

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-117-132

УДК 674.031.623.23

**А.В. Климов<sup>1, 2</sup>, Б.В. Прошкин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ООО ИнЭкА-консалтинг,  
654027 г. Новокузнецк, Кемеровская обл.,  
Российская Федерация

<sup>2</sup> Кузбасский гуманитарно-педагогический институт  
Кемеровского государственного университета,  
654041 г. Новокузнецк, Кемеровская обл.,  
Российская Федерация

<sup>3</sup> Кузбасский институт  
Федеральной службы исполнения наказаний,  
654066 г. Новокузнецк, Кемеровская обл.,  
Российская федерация

## Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание на рудеральных (нарушенных) местообитаниях

Большинство известных фактов антропогенной гибридизации тополя с аборигенными таксонами наблюдаются на нарушенных (рудеральных) территориях. В Сибирском регионе их площади стабильно растут, и при этом они становятся очагами гибридизации культивара *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov с аборигенным *P. nigra* L. и представляют угрозу для местных популяционных генофондов. Цель настоящей работы – рассмотреть особенности гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra*

на нарушенных местообитаниях. Для достижения поставленной цели авторами в 2020–2022 гг. были исследованы две популяции гибридов в окрестностях г. Новокузнецка (Кузбасс). Для сравнительного изучения и анализа были использованы материалы, полученные ранее в том же районе при изучении изменчивости в насаждениях *Populus nigra* и *P. × sibirica*. Гибриды как в естественных, так и на нарушенных местообитаниях наследуют от тополя сибирского дифференциацию побегов кроны, полученную последним от предков секции *Tacamahaca* Mill. В отличие от насаждений на естественных местообитаниях, у гибридов на нарушенных участках наблюдалась изменчивость по признаку «развитие базальных желез» как на эндогенном, так и на индивидуальном уровнях. Популяции гибридов в этих условиях отличаются значительно более высоким фенотипическим разнообразием, обусловленным отсутствием действия стабилизирующего отбора. Выживание в этих условиях «разнокачественных» гибридов приводит к отсутствию в популяциях преобладающих фенотипов и невыраженности характерной для гибридизации асимметрии.

**Ключевые слова:** *Populus × sibirica*, *Populus nigra*, нарушенные местообитания, антропогенная гибридизация, популяция, изменчивость, фенотипическое разнообразие

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Климов А.В., Прошкин Б.В., Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание на рудеральных (нарушенных) местообитаниях // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 2. С. 117–132. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-117-132

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-117-132

**A.V. Klimov<sup>1, 2</sup>, B.V. Proshkin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> InEkA-Consulting LLC,  
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654027, Russian Federation

<sup>2</sup> Kuzbass Humanitarian Pedagogical Institute  
of the Kemerovo State University,  
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654041, Russian Federation

<sup>3</sup> KI of the FPS of Russia,  
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654066, Russian Federation

## Anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in Siberia. Crossbreeding in ruderal (disturbed) habitats

Most of the known facts of anthropogenic hybridization of poplar with native taxa are observed in disturbed (ruderal) territories. In the Siberian region, their areas are steadily growing and, at the same time, they become centers of hybridization of the cultivar *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov with native *P. nigra* L., and pose a threat to local population gene pools. The purpose of this work is to consider the features of hybridization of *Populus × sibirica* with *P. nigra* in disturbed habitats. To achieve the goal set by the authors in 2020–2022, two populations of hybrids were studied in the vicinity of the city of Novokuznetsk (Kuzbass). Materials obtained earlier in the same area when studying the variability in plantations of *P. nigra* and *P. × sibirica* were used for comparative study and analysis. Hybrids, both in natural and disturbed habitats, inherit from the Siberian poplar the differentiation of crown shoots obtained by the latter from the ancestors of sections *Tacamahaca* Mill. In contrast to plantations in natural habitats, hybrids in disturbed areas showed variability in terms of the development of basal glands both at the endogenous and individual levels. Populations of hybrids under these conditions are characterized by a significantly higher phenotypic diversity due to the absence of stabilizing selection. Survival of “different-quality” hybrids under these conditions leads

to the absence of prevailing phenotypes in the populations and the absence of asymmetry characteristic of hybridization.

**Key words:** *Populus × sibirica*, *Populus nigra*, disturbed habitats, anthropogenic hybridization, population, variability, phenotypic diversity

FOR CITATION: Proshkin B.V., Klimov A.V. Anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in Siberia. Crossbreeding in ruderal (disturbed) habitats. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 2. Pp. 117–132. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-2-117-132

## Введение

Известные к настоящему времени факты антропогенной гибридизации тополя, в том числе и в Сибири, наблюдаются как в естественных (пойменных), так и на рудеральных территориях – нарушенных хозяйственной деятельностью человека [Vanden Broeck et al., 2005; Thompson et al., 2010; Roe et al., 2014; Костина и др., 2016; Прошкин, Климов, 2017]. При этом именно характер местообитания (а вернее, действия естественного отбора) определяет и фенотипический состав популяций гибридов, и направление асимметрии при гибридизации и возможной последующей интрогрессии [Suarez-Gonzalez et al., 2018; Климов, Прошкин, 2021a]. В любом случае принципиальной спецификой популяций гибридов является резкий рост фенотипического разнообразия, нередко приводящий в тупик исследователя при попытке идентифицировать произрастающие здесь таксоны.

М.В. Костина с соавторами впервые отметили различия в насаждениях гибридов на естественных и рудеральных местообитаниях в Сибирском регионе [Костина и др., 2016, 2018]. Они также указали, что типичная для гибридизации асимметрия определяется этим фактором: гибриды, уклоняющиеся в сторону *Populus nigra*, тяготеют к естественным местообитаниям, а уклоняющиеся в сторону *P. × sibirica* – к рудеральным биотопам.

Большинство известных к настоящему времени фактов антропогенной гибридизации *P. × sibirica* с аборигенными таксонами в Сибири наблюдаются именно на нарушенных территориях [Thompson et al., 2010; Roe et al., 2014; Прошкин, Климов, 2019; Климов, Прошкин, 2022]. Этому в значительной степени способствует высокая урбанизация и хозяйственное освоение пойм региона, а также открытые способы добычи полезных ископаемых на значительной территории. Последние не только приводят к возникновению обширных площадей, которые

лишены естественного растительного покрова и сходны этим с приуроченными агрегациями, осваиваемыми в природе видами рода *Populus* L., но и фрагментации растительного покрова, приводящей как к снижению общего биологического разнообразия, так и способствующей контакту насаждений адвентивных растений с природными сообществами. Именно территории отвалов нередко становятся очагами биологических инвазий и представляют угрозу для сохранения соседних коренных сообществ.

В Сибирском регионе эти нарушенные территории также часто становятся очагами антропогенной гибридизации наиболее широко распространенного культивара *P. × sibirica* с аборигенным *P. nigra*, очагами (скоплениями гибридов), представляющими угрозу для местных популяционных генофондов. Поскольку в более ранней работе авторы рассмотрели особенности гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra* в естественных местообитаниях [Прошкин, Климов, 2023], цель настоящей работы – выявить их на нарушенных (рудеральных) местообитаниях.

## Материалы и методы

Для достижения поставленной цели авторами в 2020–2022 гг. были исследованы две популяции гибридов *P. × sibirica* с *P. nigra* в долине реки Томи в окрестностях Новокузнецка (Кузбасс). Для сравнительного изучения и анализа были использованы материалы, полученные ранее в этом же районе при изучении изменчивости в насаждениях *P. nigra* [Прошкин, Климов, 2019а] и *P. × sibirica* [Прошкин, Климов, 2019б]. При этом на каждом участке рандомизированно обследованы по 30 репродуктивно зрелых деревьев. С южной стороны средней части кроны проводился сбор гербарного материала. С каждой особи отбиралось по 15 полностью развитых, неповрежденных листьев с укороченных побегов.

Изученная популяция *P. nigra* располагается в окрестностях г. Новокузнецка (N53°59'26.88", E87°17'39.84"), представлена моновидовым насаждением и приурочена к ненарушенному участку поймы на правом берегу реки Томи. *P. × sibirica* отобран в насаждения г. Новокузнецка. Популяция гибридов *P. × sibirica × P. nigra* находится на левом берегу р. Томи г. Новокузнецка (N53°47'55.5", E87°08'07.7") – вне пойменных условий, на сильно нарушенной длительной хозяйственной деятельностью территории с многочисленными дорогами, канавами, ЛЭП и т.д. (далее – популяция ДОО). Вторая популяция гибридов (далее – популяция ЗСМК) располагается на границе промышленной зоны Западно-Сибирского металлургического комбината (N53°51'31.1", E87°13'12.8"),

на значительно нарушенном участке. На обоих участках, кроме гибридов, высажены вдоль дорог деревья *Populus × sibirica* и в значительном количестве *P. nigra*.

Морфологические признаки исследовались с использованием сравнительно-морфологического метода. При этом изучен комплекс признаков, рассматриваемых авторами как качественные: форма листовой пластинки, ее верхушки и основания, наличие базальных желёзок (желёзки сверху на стыке черешка и листовой пластинки) и опушение черешка. Подробное описание методов исследования и изучения фенотипической изменчивости приведены в работе авторов [Климов, Прошкин, 2021a].

Опушение черешка листа исследовалось с помощью стереоскопического микроскопа МБС–10 (ЛЗОС, Россия) при увеличении 16,3×. Степень развития трихом оценивали по следующей шкале: черешок голый, трихом нет; редко опушен, волоски рассеяны по поверхности.

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

## Результаты

Гибриды *P. × sibirica × P. nigra* как в естественных, так и на нарушенных местообитаниях наследуют от тополя сибирского дифференциацию побегов кроны, полученную последним от предков секции *Tacamahaca* Mill. (бальзамические тополи) [Прошкин, Климов, 2017; Климов, Прошкин, 2022].

У изученных таксонов наблюдаются три формы листовой пластинки: треугольная, яйцевидно-треугольная и яйцевидная. Для *P. nigra* в изученной популяции характерны яйцевидно-треугольные (96,0%) и очень редко треугольные (4,0%) листья. У *P. × sibirica* преобладают яйцевидные (56,8%) и яйцевидно-треугольные (43,2%). Гибриды отличаются наличием всех трех форм, с резким доминированием яйцевидно-треугольных (табл. 1).

К признакам, не варьирующим у видов *Populus* на эндогенном уровне (в пределах особи), относятся форма верхушки и основания листовой пластинки. Изученные родительские таксоны четко различаются по указанным признакам (см. табл. 1). Гибриды по форме основания уклонились к *P. × sibirica*, а по верхушке – к *P. nigra*.

Признак опушения листа мало информативен для анализа скрещивания *P. × sibirica* с *P. nigra* в условиях юга Сибири, где он у *P. nigra* является фенотипическим проявлением интрогрессивной гибридизации с *P. laurifolia* Ledeb. [Прошкин, Климов, 2019a; Климов, Прошкин, 2021a].

Таблица 1

**Встречаемость качественных признаков в насаждениях по несмещенной оценке частот ( $p \pm Sp$ )**  
**[Occurrence of qualitative traits in plantations according to unbiased frequency estimation ( $p \pm Sp$ )]**

Признак [Sign]	Вариация [Variations]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
			*	**	
Форма листовой пластинки [Leaf blade shape]	Треугольная [Triangular]	18 / 0,04 ± 0,009	46 / 0,102 ± 0,014	14 / 0,031 ± 0,016	0
	Яйцевидно-треугольная [Ovoid-triangular]	432 / 0,960 ± 0,009	356 / 0,791 ± 0,014	371 / 0,824 ± 0,016	195 / 0,432 ± 0,023
	Яйцевидная [Ovoid]	0	48 / 0,107 ± 0,014	65 / 0,145 ± 0,016	255 / 0,568 ± 0,023
Форма основания пластинки [Plate base shape]	Клиновидное [Wedge-shaped]	30 / 1,000	2 / 0,06 ± 0,043	5 / 0,166 ± 0,067	0
	Округло-клиновидная [Rounded-wedge]	0	28 / 0,940 ± 0,043	25 / 0,834 ± 0,067	30 / 1,000
Форма верхушки пластинки [The shape of the plate tops]	Удлиненно-остроконечная [Elongated-pointed]	30 / 1,000	17 / 0,566 ± 0,090	21 / 0,7 ± 0,083	0
	Заостренная [Pointed]	0	13 / 0,434 ± 0,090	9 / 0,3 ± 0,083	30 / 1,000

Окончание табл. 1

Признак [Sign]	Вариация [Variations]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
			*	**	
Опушение черешка [Petiole pubescence]	Голый [No pubescence]	29 / 0,966 ± 0,033	15 / 0,5 ± 0,091	16 / 0,534 ± 0,091	9 / 0,300 ± 0,083
	Опушенный [Pubescent]	1 / 0,034 ± 0,033	15 / 0,5 ± 0,091	14 / 0,466 ± 0,091	21 / 0,700 ± 0,083
Листья с желёзками [Leaves with glands]	0	450 / 1,000	393 / 0,873 ± 0,015	303 / 0,673 ± 0,022	100 / 0,222 ± 0,019
	1	0	34 / 0,075 ± 0,012	86 / 0,191 ± 0,018	150 / 0,333 ± 0,022
	2	0	23 / 0,052 ± 0,012	61 / 0,135 ± 0,016	200 / 0,445 ± 0,023
Наличие желёзок (количество деревьев) [Presence of glands (number of trees)]	Без желёзок [Noglands]	30 / 1,000	23 / 0,766 ± 0,077	10 / 0,333 ± 0,086	0
	С желёзками [With glands]	0	7 / 0,234 ± 0,077	20 / 0,777 ± 0,086	30 / 1,000

Примечание. p – частота морф; Sp – ошибка частоты морф. \* Вне пойменных условий, на сильно нарушенной длительной хозяйственной деятельностью территории с многочисленными дорогами, канавами, ЛЭП и т.д. \*\* На границе промышленной зоны Западно-Сибирского металлургического комбината.

[Note. p – morph frequency; Sp – error morph frequency. \* – Outside floodplain conditions, in a territory heavily disturbed by long-term economic activity with numerous roads, ditches, power lines, etc. \*\* On the border of the industrial zone of the West Siberian Metallurgical Plant.]



Важнейшим морфологическим признаком, позволяющим идентифицировать гибриды *Populus × sibirica* с *P. nigra*, в естественных местообитаниях является развитие базальных желёзок в основании листовой пластинки. Для тополя черного они не характерны, у сибирского обычно преобладают листья с двумя желёзками. В пределах дерева у *P. × sibirica* встречаются листья и без желёзок, но на уровне популяции они выражены у всех особей (индивидуальной изменчивости нет). В изученных популяциях гибридов этот признак в значительной степени варьировал и на эндогенном, и на индивидуальном уровнях. При этом наблюдалась значительная доля как листовых пластинок, так и особей без желёзок (см. табл. 1).

По сочетанию изученных качественных морфологических признаков у *P. × sibirica* выявлено четыре фенотипа. Преобладают особи (53,4%) с опушенными листовыми пластинками яйцевидной формы с округленно-клиновидным основанием и заостренной верхушкой. В популяции *P. nigra* выявлено три фенотипа, с резким преобладанием деревьев (93,4%) с голыми листовыми пластинками яйцевидно-треугольной формы с клиновидным основанием и удлинено-остроконечной верхушкой. По индексу Животовского, отражающему внутрипопуляционное разнообразие, исследованные насаждения *P. nigra* несколько уступают *P. × sibirica* (табл. 2).

Показатели фенотипического разнообразия популяций гибридов *P. × sibirica × P. nigra* на исследованных нарушенных местообитаниях в 3–4 раза выше, чем у родительских таксонов. Так, в популяции ДОЗ количество наблюдаемых фенотипов составило 8, в популяции ЗСМК – 12. Индекс Животовского почти в 7–10 раз превысил аналогичный показатель в насаждении *P. nigra*.

Таблица 2

**Встречаемость фенотипов и показатель  
внутрипопуляционного разнообразия Животовского  
[Occurrence of phenotypes and index  
of intrapopulation diversity of Zhivotovsky]**

Фенотип [Phenotype]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
		*	**	
Черешок листа голый, листовая пластинка треугольная, основание листовой пластинки клиновидное, верхушка пластинки удлинено-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade triangular, the base of the leaf blade is wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	1 / 0,033	1 / 0,033	0	0

Продолжение табл. 2

Фенотип [Phenotype]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
		*	**	
Черешок листа голый, листовая пластинка треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	2 / 0,066	0	0
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	28 / 0,934	1 / 0,033	1 / 0,033	0
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	5 / 0,166	9 / 0,303	0
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	6 / 0,20	3 / 0,1	5 / 0,166
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	0	1 / 0,033	0

Продолжение табл. 2

Фенотип [Phenotype]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
		*	**	
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	0	1 / 0,033	0
Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	0	1 / 0,003	4 / 0,134
Черешок листа опушен, листовая пластинка треугольная, основание листовой пластинки клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole pubescent, leaf blade triangular, the base of the leaf blade is wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	0	1 / 0,033	0
Черешок листа опушен, листовая пластинка треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole pubescent, leaf blade triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	2 / 0,066	0	0
Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	1 / 0,033	0	2 / 0,066	0

Окончание табл. 2

Фенотип [Phenotype]	<i>Populus nigra</i>	<i>Populus × sibirica × P. nigra</i>		<i>Populus × sibirica</i>
		*	**	
Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	8 / 0,270	6 / 0,2	0
Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	5 / 0,166	3 / 0,1	5 / 0,166
Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed]	0	0	1 / 0,033	0
Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed]	0	0	1 / 0,033	16 / 0,534
Итого [Total]	30 / 1	30 / 1	30 / 1	30 / 1
μ	1,763	7,043	11,614	3,648
σμ	0,269	0,473	0,386	0,206

Примечание. μ – показатель внутривидового разнообразия Животовского; σμ – ошибка показателя Животовского. \* Вне пойменных условий, на сильно нарушенной длительной хозяйственной деятельностью территории с многочисленными дорогами, канавами, ЛЭП и т.д. \*\* На границе промышленной зоны Западно-Сибирского металлургического комбината

[Note. μ is an indicator of the intrapopulation diversity of Zhivotovsky; σμ is the error of the Zhivotovsky exponent. \* Outside floodplain conditions, in a territory heavily disturbed by long-term economic activity with numerous roads, ditches, power lines, etc. \*\* On the border of the industrial zone of the West Siberian Metallurgical Plant.]

## Обсуждение

По морфологии листовых пластинок изученные признаки гибридов *Populus × sibirica* с *P. nigra* часто промежуточные, но в целом ближе к *P. nigra*, хотя по дифференциации побегов кроны прослеживается асимметрия в сторону *P. × sibirica*. Вероятно, такой габитус обусловлен участием черного тополя в возникновении *P. × sibirica* [Скворцов, 2007; Адвентивная флора, 2012; Климов и др., 2018]. Возможно, что в изученных популяциях мы наблюдаем не только гибриды  $F_1$  поколения, но и беккроссы, преимущественное возникновение которых с тополем черным связано как с широким его распространением на исследованных территориях, так и общей генетической природой.

Рост фенотипического разнообразия в популяциях гибридов на рудеральных территориях значительно превосходит подобный на естественных (пойменных) местообитаниях. В фенотипическом составе гибридных популяций абсолютно отсутствуют не только доминирующие, но даже многочисленные фенотипы. Многие из них, напротив, представлены одним деревом. Поэтому явно выраженной асимметрии в гибридном потомстве при скрещивании *P. × sibirica* с *P. nigra* на нарушенных участках не наблюдается.

Такой рост фенотипического разнообразия, на наш взгляд, связан со слабым действием или отсутствием стабилизирующего естественного отбора, определяющего состав популяций аборигенных пойменных видов и гибридов в условиях узкой специализации к пойменным местообитаниям. На нарушенных местообитаниях факторы и направления отбора иные, поэтому возможности для выживания «разнокачественных» гибридов выше.

Учитывая все возрастающую антропогенную нагрузку на природу Сибирского региона, появление и расширение очагов антропогенной гибридизации и инвазий, несущих потенциальную угрозу генофондам местных видов, с одной стороны, необходимо, усилить контроль над ними, а с другой – важно их пристальное изучение как объектов, интересных для отбора в культуру ценных форм спонтанных гибридов.

## Выводы

1. Популяции гибридов *P. × sibirica* с *P. nigra*, развитые на нарушенных (рудеральных) местообитаниях, в отличие от естественных (пойменных), характеризуются значительно более высоким фенотипическим разнообразием, обусловленным отсутствием действия стабилизирующего отбора.

2. Выживание в этих условиях «разнокачественных» гибридов приводит к отсутствию в популяциях преобладающих фенотипов и невыраженности характерной для гибридизации асимметрии.

## Библиографический список / References

Адвентивная флора Москвы и Московской области / Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербаков А.В. М., 2012. [Maiorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoi oblasti [Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoy oblasti]. Moscow, 2012.]

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 НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018. № 1. С. 16–34. [Klimov A.V., Proshkin B.V., Andreeva Z.V. Hybridization of species of the genus *Populus* L. sections *Aigeiros* Lunell and *Tacamahaca* Mill. *Bulletin of NSAU*. 2018. No. 1. Pp. 16–34. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Интрогрессивная гибридизация *Populus laurifolia* Ledeb. и *P. nigra* L. в бассейне реки Томи: масштабы, направление и значение // Сибирский лесной журнал. 2021а. № 2. С. 43–52. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Introgressive hybridization of *Populus laurifolia* Ledeb. and *P. nigra* L. in the Tom river basin: Scale, direction and significance. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal*. 2021. No. 2. Pp. 43–52. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Морфология *Populus suaveolens* Fisch. в популяциях Северо-Востока России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021б. № 55. С. 19–41. [Klimov A.V., Proshkin B.V. *Populus suaveolens* Fisch. morphology in the populations of the North-East of Russia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2021. No. 55. Pp. 19–41. (In Rus.)]

Костина М.В., Чиндяева Л.Н., Васильева Н.В. Гибридизация *Populus × sibirica* G. Krylov et Grig. ex Skvortsov и *P. nigra* L. в Новосибирске // Социально-экологические технологии. 2016. № 4. С. 20–31. [Kostina M.V., Chindyayeva L.N., Vasilieva N.V. Hybridization between *Populus × sibirica* G. Krylov et Grig. ex Skvortsov and *P. nigra* L. in Novosibirsk. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2016. No. 4. Pp. 20–31. (In Rus.)]

Костина М.В., Васильева Н.В., Насимович Ю.А. Природные и культивируемые тополя Иркутской области и Бурятии // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 9–21. [Kostina M.V., Vasilieva N.V., Nasimovich Yu.A. Natural and cultivated poplars of Irkutsk Province and Buryat Republic. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2018. № 3. Pp. 9–21. (In Rus.)]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Спонтанная гибридизация *Populus sibirica* и *P. nigra* в городе Новокузнецке (Кемеровская область) // *Turczaninowia*. 2017. № 4. С. 206–218. [Proshkin B.V., Klimov A.V. Spontaneous hybridization of *Populus × sibirica* and *P. nigra* in the city of Novokuznetsk (Kemerovo region). *Turczaninowia*. 2017. No. 4. Pp. 206–218. (In Rus.)]

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. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019а. № 42. С. 62–74. [Proshkin B.V., Klimov A.V. The role of the history of settlement and introgression in the morphology of *Populus nigra* L. in the northwestern part of the Altai-Sayan Mountainous Country. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No. 42. Pp. 62–74. (In Rus.)]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Изменчивость количественных и качественных признаков *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov // Социально-экологические технологии. 2019б. Т. 9. № 2. С. 162–175. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175 [Proshkin B.V., Klimov A.V. Variability of quantitative and qualitative traits of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. No. 2. Pp. 162–175. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание в естественных местообитаниях // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 41–56. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56 [Proshkin B.V., Klimov A.V. Anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in Siberia. Crossbreeding in natural habitats. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 41–56. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56]

Скворцов А.К. О сибирском бальзамическом тополе // Бюллетень Главного ботанического сада. 2007. Вып. 193. С. 41–45. [Skvortsov A.K. About the Siberian balsam poplar. *Bulletin of the Main Botanical Garden*. 2007. Vol. 193. Pp. 41–45. (In Rus.)]

Roe A.D., MacQuarrie C.J., Gros-Louis M.C. et al. Fitness dynamics within a poplar hybrid zone: II. Impact of exotic sex on native poplars in an urban jungle. *Ecology Evolution*. 2014. Vol. 4. No. 9. Pp. 1876–1889.

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. No. 7. Pp. 1667–1680.

Thompson S.L., Lamothe M., Meirmans P.G. et al. Repeated unidirectional introgression towards *Populus balsamifera* in contact zones of exotic and native poplars. *Molecular Ecology*. 2010. Vol. 19. Pp. 132–145.

Vanden Broeck A., Villar M., Van Bockstaele E., Van Slycken J. Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: Evidence and consequences for native poplar populations. *Annals of Forest Science*. 2005. Vol. 62. Pp. 601–613.

Статья поступила в редакцию 10.01.2023, принята к публикации 19.02.2023  
The article was received on 10.01.2023, accepted for publication 19.02.2023

## Сведения об авторах / About the authors

**Климов Андрей Владимирович** – кандидат биологических наук; директор по научной работе, ООО «ИнЭкА-консалтинг»; доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк, Кемеровская обл.

**Andrey V. Klimov** – PhD in Biology; scientific director, InEkA-Consulting LLC; associate professor at the Department of Natural Sciences, Kuzbass Humanitarian Pedagogical Institute of the Kemerovo State University, Novokuznetsk, Kemerovo region, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6750-4807>

E-mail: [populus0709@mail.ru](mailto:populus0709@mail.ru)

**Прошкин Борис Владимирович** – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник организационно-научного и редакционно-издательского отделения, Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний, г. Новокузнецк, Кемеровская обл.

**Boris V. Proshkin** – PhD in Biology; senior researcher at the Organizational-scientific and Editorial-publishing Department, KI of the FPS of Russia, Novokuznetsk, Kemerovo region, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-9879>

E-mail: [boris.vladimirovich.93@mail.ru](mailto:boris.vladimirovich.93@mail.ru)

## Заявленный вклад авторов

**А.В. Климов** – общее руководство направлением исследования, обработка данных, участие в подготовке текста статьи

**Б.В. Прошкин** – анализ и интерпретация результатов обработки данных, подготовка текста статьи

## Contribution of the authors

**A.V. Klimov** – general management of the research direction, data processing, participation in the preparation of the text of the article

**B.V. Proshkin** – analysis and interpretation of the results of data processing, preparation of the text of the article

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript