

УДК 575.174:595.799
doi: 10.17223/19988591/33/5

**О.Л. Конусова, Н.В. Островерхова, А.Н. Кучер,
Д.В. Курбатский, Т.Н. Киреева**

*Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Характеристика морфометрической изменчивости медоносных пчел *Apis mellifera* L., отличающихся вариантами локуса COI-COI мтДНК

Работа выполнена при поддержке Программы «Научный фонд ТГУ
им. Д.И. Менделеева» (№ проекта 8.1.66.2015)
в 2015 г. и гранта РФФИ 13-04-98116-р-сибирь-а.

Представлены результаты изучения изменчивости пороодоопределяющих морфометрических признаков (кубитальный индекс, гантельный индекс, дискоидальное смещение) у медоносных пчел *Apis mellifera* L., полученных от пчелиных семей, обладающих вариантами PQQ, PQQQ (характерны для среднерусской породы *Apis mellifera mellifera* L.) и Q (характерны для пород южного происхождения) локуса COI-COI мтДНК. Исследовано 11 семей с пасек Сибирского региона, включая пасеки Томской области, Красноярского и Алтайского краев (по материнской линии 8 пчелиных семей имели происхождение от среднерусской породы; 3 – от южной). Только для четырех пчелиных семей из 11 показано полное соответствие критериям породы по данным морфометрического и мтДНК-анализа (3 семьи среднерусской породы *Apis mellifera mellifera* и 1 семья карпатской породы *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica*); остальные 7 пчелосемей являются гибридными, причем для трех пчелосемей показан значительный дисбаланс между генетическими и морфометрическими параметрами. Установлено, что в условиях гибридизации для определения породной принадлежности важно учитывать не только особенности мтДНК, но и морфометрические показатели, среди которых наиболее значимым, возможно, является дискоидальное смещение.

Ключевые слова: медоносная пчела; *Apis mellifera* L.; морфометрия; локус COI-COI мтДНК.

Введение

На территории России вследствие разнообразия природно-климатических условий к разведению рекомендованы три породы (термин, принятый в России, синоним терминов «подвид» и «раса») медоносных пчел: среднерусская, или темная лесная (*Apis mellifera mellifera* L.); карпатская (*Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica*), которая является производной *Apis mellifera carnica* Pollm.; серая горная кавказская (*Apis mellifera caucasica*

Gorb.) [1, 2]. Классическим методом различения данных пород является морфометрический метод, прежде всего исследование жилкования крыла [3–6]. В последнее время для установления принадлежности медоносных пчел к определенной породе широко используются молекулярно-генетические методы, такие как исследование мтДНК и микросателлитный анализ [1, 7–11]. Наиболее часто проводится анализ полиморфизма локуса COI-COII мтДНК. Варианты PQQ или PQQQ локуса COI-COII мтДНК характерны для среднерусской породы медоносной пчелы, вариант Q – для пород южного происхождения [12].

Генетические исследования в основном подтверждают морфологическую классификацию пород медоносной пчелы [13–17], однако в некоторых случаях данные мтДНК-анализа и морфометрии не согласуются [18–20]. Ранее нами при изучении медоносных пчел 10 пчелосемей гибридной пасеки в с. Леботер Томской области было показано несоответствие морфометрических показателей и данных мтДНК-анализа при определении принадлежности к породе [21].

В настоящем сообщении проведен анализ морфометрических особенностей медоносных пчел, полученных от пчелиных семей, отличающихся вариантами мтДНК.

Цель настоящего исследования – изучить согласованность изменчивости породоопределяющих морфометрических показателей (кубитальный и гантельный индекс, дискоидальное смещение) и вариантов локуса мтДНК у медоносных пчел в условиях массовой гибридизации.

Материалы и методика исследования

Материалом для исследования послужили рабочие пчелы, отобранные от 11 пчелиных семей с некоторых пасек Сибирского региона, включая Томскую область, Красноярский и Алтайский края (табл. 1). Изменчивость локуса COI-COII мтДНК в пчелосемьях с пасек Томской области охарактеризована ранее [22], сведения по пасекам Красноярского и Алтайского краев – наши неопубликованные данные.

Характеристика пчелиных семей. Вариантом PQQQ локуса COI-COII мтДНК, указывающим на происхождение по материнской линии от среднерусской породы, обладали три пчелосемьи, в том числе пчелосемья № 1 (Томская область, Томский район, п. Заречный), пчелосемья № 2 (Томская область, Томский район, п. Курлек) и пчелосемья № 7 (Алтайский край, Змеиногорский район, завезена с Нытвенского района Пермского края). Второй вариант локуса COI-COII мтДНК, характерный для среднерусской породы – PQQ, регистрировался в пяти пчелосемьях: пчелосемья № 3 (Томская область, Зырянский район, д. Дубровка), пчелосемьи № 4 и № 5 (Томская область, Молчановский район, с. Могочино), пчелосемья № 6 (Алтайский край, Змеиногорский район; завезена из Чарышского района Алтайского края) и пчелосемья № 8 (Красноярский край, Енисейский район). Южное

происхождение по материнской линии по данным мтДНК-анализа (вариант Q) имеют пчелосемья № 9 (Томский район, с. Семилужки; пчелосемья представлена потомками пчеломатки, приобретенной в 2012 г. в питомнике карпатской породы пчел (Украина, Закарпатская область)), пчелосемья № 10 (Томская область, Томский район, п. Курлек) и пчелосемья № 11 (Томская область, Томский район, п. Синий Утес; пчелосемья приобретена в одном из пчелопитомников карпатской породы).

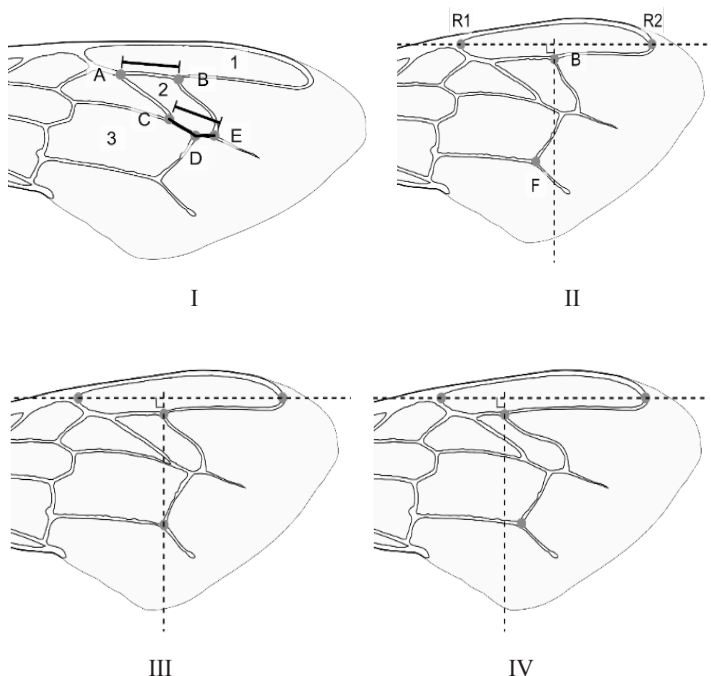


Рис. 1. Схема жилкования переднего крыла медоносной пчелы (I) и варианты дискоидального смещения (II, III, IV) с указанием положения горизонтальной и вертикальной линий окуляр-микрометра (пунктирные линии). А, В, С, D и Е – ключевые точки и отрезки, использующиеся при определении индексов крыла (пояснения см. в тексте). Варианты дискоидального смещения:

II – отрицательное (точка F располагается слева от перпендикулярной линии);

III – нулевое (точка F располагается на перпендикулярной линии); IV –

положительное (точка F располагается справа от перпендикулярной линии).

Обозначения ячеек: 1 – радиальная; 2 – третья кубитальная; 3 – дискоидальная
[Fig. 1. Scheme of honeybee front wing venation (I) and discoidal shift (II, III, IV), showing the position of the horizontal and vertical lines of eyepiece micrometer's horizontal and vertical lines (dashed lines).

A, B, C, D and E - the key points and segments that are used in determining the wing index (cubital index: CD/DE; hantel index: CE/AB). Options of discoidal shift: II - negative (point F is located to the left of the perpendicular line); III - zero (point F located on a perpendicular line); IV - positive (point F is located to the right of the perpendicular line). Designation of cells: 1 - Radial; 2 - Cubital; 3 - Discoidal]

Т а б л и ц а 1 [Table 1
Значения морфометрических показателей у медоносных пчёл 11 пчелиных семей с пасек Сибирского региона
[Values of morphometrical indicators in 11 honeybee colonies from apiaries of Siberian region]

Географическая локализация [Geographical locality]		Семья, № [Colony, №]	Вариант локуса COI- COII mt/ДНК [Variant of the COI-COII mtDNA locus]	Кубитальный индекс, относительные единицы [Cubital index, relative units]			Гантельный индекс, относительные единицы [Hantel index, relative units]			Дискоидальное смещение, % [Discoidal shift, %]					
Область, край [Region]	Район [District]			Населенный пункт [Place]	Lim	M	sd	Lim	M	sd	-	0	+		
Среднерусская порода* [Dark forest bee]															
Томская область [Tomsk oblast]	Томский [Tomskiy]	п. Заречный [Zarechnyy]	1	30	PQQQ	1,39–2,23	1,66	0,216	0,712–0,932	0,826	0,052	73,30	26,70	0,00	
		п. Курлек [Kurlek]	2	28	PQQQ	1,74–3,29	2,14	0,376	0,857–1,053	0,937	0,055	32,10	53,60	10,70	
	Зырянский [Zyryanskiy]	с. Дубровка [Dubrovka]	3	30	PQQ	1,43–2,47	1,69	0,232	0,672–0,933	0,849	0,060	73,33	26,67	0,00	
		Молчановский [Molchanovskiy]	с. Могочино [Mogochino]	4	30	PQQ	1,26–2,56	1,92	0,290	0,806–1,000	0,879	0,055	70,00	30,00	0,00
					5	43	PQQ	1,36–2,00	1,73	0,181	0,693–0,926	0,821	0,038	100,00	0,00
Алтайский край [Altay kray]	Змеино- горский [Zmeino- gorskiy]	г. Змеино- горск [Zmeinogorsk]	6	29	PQQ	1,19–2,00	1,55	0,232	0,758–0,967	0,858	0,062	94,00	6,00	0,00	
		г. Змеино- горск [Zmeinogorsk]	7	30	PQQQ	1,50–2,50	1,80	0,245	0,722–0,984	0,845	0,059	46,70	46,70	6,60	
Краснояр- ский край [Krasno- yarsk kray]	Енисейский [Eniseyskiy]	п. Якша [Yaksha]	8	30	PQQ	1,31–1,85	1,59	0,132	0,711–0,846	0,775	0,044	100,00	0,00	0,00	

О к о н ч а н и е т а б л. 1 (Table 1 (end))

Географическая локализация [Geographical locality]		Семья, № [Colony, №]	Вариант локуса COI- COII мт/ДНК [Variant of the COI-COII mtDNA locus]	Кубитальный индекс, относительные единицы [Cubital index, relative units]			Гантельный индекс, относительные единицы [Hantel index, relative units]			Дискоидальное смещение, % [Discoidal shift, %]						
				Lim	M	sd	Lim	M	sd							
Область, край [Region]	Район [District]	Населенный пункт [Place]	N	Южные породы* [Southern races]												
				Томский [Tomskiy]	9	50	Q	1,68–3,64	2,51	0,374	0,867–1,210	1,050	0,047	4,00	20,00	76,00
					п. Курлек [Kurlek]	10	29	Q	1,30–2,29	1,66	0,220	0,735–0,965	0,878	0,060	72,40	27,60
Стандарты пород* [Standards of breed]	Район [District]	Населенный пункт [Place]	N	11	30	Q	1,83–2,87	2,37	0,334	0,815–1,053	0,931	0,065	6,70	76,70	16,70	
				PQQ, PQQQ			1,30–2,10	1,70	–	0,600–0,923	–	–	–	–	–	
				1,30–1,90 1,5–1,7			–	0,600–0,923	–	–	91–95, 100	5–10	0,00	–	–	
				A. m. mellifera***			–	0,600–0,923	–	–	91–95, 100	5–10	0,00	–	–	
Стандарты пород* [Standards of breed]	Район [District]	Населенный пункт [Place]	N	Q			2,30–3,00	2,65	–	He менее 0,925 [No less than]	–	0–5	0–20	80– 100		
				Q			1,70–2,30	2,00	–	He установлен [Not found]	–	60–70	20–30	3–5		

Примечание. N – количество исследованных экземпляров пчёл, шт.; Lim – границы минимального и максимального значения; M – среднее арифметическое значение; sd – стандартное отклонение. * – порода указана согласно данным анализа мтДНК; ** – стандарты породы по значениям кубитального и гантельного индексов, принятые в Европе; *** – стандарт породы, установленный в России. Дискоидальное смещение приводится по стандартам, принятым в России.

[Note. N - number of examined specimens of bees; Lim - boundaries of minimal and maximal values; M - arithmetic mean; sd - standard deviation. * the breed is shown according to the results of mtDNA analysis; ** the breed standards based on cubital and hantel indexes, accepted in Europe; *** the breed standard accepted in Russia. The discoidal shift is given according to the standards accepted in Russia]

Традиционно пчелы среднерусской породы культивируются на пасеках п. Заречный (с периода создания пасеки в 1956 г. завоз пчелопакетов и пчелосемей не проводился), д. Дубровка (не менее десяти лет осуществляется попытка сохранения породности пчел, пополнение пасеки пчелопакетами и пчелосемьями из других хозяйств не производилось), с. Могочино (интенсивно развивающееся хозяйство, проводится отбор пчелосемей по хозяйственно-полезным признакам) и Змеиногорского района. Пасека Енисейского района Красноярского края расположена изолированно, на протяжении 30 лет не имела контактов с другими пчелами. На пасеках с. Семилужки и п. Синий Утес культивируется пчела карпатской породы. Пасека п. Курлек представлена разнопородными пчелосемьями; была создана в 2010 г. на основе пчелосемей среднерусской породы, но впоследствии пополнялась путем поимки роев неизвестного происхождения, пчелосемьи завозились бессистемно.

Методы морфометрического анализа. Проведено исследование характеристик жилкования правого переднего крыла использующихся при идентификации пород пчел (кубитального и гантельного индексов, дискоидального смещения) согласно принятым методикам [23, 24]. Исследовано 359 образцов рабочих пчел.

Кубитальный индекс определяется отношением длины отрезка DE к длине отрезка CD третьей кубитальной ячейки крыла, *гантельный индекс* – отношением длины отрезка SE к длине отрезка АВ кубитальной ячейки (рис. 1, I); оба значения выражаются в условных единицах. *Дискоидальное смещение* характеризует взаимное расположение трех ячеек крыла: радиальной, третьей кубитальной, дискоидальной (см. рис. 1). Для качественного признака (дискоидальное смещение) в выборках пчел устанавливали процентное соотношение особей с различными вариантами его проявления (отрицательное, положительное, нейтральное). Полученные результаты морфометрического исследования сравнивали со стандартами значений, принятых для рабочих особей разных пород пчел [25–27].

Методы статистического анализа. Проверка на нормальность распределения выборок значений кубитального и гантельного индексов проводилась с помощью критерия Колмогорова–Смирнова; отклонений от нормального распределения не зарегистрировано.

Различия по комплексу экстерьерных признаков между группами особей с разными вариантами локуса COI-COII мтДНК оценивались с помощью непараметрического дискриминантного анализа (DFA) с использованием двух мерных признаков – кубитального и гантельного индексов и одного качественного (дискоидальное смещение). Этот же вид анализа применялся для оценки различий между пчелосемьями. Наличие различий между пчелосемьями по отдельным признакам устанавливалось с использованием *post hoc* теста множественных сравнений Тьюки (Tukey's HSD test); дополнительно использовался тест Дункана (Duncan test; $\alpha = 0,050$). В результате сопостав-

ления данных молекулярно-генетического и морфометрического анализа исследованные пчелосемьи были разделены на группы, различия между которыми изучались с применением непараметрического дискриминантного анализа по комплексу признаков.

Подготовительная обработка данных проводилась в приложении Microsoft Office Excel 2003, статистические расчеты выполнены в приложении StatSoft STATISTICA 8.0 for Windows.

Результаты исследования и обсуждение

Изменчивость морфометрических признаков у медоносных пчел, имеющих варианты PQQ и PQQQ мтДНК (среднерусская порода). Согласно данным мтДНК-анализа вариант PQQ локуса COI-COII имеют пчелы пяти семей: с пасек д. Дубровка (семья № 3), с. Могочино (семьи № 4, № 5) Томской области, Алтайского края (семья № 6) и Красноярского края (семья № 8). Значения кубитального и гантельного индексов в этой группе пчелосемей изменяются в границах от 1,19 до 2,56 и от 0,672 до 1,000 усл. ед. соответственно и представлены значениями, выходящими за пределы породного стандарта. Выявлены два варианта дискоидального смещения: отрицательное и нейтральное (табл. 1).

Вариант PQQQ мтДНК зарегистрирован у пчел двух пчелосемей пасек Томского района Томской области – п. Заречный, семья № 1, и п. Курлек, семья № 2, а также пчелосемьи № 7 с пасеки г. Змеиногорск Алтайского Края. Морфометрический анализ показал значительную вариабельность экстерьерных признаков в этой группе пчелосемей. Величины кубитального и гантельного индексов изменяются в границах от 1,39 до 3,29 и от 0,712 до 1,053 усл. ед. соответственно; отмечены все три варианта дискоидального смещения, т.е. представлены признаки как среднерусской породы, так и пород южного происхождения (табл. 1).

Таким образом, в группе пчелосемей, имеющих вариант PQQ локуса COI-COII мтДНК, в наибольшей степени соответствующими стандартам среднерусской породы признаны пчелосемьи № 5, № 6 и № 8. Все исследованные пчелосемьи с вариантом PQQQ мтДНК имеют в разной степени выраженные признаки метизации.

Изменчивость морфометрических признаков у медоносных пчел, имеющих вариант Q мтДНК (породы южного происхождения). Согласно данным мтДНК-анализа происхождение от южных пород медоносной пчелы по материнской линии (вариант Q локуса COI-COII мтДНК) установлено для трех пчелосемей: две пчелосемьи (семья № 9, с. Семилужки и семья № 11 п. Синий Утес) приобретены в разных пчелопитомниках карпатской породы; семья № 10 (п. Курлек) местного происхождения, с гибридной пасеки. Значения кубитального и гантельного индексов в этой группе пчел варьировали от 1,30 до 3,64 и от 0,735 до 1,210 усл. ед. соответственно. Как

и для охарактеризованной выше группы пчел с вариант PQQQ, у семей, имеющих по материнской линии южное происхождение, отмечены все три варианта дискоидального смещения (см. табл. 1). В группе пчелосемей, имеющих происхождение от южных пород медоносной пчелы по материнской линии (вариант Q локуса COI-COII мтДНК), принадлежность к определенной породе южного происхождения, а именно карпатской, установлена только для семьи № 9.

Дифференциация групп медоносных пчел с различными локусами мтДНК по комплексу экстерьерных признаков. Исследованные группы пчел, отличающиеся вариантами локуса мтДНК, различались и по комплексу из трех экстерьерных признаков (рис. 2, I). Наибольшее значение квадрата дистанций Махаланобиса (MD^2) выявлено между группами с вариантами PQQ и Q локуса COI-COII мтДНК – $MD^2 = 4,73$; для PQQQ – Q $MD^2 = 2,18$; для PQQ – PQQQ $MD^2 = 0,93$. Существенный вклад в разделение групп вносит признак «дискоидальное смещение», являющийся контрастным для представителей среднерусской (варианты PQQ и PQQQ) и карпатской пород (вариант Q), но не среднерусской и серой горной кавказской, имеющей, как и *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica*, вариант Q мтДНК.

При исключении категориального признака «дискоидальное смещение» и проведении анализа с участием кубитального и гантельного индексов (см. рис. 2, II) наиболее удаленными друг от друга остаются группы особей с вариантами PQQ и Q ($MD^2=3,90$). При сравнении групп PQQQ и Q значение MD^2 практически не изменяется и составляет 2,17. Группы PQQ и PQQQ по данным признакам еще больше сближаются ($MD^2 = 0,26$).

Ранее было показано, что пчелосемьи северных и южных территорий Томской области отличались по разнообразию вариантов локуса COI-COII мтДНК [22]. Так, северные районы характеризовались относительно невысоким разнообразием (выявлены только варианты PQQ и Q), что, вероятно, связано с более суровыми климатическими условиями и менее развитым пчеловодством (меньшее число пасек). На пасеках южных районов, наоборот, отмечено большее генетическое разнообразие пчел, у которых обнаружены три варианта локуса COI-COII (PQQ, PQQQ и Q) как по отдельности, так и в разных сочетаниях. Очевидно, что между локальными популяциями медоносной пчелы происходит непрерывный поток генов под воздействием как естественных, так и антропогенных факторов. Поэтому наличие широкой области перекрытия «объектов» (группы Q и PQQ, PQQQ) на рис. 2, II может отражать присутствие помесных форм.

Дифференциация изученных пчелиных семей по морфометрическим признакам. Степень дискриминации между отдельными пчелосемьями по экстерьерным признакам оказалась довольно высокой ($\lambda = 0,15$; $F = 30,60$; $p < 0,010$). Наибольшие значения квадрата дистанций Махаланобиса (MD^2) выявлены между семьей 9 (относительно «чистая» карпатская порода, вариант Q мтДНК) и всеми остальными.

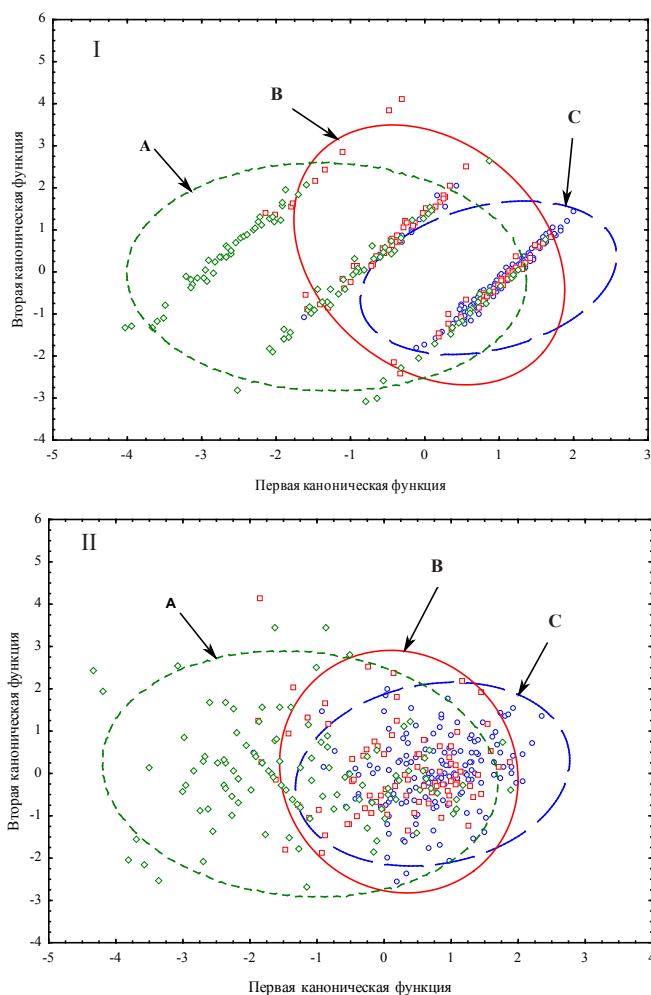


Рис. 2. Положение особей, сгруппированных на основе митохондриальных локусов, в пространстве двух дискриминантных канонических функций: 95% – доверительные эллипсоиды. I – в анализ включены кубитальный и гантельный индексы и дискоидальное смещение; II – в расчётах использованы только кубитальный и гантельный индексы. Локусы мтДНК: А – Q, В – PQQQ, С – PQQ.

Примечание. Относительное расположение особей на рис. 2, I (вдоль диагоналей) обусловлено тем, что дискоидальное смещение является категориальным признаком, включающим только 3 варианта значения и имеющим достаточно высокий частный коэффициент в канонической функции

[Fig. 2. Position of individuals grouped by mitochondrial loci in the space of two discriminant canonical roots (95% confidence ellipses). I - the cubital and hantel indexes and the discoidal shift are included into the analysis; II - only the cubital and hantel indexes were used for the analysis. The loci of the mtDNA: A - Q, B - PQQQ, C - PQQ.

Note. Relative distribution of individuals at fig. 2-I (along diagonals) is caused by the fact that the discoidal shift is a categorical feature which includes only 3 variants of the value and has a high enough partial coefficient in the canonical function.
On the X axis - First canonical function; on the Y axis - Second canonical function]

При этом наиболее удаленной от семьи № 9 была семья № 8 среднерусской породы (вариант PQQ) из Енисейского района Красноярского края ($MD^2 = 40,71$), которой присвоено условное название «енисейская среднерусская».

Наиболее близкими (табл. 2) к семье карпатской породы оказались признанные гибридными семьи № 2 и № 11 (обладают вариантами PQQQ и Q соответственно), причем эти семьи выделяются по значениям MD^2 как взаимно близкие, но заметно отличающиеся от большинства других изученных семей, в особенности от семьи № 8. Значения MD^2 между остальными семьями в большинстве случаев на порядок меньше.

Анализ различий по признакам, взятым отдельно, показал в целом сходную картину (см. табл. 2). Семьи № 9, № 2, № 11 (и отчасти № 4) статистически значимо ($p < 0,010$) отличаются от остальных и друг от друга по значениям обоих индексов (гораздо реже – только одного). Семья № 8 (енисейская среднерусская) резко отличается от всех остальных по значению гантельного индекса ($p < 0,010$), тогда как величины кубитального индекса у особей этой пчелосемьи сходны с таковыми у некоторых других пчелосемей (за исключением № 9, № 2, № 11, № 4). По дискоидальному смещению резко дискриминируются от всех остальных семьи № 9, № 2, № 11, № 7 (при этом семьи № 2 и № 11 друг от друга не отличаются).

Использование теста Дункана (табл. 3) позволило подразделить семьи на основе кубитального индекса на семь групп, на основе гантельного индекса – на шесть групп и на основе дискоидального смещения – на пять групп. Во всех вариантах семья № 9 (относительно «чистая» карпатская; с. Семилужки) выделяется в отдельную группу, семьи № 2 (п. Курлек) и № 11 (п. Синий Утес), имеющие по результатам мтДНК-анализа различное происхождение по материнской линии (варианты PQQQ и Q соответственно), образуют или одну самостоятельную группу, или две, также обособленные от прочих. Семья № 4 (с. Могочино) входит в группу как минимум с одной другой семьей; семья № 8 (Красноярский край) образует самостоятельную группу только по гантельному индексу. Семья № 7 (Алтайский край, г. Змеиногорск) образует самостоятельную группу только по значению дискоидального смещения.

Примечательно, что семья № 10 (п. Курлек, Томский район), несмотря на то, что все ее особи обладают вариантом Q локуса COI-COII мтДНК, не показывает сходства с пчелосемьей южного происхождения № 9 (с. Семилужки) как по совокупности признаков, так и отдельно. Напротив, у этой семьи очень велико сходство со среднерусскими семьями.

Если бы проводился анализ только морфометрических признаков, то можно было бы сделать заключение, что семья № 10 имеет не гибридное происхождение, а является чисто среднерусской.

Установление породности пчелосемей и выявление межпородных гибридов по данным морфометрических показателей и результатам определения мтДНК. Вопрос о соответствии данных мтДНК анализа и резуль-

татов исследования экстерьерных признаков представляет большой интерес для решения таких задач, как установление породного состава медоносных пчел определенной территории и контроль породности пчел на пасеках разведенческого направления.

Генетические и морфометрические исследования, проведенные в комплексе, позволили выявить пчелосемьи № 5, № 6 и № 8 (вариант PQQ локуса COI-COI мтДНК), соответствующие по исследованным экстерьерным признакам стандарту *Apis m. mellifera*. Вместе с тем семьи, происходящие из географически удаленных друг от друга локальных популяций, имеют значимые различия по одному из морфометрических признаков – гангельному индексу. Возможно, семья № 8 (Енисейский район Красноярского края) является представителем особого экотипа среднерусской пчелы, сложившегося в условиях таежной зоны Сибири.

Комплексные исследования подтвердили принадлежность пчелосемьи № 9 к *Apis m. carnica* var. *ukrainica carpatica*), (вариант Q локуса COI-COI мтДНК). Это семья карпатской породы, полученная из пчелопитомника, поэтому она не находилась под «генетическим» влиянием других пчел на территории Томской области.

Прочие пчелосемьи имеют признаки метизации, выраженные в различной степени. Так, пчелосемьи № 1 (вариант PQQQ) и № 3 (вариант PQQ) из Томского и Зырянского районов Томской области имеют отклонения от стандарта только по одному признаку – дискоидальному смещению. Они находятся на пасеках, где пчеловоды используют различные доступные приемы для сохранения среднерусской пчелы, но эти хозяйства располагаются в окружении пасек с метизированными или «южными» пчелами. Пчелосемьи № 4 (вариант PQQ) и № 7 (вариант PQQQ), имеющие отклонения от стандарта породы также и по средним значениям кубитального индекса, находятся на крупных пасеках, где практикуется разведение пчел различного географического происхождения.

На пасеке в п. Курлек (Томский район Томской области) мероприятия по сохранению породности пчелосемей не проводятся, а на пасеке в п. Синий Утес (также Томский район) пчеловод, вероятнее всего, воспользовался некачественным племенным материалом. В этих случаях выборки, согласно генетическим исследованиям относящиеся к пчелосемьям разного происхождения (семья № 2, вариант PQQQ и семья № 11, вариант Q), оказались довольно близкими по трем исследованным морфометрическим показателям ($MD^2 < 1,0$). Две последние пчелосемьи, а также пчелосемья № 10 с пасеки п. Курлек демонстрируют значительный дисбаланс между морфометрическими показателями и данными мтДНК-анализа.

В результате сопоставления генетических и морфометрических показателей исследованные пчелосемьи были разделены на четыре группы: 1) карпатская порода (группа представлена одной пчелосемьей № 9); 2) среднерусская порода (семьи № 5, № 6, № 8); 3) помеси на основе «южных» пород

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

Значения квадратов дистанций Махаланобиса (MD^2) между пчелосемьями (над диагональю) и результаты теста Тьюки по оценке различий между пчелосемьями по значениям кубитального (с), гантельного (h) индексов и дискоидального смещения (d) (под диагональю)

[Squared Mahalanobis distances (MD^2) between bee colonies (over the diagonal) and results of Tukey HSD test for estimation of differences between bee colonies by values of the cubital (c) and the hantel (h) indexes and the discoidal shift (d) (under the diagonal)]

Пчелосемья [Bee colony]	Пчелосемья [Bee colony]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		8,64		1,63			1,1		29,74		11,76
2	c h d		7,23	4,35	10,58	10,44	4,11	14,88	6,41	6,08	
3	- - -	c h d					1,01	1,79	26,74		10,25
4	c h -	- h d	c - -		1,64	2,11	1,38	4,32	20,06		6,03
5	- - -	c h d	- - -	- h -			2,43		32,77	1,26	13,11
6	- - -	c h d	- - -	c - -	- - -		2,82	2,05	31,71		14,42
7	- - d	c h d	- - d	- - d	- - d	c - d		3,67	20,73	1,38	6,5
8	- h -	c h d	- h -	c h -	- h -	- h -	c h -		40,71	3,27	18,05
9	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d		23,71	5,54
10	- h -	c h d	- - -	- - -	- h -	- - -	- - d	- h -	c h d		9,13
11	c h d	c - -	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d	c h d	- h d	c h d	

Примечание. Полу жирным выделены значения $MD^2 > 10,0$; значения $MD^2 \leq 1,0$, а также $c \geq 0,050$ в таблице не приведены. Под диагональю буквами показаны статистически значимые ($p < 0,050$) различия между соответствующими семьями по с – кубитальному, h – гантельному индексу, d – по дискоидальному смещению; «-» – случаи, когда не зарегистрированы различия между семьями по показателям.

[Note. Values of $MD^2 > 10,0$ are printed in bold-faced type; values of $MD^2 \leq 1,0$ and values having $p \geq 0,050$ are not shown in the table. Under the diagonal statistically significant ($p < 0,050$) distinctions between the corresponding families are shown by letters: c - distinction by cubital index; h - by hantel index; d - by discoidal shift; by “-” marks the cases with no differences registered between the families according to coefficients].

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

Результаты группировки пчелиных семей на основе теста Дункана
[Results of grouping bee families by Duncan test]

Пчело- семья [Bee colony]	Группа [Group]										
	Кубитальный индекс [Cubital index]						Гантельный индекс [Hantel index]				
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
1	****	****	****					****			
2	****				****						****
3	****	****	****					****	****	****	
4				****				****			
5	****	****						****	****	****	
6			****					****	****	****	
7		****		****				****			****
8	****		****							****	
9							****			****	****
10	****	****						****	****		
11						****				****	****

(семьи № 10, № 11); 4) помеси на основе среднерусской породы (семьи № 1, № 2, № 3, № 4, № 7). Положение указанных групп пчелосемей в пространстве дискриминантных канонических функций подтверждает наличие двух обособленных групп, соответствующих карпатской и среднерусской породам; помесные формы разного происхождения объединяются в близкие друг к другу группы (рис. 3).

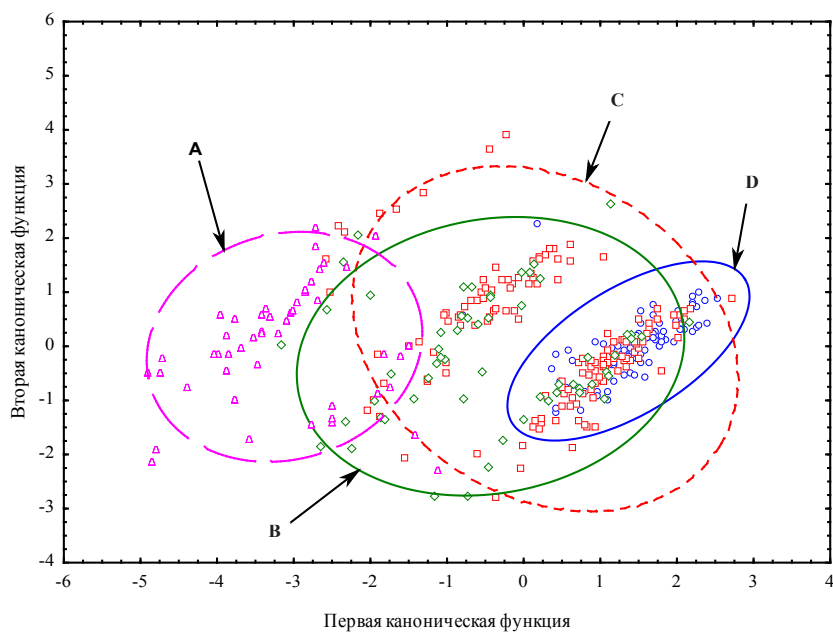


Рис. 3. Положение группировок пчелиных семей в пространстве двух дискриминантных канонических функций: 95% – доверительные эллипсоиды. В анализ включены кубитальный и гантельный индексы и дискоидальное смещение.

Группы семей: А – карпатская, В – южная гибрид,

С – среднерусская гибрид, D – среднерусская

[Fig. 3. Position of individuals of grouped bee families in the space of two discriminant canonical roots: 95 % confidence ellipses. The cubital and hantel indexes and the discoidal shift are included into the analysis. The groups of families: A - *Apism.carnica* var. *ukrainicacarpatica*), B - hybrid based on the southern race, C - hybrid based on the *Apis m. mellifera*, D - *Apis m. mellifera*. On the X axis - First canonical function; on the Y axis - Second canonical function]

Заключение

Присутствие на исследованной территории помесных форм повышает уровень гибридизации медоносных пчел и создает неблагоприятный фон для сохранения генофондов среднерусской и карпатской пород. Гибридные формы характеризуются несогласованностью между пороодоопределяющими морфометрическими показателями и данными мтДНК-анализа. В свя-

зи с этим при установлении породной принадлежности пчел необходимо учитывать не только особенности мтДНК, но и морфометрические параметры, такие как кубитальный и гантельный индексы, дискоидальное смещение.

Литература

1. Кривцов Н.И., Зиновьева Н.А., Бородачев А.В., Лебедев В.И., Форнара М.С. Дифференциация основных пород пчел с использованием микросателлитов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.П. Костычева. 2011, № 4 (12). С. 23–27.
2. Гайдар В.А., Керек С.С., Кэйль Е.И., Мерцин И.И., Панин В.В. Структура породы *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica* и ее основные отличия от *Apis mellifera carnica* // Труды Международной научно-практической конференции «Внедрение инновационных технологий в пчеловодстве, сохранение генофонда пчел, использование меда и других природных продуктов для укрепления здоровья населения». Усть-Каменогорск, 2012. С. 104–110.
3. Алпатов В.В. Породы медоносной пчелы. М. : Изд-во Моск. общества испытателей природы, 1948. 183 с.
4. Авдеев Н.В., Макарова Н.Е., Петухов А.В. Выявление уровня «генетического загрязнения» по характеристикам жилкования крыла // Пчеловодство. 2009. № 7. С. 21–24.
5. Кривцов Н.И. Среднерусские пчелы. СПб. : Лениздат, 1995. 122 с.
6. Cornuet J.M., Garnery L., Solignac M. Putative origin and function of the intergenic region between COI and COII of *Apis mellifera* L. mitochondrial DNA // Genetics. 1991. Vol. 128, № 2. P. 393–403.
7. Калашиников А.Е., Масленников И.В., Колбина Л.М., Удина И.Г. Генетическая дифференциация популяций медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) и распространение РНК-содержащих вирусов на фоне эпизоотии клеща *Varroa destructor* на территории Удмуртии // Сельскохозяйственная биология. 2013, № 4. С. 88–92.
8. Зиновьева Н.А., Кривцов Н.И., Форнара М.С., Бородачев А.В., Бородачев В.А. Микросателлиты как инструмент для оценки динамики аллелофонда при создании приокского типа среднерусской породы медоносной пчелы *Apis mellifera* L. // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 6. С. 75–79.
9. Никоноров Ю.М., Беньковская Г.В., Поскряков А.В., Николенко А.Г., Вахитов В.А. Использование метода ПЦР для контроля чистопородности пчелосемей *Apis mellifera mellifera* L. в условиях южного Урала // Генетика. 1998. Т. 34, № 11. С. 1574–1577.
10. Николенко А.Г., Постряков А.В. Полиморфизм локуса COI-COII митохондриальной ДНК медоносной пчелы *Apis mellifera* L. на южном Урале // Генетика. 2002. Т. 38, № 4. С. 458–462.
11. Ильсов Р.А., Петухов А.В., Поскряков А.В., Николенко А.Г. Локальные популяции *Apis mellifera mellifera* L. на Урале // Генетика. 2007. Т. 43, № 6. С. 855–858.
12. Rortais A., Arnold G., Alburaki M., Legout H., Garnery L. Review of the DraI COI-COII test for the conservation of the black honey bee (*Apis mellifera mellifera*) // Conservation Genetics Resources. 2011. Vol. 3. PP. 383–391.
13. Garnery L., Solignac M., Celebrano G., Cornuet J.M. A simple test using restricted pcr-amplified mitochondrial-DNA to study the genetic structure of *Apis mellifera* L. // Experientia. 1993. Vol. 49, № 11. PP. 1016–1021.

14. Garnery L., Mosshine E.H., Oldroyd B.P., Cornuet J.M. Mitochondrial DNA variation in Moroccan and Spanish honeybee populations // *Molecular Ecology*. 1995. Vol. 4. P. 465–472.
15. Sheppard W.S., Rinderer T.E., Garnery L., Shimanuki H. Analysis of Africanized honeybee mitochondrial DNA reveals further diversity of origin // *Genetics and Molecular Biology*. 1999. Vol. 22, № 1. PP. 73–75.
16. Whitfield C.W., Behura S.K., Berlocher S.H., Clark A.G., Johnston J.S., Sheppard W.S., Smith D.R., Suarez A.V., Weaver D., Tsutsui N.D. Thrive out of Africa: ancient and recent expansions of the honeybee *Apis mellifera* // *Science*. 2006. Vol. 314, № 5799. PP. 642–645.
17. Han F., Wallberg A., Webster M.T. From where did the Western honeybee (*Apis mellifera*) originate? // *Ecology and evolution*. 2012. Vol. 2, № 8. P. 1949–1957.
18. Garnery L., Cornuet J.M., Solignac M. Evolutionary history of the honey bee *Apis mellifera* inferred from mitochondrial DNA analysis // *Molecular Ecology*. 1992. № 1. P. 145–154.
19. Frank P., Garnery L., Solignac M., Cornuet J.M. Molecular confirmation of a fourth lineage in honey bees from the Near East // *Apidologie*. 2000. № 31. P. 167–180.
20. Meixner M.D., Pinto M.A., Bouga M., Kryger P., Ivanova E., Fuchs S. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera* // *COLOSS BEEBOOK* / Eds. V. Dietemann, J.D. Ellis, P. Neumann. Vol. I : Standard methods for *Apis mellifera* research // *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52, № 4. P. 1–27.
21. Островерхова Н.В., Конусова О.Л., Кучер А.Н., Киреева Т.Н., Воротов А.А., Белых Е.А. Популяционно-генетическая структура медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) в районе д. Леботер Чаинского района Томской области // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2013. № 1 (21). С. 161–172.
22. Островерхова Н.В., Конусова О.Л., Кучер А.Н., Киреева Т.Н., Воротов А.А., Белых Е.А. Генетическое разнообразие локуса COI-COII мтДНК медоносной пчелы *Apis mellifera* L. в Томской области // *Генетика*. 2015. № 1. С. 89–100.
23. Бородачев А.В., Бурмистров А.Н., Касьянов А.И., Кривцова Л.С., Кривцов Н.И., Лебедев В.И., Мартынов А.Г., Соловьева Л.Ф., Харитонов Н.Н. Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве. Рыбное : НИИП, 2002. 154 с.
24. Конусова О.Л., Погорелов Ю.Л., Островерхова Н.В., Россейкина С.А., Нечипуренко А.О., Воротов А.А., Климова Е.А., Прокопьев А.С. Биологическая и хозяйственная оценка семей медоносной пчелы (*Apis mellifera* L.) в некоторых районах Томской области // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2010. № 1 (9). С. 29–41.
25. Кривцов Н.И. Порода для северных областей России // Пути развития пчеловодства в России через успешный опыт регионов России, стран СНГ и дальнего зарубежья: Материалы Международной научно-практической конференции. Ярославль, 2011. С. 30–32.
26. Полищук В.П., Пилипенко В.П. Пчеловодство. Справочное пособие. Киев : Выща школа, 1990. 312 с.
27. Cauia E., Usurelu D., Magdalena L.M., Cimponeriu D., Apostol P., Siceanu A., Holban A. Preliminary researches regarding the genetic and morphometric characterization of honeybee (*A. mellifera* L.) from Romania // *Zootehnie și Biotehnologii*. 2008. Vol. 41, № 2. P. 2783–2786.

Поступила в редакцию 16.02.2016 г.; повторно 15.03. 2016 г.; принята 21.03.2016 г.

Авторский коллектив:

Конусова Ольга Леонидовна – ст. преподаватель кафедры зоологии беспозвоночных Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: olga.konusova@mail.ru

Островерхова Надежда Васильевна – канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры зоологии беспозвоночных Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: nvostrov@mail.ru

Кучер Аксана Николаевна – д-р биол. наук, профессор; профессор кафедры цитологии и генетики Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: aksana.kucher@medgenetics.ru

Курбатский Дмитрий Владимирович – ст. преподаватель кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: diman@bio.tsu.ru

Киреева Татьяна Николаевна – аспирант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: emilia30@mail.ru

Konusova OL, Ostroverkhova NV, Kucher AN, Kurbatskij DV, Kireeva TN. Morphometric variability of honeybees *Apis mellifera* L., differing in variants of the COI-COII mtDNA locus. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2016;1(33):62-81. doi: 10.17223/19988591/33/5 In Russian, English summary

**Olga L. Konusova, Nagezda V. Ostroverkhova,
Aksana N. Kucher, Dmitrij V. Kurbatskij, Tatyana N. Kireeva**

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Morphometric variability of honeybees *Apis mellifera* L., differing in variants of the COI-COII mtDNA locus

On the territory of Russia three breeds of honeybees are recommended for breeding: *Apis mellifera mellifera* L.; *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica*, which is a derivative of *Apis mellifera carnica* Pollm.; *Apis mellifera caucasica* Gorb. The aim of this work was to examine the consistency of the variability of breed determining morphometric parameters (cubital and hantel indices, discoidal shift) and mtDNA locus variants in honeybees under mass hybridization.

We examined eleven bee colonies from apiaries of Siberia including Tomsk oblast, Krasnoyarsk kray and Altai kray. We studied the results of the analysis of the outward morphological characteristics of honeybees *Apis mellifera* L. (the cubital index, the hantel index and the discoidal shift) received from bee colonies which are differing in the variants of the COI-COII mtDNA locus. The bees from 8 colonies are descendants in the maternal line from the black honeybee *Apis mellifera mellifera* L. (variants PQQ or PQQQ of the COI-COII mtDNA locus); the bees from 3 colonies – from southern races (*Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica* and *Apis mellifera caucasica* Gorb, variant Q of the COI-COII mtDNA locus). We estimated the differences in the range of exterior features between groups of individuals with different variants of the COI-COII mtDNA locus and between bee colonies using non-parametric discriminant analysis (NDA). The presence of differences between bee colonies on separate territories was revealed using the post-hoc Tukey test for multiple comparisons (Tukey HSD test); additionally, Duncan test ($\alpha = 0,050$) was used. Basing on the comparison of the results of the molecular genetics and the morphometric studies, we divided bee colonies into several groups. The differences between them were investigated using non-parametric discriminant analysis (NDA).

We discovered that only for 4 of 11 colonies the full compliance with the criteria of the breed according to both morphometric and mtDNA analysis (3 *Apis mellifera mellifera* colonies and 1 family of *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica*) was shown. The remaining 7 colonies are hybrid, and for 3 of them significant imbalance

between genetic and morphometric parameters was demonstrated. Under hybridization, for distinction of honeybee breeds it is necessary to consider not only the features of mtDNA, but also morphometric parameters, among which the discoidal shift seems to be the most important.

Funding: This work was supported by the Program “DI Mendeleev Science Foundation of TSU” (Project 8.1.66.2015) in 2015 and by RFBR grant 13-04-98116-r-sibir-a.

The article contains 3 Figures, 3 Tables, 27 References.

Keywords: honeybee; *Apis mellifera* L.; morphometry; mtDNA COI-COII locus.

References

1. Krivtsov NI, Zinovyeva NA, Borodachev AV, Lebedev VI, Fornara MS. Differentiation of the basic bees breeds with the help of microsatellites. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*. 2011;4(12):23-27. In Russian
2. Gaidar V, Kerek S, Keil E, Papp B, Mertsin I. Structure of race *Apis mellifera carnica* var. *ukrainica carpatica* and her basic differences from *Apis mellifera carnica*. In: *Vnedrenie innovatsionnykh tekhnologiy v pchelovodstve: Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Introduction to innovative technologies in beekeeping. Proc. of the Int. Sci. and Prac. Conf. (Astana, Kazakhstan, 28-30 August, 2012)]. Astana: East-Kazakhstan Agricultural Research Institute Publ.; 2012. pp. 104-110. In Russian
3. Alpatov VV. Porody medonosnoy pchely [Honey bee breeds]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody Publ.; 1948. 183 p. In Russian
4. Aydeev NV, Makarova NE, Petukhov AV. Vyyavlenie urovnya «geneticheskogo zagryazneniya» po kharakteristikam zhilkovaniya kryla [Identifying the level of “genetic pollution” by wing venation characteristics]. *Pchelovodstvo – Beekeeping*. 2009;7:21-24. In Russian
5. Krivtsov NI. Srednerusskie pchely [Central Russia bees]. St. Petersburg: Lenizdat Publ.; 1995. 122 p. In Russian
6. Cornuet JM, Garnery L, Solignac M. Putative origin and function of the intergenic region between COI and COII of *Apis mellifera* L. mitochondria DNA. *Genetics*. 1991;128(2):393-403.
7. Kalashnikov AE, Maslennikov IV, Kolbina LM, Udina IG. Genetic differentiation of populations of honey bee (*Apis mellifera* L.) and distribution of RNA-containing viruses at the background of epizootia of *Varroa destructor* on the territory of Udmurtia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya – Agricultural Biology*. 2013;4:88-92. doi: [10.15389/agrobiology.2013.4.88eng](https://doi.org/10.15389/agrobiology.2013.4.88eng)
8. Zinov'eva NA, Krivtsov NI, Fornara MS, Borodachev AV, Borodachev VA. Microsatellites as a tool for evaluation of allele pool dynamics when creation of prioksky type of Middle Russian Honey Bee. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya – Agricultural Biology*. 2011;6:75-79. In Russian, English summary
9. Nikonorov YuM, Ben'kovskaya GV, Poskryakov AV, Nikolenko AG, Vakhitov VA. The use of the PCR technique for control of the pure-breeding of honeybee (*Apis mellifera mellifera* L.) colonies from the Southern Urals. *Russian Journal of Genetics*. 1998;34(11):1344-1347.
10. Nikolenko AG, Poskryakov AV. Polymorphism of locus COI-COII of mitochondrial DNA in the honeybee *Apis mellifera* L. from southern Ural region. *Russian Journal of Genetics*. 2002;38(4):364-368.
11. Il'yasov RA, Petukhov AV, Poskryakov AV, Nikolenko AG. Local honeybee (*Apis mellifera mellifera* L.) populations in the Urals. *Russian Journal of Genetics*. 2007; 43(6):709-711. doi: [10.1134/S1022795407060166](https://doi.org/10.1134/S1022795407060166)

12. Rortais A, Arnold G, Alburaki M, Legout H, Garnery L. Review of the DraI COI-COII test for the conservation of the black honey bee (*Apis mellifera mellifera*). *Conservation Genetics Resources*. 2011;3(2):383-391. doi: [10.1007/s12686-010-9351-x](https://doi.org/10.1007/s12686-010-9351-x)
13. Garnery L, Solignac M, Celebrano G, Cornuet JM. A simple test using restricted pcr-amplified mitochondrial-DNA to study the genetic structure of *Apismellifera* L. *Experientia*. 1993;49(11):1016-1021. doi: [10.1007/BF02125651](https://doi.org/10.1007/BF02125651)
14. Garnery L, Mosshine EH, Oldroyd BP, Cornuet JM. Mitochondrial DNA variation in Moroccan and Spanish honeybee populations. *Molecular Ecology*. 1995;4:465-472. doi: [10.1111/j.1365-294X.1995.tb00240.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1995.tb00240.x)
15. Sheppard WS, Rinderer TE, Garnery L, Shimanuki H. Analysis of Africanized honeybee mitochondrial DNA reveals further diversity of origin. *Genetics and Molecular Biology*. 1999;22(1):73-75. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47571999000100015>
16. Whitfield CW, Behura SK, Berlocher SH, Clark AG, Johnston JS, Sheppard WS, Smith DR, Suarez AV, Weaver D, Tsutsui ND. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honeybee *Apis mellifera*. *Science*. 2006;314(5799):642-645. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1132772>
17. Han F, Wallberg A, Webster MT. From where did the Western honeybee (*Apis mellifera*) originate? *Ecology and evolution*. 2012;2(8):1949-1957. doi: [10.1002/ece3.312](https://doi.org/10.1002/ece3.312)
18. Garnery L, Cornuet JM, Solignac M. Evolutionary history of the honey bee *Apis mellifera* inferred from mitochondrial DNA analysis. *Molecular Ecology*. 1992;1(3):145-154. doi: [10.1111/j.1365-294X.1992.tb00170.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1992.tb00170.x)
19. Frank P, Garnery L, Solignac M, Cornuet JM. Molecular confirmation of a fourth lineage in honey bees from the Near East. *Apidologie*. 2000;31(2):167-180. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2000114>
20. Meixner MD, Pinto MA, Bouga M, Kryger P, Ivanova E, Fuchs S. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*. In: *The COLOSS BEEBOOK*, Volume I: standard methods for *Apis mellifera* research. Dietemann V, Ellis JD, Neumann P, editors. *Journal of Apicultural Research*. 2013;52(4):1-27. doi: [10.3896/IBRA.1.52.4.05](https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.05)
21. Ostroverkhova NV, Konusova OL, Kucher AN, PogorelovYuL, Belich EA, Vorotov AA. Population genetic structure of honey bee (*Apis mellifera* L.) in the village of Leboto in Chainskiy district of Tomsk region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2013;1(21):161-172. In Russian, English Summary
22. Ostroverkhova NV, Konusova OL, Kucher AN, Kireeva TN, Vorotov AA, Belich EA. Genetic Diversity of the Locus COI-COII of Mitochondrial DNA in Honeybee Populations (*Apis mellifera* L.) from the Tomsk Region. *Russian Journal of Genetics*. 2015;51(1):80-90. doi: [10.1134/s102279541501010x](https://doi.org/10.1134/s102279541501010x)
23. Borodachev AV, Burmistrov AN, Kas'yanov AI, Krivtsova LS, Krivtsov NI, Lebedev VI, Martynov AG, Solov'eva LF, Kharitonov NN. Metody provedeniya nauchno-issledovatel'skikh rabot v pchelovodstve [Methods of conducting research work in beekeeping]. Rybnoe: NIIP Publ.; 2002. 154 p. In Russian
24. Konusova OL, PogorelovYuL, Ostroverkhova NV, Rosseykina SA, Nechipurenko AO, Vorotov AA, Klimova EA, Prokop'ev AS. Colonies Biological and business assessment of Honey Bee (*Apis mellifera* L.) in some areas of the Tomsk Region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2010;1(9):29-41. In Russian, English Summary
25. Krivtsov NI. Poroda dlya severnykh oblastey Rossii [A breed for the northern regions of Russia]. In: *Puti razvitiya pchelovodstva v Rossii cherez uspekhnyy opyt regionov Rossii, stran SNG i dal'nego zarubezh'ya*. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Ways of developing beekeeping in Russia using successful experience of

- Russian regions, CIS states and far-abroad countries. Proc. of the Int. Sci. Conf. (Yaroslavl', Russia, 6-11 October, 2011)]. Yaroslavl': Yaroslavl' Publ.; 2011. pp. 30-32. In Russian
26. Polishchuk VP, Pilipenko VP. Pchelovodstvo. Spravochnoe posobie [Beekeeping. Reference guide]. Kiev: Vyshcha shkola Publ.; 1990. 312 p. In Russian
27. Cauia E, Usurelu D, Magdalena LM, Cimponeriu D, Apostol P, Siceanu A, Holban A. Preliminary researches regarding the genetic and morphometric characterization of honeybee (*A. mellifera* L.) from Romania. *Zootehnie și Biotehnologii*. 2008;41(2):2783-2786.

Received 16 February, 2016;

Revised 15 March, 2016;

Accepted 21 March 2016

Author info:

Konusova Olga L, Senior Lecturer, Department of Invertebrate Zoology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: olga.konusova@mail.ru

Ostroverkhova Nagezda V, Cand. Sci. (Biol.), Ass. Professor, Department of Invertebrate Zoology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: nvostrov@mail.ru

Kucher Aksana N, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Cytology and Genetics, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: aksana.kucher@medgenetics.ru

Kurbatskij Dmitrij V, Senior Lecturer, Department of Ichthyology and Hydrobiology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: diman@bio.tsu.ru

Kireeva Tatyana N, Postgraduate Student, Department of Invertebrate Zoology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: emilia30@mail.ru