

**Разработка морфометрических формул для  
полевого определения пола птенцов некоторых  
хищных птиц в Алтае-Саянском регионе**  
Morphometric classification functions for field sex determination  
of chicks of some raptors in the Altai-Sayan region

**М.А. Шальнова<sup>1</sup>, Н.Г. Андреевкова<sup>2\*</sup>, И.В. Карякин<sup>3</sup>,  
Е.П. Шнайдер<sup>3</sup>, И.Ф. Жимулев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный  
исследовательский государственный университет»,  
<sup>2</sup>Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН,  
Новосибирск, Россия,  
<sup>3</sup>ООО «Сибэкоцентр», Новосибирск, Россия  
E-mail: \*anata@mcb.nsc.ru

У хищных птиц, как правило, нет заметных различий в окраске оперения или же они появляются только у взрослых особей. У части видов, например, у ястребов и соколов, имеет место заметный половой диморфизм по размеру: самки явно крупнее и тяжелее самцов. У других видов, таких как коршуны и канюки, этот диморфизм тоже присутствует, но выражен гораздо слабее. И у тех, и у других видов диапазоны размеров самок и самцов перекрываются в той или иной степени, и часто нельзя с уверенностью сказать, какого пола птица, даже если держишь ее в руках.

При кольцевании птиц, установке цветных меток, а также при установке GPS-передатчиков для получения данных о миграции очень важно знать пол птицы, чтобы правильно оценивать полученные данные, поскольку поведение самцов и самок может отличаться. Определение пола также бывает необходимо при работе с больными и ранеными птицами в центрах реабилитации, которые далеко не всегда располагают возможностями и временем для лабораторной диагностики. Для подобных задач часто необходимо определить пол птицы прямо на месте, но это не всегда легко сделать, особенно исследователям с недостаточным опытом работы с конкретными видами.

Определение пола по морфометрическим характеристикам (то есть по размеру определенных частей тела) возможно, когда птица находится в руках исследователя, то есть этот способ можно применять при кольцевании и мечении птиц, установке GPS-трекеров, лечения и отлове для любых других целей.

Для ряда видов хищных птиц уже существуют более или менее надежные дискриминантные функции, позволяющие определить пол, используя одну или несколько морфометрических характеристик: это беркут, орел-карлик, испанский могильник, белоголовый сип, белобрюхий

орлан и некоторые другие. Однако сложность заключается в том, что данные формулы всегда получены для конкретных подвидов на ограниченной территории и, как правило, для небольшого числа особей, что часто делает результат статистически недостоверным. Популяции одного и того же вида, живущие на разных территориях, могут заметно отличаться по размерам и по пропорциям, поэтому формула, полученная для одной территории, не может применяться для другой без проверки на достаточно обширной выборке особей. Кроме того, все известные исследования корреляции морфометрических характеристик с полом у орлов и соколов проводились на взрослых птицах или молодых, покинувших гнездо, тогда как значительная доля работ проводится на птенцах, которые еще сидят в гнезде, а значит, существующие формулы неприменимы.

Для интересующего нас Алтае-Саянского региона дискриминантные функции предлагались только для степного орла (Карякин и др., 2017), хотя они были бы очень актуальны для таких распространенных видов, как мохноногий курганник (*B. hemilasius*), черный коршун (*M. migrans*), обыкновенная и степная пустельги (*F. tinnunculus* и *F. naumanni*), а также для редких видов: степного орла (*A. nipalensis*) и балобана (*F. cherrug*).

Для того чтобы получить дискриминантную функцию, нужно достоверно определить пол птицы молекулярными методами, а затем проанализировать зависимость между полом и морфометрическими характеристиками. У всех птиц пол определяется системой Z/W, то есть у самок, которые являются гетерогаметным полом, присутствует две разных половых хромосомы (ZW), а у самцов – две одинаковые (ZZ) (Stiglec et al., 2007). Самым простым способом определения пола птицы в лабораторных условиях является ПЦР фрагментов генов, специфичных для половых хромосом. Обычно используют ген *CHD*, который присутствует на Z- и W-хромосомах, но имеет на них разную длину из-за разного размера интронов (Ellegren, 1996). Таким образом, в результате ПЦР получается два продукта в случае самки (которая несет разные хромосомы ZW) и один продукт в случае самца (ZZ) (рис. 1).



Рис. 1. Пример электрофореза продуктов ПЦР с гена *CHD* для образцов черного коршуна. М – маркер длин фрагментов, на каждой дорожке указан номер образца, значками ♀/♂ обозначены самки / самцы соответственно

Мы собрали морфометрический и генетический материал для птенцов на гнездах мохноногого курганника, черного коршуна, обыкновенной пустельги, степного орла и балобана (всего более 300 образцов) в Алтае-Саянском регионе. В качестве источника ДНК для определения пола использовали небольшие покровные перья с нижней стороны тела птенца. Пол определяли с помощью ПЦР, с использованием праймеров 2550F/2718R, которые хорошо подходят для большинства отрядов птиц, включая ястребообразных (*Accipitriformes*) и соколообразных (*Falconiformes*) (Vucicevic et al., 2012). При измерении птенцов мы использовали следующие морфометрические характеристики:

DK—длина крыла;	KN—длина наружного когтя;
DP—длина 5-го махового пера;	KZ—длина заднего когтя;
DH—длина хвоста;	DKL—длина клюва ото лба;
DC—длина цевки;	DKV—длина клюва от восковицы;
SHC1—большой диаметр цевки;	DKN—длина клюва от ноздри;
SHC2—меньший диаметр цевки;	VK—высота клюва;
KV—длина внутреннего когтя;	RR—разрез рта.
KS—длина среднего когтя;	

С помощью программных продуктов Statistica 10 и R version 3.6.1 мы определили, какие измерения коррелируют между собой (рис.2) и выделили параметры, которые сильнее всего коррелируют с полом птенцов. Поскольку возраст птенцов в разных гнездах различался, мы также использовали в качестве морфометрических величин отношения измерений друг к другу, чтобы минимизировать разброс параметров по возрасту. Выбор наиболее подходящих величин для построения дискриминантной функции осуществлялся с помощью алгоритма stepclass.

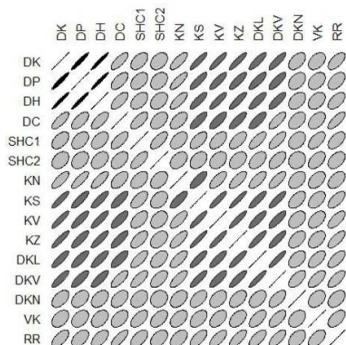


Рис. 2. Корреляционная матрица измерений для черного коршуна. Чем тоньше и темнее эллипс, тем сильнее корреляция, наклон вправо означает прямую корреляцию. Видно, что измерения ожидаемо образуют группы, внутри которых корреляция максимальна: пропорционально меняются длины маховых и рулевых перьев, а также длины трех из четырех когтей и длина клюва.

Выбрав подходящие параметры для птенцов каждого вида, мы провели линейный дискриминантный анализ, получив классификационные функции вида:

$$D = a_1 C_1 + a_2 C_2 + \dots,$$

где  $a_{1,2,\dots}$  – числовые коэффициенты,  $C_{1,2,\dots}$  – морфометрические величины в миллиметрах; причем существует число  $F$ , такое, что если  $D > F$ , то птенец является самкой, если  $D < F$ , то птенец является самцом. Точность классификации для каждого вида определяли, как процент случаев правильно определенного пола для дополнительных особей, не использованных собственно в расчетах для получения функции.

Работа была поддержана программой фундаментальных научных исследований (проект 0310-2019-0003).

### Литература

- Карякин И.В., Зиневич Л.С., Шнайдер Е.П., 2017. Возможно ли морфометрическое определение пола птенцов степных орлов из западных и восточных популяций вида? // ПERNАТЫЕ хищники и их охрана, т.35.- С.194-218.
- Ellegren H., 1996. First gene on the avian W chromosome (*CHD*) provides a tag for universal sexing of nonratite birds // Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., т. 263, № 1377. – С. 1635-1641.
- Stiglec R., Ezaz T., Graves J.A.M., 2007. A new look at the evolution of avian sex chromosomes // Cytogenet. Genome Res., т. 117. - С. 103-109.
- Vucicevic M., Stevanov-Pavlovic M., Stevanovic J., Bosnjak J., Gajic B., Aleksic N., Stanimirovic Z., 2013. Sex determination in 58 bird species and evaluation of CHD gene as a universal molecular marker in bird sexing // Zoo Biology, Vol.32.- P. 269-276.
- 

## Влияние трофического и погоднo-климатического факторов на динамику численности птиц-миофагов в местах их размножения

Impact of the trophic and weather-climatic factors on the number dynamic of vole-eating birds of prey in the breeding habitat

**А.В. Шариков<sup>1,\*</sup>, С.В. Волков<sup>2,\*\*</sup>, Т.В. Свиридова<sup>2</sup>,  
В.В. Буслаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Московский педагогический гос. университет,

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции  
имени А.Н. Северцова РАН

E-mail: \* avsharikov@yandex.ru; \*\* owl\_bird@mail.ru