

Е.О. Фадеева

Микроструктура махового пера сороки (*Pica pica*)

Представлены оригинальные результаты сравнительного электронно-микроскопического исследования тонкого строения первостепенного махового пера сороки (*Pica pica*) с использованием сканирующего электронного микроскопа. На основании проведенного исследования установлено, что у сороки, наряду с характерными для врановых особенностями тонкого строения контурного пера, имеется ряд видоспецифических структурных элементов, важных с точки зрения таксономической диагностики.

Ключевые слова: сорока; электронно-микроскопическое исследование; первостепенное маховое перо; микроструктура пера.

Сорока (*Pica pica* L., 1758) является представителем семейства врановые (*Corvidae*), отряда воробьинообразные (*Passeriformes*) и отличается характерной черно-белой окраской. Населяет разнообразные ландшафты с древесно-кустарниковой растительностью.

В настоящее время биология сороки как широко распространенного вида врановых достаточно подробно исследована. Тем не менее в современных работах, приводящих подробные описания отличительных морфологических признаков в строении тела и оперения сороки, абсолютно отсутствуют сведения об особенностях строения микроструктуры ее перьевого покрова.

Учитывая большой интерес к таксономически важным элементам морфологии перьевого покрова птиц и тонкого строения дефинитивных контурных перьев в частности, мы подробно исследовали ряд видоспецифических особенностей микроструктуры первостепенного махового пера сороки — важнейшего функционального элемента крыла птиц — с применением сканирующего электронного микроскопа (SEM), чего до сих пор в полной мере не проводилось.

Материалом для работы послужили первостепенные маховые перья взрослых особей сороки. Использовали наиболее информативные фрагменты пера — бородки первого порядка (далее бородки I) и бородки второго порядка (далее бородки II) контурной и пуховой частей опахала первостепенного махового пера.

Препараты боронок были приготовлены стандартным, многократно апробированным нами методом, подробное описание которого дано нами ранее [3; 4].

Подготовленные препараты напыляли золотом методом ионного напыления в условиях вакуума на установке Edwards S-150A (Великобритания), просматривали и фотографировали с применением SEM JEOL-840A (Япония), при ускоряющем напряжении 15 кВ.

В целом изготовлено 33 препарата бородок контурной и пуховой частей опахала первостепенного махового пера сороки, на основании которых сделано и проанализировано 113 электронных микрофотографий (электросканограмм).

Анализ полученных электросканограмм позволил подробно исследовать особенности микроструктуры контурного пера сороки и сравнить полученные данные с особенностями тонкого строения контурных перьев других представителей рода *Corvus*, изученных нами ранее [1; 2].

За основу описания микроструктуры пера были взяты следующие качественные показатели: в контурной части опахала — конфигурация поперечного среза бородки I, строение сердцевины на поперечном и продольном срезах бородки I, строение кутикулы бородки I: рельеф кутикулярной поверхности, форма и ориентация (относительно длинной оси бородки) кутикулярных клеток; в пуховой части опахала пера — форма узлов в проксимальном отделе бородок II (далее — пуховые бородки): характер и степень расчлененности апикальной части сегментов, форма зубцов и степень отклонения их от основной оси пуховой бородки. Кроме того, нами были проведены специальные морфометрические исследования тонкого строения контурного пера сороки с использованием таксономически значимых количественных характеристик бородки I, существенно дополняющих видоспецифичные особенности микроструктуры контурного пера сороки.

Конфигурация поперечного среза. Форма поперечного среза базальной части бородки I контурной части опахала пера у сороки, как и у большинства исследованных видов врановых, уплощенная (рис. 1).

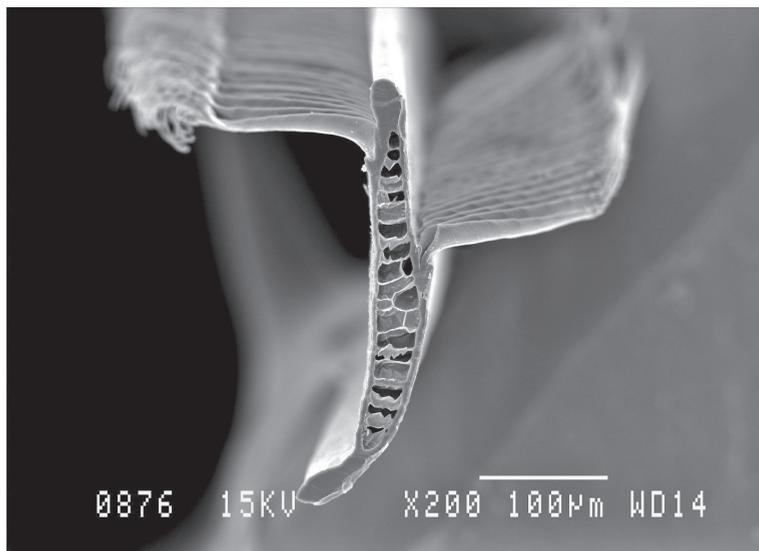


Рис. 1. Электросканограмма поперечного среза базального участка бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. $\times 200$

При этом у сороки вентральный гребень на поперечном срезе базальной части бородки I хорошо выражен и его длина превышает таковую дорсального гребня, что отличает сороку от большинства исследованных нами видов врановых (голубая сорока, саксаульная сойка, кедровка, грач), у которых вентральный и дорсальный гребни слабо выражены [1; 2]. Соотношение длины вентрального и дорсального гребней с общей длиной поперечного среза базальной части бородки I у сороки и ряда других исследованных видов врановых отражает столбчатая диаграмма, приведенная на рисунке 2.

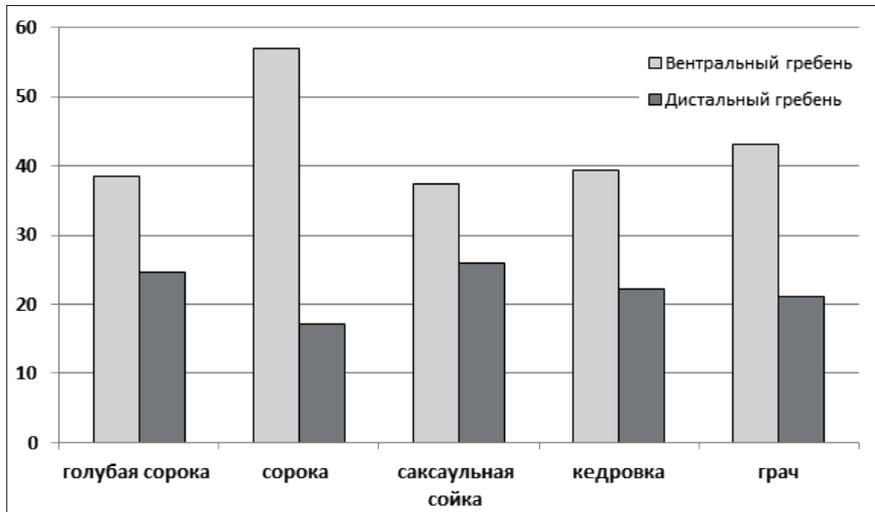


Рис. 2. Соотношение длины вентрального и дорсального гребней с общей длиной поперечного среза (%) базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки

Конфигурация и параметры удлиненности поперечного среза вышележащих участков бородки I (медиальная и дистальная части) заметно изменяются по сравнению с приведенными выше характеристиками базальной части: значительно уменьшается длина вентрального гребня, постепенно уменьшается общая длина поперечного среза бородки и одновременно увеличивается ширина, вследствие чего поперечный срез медиальной части бородки I приобретает более округлую, ланцетовидную форму, что находит отражение в изменении величины индекса удлиненности (соотношение ширины и длины поперечного среза, выраженное в процентах). Данные столбчатой диаграммы и графика, приведенные соответственно на рисунках 3 и 4, подтверждают указанную закономерность: в направлении к вершине бородки I — от нижней базальной части бородки (проксимальный участок) к верхней дистальной части бородки — уменьшается длина вентрального гребня (рис. 3) и возрастает индекс удлиненности (рис. 4).

Строение сердцевины бородки I. У сороки сердцевина бородки представлена совокупностью плотно упакованных полигональных полостей, разделенных

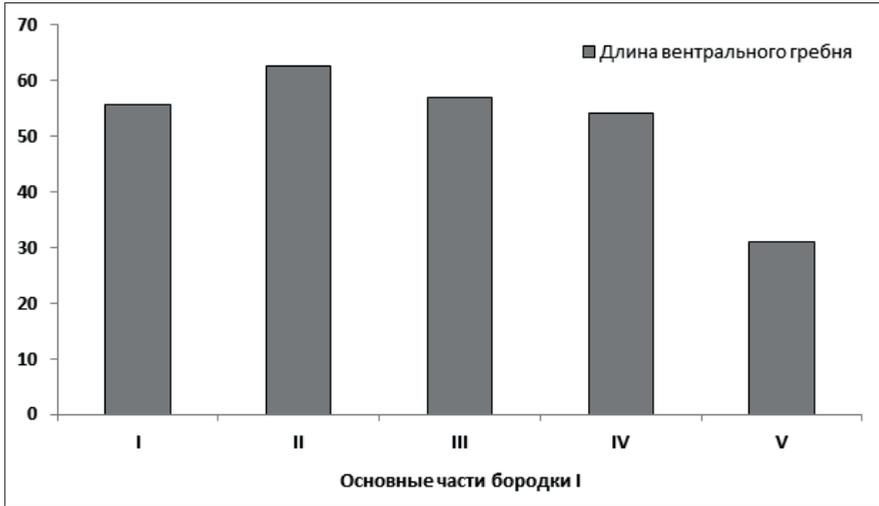


Рис. 3. Соотношение длины вентрального гребня с общей длиной поперечного среза (%) в разных частях бороздки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бороздки I: I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок), III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная

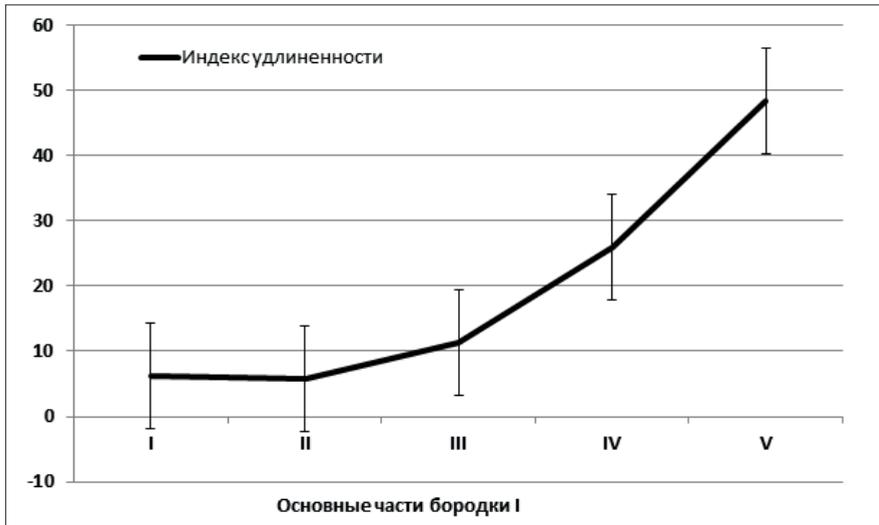


Рис. 4. Изменение величины индекса удлиненности поперечного среза в разных частях бороздки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бороздки I: I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок), III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная

тонкими перегородками (стенками полостей). Выявленная нами у сороки тенденция изменения конфигурации и параметров удлиненности поперечного среза по направлению к вершине бородки I характерна также и для сердцевинны. Отсутствующая в подопахальцевой части бородки I сердцевина появляется в последующих частях бородки, заметно преобладавая во внутренней структуре дистального участка базальной части, а также в медиальной части бородки I (рис. 5).

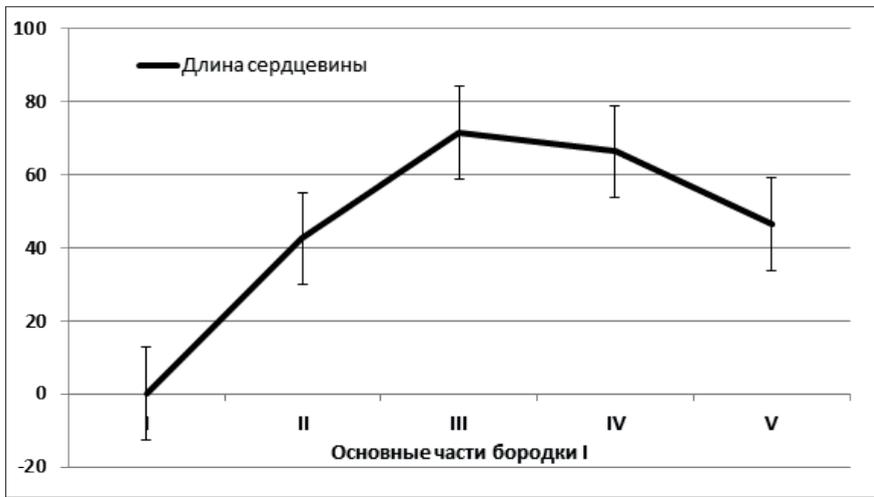


Рис. 5. Соотношение длины сердцевинны с общей длиной поперечного среза (%) в разных частях бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бородки I:

I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок), III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная

У сороки, как и у большинства исследованных нами видов врановых, сердцевина на поперечном и продольном срезах бородки однорядная. Конфигурация сердцевинных полостей (ячей) достаточно разнообразна: от полигональных округлых или уплощенных поперечно расположенных ячеек с неровными очертаниями на поперечном срезе бородки (рис. 6) до прямоугольных сердцевинных полостей на продольном срезе (рис. 7). При этом на продольном срезе полости исключительно четырехугольные, с относительно ровными очертаниями, что отличает сороку от подавляющего большинства исследованных нами видов врановых, у которых сердцевинные полости на продольном срезе бородки I имеют неровные очертания.

Отличительной особенностью в строении сердцевинны бородки I у сороки является отсутствие в полостях пигментных гранул, наличие которых выявлено у большинства исследованных нами видов врановых.

Характерный для подавляющего большинства исследованных видов врановых каркас сердцевинных полостей, образованный тонкими роговыми нитями, у сороки развит незначительно: на поперечном и продольном срезах встречается

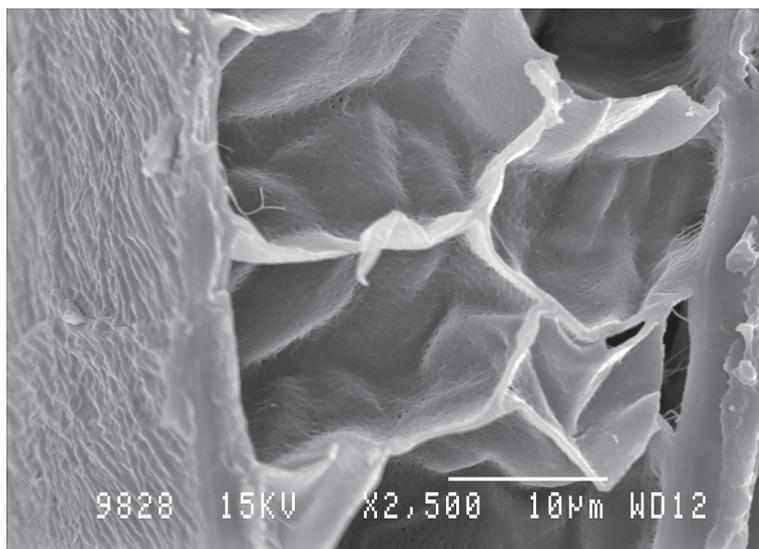


Рис. 6. Электросканограмма сердцевины на поперечном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. $\times 2500$

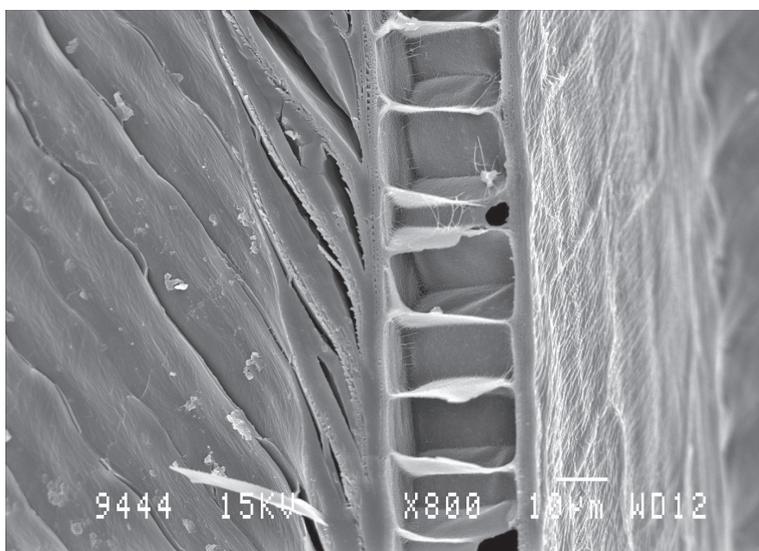


Рис. 7. Электросканограмма сердцевины на продольном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. $\times 800$

мало нитей, что отличает сороку от других исследованных видов врановых. Например, у саксаульной сойки в каркасе отдельных сердцевинных полостей нити образуют густые скопления, у галки обилие нитей в сердцевинных полостях выявлено на продольном срезе, у сойки нити образуют кружевные сплетения на отдельных участках перегородок сердцевинных полостей [1; 2].

Структура кутикулярной поверхности бородки I отчетливо различима на латеральных сторонах дорсального и вентрального гребней. Однако орнамент кутикулярной поверхности у сороки, как и у других изученных видов врановых, значительно меняется в разных участках бородки. Вследствие этого для сравнительного анализа нами был выбран конкретный участок кутикулярной поверхности, а именно проксимальный участок базальной части бородки I. Орнамент поверхности здесь мозаичный (мостовидный), т. е. кутикулярные клетки располагаются встык.

Пяти-, шестиугольные клетки, ориентированные вдоль продольной оси бородки I, имеют удлинённую форму, что достаточно часто встречается среди исследованных видов врановых. У сороки, как и у большинства исследованных нами видов врановых, края кутикулярных клеток утолщенные и валиковидные, вследствие чего границы между клетками хорошо различимы. Поверхность клеток кутикулы имеет сглаженный волокнистый рельеф, в структуре которого наблюдается достаточно плотное переплетение волокон, ориентированных вдоль или под углом относительно вертикальной оси кутикулярной клетки.

Структура пуховых боронок. Пуховые бороночки имеют типичное для врановых строение: расширенное основание, состоящее из удлинённых, ремневидных базальных клеток и перышко — сегментированный отдел, сформированный чередующимися узлами и междоузлиями.

Таксономически значимой особенностью в структуре базальных клеток является наличие специфических выростов-ворсинок базальной клетки — виллисов. У сороки, так же как и у других изученных нами видов врановых, базальные клетки боронок II пуховой части первостепенных маховых перьев не содержат выростов, однако наличие виллисов отмечено нами в структуре базальных клеток пуховых боронок покровных перьев исследованных видов врановых, включая сороку.

У сороки поверхность кутикулы сегментированного отдела (узлов и междоузлий) пуховых боронок характеризуется хорошо различимой фибриллярной исчерченностью, в отличие, например, от неотчетливой фибриллярной исчерченности поверхности кутикулы перышка пуховых боронок у голубой сороки, саксаульной сойки, а также галки [1; 2].

В строении проксимального отдела пуховых боронок у сороки выявлен ряд специфических характеристик. Апикальная часть сегмента почти не расширена, и междоузлие плавно переходит в узел. Узлы имеют четыре-пять конических, заостренных зубцов свободного края. У сороки зубцы свободного края апикальной части сегмента почти не отклоняются в стороны от продольной оси пуховой бороночки, тогда как у большинства исследованных нами других видов врановых зубцы отклоняются от бороночки под углом 30° (кукша, саксаульная сойка, галка, грач) или 45° (ворон) [1; 2].

Таким образом, в результате проведенного нами исследования особенностей микроструктуры контурного пера сороки и сравнения полученных данных с особенностями тонкого строения контурных перьев изученных нами

ранее других представителей рода *Corvus*, установлено, что наряду с традиционными для представителей врановых элементами архитектоники пера у сороки имеется ряд видоспецифических характеристик тонкого строения контурного пера, а именно: четкая выраженность вентрального гребня на поперечном срезе нижней трети бородки I; разнообразие конфигурации воздухоносных полостей сердцевинного тяжа: от полигональных округлых или уплощенных поперечно расположенных ячеек с неровными очертаниями на поперечном срезе бородки до прямоугольных сердцевинных полостей на продольном срезе — исключительно четырехугольных, с относительно ровными очертаниями; в структуре сердцевинных полостей встречается мало нитей и отсутствуют пигментные гранулы; в строении проксимального отдела пуховых бородок поверхность кутикулы сегментированного отдела отличается четко выраженной фибриллярной исчерченностью, апикальная часть сегмента почти не расширена, конические заостренные зубцы свободного края апикальной части сегмента почти не отклоняются в стороны от продольной оси пуховой бородки.

Полученные нами результаты свидетельствуют, что выявленные основные видоспецифические характеристики тонкого строения дефинитивного контурного пера сороки имеют важное таксономическое значение в контексте проблемы диагностики пера на основе его микроструктуры для целей биологической экспертизы, а также могут быть использованы для исследования направленности и динамики сложной радиации морфологических и адаптационных изменений микроструктуры пера в филогенезе птиц.

Литература

1. *Фадеева Е.О.* Особенности микроструктуры первостепенных маховых перьев некоторых видов врановых (*Corvidae*) // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии: материалы V Международной конференции (Россия, г. Улан-Удэ, 17–19 мая 2012 г.). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2012. С. 201–205.
2. *Фадеева Е.О.* Особенности тонкого строения дефинитивного контурного пера врановых (*Corvidae*) // Экология, эволюция и систематика животных: материалы Международной научно-практической конференции. Рязань: НП «Голос губернии», 2012. С. 383–384.
3. *Фадеева Е.О.* Диагностические возможности контурного пера птиц на основе его микроструктуры // Вестник МГПУ, серия «Естественные науки». 2015. № 4 (20). С. 67–77.
4. *Фадеева Е.О.* Видоспецифические особенности тонкого строения дефинитивного контурного пера обыкновенной сипухи (*Tyto alba* Scopoli, 1769) // Вестник МГПУ, серия «Естественные науки», 2015. № 4 (20). С. 78–84.

Literatura

1. *Fadeeva E.O.* Osobennosti mikrostruktury' pervostepenny'x maxovy'x per'ev nekotory'x vidov vranovy'x (*Corvidae*) // Sovremenny'e problemy' ornitologii Sibiri i Central'noj Azii: materialy' V Mezhdunarodnoj konferencii (Rossiya, g. Ulan-Ude', 17–19 maya 2012 g.). Ulan-Ude': Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta, 2012. S. 201–205.

2. Fadeeva E.O. Osobennosti tonkogo stroeniya definitivnogo konturnogo pera vranovy'z (*Corvidae*) // E'kologiya, e'volyuciya i sistematika zhivotny'x: materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ryazan': NP «Golos gubernii», 2012. S. 383–384.

3. Fadeeva E.O. Diagnosticheskie vozmozhnosti konturnogo pera pticz na osnove ego mikrostruktury' // Vestnik MGPU, seriya «Estestvenny'e nauki», 2015. № 4 (20). S. 67–77.

4. Fadeeva E.O. Vidospecificheskie osobennosti tonkogo stroeniya definitivnogo konturnogo pera oby'knovennoj sipuxi (*Tyto alba Scopoli, 1769*) // Vestnik MGPU, seriya «Estestvenny'e nauki», 2015. № 4 (20). S. 78–84.

E.O. Fadeeva

The Microstructure of Flight Feather of a Magpie (*Pica pica*)

The original results on the scanning electron microscope comparative investigation of the Magpie (*Pica pica*) primary remex fine structure. On the basis of the conducted research, the authors found out that that among Magpies, along with characteristic for *Corvidae* features of the thin structure of the contour feather, there are a number of species-specific structural elements important from the point of view of taxonomic diagnostics.

Keywords: Magpie; electronic microscopic research; primary remex; microstructure of a feather.