

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАССЫ ОПЕРЕНИЯ КРАСАВКИ (*ANTHROPOIDES VIRGO* L. 1758) И СЕРОГО ЖУРАВЛЯ (*GRUS GRUS* L. 1758) (AVES, GRUIFORMES)

© 2023 г. В. Ю. Ильяшенко<sup>а</sup>, \*, К. Д. Кондракова<sup>а</sup>, \*\*

<sup>а</sup>Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,  
Ленинский пр., 33, Москва, 119071 Россия

\*e-mail: valpero53@gmail.com

\*\*e-mail: kondrakova92@gmail.com

Поступила в редакцию 16.07.2023 г.

После доработки 19.08.2023 г.

Принята к публикации 01.09.2023 г.

*Ключевые слова:* аридные и болотные экосистемы, доли разных типов перьев журавлей

DOI: 10.31857/S0044513423110077, EDN: IBZOWI

Наружные покровы позвоночных животных служат прекрасным модельным объектом для раскрытия закономерностей приспособления систем органов к условиям обитания. Перьевого покрова птиц обеспечивает физическое – экотермическое – регулирование теплообмена, уровень которого определяют термоизоляционные и гидрофобные свойства разных типов и размеров перьев, структура и масса оперения и, возможно, жировые отложения (Шилов, 1968).

Обычно выделяют восемь типов перьев, между которыми существует полный набор переходных форм: контурное (*plumae contoure*) – наиболее сложное, основная часть которого представлена плотным опахалом; полупуховое (*semiplumae*) – пуховая часть занимает не менее двух третей опахала; пуховое (*plumae penoplumae*) – опахало полностью пуховое; пух (*plumae*) – лишен стержня, бородки первого порядка прикреплены непосредственно к очину пера; порошок пух (*pulviplumae*) – растет постоянно, так как апикальные части бородок все время обламываются, образуя подобную тальку пудру; кисточковое (*plumae penicilliformes*) – располагается в области копчиковой железы и выполняет роль “фитиля”; нитевидное (*filoplumae*) – с длинным стержнем, покрытым короткими редкими бородками на вершине; щетинка (*setae*) – имеет жесткий стержень, иногда с короткими бородками в его основании. У опахала контурного пера выделяют верхнюю контурную часть (*pars penplumae*) и нижнюю пуховую (*pars plumae*). У контурного, полупухового и пухового перьев может быть дополнительное перо (*hypoplumae*). Оно имеет стержень, который крепит-

ся на внешнем крае отверстия (*umbilicus superior*) на стержне основного пера, и пупочный пух (*hypoplumae*) – стержень отсутствует, бородки крепятся к краям этого отверстия (Чернова и др., 2006; Lucas, Stettenheim, 1972).

Оперение птиц выполняет функцию барьера между кожей и окружающей средой, контролирует, в том числе, теплообмен и препятствует проникновению воды. Перья каждого типа выполняют собственную функцию. Вершины контурных и полупуховых перьев формируют обтекаемый силуэт птицы. Пуховые части контурного пера, полупуховое перо, дополнительное перо и пупочный пух, пуховые перья и пух обеспечивают терморегуляцию и служат демпфером, предотвращающим смыкание контурных перьев с кожей при физической нагрузке на них (Prum, Brush, 2002). Птицы, живущие в более теплом сухом климате, по-видимому, могут за счет оперения уменьшить поглощение тепла, чтобы предотвратить его проникновение на кожу, или повысить теплоотдачу от тела в окружающую среду за счет изменения структуры оперения (Walsberg, 1988; Walsberg, King, 1978).

До настоящего времени, даже в обобщающих монографиях и фундаментальных сводках, содержатся лишь общие сведения о том, что масса оперения обычно составляет около 5–7% от общей массы тела (Dorst, 1985). Дементьев (1940) приводит сведения о массе тела и оперения у 44 видов птиц, у которых доля массы оперения составляет 5–10% от массы тела. Turček (1966) исследовал оперение у 91 вида, представляющих 34 семей-

ства, и определил, что доля массы оперения составляет 4–11% от массы тела.

По нашим данным, доля массы оперения у 56 видов птиц варьирует от 4.4 до 16.9%, при этом она может различаться у одного и того же вида в два раза в зависимости от сезона года, стадии линьки, жировых накоплений и степени наполнения пищеварительного тракта. Нами выявлены следующие тенденции. (1) Относительная масса оперения меньше у видов из группы птиц, predisposed к обильному накоплению подкожного жира. Среди изученных видов водных и околоводных птиц наименьшую массу оперения имеют чомга (*Podiceps cristatus* L. 1758), хохлатая чернеть (*Aythya fuligula* L. 1758) и лысуха (*Fulica atra* L. 1758), т.е. сугубо гидрофильные виды со значительным накоплением подкожного жира. (2) У околоводных видов с меньшим накоплением жира – цапель (*Ardea* sp.), чаек (*Larus* sp.) и крачек (*Chlidonias* sp., *Sterna* sp.) – масса оперения в полтора-два раза больше. Такое же соотношение и среди куликов – минимальные значения у влаголюбивых – лесного дупеля (*Gallinago megala* Swinhoe 1861) и азиатского бекаса (*G. stenura* Bonaparte 1830), что в полтора раза меньше, чем у жителя полей и лугов чибиса (*Vanellus vanellus* L. 1758). В других группах птиц (3) наименьшие показатели относительной массы оперения у лесных видов – дятлообразных (*Picus* sp., *Junco* sp.), (4) наибольшие – у активно летающих представителей дневных хищных птиц (*Falco* sp.), сов (*Asio* sp.) и козодоев (*Caprimulgus* sp.) (Юдин и др., 2005).

125 видов птиц, обитающих преимущественно в странах Восточной Европы, ранжировали по пяти группам местообитаний: наземные (редко встречающиеся с водой); прибрежные (живущие в местообитаниях водно-болотных угодий, таких как болота и осоки); околоводные – кулики (перемещаются выше и вокруг поверхности воды), плавающие (плавают на воде, но не ныряют) и ныряющие (долго задерживаются под поверхностью воды) (Osvath et al., 2017). Выяснено, что среда обитания влияет на массу ( $\text{г/см}^2$ ) оперения и плотность типов пера (шт./ $\text{см}^2$ ) на разных сторонах тела. Виды разделили на резидентов Восточной Европы и мигрирующих в теплый климат Африки. Плотность оперения на спинной стороне, а также плотность пуха и полупуховых перьев на обеих сторонах тела указывали на их большую плотность у видов резидентов, зимующих в холодном климате. Плотность пуховых и полупуховых перьев на брюшной стороне тела у этих видов больше, чем на спинной. Общая плотность оперения и плотность различных типов перьев тела увеличивается от наземных до водных

птиц, с промежуточным значением у представителей прибрежных и болотных биотопических групп. Таким образом, среда обитания влияет и на плотность водоотталкивающих контурных перьев, и на термоизоляционный пуховый слой. У плотоядных и растительноядных групп птиц корм обуславливает разный уровень синтеза кератина во время роста пера. Это влияет на общую плотность оперения так же, как и на плотность пуховых и полупуховых перьев. Виды, питающиеся объектами с высоким содержанием животного белка, имеют более высокую плотность этих типов пера, в т.ч. на спинной стороне, чем виды с низким содержанием растительного белка. При сравнительном анализе изученных параметров массы и плотности оперения выявлено, что серый журавль (*Grus grus* L. 1758), отнесенный к прибрежным видам, сходен с некоторыми представителями околоводных и водоплавающих птиц. Авторы подчеркивают, что их видовой пул охватывает адаптированных к холоду птиц умеренного пояса, а функции терморегулирования оперением у птиц, обитающих в жарком климате, остаются неизученными.

Малоизвестно и распределение общей массы оперения по участкам тела – птерилиям. Особый интерес представляет масса оперения на верхней и нижней сторонах туловища, требующих наиболее эффективной терморегуляции.

Такая информация без разделения на типы перьев приведена для семи видов журавлей (*Gruidae* Vigors 1825), содержащихся в питомнике Окского заповедника (Кашенцева, 1998), у лысухи, вертишейки (*Junx torquilla* L. 1758) и каменки-плясуньи (*Oenanthe isabellina* Temminck 1829) (Юдин и др., 2006). У лысухи, если исключить из расчетов массу контурных перьев головы, крыла и рулевых, доля оперения на грудной птерилии составляет 41.5% от оперения всего туловища, в то время как у каменки-плясуньи – 27.4%, а у вертишейки – 17.8%. Общая доля массы оперения на вентральной стороне туловища лысухи, которая большую часть времени погружена в воду и имеет значительный слой подкожного жира, составляет 79.9%, а доля оперения на этой стороне тела у сухопутных каменки – 58.3% и вертишейки – 54.5%.

Распределение массы пуха и пуховых перьев по телу птиц описано лишь в одной статье (Юдин и др., 2006). Это распределение не всегда совпадает с таковым для контурных перьев, особенно у водоплавающих птиц, у которых пух может присутствовать как между перьями птерилий, так и на аптериях. В общей массе оперения лысухи доля пуха и пуховых перьев составляет 6.7%. При этом на крестце доля таких пуховых структур до-

стигает половины массы оперения этой птерилии, на спинной, бедренной и голенной птерилиях — одной трети, а на вентральной стороне туловища в 23 раза меньше массы контурных перьев.

Таким образом, у водоплавающих птиц доля контурных перьев на вентральной стороне туловища больше, а пуха и пуховых перьев меньше, чем на дорсальной стороне. Подкожный жир и плотное оперение на нижней стороне туловища, а также большее количество пуха на верхней стороне обеспечивают эффективную наружную терморегуляцию. У изученных сухопутных видов птиц такие яркие различия в распределении оперения не наблюдаются.

В этой связи представляет интерес сравнительный анализ элементов оперения близкородственных сухопутных видов, проводящих сезон размножения в разных климатических зонах и местообитаниях.

Для исследования нами выбраны виды журавлей, у которых ожидаемые различия в структуре оперения могут быть отчетливо выражены: красавка (*Anthropoides virgo* L. 1758), обитатель аридной зоны, и серый журавль, населяющий болота преимущественно лесной зоны, вплоть до лесотундры.

Климатические условия их мест обитания принципиально различаются. К примеру, в Калмыкии, гнездовой части ареала красавки, в июле средние температуры днем достигают +34°C, абсолютный максимум +44°C, ночью +24°C, количество осадков 36 мм, относительная влажность воздуха 45%, в отдельные дни 20% и ниже. В Архангельской обл., северном крае ареала серого журавля, средняя температура в июле днем достигают +21°C, ночью +14°C, абсолютный минимум -5°C, количество осадков 51 мм, относительная влажность воздуха 75%. Очевидно, что такая разница в условиях обитания должна отражаться на структуре перьевого покрова сравниваемых видов.

Обе особи журавлей обнаружены в начале мая 2022 г. Красавку нашли в группе мертвых особей в Крыму, погибших в результате отравления пестицидами (Ильяшенко и др., 2023). Серого журавля обнаружили в Ставропольском крае. Он погиб, вероятно, от последствий заболевания птичьим гриппом на зимовке в Израиле и ослаб во время миграции.

Во время линьки оба вида питаются насекомыми, т.е. уровень синтеза кератина во время роста пера у них сходный. Оба — дальние мигранты и зимуют в подавляющем большинстве случаев в аналогичных климатических условиях. Масса

птицы зависит от пола, возраста особи, сезона года, наполнения пищеварительного тракта и упитанности, а на массу оперения влияют его влажность, загрязненность, степень изношенности и состояние линьки. Оба журавля не линяли, были без жировых запасов и с пустыми желудками. Оперение без загрязнения. Это позволило оценить реальное соотношение массы тела и элементов оперения у этих птиц в весенний период.

Тушки журавлей просушили в открытом помещении в течение нескольких часов, затем взвесили с помощью пружинного безмена. Масса красавки составила 2.8 кг, серого журавля — 5.1 кг. Оперение ощипывали и взвешивали по птерилиям. Массу порций контурных, пуховых перьев и пуха определяли на цифровых весах марки JVN (Китай) с погрешностью взвешивания менее 0.1 г. Структурные элементы оперения взвешивали по частям: покровную часть — контурные и полупуховые перья; пуховую часть — пуховые перья и пух. В питомнике Окского заповедника с дорсальной и вентральной сторон туловища взяли по 10 экз. каждого из двух размерных рядов пуха, пуховых перьев и пуховой части полупуховых перьев и измерили металлической мерной линейкой.

Результаты взвешиваний показали, что масса контурных перьев соответствовала размерам тела. У серого журавля она в два раза больше, чем у красавки, но у обоих видов распределена по телу относительно одинаково (табл. 1).

Принципиальные различия отмечены в распределении массы пуха и пуховых перьев (табл. 2). У серого журавля — обитателя холодных и влажных мест обитания — доля этого опушения на дорсальной стороне и на ногах в несколько раз больше, чем у красавки.

При этом у серого журавля на вентральной стороне туловища доля опушения значительно больше, чем на дорсальной (табл. 3). В гнездовой и предотлетный периоды он живет в условиях холодных мелководий болот, во влажном после дождя или росы высокотравье, а порой и в условиях наземных заморозков с образованием инея. Очевидно, что именно такое распределение опушения обеспечивает эффективную терморегуляцию у этого холодо- и влагоустойчивого вида.

У красавки, наоборот, обилие пуха и пуховых перьев на вентральной стороне туловища в три раза меньше, чем на дорсальной и в два раза меньше, чем у серого журавля. На дорсальной стороне туловища красавки опушения почти в полтора раза больше, чем у серого журавля.

По длине и доле разных типов опушения на контурных перьях эти виды также различаются.

**Таблица 1.** Распределение контурных перьев по телу красавки и серого журавля

Участок тела, показатель	Красавка		Серый журавль	
	масса, г	доля, %	масса, г	доля, %
Голова	2.3	2.2	2.9	1.1
Шея	8.6	8.1	15.5	6.1
Вентральная часть туловища	5.3	5.0	22.2	8.7
Дорсальная часть туловища	16.5	15.4	41.8	16.3
Крылья	67.3	63.1	154.3	60.2
Ноги	1.9	1.7	8.9	3.5
Хвост	4.8	4.5	10.5	4.1
Всего	213.4	100	512.2	100
Доля контурных перьев (%) от массы тела	7.6		10.0	
массы всего оперения	88.3		85.2	

**Таблица 2.** Распределение пуха и пуховых перьев по телу красавки и серого журавля

Участок тела, показатель	Красавка		Серый журавль	
	масса, г	доля, %	масса, г	доля, %
Шея	6.6	23.4	9.8	11.0
Вентральная сторона туловища	6.6	23.4	17.6	19.8
Дорсальная сторона туловища	2.4	8.5	22.4	25.2
Крылья	10.6	37.6	25.2	28.3
Ноги	2.0	7.1	14.0	15.7
Всего	28.2	100	89.0	100
Доля пуха и пуховых перьев (%) от массы всего оперения	11.7		14.8	

**Таблица 3.** Распределение пуха и пуховых перьев по туловищу красавки и серого журавля

Участок туловища, показатель	Красавка		Серый журавль	
	масса, г	доля, %	масса, г	доля, %
Вентральная сторона	6.6	26.7	17.6	56.0
Дорсальная сторона	2.4	73.3	22.4	44.0
Всего	9.0	100	40.0	100
Доля пуха и пуховых перьев (%) от массы тела	1.0		1.7	
массы всего оперения	11.7		14.8	

**Таблица 4.** Распределение пуховой части на опахалах контурных перьев туловища красавки и серого журавля

Участок туловища, длина (см) опахала контурного пера	Пуховая часть опахала контурного пера			
	красавки		серого журавля	
	длина, см	доля, %	длина, см	доля, %
Вентральная сторона, 7–9 см	1.0–2.0	13.8–25.0	1.5–2.0	21.4–28.6
Дорсальная сторона, 12–15 см	3.0	19.0–21.4	6.0	52.2–53.6

У красавки доля пуховой части опахала контурного пера на разных по размеру перьях дорсальной и вентральной сторон примерно равная. Длина пуховой части на дорсальной стороне у серого журавля в два раза больше, чем у красавки и доля этой части пера в полтора–два раза больше, чем на вентральной стороне (табл. 4). У серого журавля дополнительное пуховое перо, как правило, превышает 2 см. У красавки на контурном пере присутствует преимущественно пупочный пух, а дополнительное перо обычно не превышает 1 см.

В Калмыкии, где в особо жаркие дни температура в приземных слоях воздуха может достигать +60°C, терморегуляция на вентральной стороне туловища красавки, вероятно, обеспечивается необильным опушением и активной пилomotorной реакцией – подъемом и опусканием контурных перьев, для проветривания толщи оперения. Обилие опушения на дорсальной стороне препятствует перегреву туловища от сильной инсоляции. В наиболее жаркие полуденные часы в июле группы неполовозрелых и не участвующих в размножении особей довольно часто взлетают и кружат на высоте в несколько сот метров, где температура значительно ниже. Серый журавль такой прием не использует.

У красавки, живущей в гнездовой период в жарком сухом климате, доля пуховых структур на вентральной стороне туловища меньше, чем на дорсальной. Это позволяет лучше вентилировать толщу оперения и повышать теплоотдачу от тела в окружающую среду. Большая доля пуховых структур на дорсальной стороне препятствует проникновению тепла на кожу.

У серого журавля, гнездящегося в сырых местообитаниях умеренного и холодного климата, доля пуховой части на контурных перьях на дорсальной стороне туловища в два раза больше, чем на вентральной. Доля массы пуховых структур немногим больше на вентральной стороне, и об-

щая масса в несколько раз больше, чем у красавки, что способствует сохранению тепла туловища.

Выявленные особенности структуры перьевого покрова демонстрируют у изученных представителей разных экологических групп птиц целенаправленные морфологические приспособления к их функционированию в климатических условиях и типах местообитаний в гнездовой части ареала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дементьев Г.П., 1940. Птицы // Руководство по зоологии. Отв. ред. Матвеев Б.С. Т. VI. М.-Л.: Изд. АН СССР. 856 с.
- Ильяшенко В.Ю., Прокопов Г.А., Гринченко А.Б., Кондракова К.Д., Ильяшенко Е.И., 2023. Отравление журавлей в Республике Крым весной 2022 г. // Информационный бюллетень Рабочей группы по журавлям Евразии. № 17. С. 173–177.
- Кашенцева Т.А., 1998. Структура и смена оперения у журавлей. Дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИИ Природы. 159 с.
- Чернова О.Ф., Ильяшенко В.Ю., Перфилова Т.В., 2006. Архитектоника пера и ее диагностическое значение. Теоретические основы современных методов экспертного исследования. М.: Наука. 100 с.
- Шилов И.А., 1968. Регуляция теплообмена у птиц (эколого-физиологический очерк). М.: МГУ. 252 с.
- Юдин В.Г., Ильяшенко В.Ю., Юдина Е.В., 2005. Материалы по массе перьевых покровов и кожи некоторых видов птиц // Орнитология. Вып. 32. С. 164–167.
- Юдин В.Г., Ильяшенко В.Ю., Юдина Е.В., 2006. К материалам о массе наружных покровов птиц // Орнитология. Вып. 33. С. 224–228.
- Dorst J., 1985. "Plumage" / Campbell B. & Lack E. (Eds) // A Dictionary of Birds. Calton & Vermillion. P. 470–472.
- Lucas A.M., Stettenheim P.R., 1972. Avian Anatomy: Integument // Agricultural Handbook 362. Part I. 340 p.
- Osvath G., Daubner T., Dyke G., Fuisz T.I., Nord A., Penzes J., Vargancsik D., Vagasi C.I., Vincze O., Pap P.L., 2017. How feathered are birds? Environment predicts both the mass and density of body feathers // Functional Ecology. 32 (3). P. 1–54.

Prum R.O., Brush A.H., 2002. The evolutionary origin and diversification of feathers // *Quarterly Review of Biology*. 77. P. 261–295.

Turček F.J., 1966. On plumage quantity in birds // *Ekologia Polska (Ser. A)*. № 14. P. 617–633.

Walsberg G.E., 1988. Heat flow through avian plumages: The relative importance of conduction, convection, and radiation // *Journal of Thermal Biology*. 13. P. 89–92.

Walsberg G., King J.R., 1978. The relationship of the external surface area of birds to skin surface area and body mass // *Journal of Experimental Biology*. 76. P. 185–189.

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PLUMAGE MASS OF THE DEMOISELLE CRANE (*ANTHROPOIDES VIRGO* L. 1758) AND THE EURASIAN CRANE (*GRUS GRUS* L. 1758) (AVES, GRUIFORMES)

V. Yu. Ilyashenko<sup>1</sup>, \*, K. D. Kondrakova<sup>1</sup>, \*\*

<sup>1</sup>*Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Leninsky pr., 33, Moscow, 119071 Russia*

\**e-mail: valpero53@gmail.com*

\*\**e-mail: kondrakova92@gmail.com*

The distribution of the mass of both down and down feathers along the pterilia of the Demoiselle crane and the Eurasian crane has been described for the first time. Fundamental differences in the plumage structure of these closely related species living in the summer in different climatic zones have been revealed. On the ventral side of the body of the Eurasian crane, the proportion of down and down feathers is significantly greater than on the dorsal side, whereas the proportion of the downy part of the contour feather vane is 1.5 to 2 times less. The additional down feather exceeds 2 cm, as a rule. Such a distribution of fluff ensures effective thermoregulation in this cold- and moisture-resistant species. In the Demoiselle crane, the abundance of down and down feathers on the ventral side of the body is 3 times less than on the dorsal side and 2 times less than in the Eurasian crane. On the dorsal side of the body, the proportion of fluff is almost 1.5 times greater than that of the Eurasian crane. The proportion of the downy part of the contour feather vane on feathers of different sizes on the dorsal and ventral sides is approximately the same. The contour feather contains predominantly umbilical fluff. Such a structure of the integument on the ventral side of the body allows the Demoiselle Crane, an inhabitant of hot climates, to better ventilate the thickness of the plumage and to increase the heat transfer of the body to the environment. The large proportion of downy structures on the dorsal side prevents heat from penetrating the skin.

*Keywords:* arid and swampy ecosystems, proportions of different types of crane feathers