

activity in meadow grass, wild vetch, red clover, coltsfoot and chamomile near various factories of Tyumen. Plants were gathered near the highway as well as close to the metallurgical plant, engine factory, oil refinery and accumulator plants. The change in catalase activity in the cells of plants turned out to be species-specific. The decrease in catalase activity was observed in the meadow grass and wild vetch cells, while in coltsfoot, red clover and chamomile both decrease and increase in enzyme activity was obtained. Pollutants from all the examined factories affected more or less on the catalase activity, but the greatest effect was registered near the metallurgical factory, that probably related to high heavy metal concentration in plants. The lowest effect on catalase activity, compared to control, was observed near the highway.

**Keywords:** catalase; environmental contamination; urban environment; plants; heavy metals; meadow grass; wild vetch; red clover; coltsfoot; chamomile; lipid peroxidation; antioxidants; enzymes; species-specificity; organism response.

УДК 574.24

DOI 10.24411/2309-4370-2019-11116

Статья поступила в редакцию 13.12.2018

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПТИЦ СЕМЕЙСТВА ВРАНОВЫЕ (CORVIDAE)

© 2019

**Репин Денис Владимирович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биоэкологии и химии  
Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева  
(г. Чебоксары, Российская Федерация)

**Репина Надежда Васильевна**, кандидат биологических наук, преподаватель  
Чебоксарский кооперативный техникум Чувашпотребсоюза (г. Чебоксары, Российская Федерация)

**Аннотация.** В данной статье приводится сравнительный эколого-морфологический анализ летательного аппарата массовых видов птиц семейства Врановые: *грача, галки, серой вороны, сороки*. Данные виды птиц обладают разным характером полета и разной летательной активностью – среди них есть и оседлые, и перелетные виды. Исследования эколого-морфологических особенностей летательного аппарата *грача, галки, серой вороны и сороки* проводились на территории Чувашской Республики в осенний и весенний периоды в течение 2014–2018 годов. В статье описаны полевые наблюдения за характером полета изучаемых видов и приведены результаты морфометрических измерений. Для исследований использовались следующие морфологические параметры птиц: масса тела, длина тела, длина хвоста, длина крыла, размах крыльев, ширина крыла. Для изучения развития летательной мускулатуры птиц определялись массы подключной и грудной мышц и индексы отношения этих параметров к массе тела и между собой. Данные показатели использовались для вычисления ряда индексов. Проведенные исследования летательного аппарата птиц выявили межсезонные различия по некоторым параметрам, связанным с массой тела. Кроме того, определены видовые особенности строения летательного аппарата рассмотренных птиц семейства Врановые, связанные с характером и скоростью полета, длительностью миграции.

**Ключевые слова:** Чувашская Республика; врановые; грач; галка; серая ворона; сорока; летательный аппарат; полет; весовая нагрузка на крылья; весовая нагрузка на крылья и сложенный хвост; весовая нагрузка на крылья и расправленный хвост; размах крыльев; ширина крыла; удлинение крыла; площадь крыла; подключная мышца; грудная мышца; оседлые птицы; перелетные птицы.

### Введение

За последние годы в России существенно вырос интерес к исследованию экологических и морфологических особенностей массовых видов птиц семейства Врановые [1–6]. Возможно, это связано с существенным ростом численности популяций данных видов, которые составляют значительную долю населения птиц, особенно в антропогенных ландшафтах, а также с увеличением их биоценотического и хозяйственного значения.

В биологических науках большое значение имеет сравнение морфологических особенностей отдельных видов или популяций организмов, относимых к одной систематической категории [7; 8]. При изучении вариативности морфологических признаков у отдельных видов можно получить довольно подробное представление о биологических особенностях исследуемой группы организмов. При этом на основе эколого-морфологических различий между популяциями одного вида или отдельными видами можно

определить характер влияния условий среды обитания на организмы [9; 10]. Мускулатура птиц отличается сложной структурой, которая зависит от силовых, скоростных показателей и выполняемых функций. Физиологические нагрузки на разные отделы летательной мускулатуры птиц влияют на форму мышц, их архитектуру [11, с. 202].

В современных эколого-морфологических исследованиях изучению полета птиц, морфологическим особенностям летательного аппарата и их влиянию на характер полета уделено мало внимания. Основные результаты исследования летательного аппарата птиц описаны в работах Н.А. Гладкова; В.Ф. Сыча; Л.В. Фоменко; I.C. George, A.I. Berger; B. Jenner, T. Tomek, Z. Bocheński [7; 11–14]. Описаны исследования роста отделов скелета крыла у птенцов врановых в гнездовой период [15, с. 122–125]. В то же время в условиях Чувашии эколого-морфологические исследования летательного аппарата врановых птиц не проводились.

Целью исследования явилось выявление особенностей летательного аппарата грача, галки, серой вороны и сороки на территории Чувашской Республики.

Объектами исследований послужили массовые виды птиц семейства Врановые: *грач*, *галка*, *серая ворона*, *сорока*.

#### Материалы и методика исследований

Изучение эколого-морфологических особенностей летательного аппарата врановых птиц проводили в 2014–2018 гг. на территории Чувашской Республики. Для исследований выбраны следующие морфологические параметры птиц: масса тела, длина тела, длина хвоста, длина крыла, размах крыльев, ширина крыла. Данные показатели использовались для вычисления следующих индексов [16, с. 20–21]:

– весовая нагрузка на крылья – величина, равная отношению массы птицы к площади двух крыльев, г/см<sup>2</sup>;

– весовая нагрузка на крылья и сложенный хвост – величина, равная отношению массы птицы к площади двух крыльев и площади сложенного хвоста, г/см<sup>2</sup>;

– весовая нагрузка на крылья и расправленный хвост – величина, равная отношению массы птицы к площади двух крыльев и площади расправленного хвоста, г/см<sup>2</sup>;

– индекс размаха крыльев – величина, равная отношению расстояния между концами растянутых крыльев к длине тела птицы;

– индекс отношения ширины крыла к длине тела птицы – величина, равная отношению расстояния от кистевого сгиба до вершины первого второстепенного махового пера к длине тела птицы, %;

– удлинение – величина, равная отношению длины крыла к ширине крыла, %;

– индекс квадрата размаха крыльев к площади крыльев – величина, равная отношению величины размаха крыльев в квадрате к площади двух крыльев;

– индекс длины хвоста к длине тела – величина, равная отношению длины хвоста к длине тела;

– индекс массы грудной мышцы к массе тела – величина, равная отношению массы грудной мышцы к массе тела, %;

– индекс массы подключичной мышцы к массе тела – величина, равная отношению массы подключичной мышцы к массе тела, %;

– индекс отношения масс подключичной и грудной мышц – величина, равная отношению массы подключичной мышцы к массе грудной мышцы, %.

Исследования проводились в весенний и осенний периоды года. Для изучения использовались взрослые половозрелые особи с нормальным телосложением. Для определения морфометрических параметров птиц использовалось по 30 особей каждого вида. Цифровой материал, полученный в результате проведенных исследований, статистически обработан с помощью программы Microsoft Excel.

#### Результаты исследований и их обсуждение

При определении масса тела птицы самые низкие показатели отмечены у *галки* (от 190 до 239 г), затем у *сороки* (225–268 г), *грача* (386–462 г) и *серой вороны* (490–538 г).

Индекс весовой нагрузки на крылья является хорошим показателем величины подъемной силы пти-

цы, которая прямо пропорциональна площади несущей поверхности. В результате этого у близких по массе птиц увеличение весовой нагрузки служит хорошим показателем особенностей полета. Н.А. Гладков отмечает, что высокие значения рассматриваемого параметра характерны для летательного аппарата птиц с более стремительным и быстрым полетом, но менее легким и маневренным. В то же время у птиц с одинаковыми пропорциями, но разными размерами показатели весовой нагрузки на крылья различны: чем больше птица, тем выше данный параметр [7, с. 89–91].

Результаты собственных исследований подтверждают данные Н.А. Гладкова. Так, полученные значения весовой нагрузки на крылья уменьшаются в ряду: *серая ворона* > *грач* > *сорока* > *галка*. Следует отметить, что масса тела отмеченных видов уменьшается в той же последовательности. В то же время у особей одного и того же вида установлены достоверные межсезонные различия весовой нагрузки на крылья. Так, у *грача* данный показатель в весенний период составил  $0,450 \pm 0,015$  г/см<sup>2</sup>, а в осенний –  $0,494 \pm 0,020$ ; у *серой вороны* –  $0,475 \pm 0,010$  и  $0,502 \pm 0,014$ ; у *сороки* –  $0,400 \pm 0,010$  и  $0,421 \pm 0,010$ ; у *галки* –  $0,378 \pm 0,008$  и  $0,399 \pm 0,012$  г/см<sup>2</sup>. По нашему мнению, выявленные межсезонные различия связаны с колебаниями массы тела птиц в весенний и осенний периоды, а также с изменением летной активности в разное время года. Данный вывод подтверждается наибольшими различиями данного параметра у *грача* (4,7%) – единственного перелетного вида из представленных.

Достоверные различия в весенний и осенний период установлены и для весовой нагрузки на крылья и сложенный хвост:  $0,372 \pm 0,012$  против  $0,402 \pm 0,018$  г/см<sup>2</sup> (*грач*),  $0,380 \pm 0,010$  против  $0,400 \pm 0,009$  г/см<sup>2</sup> (*серая ворона*),  $0,287 \pm 0,011$  против  $0,316 \pm 0,012$  г/см<sup>2</sup> (*сорока*),  $0,335 \pm 0,014$  против  $0,362 \pm 0,012$  г/см<sup>2</sup> (*галка*). Результаты, полученные при расчете весовой нагрузки на крылья и расправленный хвост, были аналогичны. Так, величина данного параметра уменьшалась в ряду: *сорока* > *галка* > *серая ворона* > *грач*. При этом различия между значениями рассматриваемых данных в весенний и осенний периоды составили в среднем 5,7% у *грача*, 2,2% у *серой вороны* и по 3,4% у *сороки* и *галки*.

Большую роль в полете птиц играют форма и размеры хвоста. При рассмотрении данного показателя у массовых видов врановых птиц Чувашской Республики наиболее длинный и заостренный хвост обнаружен у *сороки*. Благодаря этому у данного вида происходит увеличение несущей поверхности и улучшение маневренности, так как хвост у нее является рулем при полете. Данная особенность облегчает полет *сороки* среди древесно-кустарниковой растительности. У *грача*, напротив, отмечен более короткий и закругленный хвост, что наряду с меньшей шириной крыльев увеличивает аэродинамичность птицы.

При расчете индекса отношения длины хвоста к длине тела птицы наибольшее значение параметра выявлено у *сороки*, меньшее – у *серой вороны*, *грача* и *галки*. Следует отметить, что достоверных различий данного параметра в весенний и осенний периоды не выявлено. При определении индекса размаха

крыльев также не выявлено достоверных межсезонных различий. В то же время величина данного параметра увеличивалась в ряду: *сорока* (6,1–6,6) < *галка* (6,9–7,5) < *ворона* (7,3–8,0) < *грач* (7,5–8,4).

Важную роль в полете птиц играют форма и размер крыла. Среди изученных птиц грач и галка имеют более узкие крылья, а серая ворона и сорока – более широкие и закругленные. Следует отметить, что значения индекса отношения ширины крыла к длине тела птицы увеличивались в ряду *галка* < *грач* < *серая ворона* < *сорока* и имели недостоверные различия в весенний и осенний периоды.

В результате исследований у *сороки* выявлено наименьшее удлинение крыла (210–213%), а у *грача* – наибольшее (245–250%). Таким образом, среди рассматриваемых представителей врановых *грач* характеризуется более узкими крыльями, что увеличивает его приспособленность к длительному полету с большой скоростью, так как вершинная часть широкого крыла не может дать такой силы тяги, как узкого крыла. Полученные результаты полностью согласуются с данными Б.К. Штегмана о том, что летательный аппарат *грача* приспособлен к относительно скоростному, но энергетически неэкономному полету [8].

Межсезонные различия квадрата размаха крыльев к площади крыльев были недостоверны. При этом значения данного параметра у *грача* лежали в интервале 6,95–9,22; у *серой вороны* – 8,42–10,12; у *сороки* – 6,52–7,44; у *галки* – 6,04–6,92. Таким образом, у *галки* отмечены самые низкие значения площади несущих поверхностей. Крылья у данного вида короткие, узкие и заостренные. Данная особенность летательного аппарата *галки* повышает ее аэродинамические качества [17]. В полевых условиях нами отмечена большая скорость полета *галки* по сравнению с *серой вороной*, *сорокой* и *грачом*. Следует отметить, что большая скорость полета уменьшает его экономичность. Это дает основание предположить наличие у *галки* более мощной летательной мускулатуры. Согласно полученным данным, *серая ворона*, наоборот, должна иметь менее развитые летательные мышцы, так как обладает более экономным полетом. Для проверки данного предположения у исследованных видов была определена масса наиболее крупных летательных мышц [17].

У всех изученных видов мышцы верхней конечности развиты хорошо. В.Ф. Сыч указывает, что повышение энергетических затрат при полете вызывает увеличение относительной массы летательных мышц [12, с. 83–100]. А.Н. Цвелых отмечает, что изменения частоты взмахов крыльями при изменениях скорости полета отражают изменения энергетических затрат на полет [18, с. 77–79].

Для изучения развития летательной мускулатуры птиц определялись доли масс подключичной и грудной мышц по отношению к массе тела птицы, а также массовые отношения этих мышц между собой. Самой развитой мышцей птицы является большая грудная мышца. Она обеспечивает подъемную силу и тягу птицы при полете. При сокращении грудной мышцы крыло опускается вниз, совершая большую работу по предотвращению сопротивления аэродинамических сил при полете.

В.Э. Якоби установил, что птицы, имеющие большую несущую поверхность, имеют менее развитую

грудную мышцу. В противоположность этому, птицы с небольшой поверхностью крыльев и хвоста имеют большую массу грудной мышцы [19]. Близкие результаты получены Л.В. Фоменко при изучении строения мышц верхней конечности у соколообразных, совообразных, гусеобразных и курообразных. В ее исследованиях наиболее мощное развитие грудной мышцы наблюдалось у хороших летунов с планирующим полетом. А у *сов*, имеющих маневренный, машущий полет, меньшее развитие мышечной массы [11, с. 201].

Результаты наших исследований, полученные при изучении массовых видов врановых птиц, полностью согласуются с данными утверждениями. Так, из всех исследованных видов наиболее развитая грудная мышца обнаружена у *галки*, которая имеет и большую скорость полета. По расчетам индекс отношения массы грудной мышцы к массе тела *галки* составил от 15,7% до 16,3%. А у *серой вороны*, полет которой более экономичен, данный параметр составил от 13,7% до 14,2%.

Самые высокие показатели индекса отношения массы подключичной мышцы к массе тела выявлены у *сороки* (в среднем 2,9%), меньше – у *галки* (2,6%), *грача* (2,4%) и *серой вороны* (2,3%). При этом межсезонные различия относительной доли как подключичной, так и грудной мышц были незначительны. При расчете индекса отношения массы подъемной мускулатуры к массе опускающей наибольшие значения обнаружены у *сороки* (в среднем 19,4%), а наименьшие – у *грача* (15,0%).

#### Выводы

1. У массовых видов врановых птиц Чувашской Республики установлены различия в строении летательного аппарата, связанные со спецификой их полета и длительностью миграции.

2. В строении летательного аппарата *грача* (единственного перелетного вида) выявлены такие приспособления к длительному и скоростному полету, как узкое длинное крыло, короткий и сильно закругленный хвост, большой размах крыльев и низкая весовая нагрузка на крылья и расправленный хвост.

3. У *галки* обнаружены более мощные летательные мышцы и при этом меньшие несущие поверхности (крылья уже, короче и острее), чем у остальных рассмотренных видов. Это улучшает ее аэродинамические свойства. Согласно проведенным полевым наблюдениям, для *галки* характерны более частые взмахи крыльев, нежели у *вороны*, *грача* и *сороки*. Это повышает маневренность полета и помогает увеличить или уменьшить скорость машущего полета.

4. Менее развитая летательная мускулатура наблюдалась у *серой вороны*, по сравнению с *грачом*, *сорокой* и *галкой*, что приводит к наличию у нее наиболее экономичного, но менее скоростного полета.

5. Из всех изученных видов врановых на территории Чувашской Республики более длинный и заостренный хвост выявлен у *сороки*. Он является рулем при полете и увеличивает несущую поверхность птицы. Данная особенность позволяет ей легко маневрировать в древесно-кустарниковых зарослях.

6. У *грача*, *серой вороны*, *галки*, *сороки* в весенний период выявлены меньшие значения весовой нагрузки на крылья – на 1,5–4,7%, весовой нагрузки на крылья и сложенный хвост – на 2,6–4,8%, весовой

нагрузки на крылья и расправленный хвост – на 2,2–5,7%, нежели в осенний период.

7. При расчете индексов отношения длины хвоста к длине тела, размаха крыльев, ширины крыла к длине тела, удлинения крыла, квадрата размаха крыльев к площади крыльев, массы грудной и подключичной мышц к массе тела птицы и массы подключичной мышцы к массе грудной у исследованных видов птиц на территории Чувашской Республики достоверных межсезонных различий не обнаружено.

### Список литературы:

1. Галка (*Corvus monedula* L.) в антропогенных ландшафтах Палеарктики: монография / под ред. З.А. Зориной, В.А. Пономарева. М.–Иваново: Знак, 2015. 296 с.

2. Сорока (*Pica pica* L.) в естественных и антропогенных ландшафтах Палеарктики: монография / под ред. З.А. Зориной, В.А. Пономарева. М.–Иваново: ИПК «ПресСто», 2018. 296 с.

3. Врановые птицы Северной Евразии: мат-лы IX междунар. науч.-практ. конф. Омск: Полиграфический центр, 2010. 160 с.

4. Врановые птицы в антропогенных и естественных ландшафтах Северной Евразии: мат-лы X междунар. конф. М.–Казань: Олитекс, 2012. 292 с.

5. Репин Д.В., Репина Н.В. Экология врановых птиц Оренбургской области: монография. Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. 104 с.

6. Репин Д.В., Репина Н.В. Эффективность размножения некоторых воробьинообразных в Чувашской Республике // Человек и природа. Чебоксары: Плакат, 2018. С. 171–174.

7. Гладков Н.А. Биологические основы полета птиц. М.: Изд-во Московского общества испытателей природы, 1949. Вып. 18. 248 с.

8. Штегман Б.К. Особенности летных качеств врановых птиц // Зоологический журнал. 1954. Т. 38, вып. 3. С. 653–668.

9. Шестакова Г.С. Строение крыльев и механика полета птиц. М.: Наука, 1971. 179 с.

10. Добринский Л.Н. Методика изучения внутривидовой изменчивости морфофизиологических признаков птиц // Методики исследования продуктивности и структуры видов птиц в пределах их ареалов. Ч. 1. Вильнюс: Мокслас, 1977. С. 4–13.

11. Фоменко Л.В. Морфофункциональное обоснование строения мышц плечевого пояса у куро-, гусе-, сово- и соколообразных птиц // Омский научный вестник. 2010. № 1 (94). С. 198–202.

12. Сыч В.Ф. Морфология локомоторного аппарата птиц. СПб.–Ульяновск: Изд-во Средневолжского научного центра, 1999. 520 с.

13. George I.C., Berger A.I. Avian myology. New York and London: Academic Press, 1966. 500 p.

14. Jenner B., Tomek T., Bocheński Z. Relative differentiation of skeletal elements in European Corvids // Journal of Ornithology. 2001. Vol. 142. P. 30–33.

15. Родимцев А.С., Константинов В.М. Экология раннего онтогенеза врановых птиц: монография. М.: Прометей, 2006. 321 с.

16. Малюфеева Н.Б., Рябов В.Ф., Якоби В.Э. Морфо-экологический анализ органов полета некоторых хищных птиц // Вестник Московского университета. 1973. № 1. С. 19–25.

17. Репин Д.В. Эколого-морфологическая характеристика врановых птиц степной зоны Южного Урала: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2011. 20 с.

18. Цвельных А.Н. Зависимость скорости полета и частоты взмахов крыльями речной крачки от скорости попутного и встречного ветра // Доклады АН УССР. 1984. Сер. Б. № 7. С. 77–79.

19. Якоби В.Э. Морфо-экологические приспособления к скоростному полету у птиц // Механизмы полета и ориентация птиц / ред. С.Е. Клейненбер. М.: Наука, 1966. С. 64–81.

## COMPARATIVE ECOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE CORVIDAE BIRDS AIRCRAFT

© 2019

**Repin Denis Vladimirovich**, candidate of biological sciences, associate professor of Bioecology and Chemistry Department

*I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University (Cheboksary, Russian Federation)*

**Repina Nadezhda Vasilyevna**, candidate of biological sciences, lecturer

*Cheboksary Cooperative Technical School of Chuvashpotrebsoyuz (Cheboksary, Russian Federation)*

**Abstract.** This paper provides a comparative ecological and morphological analysis of the aircraft of Corvidae birds: rook, daw, gray crow and magpie. These species of birds have a different character of flight and different flying activity – among them there are both resident and migratory species. Ecological and morphological characteristics of the rook, jackdaws, crows and magpies aircraft were studied in the Chuvash Republic in the autumn and spring during 2014–2018. The paper describes the field observations of the nature of the flight of the studied species and the results of morphometric measurements. The following morphological parameters of birds were used: body weight; body length; tail length; wing length; wingspan; wing width. To study the development of the avian musculature, the masses of the subclavian and pectoral muscles and the indices of the relationship of these parameters to body weight and among themselves were determined. These indicators were used to calculate a number of indices. Studies of the birds' aircraft revealed interseasonal differences in some parameters related to body weight. In addition, the specific features of the Corvidae birds' aircraft structure have been identified; they are associated with the nature and speed of flight as well as the duration of migration.

**Keywords:** Chuvash Republic; corvids; rook; jackdaw; hoodie; magpie; aircraft; flight; weight load on wings; weight load on wings and folded tail; weight load on wings and straightened tail; wingspan; wing width; wing extension; wing area; subclavian muscle; pectoral muscle; sedentary birds; migratory birds.