использовали микроскоп «Микромед–1» (ООО «Наблюдательные приборы», Россия) при увеличении 400х.

Для анализа признаков в качестве морфологических маркеров внутривидовой изменчивости использовали форму листовой пластинки и морфотип.

При выявлении формы листовой пластинки на каждой пробной площади с 30 репродуктивно зрелых деревьев с южной стороны средней части кроны проводили сбор гербарного материала. С каждой особи отбирали по 15 полностью развитых, неповреждённых листьев, только со средней части укороченных побегов. Всего было обследовано 360 деревьев, на которых были обмерены 5 400 листьев. Определение формы листовой пластинки проводили по индексу A/L, где A расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и её основанием (мм), L – длина листовой пластинки (мм). При этом использовались следующие диапазоны: < 0,25 – треугольная; 0,25–0,35 – яйцевидно-треугольная; 0,35–0,45 – яйцевидная [17].

Морфотипы устанавливали путём изучения степени опушения побегов и листьев [16]. Степень развития трихом исследовали с помощью стереоскопического микроскопа МБС–10 при увеличении 16,3х.

Принадлежность особей к определённому фенотипу определяли по сочетанию морфологических качественных признаков.

Для оценки внутривидовой и межпопуляционной изменчивости использовали иерархический кластерный анализ (мера сходства – евклидово рас-

стояние), критерий  $\chi^2$  и обобщённые показатели, предложенные Л. А. Животовским [24], В. П. Путенихиным и др. [25], С. В. Боронниковой и др. [26]. Сопряжённость устанавливали с помощью коэффициента контингенции Шарлье<sup>1</sup>.

Степень взаимосвязи определяли по формуле:

$$r = \frac{a \times d - b \times c}{\sqrt{(a+b) \times (c+d) \times (a+c) \times (b+d)}}. \quad (1)$$

Достоверность отличия от нуля оценивали по критерию Стьюдента:

$$T_r = r / m_r, \quad (2)$$

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}. \quad (3)$$

Статистическую обработку всех полученных данных проводили с помощью программ Excel и SPSS 23.0<sup>2</sup> [28].

Для исследования способности к вегетативному размножению одревесневшими черенками в 2016 году было отобрано 10 особей *P. nigra* в бассейне реки Томи, три из них имели опушение. Оценку укореняемости осуществляли на питомнике Ботанического сада Новокузнецкого филиала КемГУ и Бердского стационара Института леса СО РАН. Перед посадкой черенки замачивали в воде со стимулятором роста (корневин) на 16 часов из расчёта 5 г на 5 л воды. Непосредственно перед посадкой обрабатывали срезы черенков сухим порошком корневина. Поскольку у испытываемых деревьев в первый год после посадки черенков не был снят эффект экологического последствия и разнокачественности побегов, используемых для черенкования, то укоренившиеся растения использовали как маточные. Весной 2017 года все побеги от принявшихся черенков срезали, оставив две-три почки. Полученные хлысты использовали для нарезки черенков с

<sup>1</sup> Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: Учеб. пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 307 с.

<sup>2</sup> IBM SPSS Statistics 23. <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg24038592>

целью оценки приживаемости. Применяли однотипные черенки длиной 20 см, диаметром не менее 1 см, по 20 шт. для каждой модели с описанной выше предпосадочной обработкой. Посадку черенков осуществляли в первой декаде мая в гряды из смеси песка и садовой почвы (серая лесная), без укрытия. Схема посадки 15 x 15 см, полив капельный, прополка ручная раз в неделю. Оценку приживаемости проводили в первой декаде октября.

**Результаты и их обсуждение.** В исследованных насаждениях р. Катунь все деревья имели листовые пластинки с хорошо выраженным полупрозрачным краем, на р. Бия их количество незначительно сокращается, а в популяциях Томи они не отмечены. Несмотря на то, что этот признак не наблюдался у особей *P. nigra* бассейна р. Томи, в анатомическом плане строение края листовой пластинки у них одинаковое. Для всех характерно двухстороннее развитие гиподермы, однако характер формирования слоя кутикулы клетками эпидермы разный. У особей популяций Катунь и Бии кутикула по краю листа образует сплошной чехол, откладываясь относительно равномерно, с более или менее гладкой наружной поверхностью (рис. 1, А). Для деревьев популяций Томи характерно неравномерное отложение кутикулы и в результате наблюдается бугорчатая внешняя поверхность (рис 1, В). Вероятно, именно характер развития кутикулы и как результат иное светопреломление создают эффект видимости каймы гиподермы по краю пластинки у растений Алтая. Необходимо отметить, что ни в одной популяции *P. laurifolia* в бассейнах указанных рек

не удалось обнаружить этот признак, поэтому его происхождение у тополя чёрного вследствие гибридизации и интрогрессии следует исключить.

Развитие двухсторонней гиподермы и мощного слоя кутикулы по краю листовой пластинки можно рассматривать как ксероморфный признак [27]. Как уже отмечалось, этот признак был указан во «Flora of China» [18]. В Китае ареал *P. nigra* ограничен Синьцзянем [28], регионом с аридным и резко континентальным климатом. В этих условиях возникновение этого признака вполне объяснимо. Ещё W.W. Leach [31] при исследовании ряда видов тополей, в том числе и *P. nigra*, установил, что при усилении засухи у них наблюдается изменение положения листовых пластинок из горизонтального в профиль (ребром к источнику освещения), что позволяет не только резко сократить транспирацию, но и решить проблему перегрева паренхимы листа. Вероятно, мощный слой кутикулы по краю листа усиливает альбедо и также способствует стабилизации водного обмена. Трудно объяснить, насколько этот признак в настоящее время актуален для популяций рек Катунь и Бии, но его наличие не только у *P. nigra*, но и почти всех особей *P. × jrtyschensis* в данных бассейнах свидетельствует о его генетической обусловленности. Можно полагать, что повторное заселение бассейнов указанных рек после плейстоцен-голоценового оледенения происходило из южных аридных рефугиумов, в отличие от бассейна реки Томи, где оледенение было менее масштабным [30] и могли сохраняться рефугиумы с более мезофильными формами.

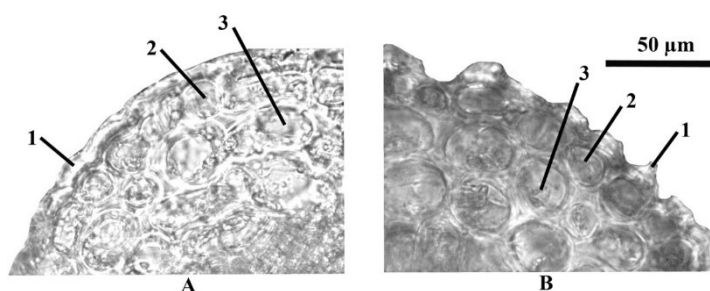


Рис 1. Участок края листовой пластинки *P. nigra*: А – Катунь, В – Томи:  
1 – кутикула; 2 – эпидерма; 3 – гиподерма

В настоящее время наличие этого признака листовой пластинки может иметь значение для практической селекции и отбора *P. nigra* и *P. × jrtyschensis*. Особи с выраженными ксерофильными признаками потенциально могут иметь адаптивное преимущество при рекультивации отвалов в районах угледобывающего производства.

Поскольку изучение популяций *P. nigra* и зон гибридизации в бассейнах рек Бии и Катунь только началось, то проявление признака опушения рассмотрим на примере бассейна реки Томи. Следует сразу отметить, что для всех особей *P. laurifolia* здесь характерны опушённые листья, а среди *P. × jrtyschensis* на них приходится 87,5 % [16].

Зона совместного произрастания *P. nigra* и *P. laurifolia* охватывает низкогорные области. Факторами, способствующими гибридизации и возникновению популяций гибридов, являются: совместное произрастание родительских таксонов в субоптимальных условиях на границе ареалов, слабость репродуктивных барьеров, совпадение фаз цветения, опыление ветром и наличие нарушенных местообитаний, подходящих для гибридных растений.

Зона гибридизации в исследованном бассейне представляет собой довольно

узкую полосу, охватывающую пойму реки Томи и нижних течений горных притоков. В её пределах гибриды встречаются спорадически. В то же время на отдельных участках, где оптимально складывается сочетание всех факторов, способствующих гибридизации, выделяются очаги скопления гибридов (очаги гибридизации). Именно различная степень сочетания указанных факторов и определяет неравномерное распространение *P. × jrtyschensis*. Поскольку поймы рек являются динамичными системами, то характер размещения этих очагов, безусловно, не постоянен во времени и пространстве.

Средний уровень межпопуляционного разнообразия по качественным признакам у *P. nigra* в бассейне реки Томи 23,4 % (табл. 2). По сочетанию исследованных признаков выявлено четыре фенотипа, из которых три отмечены во всех популяциях. В общей выборке преобладали особи без опушения (73,0 %), наиболее распространены деревья с яйцевидно-треугольной формой листовой пластинки – 61,8 %, на растения с треугольной пластинкой пришлось 11,2 %. Растения с трихомами (27,0 %) также разбились на две группы по форме пластинки: яйцевидно-треугольная – 21,1 %, треугольная – 5,9 %.

Таблица 2

**Фенотипическое разнообразие внутри и между популяциями *P. nigra* в пойме реки Томи (по индексу Шеннона)**

Признак	Индекс*			
	$H$	$H_n$	$F_n$	$F_{mn}$
Форма листовой пластинки	0,716	0,637	0,889	0,111
Опушение	0,842	0,556	0,660	0,340
<i>Среднее</i>	0,389	0,298	0,766	0,234

**Примечание:** \*  $H$  – индекс разнообразия для суммарной выборки;  $H_n$  – среднее значение индекса разнообразия выборки для популяций;  $F_n$  – индекс разнообразия выборки внутри популяций;  $F_{mn}$  – индекс межпопуляционного разнообразия.

Четыре из исследованных пробных площадей с тополем чёрным приурочены к очагам наблюдаемой гибридизации. Доля опушённых особей здесь колебалась от 22,3 до 73,3 %. Пять из исследованных популяций располагаются вне очагов скрещивания и отличаются большим количеством особей без опушения (90–97 %) (табл. 3). Сопряжённость увеличения доли опушённых особей в популяциях, приуроченных к очагам гибридизации с *P. laurifolia*, подтверждается коэффициентом корреляции Шарлье:  $r = 0,201$ ,  $m_r = 0,055$ ,  $T_r = 3,65$ . Полученная величина  $T_r$  превышает табличное даже для уровня значимости  $P < 0,001$ . Следовательно, признак опушения у *P. nigra* в бассейне реки Томи можно рассматривать как фенотипическое проявление интрогрессии соответствующих генов от *P. laurifolia*. То, что опушение у чёрных тополей имеет гибридную природу, впервые отметил Р. В. Камелин [31, с. 186–187]: «При близости экологии предковых чёрных и бальзамических тополей эти группы неоднократно обменивались признаками гибридизации».

Опушённые по нижней стороне листьев южные расы евразийских осокорей также гибридогенны, возникли при участии бальзамических».

Как показали исследования комплекса качественных морфологических признаков у *P. nigra* в бассейне реки Томи, его популяционная структура в существенной мере обусловлена интрогрессивной гибридизацией. В результате многомерного анализа все изученные популяции разделены на две группы. Первая – пробные площади, расположенные вне очагов гибридизации с низкой долей опушённых особей (рис. 2, I), вторая – остальные (рис. 2, II). Парное сравнение всех выборок с использованием  $\chi^2$  и критерия идентичности Животовского ( $I$ ) по частотам фенотипов подтвердило наличие этих двух групп (табл. 4). И, поскольку процессы гибридизации и интрогрессии носят очаговый характер, это и определяет значительную межпопуляционную изменчивость тополя чёрного на исследованной территории.

Таблица 3

Встречаемость особей разных морфотипов в популяциях *P. nigra* реки Томи по несмещённой оценке частот ( $p \pm S_p$ )

Морфотип	ЧИ	МА*	КИ	ГР*	ШВ	КА*	НО*	КА	СЛ
Гольный	0,966 ± 0,033	0,433 ± 0,090	0,900 ± 0,054	0,267 ± 0,080	0,966 ± 0,033	0,367 ± 0,033	0,777 ± 0,075	0,966 ± 0,033	0,933 ± 0,045
Опушённый	0,034 ± 0,033	0,567 ± 0,090	0,100 ± 0,054	0,733 ±0,080	0,034 ± 0,033	0,633 ± 0,033	0,223 ± 0,075	0,034 ± 0,033	0,067 ± 0,045

**Примечание:** ЧИ – Чистенький, КИ – Кийзак, ШВ – Швейник, КЗ – Казанково, СЛ – Славино, МА – Майзас, ГР – ГРЭС, КА – Карлык, НО – Новокузнецк, \* – популяции, приуроченные к очагам гибридизации.

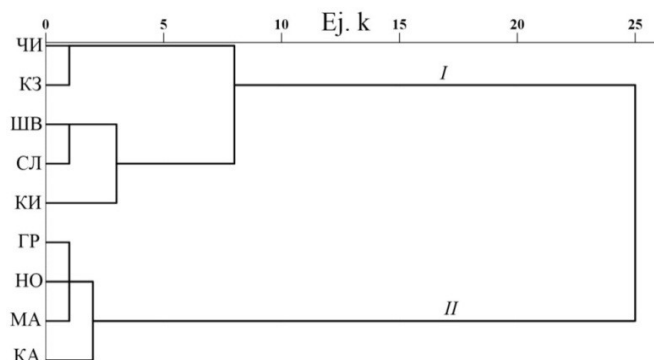


Рис. 2. Дендрограмма сходства популяций *P. nigra* реки Томи по комплексу качественных признаков: ЧИ – Чистенький, КЗ – Казанково, ШВ – Швейник, СЛ – Славино, КИ – Кийзак, ГР – ГРЭС, НО – Новокузнецк, МА – Майзас, КА – Карлык

Таблица 4

Результаты попарного сравнения выборок *P. nigra* в пойме реки Томи по частотам фенотипов

Популяции	Вне очагов гибридизации					В очагах гибридизации			
	ЧИ	КИ	ШВ	КЗ	СЛ	МА	ГР	КА	НО
ЧИ		1,92	1,32	0,00	0,48	28,44**	45,72**	38,16**	21,24**
КИ	1,83		1,8	1,92	1,56	19,20**	34,32**	28,56**	14,64**
ШВ	1,07	1,55		1,32	1,56	25,68**	42,24**	33,48**	21,12**
КЗ	0,00	1,83	1,07		0,48	28,44**	45,72**	45,12**	21,60**
СЛ	0,35	1,41	1,35	0,35		23,40**	39,24**	39,60**	17,28**
МА	23,79**	16,62**	21,37**	23,80**	20,81**		2,64	4,44	3,36
ГР	36,24**	28,31**	33,42**	36,24**	32,88**	2,42		5,40	16,80**
КА	33,23**	24,61**	29,33**	33,24**	30,26**	4,13	4,98		6,36
НО	18,85**	12,78**	18,70**	18,85**	16,23**	3,06	15,21**	5,58	

**Примечание:** \* 0,05; \*\* 0,01; выше диагонали указан критерий идентичности Животовского (I), ниже –  $\chi^2$ ; популяции: ЧИ – Чистенький, КИ – Кийзак, ШВ – Швейник, КЗ – Казанково, СЛ – Славино, МА – Майзас, ГР – ГРЭС, КА – Карлык, НО – Новокузнецк.

Как и следовало ожидать, большинство особей *P. nigra* в 2016 году не прижились. Успешно укоренились только опушённые формы: N3 (20,0 %), N5 (17,0 %) и N8 (50,0 %). Для уточнения этих предварительных результатов и снятия эффектов экологических и онтогенетических последствий выращенные из черенков растения использовались для создания маточной плантации. В результате испытаний в 2017 году указанные клоны показали следующую приживаемость: N3 (36,0 %), N5 (20,0 %) и N8 (75,0 %).

Поскольку авторам пока не удалось надёжно выявить морфологические признаки интрогрессии у *P. laurifolia*, что может быть связано с асимметричностью данного процесса [32, 33], поэтому в настоящее время можно констатировать, что гибриды F<sub>1</sub> в зоне гибридизации *P. laurifolia* и *P. nigra* морфологически уклоняются в сторону тополя лавролистного [34], а наблюдаемая интрогрессия к осокору. Возможно, такое направление поддерживается естественным отбором, позволяя особям *P. nigra* с генами *P. laurifolia* лучше осваивать субоптимальные для вида горные местообитания. В типичном случае тополь чёрный – равнинный вид, предпочитающий влажные песчаные,

супесчаные и иловатые почвы. Однако в исследованном бассейне реки Томи он встречается не только на равнинной и низкогорной, но иногда и среднегорной территориях, поднимаясь по западному склону Кузнецкого Алатау до 500 м над уровнем моря. Учитывая результаты проведённого эксперимента по оценке укореняемости одревесневших черенков и то, что способность быстро восстанавливаться вегетативно крайне важный признак в динамичных условиях горных рек, адаптивность подобной интрогрессии не вызывает сомнений.

**Заключение.** Проведённые исследования показывают, что в зонах естественной гибридизации видов рода *Populus* качественные морфологические признаки могут иметь разную природу. Отличия по выраженности полупрозрачного края листовой пластинки у *P. nigra*, наблюдаемые в зонах его спонтанного скрещивания с *P. laurifolia* в бассейнах рек Катунь, Бии и Томи, можно рассматривать как внутривидовую вариабельность таксона, не связанную с гибридизацией и обусловленную различными путями реколонизации территорий после плейстоцен-голоценового оледенения. В насаждениях р. Катунь все деревья имели листовые пластинки с хо-



рошо выраженным полупрозрачным краем, на р. Бия их количество незначительно сокращается, а в популяциях Томи они не отмечены. Наличие данного признака отражает древнюю адаптацию к аридным условиям обитания. Использование таких растений для отбора хозяйственно ценных форм потенциально может обеспечить их преимущество при рекультивации отвалов в районах угледобывающего производства.

Наличие опушённых форм *P. nigra* в зонах естественной гибридизации с

*P. laurifolia* в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны является фенотипическим проявлением интрогрессии. Признак выражен во всех популяциях, приуроченных к очагам гибридизации исследованных зон. Часть особей *P. nigra*, имеющих опушение, характеризуется высокой укореняемостью одревесневших черенков, поэтому использование данного наглядного признака позволит скорректировать программы по отбору его хозяйственно ценных форм.

### Список литературы

1. Gene flow between cultivated poplars and native black poplar (*Populus nigra* L.) a case study along the river Meuse on the Dutch-Belgian border / Vanden Broeck A., Storme V., Cottrell J.E., et al. // Forest Ecology and Management. 2004. Vol. 197. Pp. 307–310.
2. Heinze B. Genetic trace of cultivated hybrid poplars in the offspring of native *Populus nigra* in Austria // Preslia. 2008. Vol. 80. Pp. 365–374.
3. Short-distance gene flow in *Populus nigra* L accounts for small-scale spatial genetic structures: implications for insitu conservation measures / Rathmacher G., Niggemann M., Kohnen M., et al. // Conservation Genetics. 2009. Vol. 11. Pp. 1327–1338.
4. Šiler B., Skorić M., Mišić D., Kovačević B., Jelić M., Patenković A., Kurbalija Z.N. Variability of European Black Poplar (*Populus nigra*) in the Danube Basin // Vojvodinašume, Novi Sad, 2014. 128 p.
5. Čortan D., Tubić B., Šijačić-Nikolić M., Borota D. Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in vojvodina, Serbia // Izvorni znanstveni članci. 2015. Vol. 5 (6). Pp. 245–252.
6. Kajba D., Ballian D., Idžojić M., Poljak I. Leaf Morphology Variation of *Populus nigra* L. in Natural Populations along the Rivers in Croatia and Bosnia and Herzegovina // South-east European Forestry. 2015. Vol. 6 (1). Pp. 39–51.
7. Postglacial migration of *Populus nigra* L: lessons learnt from chloroplast DNA / Cottrell J.E., Krystufek V., Tabbener H.E., et al. // Forest Ecology and Management. 2005. Vol. 219. Pp. 293–312.
8. Dewoody J., Trewin H., Taylor G. Genetic and morphological differentiation in *Populus nigra* L.: isolation by colonization or isolation by adaptation? // Molecular Ecology. 2015. Vol. 24 (11). Pp. 2641–2655.
9. Genetic variation for leaf morphology, leaf structure and leaf carbon isotope discrimination: European populations of black poplar (*Populus nigra* L.) // Tree Physiology. 2015. Vol. 35. Pp. 850–863.
10. Klimov A. V., Proshkin B. V. Population and phenetic structure of laurel poplar *Populus laurifolia* Ledeb. in the Tom river basin // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2018. No. 5. Pp. 62–75 (in English with Russian abstract). DOI: 10.15372/SJFS20180506
11. Isebrands J.G., Richardson J. Poplars and willows: trees for society and the environment // Italy, fao.org. 2014. 634 p. (<http://www.fao.org/3/a-i2670e.pdf> дата обращения 20.02.19)
12. Phylogeny reconstruction and hybrid analysis of *Populus* (Salicaceae) based on nucleotide sequences of multiple single-copy nuclear genes and plastid fragments / Wang Z.S., Du S.H., Dayanandan S., Wang D.S., et al. // PloS ONE. 2014. Vol. 9: e103645. doi: 10.1371/journal.pone.0103645.
13. Ильинская И.А. Геологическая история рода *Populus* (Salicaceae) на территории бывшего СССР // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 5. С. 23–37.
14. Буданцев Л.Ю., Ильинская И.А. Ископаемые цветковые растения России и сопредельных государств. Нусцигинaceae – Salicaceae. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. Т. 4. С. 75–151.
15. Бакулин В.Т. Тополь черный в Западной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. 121 с.
16. Климов А.В., Прошкин Б.В. Морфотипическое разнообразие в популяциях *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. и *P. × jrtyschensis* Ch. Y. Yang. в зоне естественной гибридизации // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 39. С. 58–72.
17. Климов А.В., Прошкин Б.В. Фенотипическое разнообразие качественных признаков *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. и *P. × jrtyschensis* Ch. Y. Yang. в зоне естественной гибридизации // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 4. С. 468–475.
18. Fang Z.F., Zhao S.D. & Skvortsov A.K. Flora of China (EnglishVersion). Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden, St. Louis, 1999. Vol. 4. Pp. 139–274.

19. Адвентивная флора Москвы и Московской области / С.Р. Майоров, В.Д. Бочкин, Ю.А. Насимович и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 79–109.
20. *Коропачинский И.Ю.* Арборифлора Сибири. Новосибирск: Гео, 2016. 578 с.
21. *Седых В.Н., Бакулин В.Т., Тараканов В.В.* Оценка толерантности сибирских тополей по прорастанию семян на загрязнённых отходами бурения почвах // Лесоведение. 2001. № 5. С. 72–76.
22. *Тараканов В.В., Климов А.В., Прошкин Б.В.* Перспективы селекции тополя чёрного для рекультивации техногенных ландшафтов Западной Сибири // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сб. II Всероссийской (национальной) научной конференции (г. Новосибирск, 25 декабря 2017 г.) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2017. С. 327–331.
23. *Лиховид Н.И.* Интродукция деревьев и кустарников в Хакасии. Новосибирск: РАСХН. Сиб. отделение, 1994. 338 с.
24. *Животовский Л.А.* Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 270 с.
25. *Путенихин В.П., Фарукишина Г.Г., Шуганов З.Х.* Лиственница Сукачева на Урале: изменчивость и популяционно-генетическая структура. М.: Наука, 2004. 276 с.
26. *Боронникова С.В., Тихомирова Н.Н., Кравченко О.А.* Характеристика генофондов редкого лекарственного вида *Adonis vernalis* L. с использованием ISSR-маркеров // Аграрный вестник Урала. 2009. № 5 (59). С. 67–70.
27. *Паутов А.А.* Структура листа в эволюции тополей // Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей, Сер. 3. 2002. Т. 78. 164 с.
28. *Климов А.В., Прошкин Б.В., Андреева З.В.* Гибридизация видов рода *Populus* L. секций *Aigeiros* Lunell и *Tacamahaca* Mill. в природе и культуре // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 16–34.
29. *Leach By.W.* An anatomical and physiological study of the petiole in certain species of *Populus* // The New Phytologist. 1924. Vol. 23 (5). Pp. 225–239.
30. *Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Solomina O.N.* Glacial history of the Kuznetsky Alatau Mountains // Environ. Earth Science. 2015. Vol. 74 (3). Pp. 2065–2082.
31. *Камелин Р.В.* Флористический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 355 с.
32. Scale and direction of adaptive introgression between black cottonwood (*Populus trichocarpa*) and balsam poplar (*P. balsamifera*) / Suarez-Gonzalez A., Hefer C.A., Lexer C., et al. // Molecular Ecology. 2018. Vol. 27 (7). Pp. 1667–1680.
33. Adaptive Introgression and Maintenance of a Trispecies Hybrid Complex in Range-Edge Populations of *Populus* / Chhatre V.E., Evans L.M., DiFazio S.P., et al. // Molecular Ecology. 2018. PMID 30071141 doi: 10.1111/mec.14820
34. *Прошкин Б.В., Климов А.В.* Гибридизация *Populus nigra* L. и *P. laurifolia* Ledeb. (*Salicaceae*) в пойме реки Томи // Сибирский лесной журнал. 2017. № 4. С. 38–51.

Статья поступила в редакцию 04.03.19.

Принята к публикации 14.05.19.

### Информация об авторах

*ПРОШКИН Борис Владимирович* – аспирант кафедры селекции, генетики и лесоводства агрономического факультета, Новосибирский государственный аграрный университет. Область научных интересов – экология, дендрология, гибридизация. Автор 18 публикаций.

*КЛИМОВ Андрей Владимирович* – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, ООО ИнЭКА-консалтинг. Область научных интересов – дендрология, интродукция, флора. Автор 35 публикаций.

UDC 582.623.2:575.222.72(571.17)  
DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.62

**THE ROLE OF THE HISTORY OF DISSEMINATION AND INTROGRESSION  
IN THE MORPHOLOGY OF POPULUSNIGRA L. IN THE NORTH-WESTERN PART  
OF ALTAI-SAYAN MOUNTAIN COUNTRY**

**B. V. Proshkin<sup>1</sup>, A. V. Klimov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University,  
160, Dobrolyubova av., Novosibirsk, 630039, Russian Federation

<sup>2</sup>InEca-Consulting LLC,  
4, Lazo av., Novokuznetsk, 654027, Russian Federation  
E-mail: populus0709@mail.ru

**Keywords:** *Populus*; populations; morphological characters; variability; hybridization; introgression.

**ABSTRACT**

**Introduction.** The morphology of *P. nigra* remains poorly studied in the northwestern part of the Altai-Sayan mountainous country. Field studies of populations in the basins of the Tom, Biya and Katun rivers showed that there are individuals with a translucent edge of the lamina and leaf pubescence. It is difficult to consider the indicated signs as the manifestation of exclusively intraspecific variability of *P. nigra* in the indicated part of the range. Since here is a zone of its joint growth and natural crossing with *P. laurifolia* (Tacamahaca section), and some of them may be the result of introgressive hybridization. **The goal** of this study is to examine some of the morphological features of *P. nigra* in the zone of natural hybridization in the northwestern part of the Altai-Sayan highland, to identify the nature of their occurrence and practical value. **Material and methods of study.** The studies were performed in nine populations of *P. nigra* in the floodplain of the Tom river, in two - of the Katun river and in one - of the Biya river. Signs of vegetative organs were investigated using comparative morphological and anatomical methods. **Results and discussion.** In the studied plantations of the Katun river all the trees have leafy plates with a well-defined translucent edge, on the Biya river the number of such trees is slightly reduced, and they are not observed in the Tom river populations. The leaves do not differ in the anatomical structure of the leaf edge, however, the process of formation of the cuticle layer by the cells of the epidermis is different. The nature of the development of the cuticle and, as a result, a different refraction, create the effect of visibility of the border of the hypodermis along the edge of the plate in Altai plants. The symptom of pubescence in *P. nigra* is expressed in all the populations confined to the foci of hybridization. **Conclusions.** The studies have shown that in the zones of natural hybridization of species of the *Populus* genus, qualitative morphological features may have a different nature. The differences in severity of the semitransparent edge of the lamina in *P. nigra* observed in the areas of its spontaneous crossing with *P. laurifolia* in the river basins of the Katun, Biya and Tom can be considered as intraspecific taxon variability unrelated to hybridization and due to different paths of recolonization of territories after the Pleistocene-Holocene glaciation. The presence of pubescent forms of *P. nigra* is a phenotypic manifestation of introgression. The part of individuals with pubescence is characterized by a high rooting rate of woody cuttings. Therefore, the use of this visual feature will allow adjusting the program for the selection of its economically valuable forms.

**REFERENCES**

1. Vanden Broeck A., Storme V., Cottrell J.E., et al. Gene flow between cultivated poplars and native black poplar (*Populus nigra* L.) a case study along the river Meuse on the Dutch-Belgian border. *Forest Ecology and Management*. 2004. Vol. 197. Pp. 307–310.
2. Heinze B. Genetic trace of cultivated hybrid poplars in the offspring of native *Populus nigra* in Austria. *Preslia*. 2008. Vol. 80. Pp. 365–374.
3. Rathmacher G., Niggemann M., Kohnen M., et al. Short-distance gene flow in *Populus nigra* L accounts for small-scale spatial genetic structures: implications for insitu conservation measures. *Conservation Genetics*. 2009. Vol. 11. Pp. 1327–1338.
4. Šiler B., Skorić M., Mišić D., et al. Variability of European Black Poplar (*Populus nigra*) in the Danube Basin. *Vojvodinašume*, Novi Sad, 2014. 128 p.
5. Čortan D., Tubić B., Šijačić-Nikolić M., Borota D. Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in vojvodina, Serbia. *Izvorni znanstveni članci*. 2015. Vol. 5 (6). Pp. 245–252.

6. Kajba D., Ballian D., Idžojtić M., Poljak I. Leaf Morphology Variation of *Populus nigra* L. in Natural Populations along the Rivers in Croatia and Bosnia and Herzegovina. *South-east European Forestry*. 2015. Vol. 6 (1). Pp. 39–51.
7. Cottrell J.E., Krystufek V., Tabbener H.E., et al. Postglacial migration of *Populus nigra* L: lessons learnt from chloroplast DNA. *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 219. Pp. 293–312.
8. Dewoody J., Trewin H., Taylor G. Genetic and morphological differentiation in *Populus nigra* L.: isolation by colonization or isolation by adaptation?. *Molecular Ecology*. 2015. Vol. 24 (11). Pp. 2641–2655.
9. Genetic variation for leaf morphology, leaf structure and leaf carbon isotope discrimination: European populations of black poplar (*Populus nigra* L.). *Tree Physiology*. 2015. Vol. 35. Pp. 850–863.
10. Klimov A. V., Proshkin B. V. Population and phenetic structure of laurel poplar *Populus laurifolia* Ledeb. in the Tom river basin. *Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.)*. 2018. No. 5. Pp. 62–75 (in English with Russian abstract). DOI: 10.15372/SJFS20180506
11. Isebrands J.G., Richardson J. Poplars and willows: trees for society and the environment. *Italy, fao org*. 2014. 634 p. (<http://www.fao.org/3/a-i2670e.pdf> дата обращения 20.02.19)
12. Wang Z.S., Du S.H., Dayanandan S., Wang D.S., et al. Phylogeny reconstruction and hybrid analysis of *Populus* (Salicaceae) based on nucleotide sequences of multiple single-copy nuclear genes and plastid fragments. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9: e103645. doi: 10.1371/journal.pone.0103645.
13. Ilinskaya I.A. Geologicheskaya istoriya roda *Populus* (Salicaceae) na territorii byvshego SSSR [Geological history of the genus *Populus* (Salicaceae) in the territory of the former USSR]. *Botanicheskij zhurnal* [Botanical Journal]. 2003. Vol. 88. No 5. Pp. 23–37. (In Russ.).
14. Budantsev L.YU., Ilinskaya I.A. *Iskopayemye tsvetkovyye rasteniya Rossii i sopredelnykh gosudarstv. Nyctaginaceae – Salicaceae* [Fossil flowering plants of Russia and neighboring states. Nyctaginaceae – Salicaceae]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005. No 4. Pp. 75–151. (In Russ.).
15. Bakulin V.T. *Topol chernyy v Zapadnoy Sibiri* [Black poplar in Western Siberia]. Novosibirsk: Akademicheskoye izd-vo «Geo», 2007. 121 p. (In Russ.).
16. Klimov A.V., Proshkin B.V. Morfotipicheskoe raznoobrazie v populyaciyah *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. i *P. × jrtyshensis* Ch. Y. Yang. v zone estestvennoj gibridizacii [Morphotypic diversity in populations of *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. and *P. × jrtyshensis* Ch. Y. Yang. in the zone of natural hybridization]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Journal of Biology]. 2017. No 39. Pp. 58–72. (In Russ.).
17. Klimov A.V., Proshkin B.V. Fenotipicheskoe raznoobrazie kachestvennykh priznakov *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. i *P. × jrtyshensis* Ch. Y. Yang. v zone estestvennoj gibridizacii [Phenetic analysis of *Populus nigra*, *P. laurifolia* and *P. × jrtyshensis* in the hybridization zone]. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]. 2018. No 4. Pp. 468–475. (In Russ.).
18. Fang Z.F., Zhao S.D. & Skvortsov A.K. Flora of China (English Version). Science Press, Beijing & Missouri Botanical Garden, St. Louis, 1999. Vol. 4. Pp. 139–274.
19. Mayorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. *Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoy oblasti* [Adventive flora of Moscow and the Moscow region]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012. Pp. 79–109. (In Russ.).
20. Koropachinskiy I.Yu. *Arboriflora Sibiri* [Siberian Arboriflora]. Novosibirsk: Geo, 2016. 578 p. (In Russ.).
21. Sedykh V.N., Bakulin V.T., Tarakanov V.V. Otsenka tolerantnosti sibirskikh topoley po proras-taniyu semyan na zagryaznennykh otkhodami bureniya pochvakh [Assessment of tolerance of the Siberian poplars on seed germination on soil contaminated with drilling waste]. *Lesovedeniye* [Forest Science]. 2001. No 5. Pp. 72–76. (In Russ.).
22. Tarakanov V.V., Klimov A.V., Proshkin B.V. Perspektivy selekcii topolya chernogo dlya reku-l'tivatsii tekhnogennykh landshaftov Zapadnoy Sibiri [Prospects for breeding black poplar for the recultivation of man-made landscapes of Western Siberia]. *Sbornik II Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchnoy konferentsii «Rol agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii selskikh territoriy» (25 dekabrya 2017)* [Collection of the II All-Russian (National) Scientific Conference "The Role of Agrarian Science in Sustainable Development of Rural Territories" (December 25, 2017)]. Novosibirsk, 2017. Pp. 327–331. (In Russ.).
23. Likhovid N.I. *Introduktsiya derev'yev i kustarnikov v Khakasii* [The introduction of trees and shrubs in Khakassia]. Novosibirsk: RASKHN. Sib. otd-niye, 1994. 338 p. (In Russ.).
24. Zhivotovskiy L.A. *Populyatsionnaya biometriya* [Population biometrics]. Moscow: Nauka, 1991. 270 p. (In Russ.).
25. Putenikhin V.P., Farukshina G.G., Shiganov Z.Kh. *Listvennitsa Sukacheva na Urale: izmenchivost' i populyatsionno-geneticheskaya struktura* [Sukachev larch in the Urals: variability and population-genetic structure]. Moscow: Nauka, 2004. 276 p. (In Russ.).
26. Boronnikova S.V., Tikhomirova N.N., Kravchenko O.A. Kharakteristika genofondov redkogo lekarstvennogo vida *Adonis vernalis* L. s ispolzovaniyem ISSR-markerov [Characteristics of the

gene pools of a rare medicinal species *Adonis vernalis* L. using ISSR markers]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agricultural Bulletin of the Urals]. 2009. No 5 (59). Pp. 67–70. (In Russ.).

27. Pautov A.A. *Struktura lista v evolyutsii topoley* [Leaf structure in the evolution of poplars]. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, Trudy S.-Peterb. ob-va yestestvoispytateley, 2002. Ser. 3. Vol. 78. 164 p. (In Russ.).

28. Klimov A.V., Proshkin B.V., Andreyeva Z.V. Gibrizatsiya vidov roda *Populus* L. sektsiy Aigeiros Lunell i Tacamahaca Mill. v prirode i kulture [Hybridization of species of the genus *Populus* L. of the Aigeiros Lunell and Tacamahaca Mill sections. in nature and culture]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University]. 2018. No 1. Pp. 16–34. (In Russ.).

29. Leach By.W. An anatomical and physiological study of the petiole in certain species of *Populus*. *The New Phytologist*. 1924. Vol. 23 (5). Pp. 225–239.

30. Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Solomina O.N. Glacial history of the Kuznetsky Altay Moun-

tains. *Environ. Earth Science*. 2015. Vol. 74 (3). Pp. 2065–2082.

31. Kamelin R.V. *Floristicheskiy analiz yestestvennoy flory Gornoy Sredney Azii* [Floristic analysis of the natural flora of Mountainous Central Asia]. Leningrad: Nauka. 1973. 355 p. (In Russ.).

32. Suarez-Gonzalez A., Hefer C.A., Lexer C., et al. Scale and direction of adaptive introgression between black cottonwood (*Populus trichocarpa*) and balsam poplar (*P. balsamifera*). *Molecular Ecology*. 2018. Vol. 27 (7). Pp. 1667–1680.

33. Chhatre V.E., Evans L.M., DiFazio S.P., et al. Adaptive Introgression and Maintenance of a Trispecies Hybrid Complex in Range-Edge Populations of *Populus*. *Molecular Ecology*. 2018. PMID 30071141 doi: 10.1111/mec.14820.

34. Proshkin B.V., Klimov A.V. Gibrizatsiya *Populus nigra* L. i *P. laurifolia* Ledeb. (*Salicaceae*) v poyme reki Tomi [Hybridization of *Populus nigra* L. and *P. laurifolia* Ledeb. (*Salicaceae*) in the floodplain of the Tom River]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2017. No 4. Pp. 38–51. (In Russ.).

The article was received 04.03.19.

Accepted for publication 14.05.19.

**For citation:** Proshkin B. V., Klimov A. V. The Role of the History of Dissemination and Introgression in the Morphology of *Populus nigra* L. in the North-Western Part of Altai-Sayan Mountain Country. *Vestnik of Volga State University of Technology*. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management. 2019. No 2 (42). Pp. 62–74. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.62

#### Information about the authors

*Boris V. Proshkin* – graduate student of the Department of Breeding, Genetics and Forestry, Faculty of Agronomy, Novosibirsk State Agrarian University. Research interests – ecology, dendrology, hybridization. The author of 18 publications.

*Andrey V. Klimov* – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Scientific Work, InEca-Consulting LLC. Research interests – dendrology, introduction, flora. The author of 35 publications.