

ТЕМНАЯ ЛЕСНАЯ ПЧЕЛА — АБОРИГЕННЫЙ ПОДВИД ФАУНЫ БЕЛАРУСИ



Елена Гузенко,
заместитель
директора по научной
и инновационной
работе Института
генетики и
цитологии НАН
Беларуси, кандидат
биологических наук

Проблема охраны аборигенных (местных) пород домашних животных осознается мировым сообществом как одно из важных направлений сохранения культурного и природного наследия нашей планеты. С 70-х гг. прошлого века Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) ведут совместные проекты в данном направлении. Интерес

к изучению и спасению исчезающих пород определяется следующими причинами:

- *аборигенные породы являются частью биологического разнообразия Земли;*
- *они всегда неразрывно связаны с древними культурными традициями;*
- *уникальный, адаптированный в течение веков и тысячелетий генетический материал аборигенных пород определенной местности часто не может быть заменен ни аборигенными породами из других регионов, ни породами, выведенными человеком.*

Аборигенные породы сохраняют фенотип предковых форм, обладают наименьшим количеством нефункциональных признаков одомашнивания, оптимально приспособлены к естественным кормовым базам и климатическим особенностям местности, на которой обитают, отличаются выносливостью и устойчивостью к болезням. Наблюдающийся процесс исчезновения аборигенных

популяций сужает общий генофонд, в результате чего сокращаются селекционные возможности. Тревожным является факт, что могут быть утрачены те генетические ресурсы, за которыми не установлен контроль со стороны специалистов, не известны их характеристики и потенциал. Требуется концентрация усилий, направленных на понимание, выделение приоритетов и защиту мировых генетических ресурсов животных, необходимых для обеспечения производства продовольствия и нужд сельского хозяйства.

В аналитическом докладе ФАО «Состояние всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства» подчеркивается: «В связи со стремительным изменением климата, ростом числа различных болезней среди животных и высокой потребностью в экологически чистой продукции животноводства необходимо сохранить популяции аборигенных животных с высокими адаптационными качествами».



Правительство Республики Беларусь ставит задачу поддерживать породное разнообразие сельскохозяйственных животных, что позволяет расширять возможности животноводства и обеспечивать национальную безопасность.

Медоносная пчела *Apis mellifera* L. как ресурсный вид, несомненно, представляет научный и экономический интерес: это важный элемент экосистем, имеющий большое хозяйственное значение. Сокращение популяции пчел представляет угрозу для глобальной продовольственной безопасности. Чтобы напоминать людям о важности опылителей, информировать об угрозах их существованию и вкладе в стабильное развитие Генеральная ассамблея ООН учредила всемирный день пчел, который с 2018 г. ежегодно отмечается 20 мая. В этом году его главной темой стало разнообразие пчел и систем пчеловодства (рис. 1).

Для комплексного понимания биологии пчел, повышения эффективности прикладных исследований для высокопродуктивного пчеловодства, выявления и охраны редких популяций с уникальным генофондом необходимы исследования с использованием современных методов молекулярной генетики.

Современные представления об эволюции медоносных пчел вида *Apis mellifera*

В мире существует 520 родов и около 21 тыс. видов пчел. Из всего этого разнообразия только *A. mellifera* (европейская или западная медоносная пчела) и *A. cerana* (азиатская или восточная медоносная пчела) «одомашнены» и имеют существенное коммерческое значение.

Естественный ареал медоносной пчелы *A. mellifera* включает Европу, Африку и Западную Азию. Исследования, основанные на анализе полиморфизма митохондриальной ДНК (мтДНК) и микросателлитных локусов, позволили разделить подвиды пчел *A. mellifera* на 6 эволюционных ветвей: А, М, С, О, У, Z. Подвиды пчел эволюционной ветви О распространены на Ближнем Востоке, ветви А – в Тропической Африке, ветви С – в Средиземноморье, Центральной и Восточной Европе, ветви М – в Северной и Западной Европе, ветви У – на территории Республики Йемен, ветви Z – в Сирии. Существует 3 сценария расселения медоносной пчелы в пределах Старого Света (рис. 2), наиболее достоверным из которых сле-

дует считать С. W. Whitfield et al., основывающийся на данных полногеномного анализа. Согласно этой гипотезе пчелы первоначально обитали в Африке, откуда произошли три последовательные экспансии – в Западную Европу, на Ближний Восток, в Средиземноморье и Южную Европу. В результате все эволюционные ветви дивергировали от эволюционной ветви А.

Дальнейшие микроэволюционные процессы происходили под действием природно-климатических и экологических факторов. Основную роль в формировании подвидов сыграло последнее оледенение плейстоценового периода, которое изолировало пчел почти на 100 тыс. лет на Апеннинском, Пиренейском и Балканском полуостровах. Последующие миграции, экспансии, гибридизация и отбор привели к тому, что у пчел возникли значительные морфологические, поведенческие, генетические, биохимические различия, приспособляющие их к условиям среды обитания. Различия между популяциями пчел оказались столь существенными, что стали приравниваться к различиям на уровне подвидов. Современное распределение 30 из них в 6 эволюционных ветвях представлено в таблице.

Особенности и значимость подвида *Apis mellifera mellifera*

Из 30 подвидов пчел только один – *A. m. mellifera* Linnaeus 1758, называемый в мире темной европейской, а в России темной лесной или среднерусской пчелой, эволюциониро-



Рис. 1. Постер к всемирному дню пчел

вал в Северной Европе. Подвид *A. m. mellifera* встречается на острове Корсика, в Великобритании, Ирландии, Южной Швеции, всей Северной и Западной Европе от Пиренеев и Альп до Урала. Археологическими данными подтверждено, что темная лесная пчела в 1200 г.н.э. обитала на юге Норвегии.

Биология и образ жизни темной лесной пчелы полностью ориентированы на обитание в климатических условиях с низкими температурами. Подвид уникально адаптирован к сбору годового запаса меда в короткий период цветения медоносов, хорошо переносит продолжительные и холодные зимы, устойчив к болезням «долгих зимовок». Несмотря на то что размер семьи и клуба меньше, чем у южных пчел, *A. m. mellifera* превосходно зимует в течение 6 мес. Такая зимостойкость достигается благодаря высокой плотности клуба, крупного размера тела особей и большей покрытости волосками. Способность к длительной зимовке обеспечивается также высокой активностью фермента каталазы в кишечнике пчелы, что позволяет удерживать каловые массы длительное время, поэтому, в отличие от южных подвидов, *A. m. mellifera* может перенести длительную неблагоприятную погоду без очистительных облетов и ее рабочие особи живут дольше. Мед темной лесной пчелы в сотах дольше хранится благодаря воздушной прослойке между медом и крышечкой сота, ройливость зависит от среды обитания: в южных районах она больше, чем в северных. Чистопородные линии темной лесной пчелы Великобритании, Норвегии и Швеции не агрессивны и легко управляемы. Агрессив-

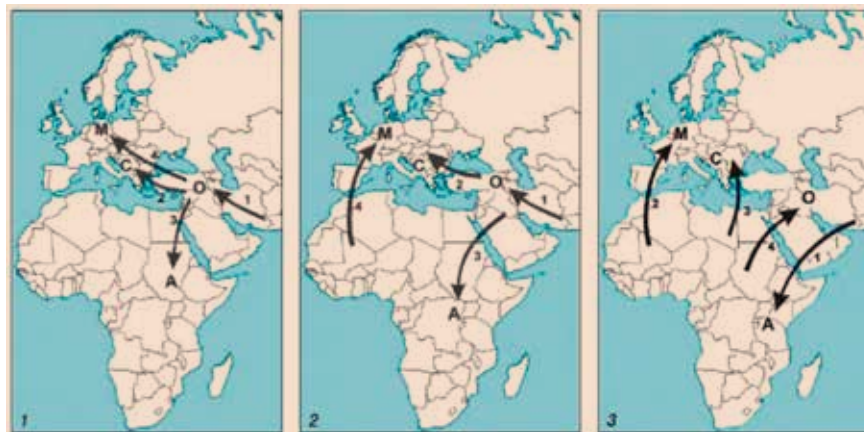


Рис. 2. Три гипотезы экспансии медоносной пчелы: 1 – F. Ruttner (1988); 2 – M.C. Arias, W.S. Sheppard (1996); 3 – C.W. Whitfield et al. (2006)

ность и склонность к преследованию у данной пчелы является следствием гибридизации с другими подвидами, особенно южного происхождения. В результате пчелиные семьи теряют комплекс адаптивных и хозяйственно полезных признаков и становятся нерентабельными для разведения.

За последние два века ареал *A. m. mellifera* существенно сократился вследствие интенсивных

вырубок лесов, интродукции на северные территории южных подвидов пчел, распространения новых патогенов. Многочисленные эксперименты по скрещиванию разных подвидов медоносной пчелы в условиях одной пасеки привели к неконтрольной гибридизации во всем ареале. В коммерческом пчеловодстве Европы и России на данный момент преобладают интродуцированные

Эволюционная ветвь	Подвиды	Ареал распространения
A	<i>A. m. sahariensis</i> , <i>A. m. intermissa</i> , <i>A. m. lamarckii</i> , <i>A. m. litorea</i> , <i>A. m. scutellata</i> , <i>A. m. monticola</i> , <i>A. m. adansonii</i> , <i>A. m. unicolor</i> , <i>A. m. capensis</i> , <i>A. m. simensis</i> , <i>A. m. nubica</i>	тропическая Африка
C	<i>A. m. ligustica</i> , <i>A. m. carnica</i> , <i>A. m. carpatica</i> , <i>A. m. macedonica</i> , <i>A. m. cecropia</i> , <i>A. m. sicula</i> , <i>A. m. pomonella</i> , <i>A. m. ruttneri</i> , <i>A. m. caucasica</i>	Средиземноморье, Центральная и Восточная Европа
M	<i>A. m. mellifera</i> , <i>A. m. iberiensis</i>	Северная и Западная Европа
O	<i>A. m. remipes</i> , <i>A. m. armeniaca</i> , <i>A. m. adami</i> , <i>A. m. meda</i> , <i>A. m. cypria</i> , <i>A. m. anatoliaca</i>	Ближний Восток
Y	<i>A. m. jemenitica</i>	Республика Йемен
Z	<i>A. m. syriaca</i>	Сирия

Таблица. Распределение подвидов пчел в эволюционных ветвях



в Северную Евразию южные подвиды, такие как *A. m. ligustica*, *A. m. carnica*, *A. m. caucasica*, *A. m. carpatica* и *A. m. armeniaca*. Вследствие гибридизации и неограниченного потока генов между естественными и коммерческими популяциями генофонд аборигенных темных лесных пчел считают утраченным во многих странах Европы. Известный немецкий ученый К. Дреер писал: «В настоящее время исходные породы медоносной пчелы в Европе и за ее пределами оказались генетически разрушенными вследствие скрещивания. Невосполнимая наследственная основа, которая создавалась в течение долгой эволюции, находится сейчас под угрозой гибели. Разрушение наших пчелиных пород идет все возрастающими темпами, так что говорить о сохранении некоторых из них, возможно, уже поздно». В Германии в результате массовой интродукции южных пчел произошла полная замена подвида *A. m. mellifera* подвидам *A. m. carnica*. Их, а также породу бакфаст предпочитают разводить большинство пчеловодов в скандинавских странах и на Британских островах. В России *A. m. mellifera* практически повсеместно заменен подвидами *A. m. caucasica* и *A. m. carpatica*, однако имеются достаточные для восстановления первого ресурсы (пчелы сохранились на территории Башкортостана, Татарстана и Удмуртии, Алтайского и Пермского краев, Кировской области). Так, бурзянская популяция темной лесной пчелы успешно сохраняется в заповеднике «Шульган-Таш» благодаря географической изоляции горно-лесными массивами уральских хребтов.

Генофонд *Apis m. mellifera* в Республике Беларусь

В пчеловодстве нашей страны отсутствуют современные научно подтвержденные данные о породной принадлежности медоносных пчел, разводимых на местных пасеках. Результаты единичных исследований преимущественно основаны на оценке экстерьерных признаков, чего в условиях возрастающей гибридизации недостаточно. На сегодняшний день в Беларуси 86% пчелосемей содержится в частных хозяйствах, при этом контроль за ввозимыми для разведения пчеломатками и пчелопакетами отсутствует. В результате происходит повсеместная гибридизация медоносных пчел, теряется чистопородность, снижается приспособленность к неблагоприятным факторам окружающей среды, распространяются болезни, что приводит к гибели насекомых.

В Беларуси до Великой Отечественной войны существовал подвид *A. m. mellifera*. Разрушение местных аборигенных пчел началось в послевоенные годы, когда для восстановления пчеловодства в колхозы и совхозы тысячами завозились пчелопакеты с Северного Кавказа и Закавказья. Процесс перемещения зашел так далеко, что на территориях, куда они попадали, чистопородных аборигенных пчел не осталось вовсе. Несмотря на то что на большинстве пасек республики их уже нет, многие пчеловоды используют термин «местные» пчелы. За этим понятием чаще всего скрываются помеси самого разного происхождения, которые хуже адаптированы к мест-

ным условиям, характеризуются повышенной агрессивностью и ройливостью, неустойчивы к болезням. Несмотря на отсутствие генетического мониторинга, специалисты полагают, что в настоящее время в Беларуси аборигенную медоносную пчелу с большей вероятностью можно встретить в регионах, где преобладает бортовое пчеловодство (Припятское Полесье, Гомельская область), а также в северных районах республики, так как сложные климатические условия не позволяют выживать медоносным пчелам южных пород и их помесям.

Современные методы идентификации медоносных пчел

Одно из основных условий сохранения генофонда любого биологического вида – его достоверная идентификация. Классическая и геометрическая морфометрии основаны на изменении морфометрических признаков и жилкования крыла. С использованием данных методов в 90-х гг. прошлого века были дифференцированы эволюционные ветви или линии, которые соответствовали географическому происхождению подвигов. Однако в условиях возрастающей гибридизации пчел классического морфометрического метода идентификации недостаточно, необходимо использовать молекулярно-генетические методы анализа, такие как исследование митохондриальной ДНК и микросателлитный анализ. Чаще всего проводится анализ полиморфизма локуса COI–COII (последовательность между генами цитохромоксидазы I и цитохро-

моксидазы II) мтДНК (рис. 3). Локус COI–COII состоит из двух нуклеотидных последовательностей – P и Q. Для южных пород медоносной пчелы (серая горная кавказская, карпатская, итальянская) характерна структура локуса, представленная только последовательностью Q, а у среднерусской породы регистрируются несколько вариантов локуса – PQQ, PQQQ, PQQQQ. Анализ локуса COI–COII мтДНК позволяет установить происхождение пчелосемьи по материнской линии.

Секвенирование ядерного генома *A. mellifera* в 2006 г. (Honey Bee Genome Sequencing Consortium, 2006) значительно расширило возможности изучения генофонда медоносной пчелы и дало возможность для глубокого анализа структуры генома и особенностей его функционирования с помощью различных ДНК-маркеров (STR, SNP и др.). Они используются для описания генетической структуры различных популяций, установления эволюционных взаимоотношений и адаптационных особенностей пчел разных эволюционных ветвей (линий A, M, C и O), анализа процесса гибридизации и др.

Согласно рекомендациям Комиссии по биологии пчелы и конгресса «APIMONDIA», для изучения и сохранения аборигенных популяций животных и пчел следует применять микросателлитный анализ. У медоносной пчелы описано более 2 тыс. микросателлитных локусов, которые активно применяются для характеристики генетических особенностей различных популяций и эволюционных линий, оценки внутри- и межпородного генетического разнообразия, уста-

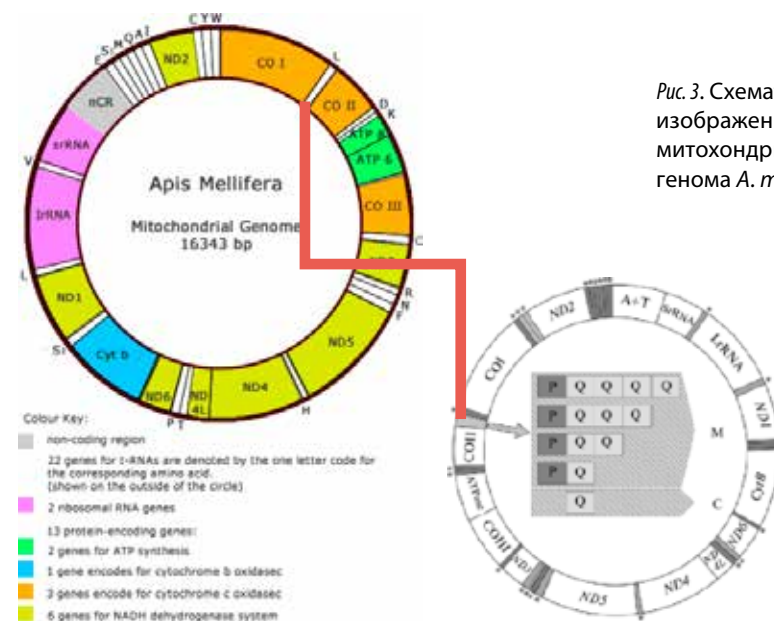
новления уровня интрогрессии между разными линиями пчел, для проведения генетической паспортизации. Кроме того, данный класс маркеров может быть полезным и для изучения особенностей формирования генетического состава пчелиных семей, его временной динамики, в том числе и с учетом особенностей биологии размножения пчел (полиандрии). Исследования подобного рода в конечном итоге направлены на оптимизацию селекционной работы с линиями, популяциями, породами и семьями, а также на разработку подходов к отбору семей с желательными признаками.

Первые исследования медоносных пчел с использованием микросателлитных локусов были проведены на территории Европы. Так, на основании их полиморфизма и филогенетического анализа подтверждены данные морфометрического и мтДНК-анализа о существовании эволюционных ветвей, соответствующих географическому происхождению подвидов

A. mellifera; предложен метод дифференциации популяций пчел; установлено их происхождение на территории Европы, Африки и Ближнего Востока; определена зона гибридизации между подвидами *A. m. mellifera* и *A. m. ligustica* в северо-западной Европе и др. Показано преимущество микросателлитных локусов среди других ДНК-маркеров при изучении гибридных форм в популяциях пчел на полуострове Юкатан.

В Институте генетики и цитологии НАН Беларуси с 2020 г. ведутся системные молекулярно-генетические исследования медоносных пчел. В результате выполнения пилотного проекта по поиску эффективных ДНК-маркеров для характеристики генетического разнообразия пчел, разводимых на пасеках нашей страны, выделено 5 информативных SSR-маркеров, дифференцирующий потенциал которых по критерию F_{ST} был наибольшим (рис. 4).

Моделирование в программе STRUCTURE v.2.3.4 дифференцировало исследуемые





пчелосемьи на 3 кластера. Точность принадлежности варьировала от 79,3% до 99,3%. Большинство пчелосемей генетически однородны, однако семьи с высокой и средней степенью метизации (рис. 4). Рассчитанное значение индекса фиксации FIS (в среднем 0,107) свидетельствовало о преобладании гетерозигот, а значение $H_o < H_e$ – об интенсивном процессе межпородной гибридизации. Анализ мтДНК обнаружил два варианта локуса – PQ и Q. Большинство исследованных пчелосемей имело происхождение от подвидов *A. m. caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. ligustica* (южные породы), одна пчелосемья – от подвида *A. m. mellifera* (европейская темная). Данные молекулярно-генетического анализа отличались от данных классической морфометрии. Это свидетельствует в пользу того, что наряду с классиче-

ским морфометрическим методом идентификации пород необходимо использовать современные молекулярно-генетические подходы, лишённые субъективной оценки и обеспечивающие 100%-ную достоверность результата.

В настоящее время в институте реализуется проект, направленный на поиск и подтверждение с помощью методов молекулярного анализа данных о существовании популяций темной лесной пчелы на территории Беларуси. В результате выполнения первого этапа проекта собран биологический материал и проведен молекулярно-генетический анализ медоносных пчел с пасек Витебской, Гомельской и Брестской областей. Обнаружены популяции, относящиеся к эволюционной линии M – *A. m. mellifera* (темная лесная пчела) (рис. 4,

дендрограмма). Установлено, что митотипы популяций темной лесной пчелы Гомельской и Витебской области отличаются. В перспективе – анализ ядерной ДНК и выявление пчелосемей *A. m. mellifera* с наименьшим уровнем гибридности. На основании полученных данных совместно со специалистами из НПЦ по биоресурсам будут зафиксированы резерваты чистопородной аборигенной медоносной пчелы на территории Беларуси с целью дальнейшего изучения и сохранения уникального генофонда. Научно подтвержденная информация о существовании такой пчелы будет передана в Международную ассоциацию по ее защите (SICAMM), что позволит Республике Беларусь присоединиться к 17 странам – членам данной организации и совместно решать задачи по сохранению генофонда *A. m. mellifera* – единственного северного подвида медоносных пчел, потеря которого может стать критическим событием как для людей, так и экосистемы в целом. ■

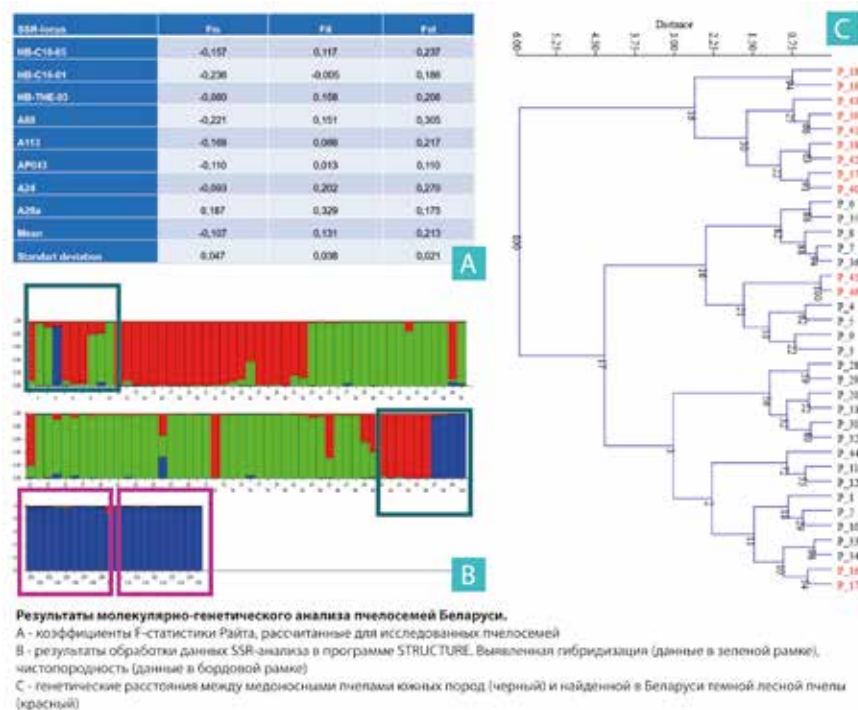


Рис. 4. Результаты молекулярно-генетического анализа пчелосемей, разводимых на пасеках Беларуси

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Whitfield C.W., Behura S.K., Berlocher S.H. et al. Thrice out of Africa: Ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. *Science*. 2006. 314(5799):642–5. doi: 10.1126/science.1132772.
- Р.А. Ильясов, А.В. Поскряков, А.Г. Николенко. Примуущества темной лесной пчелы *A. m. mellifera* // Биомика. 2017. Том 9, №2. С. 83–90.
- M. D. Meixner [et al.]. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera* // *Journal of Apicultural Research*. 2013. Vol. 52, is.4. P. 1–28.
- M. Solignac [et al.]. Five hundred and fifty microsatellite markers for the study of the honey bee (*Apis mellifera* L.) genome // *Molecular Ecology Notes*. 2003. Vol. 3. P. 307–311.
- Гузенко Е.В. [и др.] Генетическая характеристика медоносных пчел *Apis mellifera* L., разводимых на пасеках Беларуси / Е.В. Гузенко [и др.] // Пчеловодство холодного и умеренного климата: материалы 5-й Междунар. Науч.-практ. конф., Москва–Псков, 19–20 октября 2021 г. – Псков. С. 48–52.