

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175

Б.В. Прошкин¹, А.В. Климов²¹ Новосибирский государственный аграрный университет,
630039 г. Новосибирск, Российская Федерация² ООО «ИнЭКА-консалтинг»,
654027 г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Российская Федерация

Изменчивость количественных и качественных признаков *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov

Цель настоящей работы – выявить уровень фенотипического разнообразия морфологических признаков листьев *Populus × sibirica*, в том числе качественных признаков-фенов. Для выявления вариабельности авторами было обследовано 90 деревьев, на которых были обмерены 1350 листьев в зеленых насаждениях городов Новосибирска, Новокузнецка и Бердска. При анализе качественных признаков морфологическими маркерами выбраны: опушение листа, развитие базальных желез, форма листовой пластинки, ее основания и верхушки. Проведенные исследования выборок *P. × sibirica* показали, что для него характерна очень низкая и низкая вариабельность количественных признаков листа, преобладание листовых пластинок яйцевидной формы и листьев с развитыми базальными железками (78–89%). Близкие показатели усредненной эндогенной и индивидуальной изменчивости отражают его культурное происхождение. Вероятно, *P. × sibirica* в Сибирском регионе представляет собой несколько клонов, отобранных из одной гибридной семьи. Ряд изученных морфологических качественных признаков листа, отличающихся отсутствием эндогенной изменчивости, можно отнести к фенам: форму верхушки и форму основания листовой пластинки, а также характер развития опушения. Самым спорным вопросом в происхождении *P. × sibirica* остается наличие в основании листовой пластинки базальных желез.

Ключевые слова: *Populus*, гибридизация, культивары, морфологические признаки, изменчивость.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: 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. 2019. Т. 9. № 2. С. 162–175. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175.

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175

B.V. Proshkin¹, A.V. Klimov²

¹ Novosibirsk State Agrarian University,
Novosibirsk, 630039, Russian Federation

² InEca-Consulting LLC,
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654027, Russian Federation

Variability of quantitative and qualitative characteristics of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov

The purpose of this work is to identify the level of phenotypic diversity of the morphological features of *Populus × sibirica* leaves, including qualitative signphenes. To reveal the variability, the authors examined 90 trees, on which 1,350 leaves were measured in the green areas of the cities of Novosibirsk, Novokuznetsk and Berdsk. When analyzing the qualitative features, there were selected the following morphological markers: leaf pubescence, development of basal glands, leaf form, its base and apex. The conducted studies of *P. × sibirica* samples showed that it is characterized by very low and low variability of the quantitative traits of a leaf. Leaf-shaped ovoid plates and leaves with developed basal glands (78–89%) are predominant. Close indicators of averaged endogenous and individual variability reflect its cultural origin. Probably, *P. × sibirica* in the Siberian region consists of several clones selected from the same hybrid family. A number of studied morphological qualitative features of a leaf, which are distinguished by the absence of endogenous variability, can be attributed to phenes: the shape of the apex and the shape of the base of the lamina, as well as the nature of the development

of pubescence. The most controversial issue in the origin of *P. × sibirica* remains the presence of basal glands at the base of the leaf blade.

Key words: *Populus*, hybridization, cultivars, morphological features, variability.

CITATION: Proshkin B.V., Klimov A.V. Variability of quantitative and qualitative characteristic of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. № 2. Pp. 162–175. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175.

Populus × sibirica (тополь сибирский) – сложный гибрид, возникший в результате скрещивания видов секций *Aigeiros* Lunell и *Tacamahaca* Mill. Его точное происхождение остается не известным [Адвентивная флора..., 2012; Климов и др., 2018; Костина и др., 2018]. Морфологические особенности и гибридная природа происхождения таксона уже рассматривались авторами в ряде работ, как и его отличия от *P. balsamifera* L. с которым он ранее отождествлялся [Прошкин, Климов, 2017a; Климов и др., 2018; Климов, Прошкин, 2018a]. *P. × sibirica* широко распространен в озеленении и защитном лесоразведении в Сибири и за ее пределами [Бакулин, 1990]. Последнее нередко приводит к контакту его насаждений с популяциями местных видов, обеспечивая тем самым возможности проникновения экзотических генов в природные геофонды. Факты спонтанной гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra* L. неоднократно фиксировались в регионе [Костина и др., 2016, 2018; Прошкин, Климов, 2017a].

В ходе полевых исследований, проведенных в 2016–2018 гг. на нарушенных участках на территории Кемеровской области, авторами были выявлены многочисленные очаги антропогенной гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra* и отдельные – с аборигенным *P. laurifolia* Ledeb. (г. Мыски) и культивируемым *P. suaveolens* Fisch. (г. Кемерово). Изучение любой зоны гибридизации, безусловно, базируется на данных об изменчивости родительских таксонов. Как мы уже отмечали ранее, важнейшими признаками выявления гибридов, возникших в результате скрещивания видов секций *Aigeiros* и *Tacamahaca*, являются дифференциация побегов кроны, морфология листа и особенности петиолярной анатомии [Прошкин, Климов, 2018; Климов, Прошкин, 2018b]. Однако идентификация и описание возникающих в ходе наблюдаемых спонтанных скрещиваний гибридов затрудняется отсутствием данных о вариабельности морфологии листьев *P. × sibirica*.

Цель настоящей работы – выявить уровень фенотипического разнообразия морфологических признаков листьев *P. × sibirica*, в том числе качественных признаков-фенов.

Материалы, методы и район проведения исследования

Для выявления вариабельности *Populus × sibirica* авторами были обследованы зеленые насаждения городов Новосибирска, Новокузнецка (Кемеровская обл.) и Бердска (Новосибирская обл.). В каждом с 30 рандомизированно отобранных репродуктивно зрелых деревьев, с южной стороны средней части кроны, проводился сбор гербарного материала. С каждой особи отбиралось по 15 полностью развитых, неповрежденных листьев, только со средней части укороченных побегов [Прошкин, Климов, 2017б]. Всего было обследовано 90 деревьев, на которых были измерены 1350 листьев.

На каждом листе были изучены следующие морфометрические признаки.

Основные: L – длина листовой пластинки (мм); D – максимальная ширина листовой пластинки (мм); P – длина черешка (мм); A – расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием (мм).

Производные: P/L – длина черешка / длина листовой пластинки; D/L – максимальная ширина листовой пластинки / длина листовой пластинки; A/L – расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием / длина листовой пластинки.

Измерения основных морфометрических признаков проводились с помощью программы «Axio Vision 4.8.2» [ZEISS, 2018]. Графическое представление и статистическую обработку всех полученных данных проводили с помощью программ Excel и IBM SPSS Statistics 23.0 software [IBM..., 2018]. Анализ вариабельности исследованных признаков проводился на разных иерархических уровнях выборки в пределах каждой особи (эндогенная изменчивость) и в пределах пробной площади (индивидуальная). При этом рассчитывали основные параметры описательной статистики: среднюю арифметическую (\bar{x}), ее ошибку (m), максимальное и минимальное значение, стандартное отклонение (σ) и коэффициент вариации (CV , %). Для проверки различий в морфологии использовали дисперсионный анализ ANOVA, приняв за критичный уровень значимость $p < 0,001$ [Гласс, Стенли, 1976; Ивантер, Коросов, 2003]. Оценку уровней изменчивости признаков осуществляли по эмпирической шкале С.А. Мамаева (1972).

При анализе качественных признаков в качестве морфологических маркеров выбраны: опушение листа, развитие базальных желез, форма листовой пластинки, ее основания и верхушки.

Степень развития трихом и базальных желез (экстрафлоральные нектарники в основании листовой пластинки) исследовалась с помощью стереоскопического микроскопа МБС–10 (ЛЗОС, Россия) при увеличении 16,3×.

Определение формы листовой пластинки проводили, используя диапазоны отношения A/L , установленные ранее: $<0,25$ – треугольная; $0,25-0,35$ – яйцевидно-треугольная; $0,35-0,45$ – яйцевидная; $0,45-0,65$ – эллиптическая; $>0,65$ – обратнойцевидная [Климов, Прошкин, 2018в]. Форму основания и верхушки определяли по атласу авторства Ал.А. Федорова, М.Э. Кирпичникова М.Э., З.Т. Артюшенко (1956).

Для оценки изменчивости использовали обобщенные показатели, предложенные Л.А. Животовским (1991) и В.П. Путенихиным с соавторами (2004). Анализ разнообразия качественных признаков, удовлетворяющих критериям фена, проводили согласно методическим рекомендациям, разработанным А.И. Видякиным (2004).

Результаты

Проведенные исследования количественных признаков листа показали, что изученные выборки из зеленых насаждений городов Новосибирска, Новокузнецка и Бердска достоверно отличаются только по двум признакам: P – длине черешка и индексу P/L (табл. 1). В целом вариативность всех исследованных признаков во всех выборках очень низкая или низкая. Очень мало варьируют индексы D/L и A/L , отражающие изменчивость формы листовой пластинки. На среднем уровне варьировала только длина черешка.

Таблица 1

Изменчивость морфометрических признаков листа
Populus × sibirica
[The variability of morphometric characteristics of the sheet
Populus × sibirica]

Признак [Indication]	Насаждения [Planting]	$\bar{x} \pm m$	min–max	$\pm y$	$CV, \%$	F
L	Бердск [Berdsk]	$91,10 \pm 0,38$	68–116	8,26	9,06	3,588
	Новосибирск [Novosibirsk]	$91,20 \pm 0,41$	72–108	8,71	9,55	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	$87,20 \pm 0,42$	58–116	8,98	10,29	
D	Бердск [Berdsk]	$58,30 \pm 0,24$	48–72	5,11	8,76	2,728
	Новосибирск [Novosibirsk]	$57,30 \pm 0,22$	44–68	4,84	8,44	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	$55,90 \pm 0,26$	38–72	5,69	10,17	

Окончание табл. 1

Признак [Indication]	Насаждения [Planting]	$\bar{x} \pm m$	min-max	$\pm y$	CV, %	F
P	Бердск [Berdsk]	53,30 ± 0,32	36–70	6,85	12,85	33,089
	Новосибирск [Novosibirsk]	48,60 ± 0,27	34–64	5,77	11,87	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	44,50 ± 0,31	28–68	6,71	15,07	
A	Бердск [Berdsk]	32,60 ± 0,13	24–38	2,78	8,52	7,599
	Новосибирск [Novosibirsk]	32,30 ± 0,14	24–42	3,02	9,34	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	30,60 ± 0,14	20–42	3,15	10,29	
P/L	Бердск [Berdsk]	0,58 ± 0,003	0,39–0,76	0,07	12,06	36,241
	Новосибирск [Novosibirsk]	0,53 ± 0,002	0,38–0,72	0,05	9,43	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	0,51 ± 0,002	0,32–0,70	0,05	9,81	
A/L	Бердск [Berdsk]	0,35 ± 0,001	0,31–0,43	0,02	5,71	1,617
	Новосибирск [Novosibirsk]	0,35 ± 0,001	0,31–0,41	0,02	5,71	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	0,35 ± 0,001	0,28–0,42	0,02	5,71	
D/L	Бердск [Berdsk]	0,64 ± 0,001	0,53–0,73	0,03	4,68	2,055
	Новосибирск [Novosibirsk]	0,62 ± 0,001	0,55–0,72	0,03	4,83	
	Новокузнецк [Novokuznetsk]	0,64 ± 0,002	0,48–0,75	0,04	6,25	

Пр и м е ч а н и е. L – длина листовой пластинки, мм; D – максимальная ширина листовой пластинки, мм; P – длина черешка, мм; A – расстояние между самой широкой частью листовой пластинки и ее основанием, мм.

[N o t e: L is the length of the leaf blade (mm); D is the maximum width of the leaf blade (mm); P – petiole length (mm); A is the distance between the widest part of the leaf blade and its base (mm).]

Уровни усредненной эндогенной и индивидуальной изменчивости в изученных насаждениях относительно близки (табл. 2), что резко отличает *Populus × sibirica* от аборигенных видов *Populus*. В частности,

у *Populus nigra* и *P. laurifolia* уровень индивидуальной изменчивости в 1,5–2 раза выше эндогенной, что наблюдается как по отдельным признакам, так и обобщающим коэффициентам [Климов, Прошкин, 2018 г].

Таблица 2

Уровни изменчивости количественных признаков листьев
[Levels of variability of leaf quantification]

Насаждения [Planting]	$CV_{эн}$, %	$CV_{ин}$, %
Бердск [Berdsk]	6,92	8,81
Новосибирск [Novosibirsk]	6,09	8,45
Новокузнецк [Novokuznetsk]	6,12	9,65

Примечание. $CV_{эн}$ – усредненный коэффициент эндогенной изменчивости; $CV_{ин}$ – наблюдаемый коэффициент индивидуальной вариации, непосредственно установленный для каждой выборки.

[Note. $CV_{эн}$ – averaged coefficient of endogenous variability; $CV_{ин}$ is the observed coefficient of individual variation, directly established for each sample.]

На эндогенном уровне у *P. × sibirica* отсутствует изменчивость по трем из рассматриваемых качественных признаков листа: форме верхушки, форме основания листовых пластинок и опушению листа. На укороченных побегах в средней части кроны у всех листьев одного дерева всегда выражена только одна форма верхушки и основания листовой пластинки: верхушка всегда заостренная, основание округленно-клиновидное. Во всех изученных насаждениях резко преобладали особи с опушенными черешками и листовыми пластинками (табл. 3).

Таблица 3

Встречаемость качественных признаков в насаждениях
по несмещенной оценке частот ($p \pm S_p$)
[Occurrence of qualitative signs in plantations
by unbiased frequency estimation ($p \pm S_p$)]

Признак [Indication]	Вариация [Variation]	Бердск [Berdsk]	Новосибирск [Novosibirsk]	Новокузнецк [Novokuznetsk]
Форма листовой пластинки [Leaf blade shape]	Яйцевидно-треугольная [Ovoid Triangular]	0,375 ± 0,022	0,422 ± 0,023	0,432 ± 0,023
	Яйцевидная [Ovoid]	0,625 ± 0,022	0,578 ± 0,023	0,568 ± 0,023

Признак [Indication]	Вариация [Variation]	Бердск [Berdsk]	Новосибирск [Novosibirsk]	Новокузнецк [Novokuznetsk]
Форма основания пластинки [Leaf base shape]	Округленно-клиновидная [Rounded wedge-shaped]	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000
Форма верхушки пластинки [Leaf apex shape]	Заостренная [Pointed]	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000
Опушение листа [Leaf pubescence]	Голый [Naked]	0,234 ± 0,077	0,167 ± 0,068	0,300 ± 0,083
	Опушенный [Pubescent]	0,766 ± 0,077	0,833 ± 0,068	0,700 ± 0,083
Количество базальных желез [The number of basal glands]	0	0,111 ± 0,014	0,222 ± 0,019	0,222 ± 0,019
	1	0,266 ± 0,020	0,222 ± 0,019	0,333 ± 0,022
	2	0,623 ± 0,022	0,556 ± 0,023	0,445 ± 0,023

У *Populus × sibirica* обнаружено две формы пластинки листа: яйцевидно-треугольная и яйцевидная (см. табл. 3). Как у исследованных ранее *P. nigra*, *P. laurifolia* и *P. × jrtyschensis* Ch. Y. Yang., у *P. × sibirica* в пределах одного дерева можно наблюдать сразу несколько форм листовой пластинки, хотя резко преобладает одна из них [Климов, Прошкин, 2018в]. Во всех изученных насаждений наиболее распространены яйцевидные листья (56,8–62,5%).

В выборках преобладали листья с развитыми базальными железками (78–89%). У большинства исследованных особей в основании листовой пластинки их две, реже одна, они выражены не на всех листьях, но встречаются на каждом дереве, на листьях всех типов побегов (см. табл. 3). Доля листьев без железок в пределах одного дерева варьирует от 7 до 40%.

Обсуждение результатов

Анализ эндогенной изменчивости рассматривается как первый этап исследования количественных признаков [Банаев, Шемберг, 2000], позволяющий устранить методические ошибки в ходе изучения других

форм изменчивости [Kajba et al., 2015]. В.Т. Бакулин (2007), отмечал, что размер и морфологические признаки листьев тополя варьируют не только у разных особей в популяции, но на разных частях кроны одного дерева. Поэтому привлечение для биометрического анализа разнокачественного материала может дать результат, совершенно неприемлемый для сравнительных исследований. Проведенные предварительные обследования также показали значительный размах variability в кроне, особенно сильно отличаются от типичных листья нижних ветвей [Прошкин, Климов, 2017б]. Поэтому анализ эндогенной, как и других форм изменчивости, у видов *Populus* следует проводить только с привлечением листьев укороченных побегов средней части кроны.

В целом во всех трех исследованных выборках *P. × sibirica* большинство морфометрических признаков на эндогенном уровне характеризуются преимущественно низким уровнем изменчивости, что свидетельствует о значительном генетическом контроле. Особенно это касается признаков, определяющих форму листовой пластинки (D/L и A/L), поэтому, несмотря на кажущуюся высокую variability последней, в пределах кроны всегда преобладает одна [Климов, Прошкин, 2018в]. Сходные результаты наблюдались авторами и при изучении эндогенной изменчивости в природных популяциях *P. nigra*, *P. laurifolia* и *P. × jrtyschensis*. Следовательно, данные признаки могут служить ключевыми при оценке фенотипической изменчивости на внутри- и межпопуляционном уровнях.

Относительно высокой изменчивость в пределах особи отличается длина черешка. Черешок играет важную роль в ориентации пластинки по отношению к источнику света, именно неравномерность его роста (длины) обеспечивает важнейший адаптационный механизм растения – листовую мозаику. Вероятно, с эти связано наличие различий по данному признаку.

Низкие уровни индивидуальной изменчивости, наблюдаемые во всех выборках *P. × sibirica*, на наш взгляд, показывают незначительность генотипических различий между особями. Это подтверждает представления о том, что тополь сибирский отобран в культуре и, следовательно, должен отличаться невысоким разнообразием [Климов и др., 2018]. В Сибири он представлен, вероятно, несколькими клонами, по меньшей мере, одним мужским и одним женским, отобранными из одной гибридной семьи как гибридный сорт или культивар, хотя и отождествленный с *P. balsamifera*. При этом его подлинное происхождение остается неясным. Увы, такая картина наблюдается и по многим другим сортам тополя в силу утраты селекционных документов, отбора в культуру

неизвестного происхождения гибридных растений по хозяйственно ценным признакам и не только в России [Климов и др., 2018].

В изменчивости качественных признаков листа у *Populus × sibirica* прослеживаются те же закономерности, что и у изученных ранее *P. nigra*, *P. laurifolia* и *P. × jrtyschensis*: отсутствие эндогенной изменчивости по форме верхушки, форме основания листовых пластинок и опушению листа, которые можно рассматривать как фены. А также резкое преобладание в пределах особи одной формы листовой пластинки, в данном случае – яйцевидной.

Варьирование на индивидуальном уровне признака опушения, вероятно также отражает наличие нескольких клонов в насаждениях региона.

Самым спорным вопросом в происхождении *P. × sibirica* остается наличие в основании листовой пластинки базальных желез. Последние представляют собой экстрафлоральные нектарники, секреты которых привлекают муравьев, обеспечивающих защиту молодых листьев тополей от фитофагов [Escalante-Pérez et al., 2012]. У видов секций *Aigeiros* и *Tacamahaca* базальные железки выражены только у *P. deltoides* Marshall, *P. balsamifera* и *P. trichocarpa* Torrey & A. Gray [Eckenwalder, 2010]. Это позволило нам предполагать участие в образовании *P. × sibirica* одного из последних видов. Однако, как показали исследования М.В. Костиной с соавторами (2018), базальные железы встречаются и у *P. suaveolens*.

Заключение

Проведенные исследования выборки *P. × sibirica* из трех городов Сибири показали, что данный таксон характеризуется низкой изменчивостью количественных признаков листа, наличием среди качественных ряда признаков, отвечающих критериям фена. Самым спорным вопросом в происхождении *P. × sibirica* остается наличие в основании листовой пластинки базальных желез.

Выводы

1. Для *P. × sibirica* характерна очень низкая и низкая вариабельность количественных признаков листа, особенно индексов D/L и A/L, отражающих изменчивость формы листовой пластинки.

2. Усредненные показатели эндогенной и индивидуальной изменчивости в изученных насаждениях относительно близки, что резко отличает *P. × sibirica* от аборигенных видов *Populus*. Это показывает незначительность генотипических различий между особями в насаждениях и отражает культурное происхождение тополя сибирского. Вероятно,

Populus × sibirica представляет собой несколько клонов, отобранных из одной гибридной семьи, что, в частности, подтверждается наличием женских и мужских растений, а также варьированием признака опушения на индивидуальном уровне.

3. Ряд изученных морфологических признаков листа, отличающихся отсутствием эндогенной изменчивости, можно отнести к фенам: форму верхушки и форму основания листовой пластинки, а также характер развития опушения.

Библиографический список / References

Адвентивная флора Москвы и Московской области / Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербаков А.В. М., 2012. [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, 2012.]

Бакулин В.Т. Интродукция и селекция тополей в Сибири. Новосибирск, 1990. [Bakulin V.T. Introduktsiya i selektsiya topolya v Sibiri [Introduction and selection of poplars in Siberia]. Novosibirsk, 1990.]

Бакулин В.Т. Тополь черный в Западной Сибири. Новосибирск, 2007. [Bakulin V.T. Topol' chernyi v Zapadnoi Sibiri [Black poplar in Western Siberia]. Novosibirsk, 2007.]

Банаев Е.В., Шемберг М.А. Ольха в Сибири и на Дальнем Востоке России (изменчивость, таксономия, гибридизация). Новосибирск, 2000. [Banayev Ye.V., Shemberg M.A. Ol'kha v Sibiri i na Dal'nem Vostoke Rossii (izmenchivost', taksonomiya, gibridizatsiya) [Alder in Siberia and the Far East of Russia (variability, taxonomy, hybridization)]. Novosibirsk, 2000.]

Видякин А.И. Методические рекомендации по выделению фенотипов лесных древесных растений (на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)). Воронеж, 2004. [Vidyakin A.I. Metodicheskiye rekomendatsii po vydeleniyu fenov lesnykh drevesnykh rasteniy (na primere sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.)) [Methodical recommendations on the allocation of forest trees (*Pinus sylvestris* L.)). Voronezh, 2004.]

Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. М., 1976. [Glass G., Stanley J. Statisticheskiye metody v pedagogike i psikhologii [Statistical methods in education and psychology]. Moscow, 1976.]

Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М., 1991. [Zhivotovskiy L.A. Populyatsionnaya biometriya [Population biometry]. Moscow, 1991.]

Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: Учебное пособие. Петрозаводск, 2003. [Ivanter E.V., Korosov A.V. Vvedeniye v kolichestvennuyu biologiyu [Introduction to quantitative biology]. Textbook. Petrozavodsk, 2003.]

Климов А.В., Прошкин Б.В. *Populus × sibirica*: проблемы и перспективы исследования // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Сб. научных ст. по материалам XVII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 24–27 мая 2018 г.). Барнаул, 2018а. С. 204–207. [Klimov A.V., Proshkin B.V. *Populus × sibirica*: Problems and research prospects. *Problems of Botany of South Siberia and Mongolia*. Proceedings of the 17th International Scientific and Practical Conference. Barnaul, 2018a. Pp. 204–207.]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Использование анатомо-топографической структуры листовых черешков и расположения устьиц для идентификации видов секции *Tacamahaca* рода *Populus* // *Растительный мир Азиатской России*. 2018б. № 4 (32). С. 30–36. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Using the anatomical and topographical structure of leaf stalks and stomata for identifying species of the *Tacamahaca* section of the genus *Populus*. *Bulletin of Central Siberian Botanical Garden*. 2018б. № 4 (32). Pp. 30–36.]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Фенетический анализ *Populus nigra*, *P. laurifolia* и *P. × jrtyschensis* в зоне гибридизации // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018в. № 4. С. 468–475. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Phenetic analysis of *Populus nigra*, *P. laurifolia* and *P. × jrtyschensis* in natural hybridization zone. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018в. № 22 (4). Pp. 468–475.]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Популяционно-фенетическая структура тополя лавролистного *Populus laurifolia* Ledeb. в бассейне реки Томи // Сибирский лесной журнал. 2018 г. № 5. С. 62–75. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Population and phenetic structure of laurel poplar *Populus laurifolia* Ledeb. in the Tom river basin. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.)*. 2018 г. № 5. Pp. 62–75.]

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. 2018. № 1 (46). 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 the NSAU*. 2018. № 1 (46). Pp. 16–34.]

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. *Socialno-ecologicheskie tehnologii*. 2018. № 3. Pp. 9–21.]

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. *Socialno-ecologicheskie tehnologii*. 2016. № 4. Pp. 20–31.]

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М., 1972. [Mamayev S.A. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva *Pinaceae* na Urале) [Forms of intraspecific variability of woody plants (by the example of the *Pinaceae* family in the Urals)] Moscow, 1972.]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Спонтанная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в городе Новокузнецке (Кемеровская область) // *Turczaninowia*. 2017а. № 20 (4). С. 206–218. [Proshkin B.V., Klimov A.V. Spontaneous hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in the city of Novokuznetsk (Kemerovo region). *Turczaninowia*. 2017а. № 20 (4). Pp. 206–218.]

Прошкин Б.В., Климов А.В. *Populus × jrtyschensis* Chang Y. в Алтай-Саянской горной стране // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2017б. № 115. С. 28–35. [Proshkin B.V., Klimov A.V. *Populus × jrtyschensis* Chang Y. in the Altai-Sayan mountain country. *Sistematic notes on the materials of P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University*. 2017б. № 115. Pp. 28–35.]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Применение петиолярной анатомии для идентификации *Populus nigra*, *P. laurifolia* и *P. × jrtyschensis* в зоне естественной гибридизации // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул, 2018а. № 17. С. 247–250. [Proshkin B.V., Klimov A.V. The use of petiolar anatomy to identify *Populus nigra*, *P. laurifolia* and *P. × jrtyschensis* in the zone of natural hybridization. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*. Barnaul, 2018. № 17. Pp. 247–250.]

Путенихин В.П., Фарукшина Г.Г., Шиганов З.Х. Лиственница Сукачева на Урале: изменчивость и популяционно-генетическая структура. М., 2004. [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, 2004.]

Федоров Ал.А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. М., 1956. [Fedorov Al.A., Kirpichnikov M.E., Artyushenko Z.T. *Atlas po opisatelnoy morfologii vysshikh rasteniy. List* [Atlas on descriptive morphology of higher plants. Leaf]. Moscow, 1956.]

Eckenwalder J.E. *Populus*. Flora of North America North of Mexico. New York, 2010. Vol. 7. Pp. 5–22.

Escalante-Pérez M., Jaborsky M., Lautner S., Fromm J., Müller T., Dittrich M., Kunert M., Boland W., Hedrich R., Ache P. Poplar extrafloral nectaries: Two types, two strategies of indirect defenses against herbivores. *Plant Physiology*. 2012. Vol. 159 (3). Pp. 1176–1191. DOI: 10.1104/pp.112.196014.

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

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 Eur for*. 2015. Vol. 6 (1). Pp. 39–51.

ZEISS AxioVision – Microscope software for materials microscopy & industrial applications. Carl Zeiss Microscopy. Jena, Germany: Zeiss Int. TM, 2018. URL: <https://www.zeiss.com/microscopy/int/products/microscope-software/axiovision.html>

Статья поступила в редакцию 10.04.2019, принята к публикации 25.04.2019

The article was received on 10.03.2019, accepted for publication 25.04.2019

Сведения об авторах / About the authors

Прошкин Борис Владимирович – аспирант кафедры селекции, генетики и лесоводства агрономического факультета, Новосибирский государственный аграрный университет

Boris V. Proshkin – graduate student at the Department of Breeding, Genetics and Forestry of the Faculty of Agronomy, Novosibirsk State Agrarian University

ORCID: 0000-0003-2351-9879

E-mail: boris.vladimirovich.93@mail.ru

Климов Андрей Владимирович – кандидат биологических наук; заместитель директора по научной работе, ООО ИнЭКА-консалтинг, г. Новокузнецк Кемеровской обл.

Andrey V. Klimov – PhD in Biology; deputy director for scientific work, InEca-Consulting LLC, Novokuznetsk, Kemerovo region

ORCID: 0000-0002-6750-4807

E-mail: populus0709@mail.ru

Заявленный вклад авторов

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

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

Contribution of the authors

B.V. Proshkin – development of principles for classifying plant life forms for mathematical processing, analysis and interpretation of the results of monitoring data, preparation of the text of the article

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

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript