

А.Б. КИЛАДЗЕ, О.Ф. ЧЕРНОВА

---

# АФРИКАНСКИЙ СТРАУС

РЕЗЕРВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ  
В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОДУКТОВ  
СТРАУСОВОДСТВА



---

МОСКВА 2011

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова

А.Б. Киладзе, О.Ф. Чернова

# АФРИКАНСКИЙ СТРАУС

РЕЗЕРВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ПРОДУКТОВ СТРАУСОВОДСТВА



Товарищество научных изданий КМК  
Москва 2011

ББК 28.693.35:46.8

УДК 568.221.1

К 39

**Киладзе А.Б., Чернова О.Ф.** Африканский страус (резервный потенциал в использовании продуктов страусоводства). М.: Т-во научных изданий КМК, 2011. 82 с. + цв. вклейки.

Монография представляет собой оригинальное морфологическое и технологическое исследование органов и тканей африканского страуса, рассмотренных в контексте концепции глубокой переработки продукции страусоводства. Морфологические данные представляют интерес для решения фундаментальных задач биологии, в том числе адаптаций органов и тканей животных к условиям обитания. Приведен краткий обзор данных литературы по разным аспектам биологии африканского страуса. Выявленные технологические характеристики органов и тканей, рассмотренных в качестве сырья для промышленности, перерабатывающей продукцию страусоводческих хозяйств, рассматриваются с учетом ресурсосберегающей мотивации и возможной переработки в промышленных условиях. Поскольку основной продукцией страусоводства, приносящей наиболее ощутимый доход, является страусовое кожевенное сырье и перья, особое место отведено исследованию морфологии кожно-перьевого покрова страуса. С разной степенью детализации раскрываются морфологические особенности и технологические аспекты практически всего спектра продукции страусоводства (кожи, подкожного жира, перьев, когтей, мышечной ткани, скорлупы яиц, трахеи, пищевода, глаз, мозга). В краткой форме дан анализ истории (вплоть до настоящего времени) страусоводства, прошедшего несколько этапов своего становления и развития. Обсуждены экономические предпосылки, лежащие в основе концепции ресурсосбережения в страусоводстве.

Для зоологов, гистологов, орнитологов, практиков страусоводства и промышленников.  
Илл. 40. Табл. 42. Библ. 141.

Отв. редактор: чл.-корр. РАН, профессор *Б.Р. Стриганова*

Рецензенты: *Т.П. Евгеньева, В.Ю. Ильяшенко*

Утверждено к печати ученым советом Института проблем экологии и эволюции  
им. А.Н. Северцова РАН

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» и гранта Президента РФ для ведущих научных школ № НШ-7522.2010.4.*

ISBN 978-5-87317-762-2

© ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, 2011.

© А.Б. Киладзе, О.Ф. Чернова,  
текст, иллюстрации, 2011.

© Товарищество научных изданий КМК, 2011.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1. КРАТКАЯ ВИДОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ – АФРИКАНСКОГО СТРАУСА .....	5
Глава 2. МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ АФРИКАНСКОГО СТРАУСА В АСПЕКТЕ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ .....	15
Материал и методы .....	15
Кожный покров .....	20
Шкуры .....	31
Выдубленная кожа .....	38
Подкожный жир .....	41
Когти .....	43
Перьевого покров .....	45
Маховые и покровные перья .....	45
Перья век (раздел написан совместно с Е.О. Фадеевой) .....	51
Скорлупа яиц .....	53
Мышечная ткань .....	58
Пищевод .....	60
Трахея .....	61
Глаза .....	63
Головной мозг .....	65
Глава 3. КОНЦЕПЦИЯ РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ В СТРАУСОВОДСТВЕ .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
ЛИТЕРАТУРА .....	77

## ВВЕДЕНИЕ

Страусоводство как часть промышленного птицеводства в настоящее время интенсивно развивается в России, обеспечивая потребителей высококачественными и диетическими продуктами питания, ценным кожевенным сырьем, а также перьями, нашедшими применение в легкой промышленности. Вместе с тем существует целый ряд продуктов страусоводства, резервный потенциал которых еще требует своего научного обоснования и производственного внедрения. Очевидно, что вовлечение вторичного сырья в новый цикл переработки позволит существенным образом расширить ассортимент выпускаемой продукции, решить ряд экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, а также получить новый источник прибыли. Именно ресурсосберегающая доктрина, по нашему мнению, придаст дополнительный импульс к инновационному сценарию развития всему отечественному птицеводству и страусоводству в частности. Ведь к страусоводству, как наиболее экономически привлекательной отрасли, приковано самое пристальное внимание со стороны научной общественности всего мира, а впечатляющие достижения в области зоотехнии позволили расширить географию интродукции африканского страуса до 50-ти государств.

Работа содержит результаты исследований, рассмотренных в контексте концепции глубокой переработки продукции страусоводства. Приведенные технологические характеристики того или иного сырья излагаются с учетом ресурсосберегающей мотивации и возможного использования в промышленных условиях.

Данная книга является логическим продолжением ранее опубликованной коллективной монографии «Древнеэбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования)» / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 212 с.), которая уже получила положительный отклик в отраслевой печати (На книжной полке, 2010).

Композиционно настоящая монография состоит из трех глав. В первой главе приведен краткий анализ данных литературы, посвященных разным аспектам биологии африканского страуса, в том числе систематике, палеонтологии, распространению и среде обитания. Вторая глава полностью посвящена оригинальным данным о строении и технологических свойствах различных органов и тканей страуса в прикладном аспекте. Поскольку основной продукцией страусоводства, приносящей наиболее ощутимый доход, является страусовое кожевенное сырье, особое место отведено исследованию морфологии кожного покрова страуса. С разной степенью детализации раскрываются технологические аспекты практически всего спектра продукции страусоводства. Особое внимание уделено такому сырью, как шкуры, подкожный жир, перья (маховые, покровные, век), когти. Изучены важнейшие технологические свойства выдубленной кожи. Представлены сведения о цельной яичной скорлупе. Приведены данные о гистологической структуре мясного сырья и пищевода, а также технологический анализ специального сырья (трахеи, глаз, головного мозга). В третьей главе в краткой форме дан анализ истории страусоводства, прошедшего несколько этапов своего становления и развития. Дополнены сведения, относящиеся к культурно-религиозному значению страуса и его продукции для человека. Обсуждены экономические предпосылки, лежащие в основе концепции ресурсосбережения в страусоводстве.

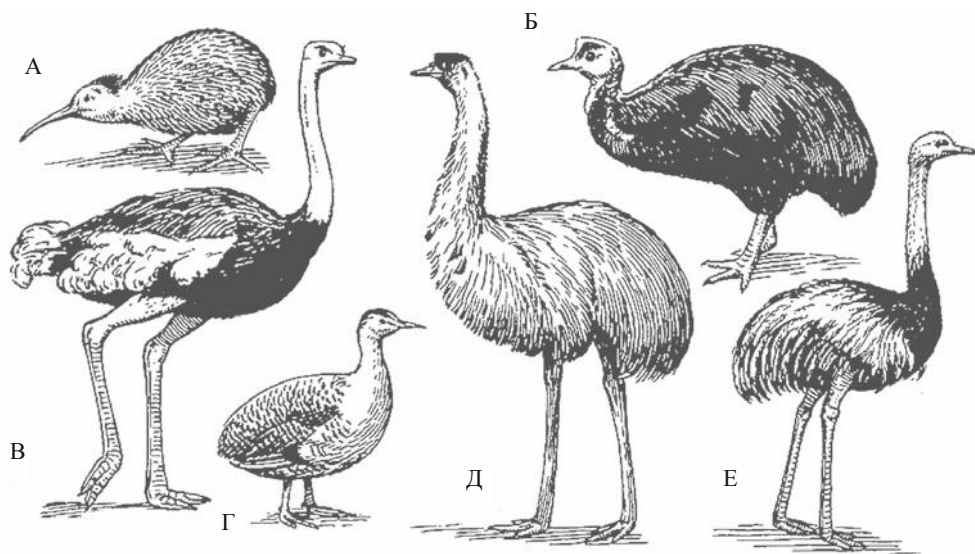
Авторы выражают благодарность сотрудникам Института проблем экологии и эволюции РАН, Государственного Дарвиновского музея и Научно-исследовательского зоологического музея Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова за предоставленный для исследования материал.

# Глава 1

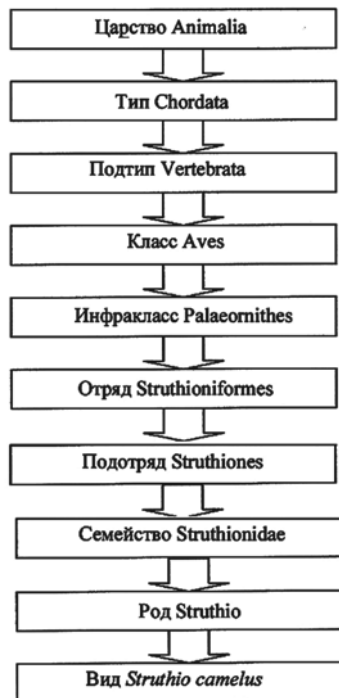
## КРАТКАЯ ВИДОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ – АФРИКАНСКОГО СТРАУСА

Страусоводство как наиболее перспективная отрасль птицеводства интенсивно развивается на территории России. Очевидно, что для ведения полноценной зоотехнической работы и получения высококачественной продукции необходимо знание биологии африканского страуса. В этой связи нами подготовлен краткий обзор, охватывающий такие важные вопросы, как систематика, палеонтология, распространение и среда обитания страуса. Также обсуждаются экономические проблемы разведения страусов в фермерских хозяйствах ЮАР и других стран.

Африканский страус принадлежит к классу птиц *Aves*, инфраклассу *Paleornithes*, отряду страусообразных *Struthioniformes* (куда также входят эму, казуары, нанду, киви), систематически близкого отряду тинамуобразных *Tinamiformes* (тинаму) (Коблик, 2010) (рис. 1). Систематика африканского страуса довольно четко определена (рис. 2), однако становление систематической доктрины палеогнат прошло длительный путь, прежде чем было найдено правильное направление в таксономических исследованиях. Так, еще ранние исследователи XIX в. обнаружили отсутствие кия у большинства представителей страусоподобных форм, что послужило основанием для их выделения в отдельную группу, названную бескилевые *Ratitae*. Однако постепенно палеонтологическая летопись пополнялась летающими страусоподобными представителями, поэтому этот признак утратил свое первостепенное таксономическое значение, а в настоящее время рассматривается как вторичный остеологический показатель. Современная таксономия к основополагающему признаку относит анатомию неба, которая послужила главным морфологическим критерием, позволившим выделить 2 надотря-



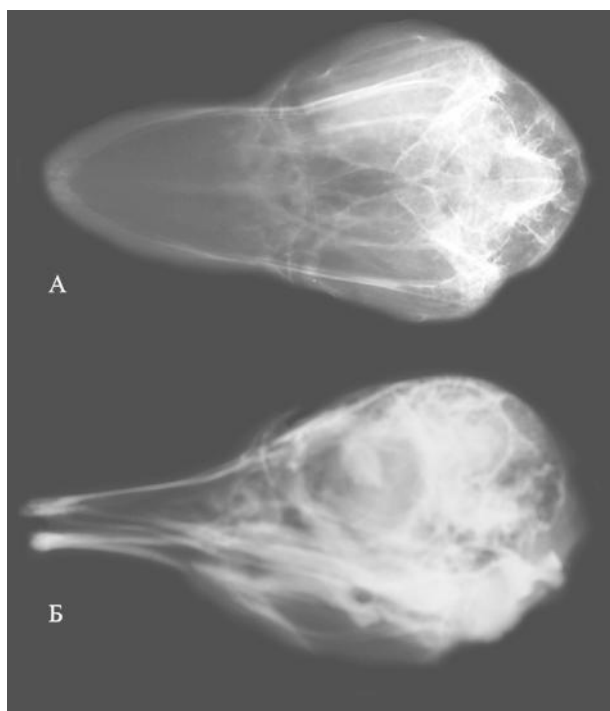
**Рис. 1.** Представители древненёбных птиц: А – киви (Новая Зеландия); Б – казуар (Австралия); В – африканский страус (Африка); Г – тинаму (Южная Америка); Д – эму (Австралия); Е – нанду (Южная Америка) (по: Ромер, Парсонс, 1992).



**Рис. 2.** Современная систематика африканского страуса *Struthio camelus* Linnaeus, 1758 (по: Коблик, 2010).

да в рамках класса птиц Aves – это палеогнаты Palaeognathae (древненёбные птицы), где нашли свое место страусообразные, и неогнаты Neognatae (новонёбные птицы), куда относят большинство представителей пернатого сообщества (Коблик, 2010).

Архаичной чертой в морфологии нёба страусообразных служит его неподвижное сочленение с другими костями черепа, что формирует упрощенную биомеханическую модель ротового аппарата, основанную на хватательных движениях и невозможности совершения сложных манипуляций. В 1867 г. Томас Гексли такой тип костного нёба определил как дромеогнатический, которому присущи следующие морфологические особенности: нёбные и крыловидные кости неподвижно соединяются друг с другом; полноценно развиты базиптеригиоидные сочленения; передний конец сошника, как правило, сливается с нёбными отростками верхнечелюстных костей, а его задний конец – расщеплен, при этом его раздвоенные концы соединяются с нёбными и крыловидными костями, отделяя их от клювовидного отростка (Карташев, 1974; Коблик, 2010). И по нашим данным, нёбный комплекс африканского страуса (далее – страус) имеет типичное строение, свойственное палеогнатам (рис. 3). При этом швы черепа остаются открытыми в течение значительного периода времени после вылупления (Bezuidenhout, 1999a).



Полагают, что уже в нёбном комплексе ящеротазового эрикозавра *Erlikosaurus andrewsi* Perle, 1925, возраст находки которого составляет 80 млн. лет, а его расцвет приурочен к меловому периоду, проявляются черты, нашедшие дальнейшее воплощение в нёбе у страусов и особенно казуаров. Вместе с тем палеогнатизм у эрикозавра носит более примитивный характер по сравнению с «настоящим» палеогнатизмом палеогнат (Барсболд, 1983).

Карл Линней в 1758 г. в своей знаменитой зоологической систе-

**Рис. 3.** Рентгенограмма черепа взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). А – прямая проекция; Б – боковая проекция.

матике назвал страуса *Struthio camelus*, что является производным от греко-латинского термина *Struthocamelus* (цит. по: Deeming, 1999). Слово *camelus* в бинарном названии вида указывает на сходство страуса и дромедара, для которых в одинаковой степени характерно наличие длинных и сильных ног, длинной шеи, выпуклых глаз и длинных перьев век («ресниц»), а также экологическая пластичность, позволившая им освоить пустынные территории (Shanawany, Dingle, 1999). Все это делает вполне обоснованным научное название страуса, которого также прозвали «птица-верблюд» (Deeming, 1999). Семантическую этимологию греческого слова *Struthio* можно также интерпретировать как «воробей-верблюд» (Cooper et al., 2009).

Страус – самая крупная из ныне живущих птиц, рост которой достигает 2.75 м, а масса – 150 кг. Перьевого наряд взрослых самцов преимущественно черный, при этом только первостепенные маховые перья и перья хвоста имеют белый цвет, а шея окрашена в серые тона. Тело взрослых самок одето в тусклый коричнево-серый перьевого покрова, однако окраска первостепенных маховых и рулевых перьев варьирует от светло-серой до белой. Птицы, не достигшие половой зрелости, имеют оперение, похожее на оперение взрослых самок. Птенцы облачены в щетиноподобный перьевого покрова довольно пестрой расцветки, сочетающей коричневые, желтые, оранжевые и кремовые тона с черными перьями на спине. Дефинитивные страусовые перья отличаются распущенным и симметричным опахалом (Cramp et al., 1977; Brown et al., 1982; Чернова и др., 2010).

Длинные ноги и шея позволяют голове страусов возвышаться на 1.80–2.75 м над землей. Страуса отличает наличие исключительно больших глаз, достигающих 50 мм в диаметре. Птицы хорошо видят не только впереди себя, но и ниже глаз, однако у страуса имеется большая зона, не охватываемая зрением, – «слепое пятно» (Brown et al., 1982; Martin, Katzir, 1995). Ушные отверстия, прикрытые клапанами, располагаются на голове сзади (Deeming, 1999).

Страусы не способны к полету и ведут сухопутный образ жизни. Морфологические и биомеханические особенности сухожилий их ног и пальцев адаптированы к сухопутному образу жизни (Cramp et al., 1977; Alexander et al., 1979). Страусы – пальцеходящие птицы и имеют только по 2 пальца (третий и четвертый) на каждой ноге (Deeming, 1999). Они практически постоянно заняты неторопливой ходьбой в местах обитания, однако в случае опасности могут бегать, причем скорость бега в экстремальной ситуации достигает 60–70 км/ч.

Недоразвитые крылья, отсутствие развитой грудной мускулатуры и киля не позволяют страусу взлетать. Тем не менее структурные особенности костей крыльев, наличие воздушных мешков, некоторых пневматических костей и пигостилия позволяют утверждать, что страус эволюционировал от летающих предков, вторично утратив способность к полету, приспособившись исключительно к наземной среде обитания (Cramp et al., 1977; Deeming, 1999). Биологические особенности страуса в сравнении с другими представителями бескилевых птиц представлены в таблице 1.

Палеонтологические исследования основаны на анализе найденных берцовых костей и фрагментов яичной скорлупы, при этом существует много точек зрения относительно времени и места происхождения страуса. Эти птицы, скорее всего, произошли от наземных пресмыкающихся текодонтов *Thecodontia*. Считают, что некоторые текодонты имели оперенные конечности. Эволюционные преобразования, ознаменованные появлением птиц, произошли 150 млн. лет назад и относятся к юрскому периоду мезозойской эры, при этом страусы могли появиться уже 120 млн. лет назад (Joy, 2005). Древненёбные птицы монофилетичны, т.е. имели одного общего предка (Prager et al., 1976; Kurochkin, 1995; см. рис. 1.3 в: Древненёбные птицы..., 2010). Происхождение



**Таблица 1.** Некоторые черты биологии представителей древненёбных птиц  
(по: Deeming, 1999; Shanawany, Dingle, 1999)

Морфологические и экологические характеристики	Страус	Обыкновенный нанду	Дарвинов нанду	Эму	Казуар	Киви
Размеры тела: Высота, м Масса, кг	2.5 135	1.5 25	1.0 18	1.6 38	1.5 38	0.4 2
Окрас перьевого покрова: Самцы  Самки	Черный  Серо-коричневый	Серый  Мономорфный		Серо-черный Мономорфный	Глянцевочерный Мономорфный	Желтокоричневый Мономорфный
Количество пальцев	2	3	3	3	3	3
Макс. скорость бега, км/ч	70	50	45	50	50	45
Цвет скорлупы яйца	Кремово-белый	Золотисто-белый	Светло-зеленый	Глянцевозеленый	Зеленый	Глазурный белый
Масса яйца, кг	1.50	0.60	0.65	0.60	0.65	0.45
Инкубация, дни	42	42	42	58-61	30	75-78
Высиживают яйца	Самцы/ Самки	Самцы	Самцы	Самцы	Самцы	Самцы
Естественный ареал обитания	Африка южнее Сахары	Бразилия, Боливия, Аргентина	Перу, Боливия, Чили, Патагония	Австралия (кроме востока)	Австралия, Новая Гвинея	Новая Зеландия

ние страусоподобных птиц может быть очень древним и датироваться либо эоценовым (65–38 млн. лет назад), либо миоценовым (26–7 млн. лет назад) периодами (Mouget-Chauvire et al., 1996a, b).

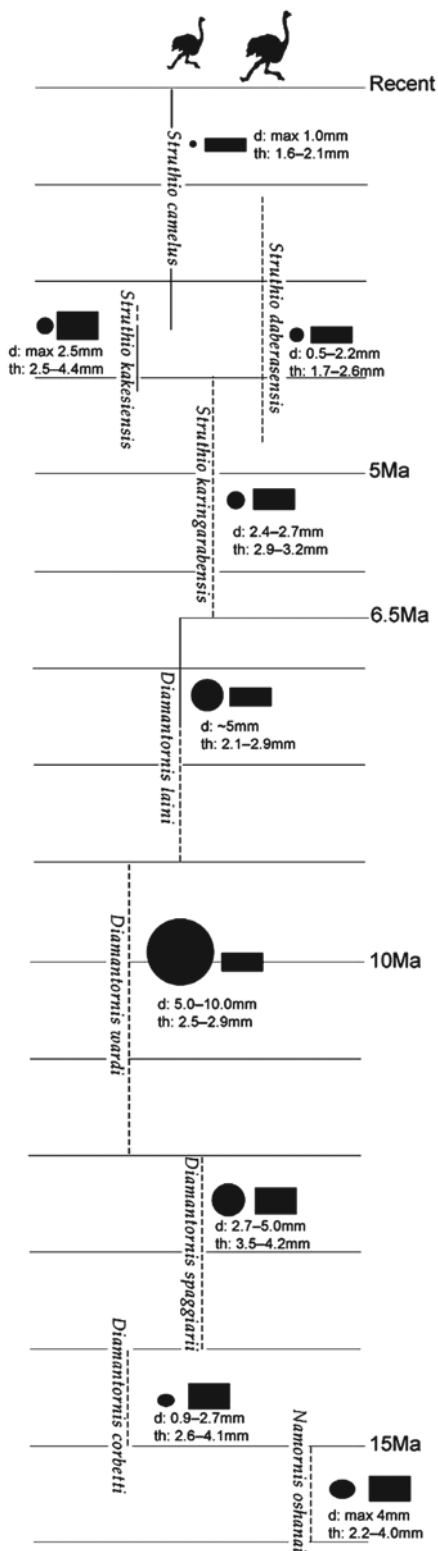
Полагают, что предки страуса первоначально возникли как некрупные нелетающие птицы в эоцене (55–40 млн. лет назад) в азиатских степях, однако в нижнем плиоцене (около 12 млн. лет назад), они приобрели гигантские формы и расселились сначала в Монголии, а позже и в Южной Африке (Bibi et al., 2006).

Современные страусы по своим размерам несколько меньше древних форм, которые возникли как новый вид в плейстоцене (около 2–1 млн. лет назад). При этом некоторые их остатки найдены в местах доисторических жилищ человека. Европейская колонизация ускорила гибель нелетающих птиц, а с XVII в. многие изолированные островные виды приобрели статус вымерших. Этому способствовало также нападение на их птенцов и яйца диких кошек, собак, мангустов и свиней. Открытие различных окаменелостей в разных областях Африки и Евразии показало обширные географические районы, занимаемые страусами в прошлом (Shanawany, Dingle, 1999). Ископаемые остатки свидетельствуют, что ареал страусоподобных птиц когда-то охватывал Африку и Евразию, включая территорию Средиземноморья, проходя через Индию и Китай, хотя точное место происхождения этих птиц остается неясным. Существует

**Таблица 2.** Некоторые черты биологии взрослых особей четырех подвидов африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) (по: Deeming, 1999; Shanawany, Dingle, 1999)

Экологические и морфологические характеристики	Подвиды			
	<i>S. c. camelus</i>	<i>S. c. molybdophanes</i>	<i>S. c. massaicus</i>	<i>S. c. australis</i>
Ареал обитания	От Южного Марокко и востока Мавритании до Юго-западной Эфиопии и Северной Уганды	Северо-восточная Эфиопия и Сомали с захватом Северной Кении	Восточная Кения и Северная Танзания	От северной части Намибии и юга Зимбабве до Капского полуострова
Цвет кожи самца	Розоватый	Серо-голубой	Серо-розовый	Серый
Цвет бедра	Красноватый	То же	То же	Розоватый
Цвет шеи	То же	То же	То же	Серый
Наличие и форма белого шейного ободка	Узкий	Широкий	Узкий	Отсутствует
Цвет радужной оболочки глаз	Коричневый	Голубой или светло-серый	Коричневый	Коричневый или серовато-коричневый
Окрас хвостовых перьев самца	Чисто белые	Белые	Белые	Светло-коричневые
Окрас перьев самок	Темно-коричневые	Светло-серые	Коричнево-серые	
Высота, м	2.5–3.0	2.0–2.5	2.0–2.5	2.0–2.5
Масса, кг	90–130	80–120	90–130	100–150
Самки по сравнению с самцами	Мельче	Крупнее	Мельче	Мельче
Размер яиц и характер пор	Яйца крупные, не сильно отполированные	Яйца с плотно расположенными крупными порами	Яйца с более редкими крупными порами	Яйца с плотно расположенными мелкими порами

мнение (Cracraft, 1973), что все бескилевые птицы вышли из Гондваны (500–200 млн. лет назад), однако большинство фактов свидетельствует, что страусы произошли в Евразии и позже заселили Африку (Olson, 1985; Mikhailov, 1986). Стаусоподобные предки также могли преодолеть сухопутные мосты между южными материками во время мелового периода (Prager et al., 1976). Появление страусов в южном полушарии, вероятно, является следствием распространения с севера доисторических летающих предков (Shanawany, Dingle, 1999). Большое количество вымерших видов азиатских страусов описаны по окаменелым фрагментам, но их связь с африканскими страусами неизвестна. В Китае страусы вымерли во время последнего ледникового периода (20 тыс. лет назад) (Cooper et al., 2009). Найденные в Намибии кости ног отнесены к миоценовому периоду (примерно 20 млн. лет назад), что позволило ученым выдвинуть гипотезу, что страусы все же вышли из африканского континента и лишь около 10–5 млн. лет назад заселили Евразию (Mourer-Chauvire et al., 1996a, b). Страусы оккупировали площадь Китая, юга России, Индии, востока и юга Европы, Среднего Востока, а также Африки.



Выделяют несколько ископаемых видов страусов, в том числе (Mourer-Chauvire et al., 1996a, b): *Struthio novorossicus* Aleksejev, 1915: описан по цевке из нижних плиоценовых слоев на западном побережье Черного моря;

*Struthio karatheodoris* Forsyth Major, 1888: описан по костям из нижнего плиоцена, найденного на архипелаге Самоа;

*Struthio oldawayi* Lowe, 1933: остатки, найденные в Алжире (кайнозой), в Египте (поздний плейстоцен или современная геологическая эпоха) и в Восточной Африке (нижний плейстоцен);

*Struthio asiaticus* Milne-Edwards, 1871 и *Struthio indicus* Bidwell, 1904: описаны по фрагментам яичной скорлупы, найденным недалеко от р. Каин в Индии (нижний плиоцен);

*Struthio wimani* Lowe, 1931: описаны по тазовым костям, найденным в нижнем плиоцене Северо-Западного Шанси на р. Хуанхэ в Китае (Shanawany, Dingle, 1999).

Известно, что все ископаемые формы были крупнее современных страусов, например, «птицы-слоны» – эпиорнисы из Северной Африки и Мадагаскара (семейство *Aepyornithidae*, род *Aepyornis*) (см. Коблик, 2010). Окаменелости эпиорниса относятся к ранней кайнозойской эре (около 60 млн. лет назад), и его скелет схож с таковым современного страуса. Голова маленькая, крылья рудиментарны, ноги длинные и массивные. Крупнейший вид *Aepyornis maximus* был больше 3 м в высоту. Эпиорнисы являются героями арабских сказок и легенд ранних путешественников (птица Рух Синбада-морехода и птица Рок Марко Поло) (Shanawany, Dingle, 1999).

Составлена хронологическая биоистратиграфия бескилевых на основе определения возраста скорлупы яиц, найденных в Африке (Малави, Намибия, Танзания) и Аравийском полуострове (рис. 4). Для скорлупы яиц как вымерших, так и рецентных видов, характерны существенные различия в пористости и толщине, которые,

**Рис. 4.** Биоистратиграфия некоторых древненёбных птиц из Африки и Аравийского п-ва, основанная на параметрах яичной скорлупы.

Пунктирные линии указывают на примерный возрастной диапазон. d – диаметр пор, мм; th – толщина скорлупы, мм; Ma – млн. лет назад; Recent – современность (по: Senut, 2000; Stidham, 2004; Harrison, Msuya, 2005; Bibi et al., 2006; Cooper et al., 2009).

по-видимому, обусловлены своеобразным экотипом, метаболизмом и длительностью инкубации эмбриона (Cooper et al., 2009).

В настоящее время различают 4 подвида африканского страуса *Struthio camelus* Linnaeus, 1758, естественный ареал подвидов приурочен к довольно изолированным регионам Африки (табл. 2). По грубым оценкам, общая численность страуса составляет около 2 млн. особей, при этом треть их обитает в Африке, однако более 90% всей африканской популяции сосредоточены на фермах и в зоопарках. Остальные 10% образуют основу дикой популяции (Cooper et al., 2009).

Аравийский страус *Struthio camelus syriacus* Rothschild, 1919 (сирийский, ближневосточный), ареалом обитания которого считают Сирийскую пустыню и Северную Аравию, подвергся жесткому истреблению, поэтому его редко видели уже с середины 1930-х гг., а с 1941 г., когда в Саудовской Аравии была добыта последняя особь, данный подвид приобрел статус вымершего. В западных частях Азии *S. s. syriacus* исчезает с 1910 г., а в Сирии – с 1935–1940 гг. В Бахрейне последнюю особь добыли в 1956 г. Установлено, что в 1966 г. во время ливневых паводков и оползней вблизи Петры в Иордании погибла особь аравийского страуса. Яйца страуса этого подвида отличались мелкими размерами, но были хорошо отполированы (вероятно, во время насиживания) (Deeming, 1999; Shanawany, Dingle, 1999; Roots, 2006).

Североафриканского страуса *Struthio camelus camelus* Linnaeus, 1758 (обыкновенный, малийский, берберийский) в течение XX в. также сильно истребляли, поэтому сейчас он находится под угрозой исчезновения и занесен в Приложение I Конвенции СИТЕС (CITES, 2008).

Другие подвиды африканского страуса в Конвенции СИТЕС не указаны, но в ней четко обозначены географические районы популяций, находящиеся под угрозой исчезновения: Алжир, Буркина-Фасо, Камерун, Центрально-Африканская Республика, Чад, Мали, Мавритания, Марокко, Нигер, Нигерия, Сенегал, Судан (Туревич, 2000; CITES, 2008; Cooper et al., 2009).

Ареал североафриканского страуса изначально занимал широкую территорию, простирающуюся от Сахары Северной Африки до лесистых саванн, граничащих с центрально-африканскими дождевыми лесами, и от атлантического побережья Восточной Мавритании до Судана и Эфиопии. В Северной Африке этот подвид страуса был распространен в Сахаре, а также на южных территориях, прилегающих к Сахаре, до конца XIX в. и до середины XX в. После французской колонизации Северного Алжира в 1850 г. страусы были многочисленны в регионе горной системы Атлас, примыкающей к Сахаре, однако за период 1930–1962 гг. неконтролируемая спортивная охота привела к полному уничтожению их естественной популяции. В настоящее время ареал этого подвида занимает довольно широкую полосу Северной Африки (от Южного Марокко до Эфиопии), идущей на юг до северной части Уганды (Roots, 2006). В Тунисе дикие страусы были обычны на аридных территориях южной части страны и в регионе Сахары до 1850 г. Позднее, на основе свидетельств старейшин и найденной скорлупы яиц, были определены районы обитания дикого страуса. Последний дикий страус, обитавший в Тунисе, был отстрелен в 1887 г. (Freitag, Robinson, 1993; Kasem et al., 1994). В 2008 г. в Тунисе провели реинтродукцию североафриканского страуса. Программа начата на территориях трех охраняемых районов южной части страны, при этом страусы сначала были акклиматизированы, а уже затем выпущены в природные резервации (Cooper et al., 2009). В настоящее время страус в Тунисе является объектом промышленного разведения (рис. 5, вклейка).

Особи африканского страуса занимают видное место в экспозиции крупнейшего зоопарка Северной Африки «Friguia», занимающем 36 га и расположенном на территории Туниса. Экспозиция включает сразу 2 больших вольера, где размещены сформированные семьи страуса (рис. 6, вклейка). Всего зоопарк «Friguia» экспонирует 427 особей, представляющих 59 видов.

До 1990 г. в Западной Африке на территории заповедника Нигера обитало 1600 особей данного подвида страуса, однако эта изолированная популяция была истреблена браконьерами – повстанцами-гуарегами за период 1992–1997 гг. По последним данным, с 2004 г. власти страны проводят мероприятия по реинтродукции подвида в этом заповеднике (Giazzi et al., 2006).

Страус из Рио-де-Оро (регион в Северо-Западной Африке), малый или карликовый страус *Struthio camelus spatzi* Stresemann, 1926, был выделен из популяции африканского страуса из-за особенностей строения скорлупы яиц: поры скорлупы слезовидной формы или в виде короткой прямой запятой. Однако других различий между соседствующими популяциями найдено не было, поэтому выделение этого подвида больше не считается действительным (Bezuidenhout, 1999b). Кроме того, популяция этих страусов исчезла во второй половине XX в. В докладах, датированных началом XIX в., сообщается о существовании малого страуса в Северной Африке, которого также называют страусом Левальяна (*Struthio bidactylus*), однако эта форма остается гипотетической, так как нет четких доказательств ее существования (Fuller, 2000).

Сомалийский страус *Struthio camelus molybdophanes* Reichenow, 1883 является наиболее отчетливым подвидом, хотя в искусственных условиях он способен к скрещиванию с масайским страусом *Struthio camelus massaicus* Neumann, 1898 (восточноафриканский страус), производя плодовые гибридные формы (Deeming, 1999). Сомалийский страус обитает в Восточной и Южной Эфиопии, Сомали и Кении, к востоку от оз. Туркана. Масайский страус – в Центральной и Южной Кении и Танзании (Cooper et al., 2009).

Естественный ареал южноафриканского страуса *Struthio camelus australis* Gurney, 1868 простирается от Зимбабве, Ботсваны и Намибии до Капской провинции Южной Африки (Deeming, 1999).

Филогеографическая модель, основанная на различиях в митохондриальной ДНК, показала незначительное генетическое разнообразие *Struthio camelus australis* Gurney, 1868 в различных местах обитания, что предполагает интенсивные исторические контакты между различными локализованными популяциями этого подвида. При этом обнаружена существенная дистанция между представителями восточноафриканских подвидов (*Struthio camelus molybdophanes* Reichenow, 1883 и *Struthio camelus massaicus* Neumann, 1898) и североафриканского страуса *Struthio camelus camelus* Linnaeus, 1758. Необходимо отметить существование географических барьеров, препятствующих гибридизации этих подвидов. Так, эфиопская рифтовая долина является естественным барьером между популяциями *S. c. camelus* и *S. c. molybdophanes*. В Кении никакого физического барьера между *S. c. molybdophanes* и *S. c. massaicus* нет, но, по-видимому, экологические и поведенческие различия ограничивают скрещивание. Несмотря на наличие пояса зебранных лесов в Танзании и Замбии, полагают, что они не стали препятствием к периодическим контактам в недавнем эволюционном прошлом между популяциями *S. c. massaicus* и *S. c. australis* (Freitag, Robinson, 1993).

В настоящее время снижение поголовья диких страусов связано с механизацией сельского хозяйства, чрезмерным выпасом скота, браконьерством и засухами. Есте-

**Таблица 3.** Перечень стран, в которых производится наибольший убой страусов в фермерских хозяйствах (тыс. голов) (по: Carbajo, 2006)

Страна	2005 г.	2006 г.
ЮАР	150	200
Китай	50	100
Зимбабве	20	20
Австралия	12	22.5
Бразилия	10	50

ственная популяция африканского страуса сосредоточена в Африке (Ангола, Ботсвана, Буркина-Фасо, Камерун, Центрально-Африканская Республика, Чад, Джибути, Египет, Эритрея, Эфиопия, Кения, Ливийская Арабская Джамахирия, Мали, Мавритания, Мозамбик, Намибия, Нигер, Нигерия, Сенегал, Сомали, ЮАР, Судан, Танзания, Уганда, Западная Сахара, Замбия, Зимбабве, Свазиленд), при этом большую часть птиц содержат и разводят в рамках специализированных страусоводческих ферм (Соопер, 2007; Соопер et al., 2009).

Одомашненная форма африканского страуса *Struthio camelus var. domesticus* (черный африканский страус) является продуктом гибридизации страусов Южной Африки. Эти страусы характеризуются меньшими размерами и более «покладистым характером», чем дикие формы. Селекционная программа, направленная на получение одомашненной формы африканского страуса, была начата еще в начале XX в. Основные усилия в искусственном разведении были направлены на получение особей с хорошо развитым перьевым покровом, так как в этот период основной продукцией, востребованной на мировом рынке, были перья (Swart, 1988).

По состоянию на 1994 г. на территории ЮАР на 350 фермах обитало 200 тыс. особей, а в 2006 г. именно такое количество страусов пошло на убой. ЮАР на сегодняшний день является лидером по коммерческому страусоводству в мире (табл. 3).

Для того чтобы оценить экономический эффект отрасли в ЮАР, для примера приведем следующие технико-экономические показатели за 2005 г.: средняя яйценоскость – 50 яиц/самку; убой – 50% молодняка до 12 мес.; стоимость выращивания молодняка – USD 151.25/особь (Соопер et al., 2009). Китай занимает второе место в мире по убою фермерского поголовья страусов, при этом себестоимость выращивания молодняка там существенно ниже (USD 91.43/особь), что позволяет рассматривать Китай как страну, обладающую наиболее рентабельной технологией выращивания страусов (Carbajo, 2006). Страусов разводят во многих странах мира, в том числе и в России, где организовано более 30 страусоводческих хозяйств (Инкубация ..., 2010).

В настоящее время восстановление и сохранение дикой популяции страуса возможно лишь при финансовой поддержке за счет прибыли от продажи продукции страусоводства. Разведение же диких животных, в том числе и страусов, должно проходить в непосредственной близости от парков и городских центров, что гарантирует выгодную реализацию страусовой продукции. По такому принципу организована работа Национального парка Камеруна (Njikam et al., 2004; Соопер et al., 2009). В Африке некоторые проекты направлены на сохранение биоразнообразия с использованием экономических стимулов поощрения беднейших слоев сельского населения. Эти мероприятия включают «Программу малых грантов», которая направлена на создание кооперативов для совместного выращивания страусов и крупного рогатого скота. Эту программу финансирует Глобальный экологический фонд, деятельность которого про-

ходит на территории Зимбабве (3 фермы), Нигера и Мавритании (по 1 ферме, соответственно) (Ciofolo, Alves, 2001).

Страусы освоили различные экологические ниши, включая прибрежный регион Южной Африки, пустынные пастбища и полузасушливые саванны. Для них предпочтительной средой обитания служат открытые равнинные пространства с кустарниковой растительностью и мелкорослой однолетней травой, однако страусы также заселяют окаймляющие пустыню жаркие степи Западной Сахары и пустыни Намибии. Страусы избегают районов с высокорослой травой, кустарниками (превышающими 1 м в высоту) и плотными лесными массивами, предпочитая низменные районы. В Северной Африке страусы живут в сухих руслах водотоков, в широких днищах долин, а также в пустынно-саванных равнинах, редко превышающих 100 м над уровнем моря. Если в Восточной Африке флора в основном саванного типа, то в Южной Африке она сформирована лугами и пастбищами с кустарниками. Юго-запад Африки сформирован полупустынями и пустынями; эти участки открытые, иногда дополненные чахлыми лесами. Хотя иногда страусы могут заселять редколесья и территории с колючими кустарниками. Страусы могут жить в районах, где практически отсутствует вода, однако, если вода имеется в наличии, то пьют довольно часто.

Таким образом, биологическая стратегия выживания страуса является отражением его адаптаций к изменениям условий окружающей среды (Sauer, Sauer, 1966; Deeming, 1999; Cooper et al., 2009).

## Глава 2

# МОРФОЛОГИЯ И СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ АФРИКАНСКОГО СТРАУСА В АСПЕКТЕ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

### Материал и методы

Исследования проводили в течение 2007–2011 гг. Материал для изучения получен в ООО «Русский страус» (Серпуховский р-н Московской обл., дер. Старые Кузьменки), занимающегося разведением африканского страуса (далее – страус), а с недавних пор и обыкновенного эму (рис. 7, вклейка). Цифровые данные обрабатывали методами дескриптивной статистики, а также с помощью корреляционно-регрессионного анализа, используя компьютерную программу STATISTICA 6, разработанную компанией *StatSoft* (USA) (Халафян, 2008).

Тотальные препараты когтей, перьев, яиц, пищевода, трахеи, глаз и мозга фотографировали цифровой камерой «Casio EX-233» (Китай).

Микроструктуру поверхности кожи, шкуры, мездры, когтей, перьев, скорлупы яиц и гистологические препараты кожи, мышц, трахеи, пищевода, роговицы глаза изучали в цифровом микроскопе «Webbers Digital Microscope» (Тайвань) с программным обеспечением *Deep View G50s*, позволяющим анализировать гистологические препараты с разрешающей способностью от 10 до 600 крат, в цифровом микроскопе «Motic DS-300» (Китай), а также с помощью микроскопа «Leica DM R» (Германия) с цифровой камерой «JVC» (Япония). Морфометрические промеры делали окуляр-микрометром «МОВ-1-15» (Россия) в светооптическом микроскопе «Carl Zeiss (Jena)» (Германия).

Во всех таблицах с морфометрическими данными использовали следующие условные обозначения:  $n$  – количество промеров;  $M \pm m$  – средняя арифметическая про-стая с ошибкой средней арифметической;  $Lim$  – лимиты параметра;  $\pm \sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $C_v$  – коэффициент вариации.

Подбор методов осуществляли с учетом специфики исходного сырья и характера проводимого исследования.

*Морфология кожного покрова.* Материалом для исследования послужили образцы кожного покрова (шейной, спинной, боковой и брюшной областей) двухлетних самки и самки, а также кожа головы (лобная, теменная и затылочная части, кожа век) двух-летнего самца. Пробы кожи фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, заливали в парафин; срезы окрашивали гематоксилином-эозином (Микроскопическая техника, 1996).

*Топология кожного покрова.* Исследовали кожу, выделанную по стандартной технологии, с периферийных участков спинной области взрослой особи. Поверхность кожи сканировали принтером PIXMA MP210 (CANON INC. 2007), используя программное обеспечение *MP Navigator EX*, основанное на оптическом распознавании символов, с разрешением 300 dpi. Расстояние между перьевыми фолликулами и их диаметры измеряли миллиметровой линейкой с точностью до 1 мм. Углы – с помощью транспортира с точностью до 1°. Для сравнительного анализа изучили поверхность кожи домашнего гуся *Anser anser domesticus* Linnaeus, 1758 (Anseriformes) и домашней индейки *Meleagris gallopavo* Linnaeus, 1758 (Galliformes).



*Шкуры.* Изучено по 5 мокросоленых шкур (засоленных «врасстил») разнополых двухлетних особей страуса. Использованные методы – органолептический анализ кожевенного сырья и определение количества перьевых фолликулов на 1 дм<sup>2</sup>, расстояния между ними и диаметров их поперечников. Для определения густоты перьевых фолликулов создан планшет с вырезанным квадратом, сторона которого равна 10 см. Планшет располагали на поверхности шкуры, и проводили прямой подсчет фолликулов. Площадь шкур определяли умножением длины на ширину, а также методом суммирования квадратов (контроль) (Хлудеев, 1986).

Перед исследованием товарно-технологических свойств сырья шкуры кондиционировали в соответствии с ГОСТ 938.14-70 «Кожа. Метод кондиционирования пробы» (здесь и далее все ГОСТы по: Кожа. Методы..., 2003). Массу определяли на настольных весах «Laica PS1017T» (Италия). Площадь шкур – по методу суммирования квадратов (Хлудеев, 1986). Массу единицы площади (г/дм<sup>2</sup>) находили расчетным путем, по отношению массы к площади. Толщину измеряли толщиномером «ТР-50-250-1» (Россия). Температуру сваривания определяли по ГОСТ 938.25-73 «Кожа. Метод определения температуры сваривания». Величину рН хлоркалиевой вытяжки – по ГОСТ 938.8-69 «Кожа. Метод определения величины рН хлоркалиевой вытяжки». Разрывное напряжение и коэффициент равномерности – по ГОСТ 938.11-69 «Кожа. Метод испытания на растяжение». Для оценки полового диморфизма ввели *Индекс полового диморфизма*, который рассчитывали по формуле:

$$K_{\sigma-\varphi} = \frac{[C_i^> - C_i^<] \cdot 100}{C_i^>},$$

где  $K_{\sigma-\varphi}$  – индекс полового диморфизма, %;

$C_i^>$  – большее значение  $i$ -го свойства в системе «самцы–самки»;

$C_i^<$  – меньшее значение  $i$ -го свойства в системе «самцы–самки».

*Подкожный жир.* Мездряную поверхность шкур осматривали визуально и изучали микроскопически. Влагосодержание определяли гравиметрическим методом по ГОСТ 938.1-67 «Кожа. Метод определения содержания влаги» (Кожа. Методы ..., 2003). Перед определением влаги образцы шкур подсушивали на воздухе до воздушно-сухого состояния. Содержание несвязанных жировых веществ определяли экстракцией в аппарате Зайченко по ГОСТ 938.5-68 «Кожа. Метод определения содержания веществ, экстрагируемых органическими растворителями» (Кожа. Методы ..., 2003).

*Выдубленная кожа.* Исследовали образцы выделанной кожи с периферийных участков спинной области. Лицевую поверхность кожи и бахтарму сканировали принтером PIXMA MP210 (CANON INC. 2007), используя программное обеспечение MP Navigator EX, основанное на оптическом распознавании символов, с разрешением 300 dpi. Поверхность кожи изучали микроскопически. Перед исследованием технологических свойств кожу кондиционировали в соответствии с ГОСТ 938.14-70 «Кожа. Метод кондиционирования пробы» (здесь и далее все ГОСТы по: Кожа. Методы испытаний, 2003). Толщину определяли толщиномером «ТР-50-250-1» (Россия). Для определения массы, образцы кожи взвешивали на электронных лабораторных весах «Acom JW-1» (Южная Корея) с точностью до 0.01 г. Площадь образцов получали методом суммирования квадратов (Хлудеев, 1986). Массу единицы площади – сопоставлением массы к площади (в г/см<sup>2</sup>). Температуру сваривания определяли по ГОСТ 938.25-73 «Кожа. Метод определения температуры сваривания». Величину рН хлоркалиевой вытяжки – по ГОСТ 938.8-69 «Кожа. Метод определения величины рН хлоркалиевой вытяжки».

Разрывное напряжение и удлинение – по ГОСТ 938.11-69 «Кожа. Метод испытания на растяжение». Устойчивость покрытия к мокрому трению определяли по ГОСТ 13869-74 «Кожа хромовая для верха обуви. Метод определения устойчивости покрытия к мокрому трению». Влагосодержание – гравиметрическим методом по ГОСТ 938.1-67 «Кожа. Метод определения содержания влаги». Содержание несвязанных жировых веществ определяли экстракцией в аппарате Зайченко по ГОСТ 938.5-68 «Кожа. Метод определения содержания веществ, экстрагируемых органическими растворителями». Содержание минеральных веществ – сжиганием навески в муфельной печи (ГОСТ 938.2-67 «Кожа. Метод определения содержания золы»). Общий азот – по методу Кьельдаля по ГОСТ 938.7-68 «Кожа. Метод определения содержания азота». Так как для кожи страуса переводной коэффициент не известен, содержание гольевого вещества определяли по международному стандарту ИСО 5397-84 «Кожа. Определение азота и гольевого вещества. Титриметрический метод», где приведен обобщенный коэффициент, равный 5.62. Данные химического анализа приводили к абсолютно сухому веществу. Коэффициент пересчета на абсолютно сухое вещество ( $K_{CB}$ ) вычисляли по формуле:

$$K_{CB} = \frac{100}{100 - W_B},$$

где  $W_B$  – массовая доля влаги, % (см. ГОСТ 938.1-67).

Кожевое вещество вычисляли без учета водовываемых органических веществ вычитанием из сухого вещества жировых веществ и общей золы (ГОСТ 938.4-70 «Кожа. Метод определения расчетных показателей химического состава»). Число выхода кожи ( $R_D$ ) рассчитывали по формуле:

$$R_D = \frac{100 \cdot 100}{W_{ГВ}},$$

где  $W_{ГВ}$  – массовая доля гольевого вещества в коже, % (см. ГОСТ 938.4-70).

Коэффициент гидратации кожного вещества ( $K_W$ ) вычисляли по формуле:

$$K_W = \frac{W_B}{\left(1 - \frac{W_B}{100}\right) W_{KB}},$$

где  $W_B$  – массовая доля влаги, %;

$W_{KB}$  – доля кожного вещества, %.

*Когти.* Изучено 2 когтя двухлетнего самца страуса. Внешний вид определяли органолептически. Изучили микроструктуру поверхности. Массу определяли на прецизионных электронных лабораторных весах «Mettler-Toledo PM600» (Швейцария) с точностью до 0.01 г, а также на торговых весах «CAS AP-1 6M» (Южная Корея) с точностью до 1 г. Линейные параметры когтей измеряли измерительной лентой с точностью до 0.1 см. Площадь поперечного среза вычисляли по формуле площади равностороннего треугольника. Толщину стенки рогового чехла когтя измеряли штангенциркулем «Borletti» (Италия) с точностью до 0.1 мм.

*Маховые и покровные перья.* Изучено 5 дефинитивных белых первостепенных маховых перьев, полученных с первого ряда крыла, а также 5 покровных перьев спины двухлетнего самца страуса. Внешний вид перьев определяли органолептически. Изучили микроструктуру и взяли морфометрические промеры. Для определения массы

перья взвешивали на электронных лабораторных весах «Acom JW-1» (Южная Корея) с точностью до 0.01 г. Линейные параметры ствола, стержня, очина и опахала измеряли измерительной лентой с точностью до 0.1 см и цифровым штангенциркулем «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм. Градусную меру угла между стержнем и бородками первого порядка (далее – бородки I) определяли транспортиром с точностью до 1°. Радиус кривизны опахальной части пера – по специальной методике (Гасанова, 1998). Способы расчета других вновь вводимых коэффициентов, дополняющих технологическую характеристику перьев, сведены в таблицу 21, а необходимые параметры представлены на рисунке 23. Поверхностную плотность опахала вычисляли косвенным путем с учетом линейной плотности пера и длины очина.

*Перья век.* Изучены перья верхних и нижних век обоих глаз двухлетнего самца страуса. Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Длину перьев измеряли цифровым штангенциркулем «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм. Брали морфометрические промеры. Архитектонику (тонкое строение) перьев изучали в электронном сканирующем микроскопе «JSM 840A» (Япония) (СЭМ). *Индекс кутикулы* использовали для определения параметров клеток кутикулы – отношение ширины клетки к её длине (Чернова, 2006). Площадь перинуклеарного пространства кутикулы и клеток сердцевины рассчитывали по формуле площади эллипса.

*Скорлупа яиц.* Объектом исследования служили целые яйца страуса или фрагменты скорлупы яиц. Материал предоставлен ООО «Русский страус» (2 яйца и 2 фрагмента скорлупы), страусоводческим хозяйством в Тунисе (г. Сусс) (1 яйцо), Зоологическим музеем МГУ (1 яйцо страуса и 2 яйца обыкновенного нанду), Государственным Дарвиновским музеем (4 яйца страуса), Московским зоопарком (фрагменты 1 яйца), а также 3 яйца страуса из личных коллекций О.Ф. Черновой, В.Ю. Ильяшенко и Н.В. Фадеева.

Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Массу определяли на прецизионных электронных лабораторных весах «Mettler-Toledo PM600» (Швейцария) с точностью до 0.01 г, а также на торговых весах «CAS AP-1 6M» (Южная Корея) с точностью до 1 г. Линейные параметры измеряли измерительной лентой и штангенциркулями «Vorletti» (Италия) и «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм. Количество пор на 1 см<sup>2</sup> скорлупы определяли прямым подсчетом с помощью специально изготовленного планшета. Другие линейные, площадные и гравиметрические параметры вычисляли по формулам, приведенным в таблице 31. Архитектонику скорлупы изучали в сканирующем электронном микроскопе «JSM 840A» (Япония).

*Мышечная ткань.* Изучены образцы мышечной ткани бедра двух годовалых особей страуса. Для гистологического анализа замороженные образцы мышечной ткани размораживали, фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, заливали в парафин; срезы окрашивали гематоксилином-эозином и по методу Ван-Гизона (Микроскопическая техника, 1996). Полученные препараты изучали микроскопически и промеряли. Квалиметрическая оценка мышечной ткани основана на расчете *Коэффициента гистологической стабильности*, что дает возможность анализировать степень вариации таких важных компонентов внутренней структуры, как толщина мышечных волокон, формирующих общий массив мышечной ткани, а также толщина соединительнотканых компонентов (эндомизия и перимизия). Принимая коэффициенты весомости исследованных микроструктур равнозначными, аналитический расчет коэффициента гистологической стабильности вели по следующей формуле:

$$Kz = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{\sigma_i}{Mi} \right]}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{Cv_i}{100} \right]}{n},$$

где  $Kz$  – коэффициент гистологической стабильности мышечной ткани;  $\sigma_i$  – среднее квадратическое отклонение  $i$ -го показателя гистологической структуры мышечной ткани, мкм;  $Mi$  – среднее значение  $i$ -го показателя гистологической структуры мышечной ткани, мкм;  $Cv_i$  – коэффициент вариации  $i$ -го показателя гистологической структуры мышечной ткани, %;  $n$  – количество исследованных гистологических структур мышечной ткани (Киладзе, 2005а, б).

*Пищевод.* Изучен верхний участок пищевода двухлетнего самца страуса. Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Линейные параметры измеряли измерительной лентой с точностью до 1 мм. Площадь поперечника пищевода определяли по формуле площади эллипса:

$$S = \pi \frac{D \cdot d}{4},$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения пищевода, см<sup>2</sup>;

$D$  – больший диаметр пищевода, см;

$d$  – меньший диаметр пищевода, см.

Толщину стенки измеряли цифровым штангенциркулем «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм. Для гистологического анализа образцы фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, заливали в парафин; срезы окрашивали гематоксилином-эозином (Микроскопическая техника, 1996).

*Трахея.* Изучен участок трахеи, примыкающий к верхней гортани у двухлетнего самца страуса. Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Линейные параметры измеряли измерительной лентой с точностью до 1 мм. Площадь поперечного среза вычисляли по формуле площади эллипса. Толщину стенки трахеи измеряли штангенциркулем «Vorletti» (Италия) с точностью до 0.1 мм. Для гистологического анализа образцы трахеи фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, заливали в парафин; срезы окрашивали гематоксилином-эозином. Изучали микроструктуру.

*Глаза.* Изучены оба глаза двухлетнего самца страуса. Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Взвешивали на торговых весах «CAS AP-1 6M» (Южная Корея) с точностью до 1 г. Линейные параметры измеряли цифровым штангенциркулем «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм. Объемные и площадные параметры глаза определяли на онлайн калькуляторе (Онлайн калькулятор: Сегмент шара, 2009). Образцы роговицы изучали микроскопически. Для гистологического анализа образцы роговицы фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, заливали в парафин; срезы окрашивали гематоксилином-эозином (Микроскопическая техника, 1996), изучали микроскопически и морфометрически.

*Головной мозг.* Изучен головной мозг взрослого самца страуса. Продолговатый мозг вместе с частью спинного мозга во время препарирования отделяли. Мозг извлекали, фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине. Внешний вид определяли органолептически, фотографировали. Массу определяли на торговых весах «CAS AP-1 6M» (Южная Корея) с точностью до 1 г. Линейные параметры измеряли цифровым штангенциркулем «Carbon Fiber Composites Digital Caliper» (Китай) с точностью до 0.1 мм.

## Кожный покров

Кожный покров является эктосоматическим органом, поэтому его адаптивные возможности крайне лабильны и многовариантны. Его изучение у рецентных видов птиц актуально в различных аспектах, например, позволяет обсуждать эволюционный сценарий морфологической трансформации, поскольку происхождение птиц связывают с рептилеобразными предками. Изучение морфологии кожи страуса, успешно разводимого в неволе (в том числе и в России), связано не только с решением фундаментальных задач сравнительной морфологии, но и с хозяйственным использованием этого вида.

Как известно, летающие птицы имеют тонкую и эластичную кожу, способствующую осуществлению полета (Stettenheim, 2000). Ее строение описано у многих видов летающих птиц, выявлены видоспецифические и адаптивные черты. Особенности строения кожи определяются видом, полом и возрастом птицы, а также имеют топографическую специализацию. Можно было бы ожидать, что строение кожи нелетающих птиц, таких как страусообразные, значительно отличается от такового у летающих птиц, и сравнительные исследования были бы весьма интересны. Вместе с тем кожа изучена лишь у некоторых видов страусообразных, например, у эму (Weir, Lunam, 2004) и африканского страуса (Menon et al., 1996; Древненёбные птицы, 2010), в том числе особенности строения коллагеновой стромы, исследования которой имеют многолетнюю историю, но немногочисленны (Lange, 1929; Bezuidenhout, 1999a).

Проблема топологического анализа дермы птиц в гистологической практике ставится нами впервые. Исследования описательного характера, подкрепленные морфометрическим анализом, позволяют выявить характер приспособлений страуса как нелетающей птицы к условиям внешней среды. Построение примерной топологической картины укладки пучков коллагеновых волокон дермы имеет не только фундаментальное значение, раскрывая структурную организацию дермы, но и практическое значение, так как кожа страуса используется в кожевенной промышленности (Киладзе, 2008; Киладзе, Сухина, 2008). В связи с прикладным аспектом нами предпринято изучение строения поверхности выделанной кожи страуса. Ценность выделанной кожи для кожевенной промышленности обусловлена главным образом высокими эстетическими свойствами ее естественной поверхности, называемой *мерей*, которая у страуса очень красива. Именно поэтому изделия из кожи страуса пользуются повышенным спросом у потребителей. Мерея страуса имеет так называемую «бриллиантовую зону» (Киладзе, 2008), несущую кратерообразные устья перьевых фолликулов, которые и придают ей нетривиальную фактуру. Мерея кожи голени отличается наличием роговых пластин (Горбачева и др., 2011). Вместе с тем детальный анализ топологии поверхности мерей страуса до сих пор не проводился, что придает научную новизну настоящему исследованию.

*Топографические особенности строения кожи.* Толщина кожи значительно различается у разных видов птиц, и у страуса она сравнима с толщиной кожи домашних гусей (см. табл. 3 в: Древненёбные птицы, 2010). Толщина кожи птиц характеризуется топографической изменчивостью. Так, по нашим данным, кожа брюха у сухопутных птиц (в том числе и у страуса), значительно тоньше кожи на спине. Напротив, у водоплавающих птиц более толстая кожа покрывает брюхо (Вракин, Сидорова, 1984).

Кожа страуса имеет утолщенный эпидермис, хорошо развитую дерму, а также подкожную жировую клетчатку или мышечный слой. Как и у других видов птиц, в эпидермисе страуса различимы два слоя: роговой и герминативный.

Строение кожи страуса имеет определенные топографические отличия (сравнивали кожу головы, шеи, спины, бока тела, а также плеча) (Киладзе, Чернова, 2010а; Чер-

**Таблица 4.** Морфометрия кожного покрова головы взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 10$ )

Толщина	Топографический участок ( $M \pm m^*$ , мкм)		
	Лоб	Темя	Затылок
кожного покрова	1013.40 $\pm$ 67.08	1100.10 $\pm$ 88.75	1095.40 $\pm$ 93.52
эпидермиса, в том числе:	58.70 $\pm$ 4.42	128.00 $\pm$ 16.29	84.00 $\pm$ 16.31
герминативного слоя	26.70 $\pm$ 3.14	26.70 $\pm$ 3.98	16.00 $\pm$ 2.47
рогового слоя	32.00 $\pm$ 6.03	101.30 $\pm$ 15.71	68.00 $\pm$ 16.26
дермы, в том числе:	634.70 $\pm$ 40.11	972.00 $\pm$ 93.01	1011.40 $\pm$ 103.62
поверхностного слоя дермы (ПСД)	89.30 $\pm$ 6.61	82.00 $\pm$ 7.24	106.70 $\pm$ 20.46
глубокого слоя дермы (ГСД)	545.40 $\pm$ 41.26	890.00 $\pm$ 90.00	904.70 $\pm$ 90.61
пучков коллагеновых волокон ПСД	4.30 $\pm$ 0.62	5.50 $\pm$ 0.41	3.70 $\pm$ 0.50
пучков коллагеновых волокон ГСД	12.00 $\pm$ 1.59	14.70 $\pm$ 1.94	9.70 $\pm$ 0.92
подкожной клетчатки	320.00 $\pm$ 30.76	—	—
жировых клеток	51.00 $\pm$ 3.14	—	—

\* Примечание:  $n$  – количество промеров;  $M \pm m$  – средняя арифметическая простая с ошибкой средней арифметической; «—» – явление не обнаружено.

нова и др., 2010). Причем, хотя межполовые различия общей схемы строения кожи разных топографических участков нами не обнаружены, но разница в относительной степени развития некоторых гистологических структур все же имеется (по данным морфометрического анализа). Результаты детального морфометрического анализа кожного покрова страуса представлены нами ранее (см. табл. 4 в: Древненёбные птицы, 2010). Показано, что толщина кожи существенно зависит от топографического участка. Так, наиболее тонкая кожа покрывает шею и брюхо, а наиболее утолщена кожа спины и бока туловища. У самцов кожа шеи более тонкая, чем у самок, но толщина кожи спины и бока у них толще, чем у самок (Чернова и др., 2010).

*Кожа головы.* Толщина кожи головы варьирует в пределах 1.0–1.1 мм. Здесь кожа толще, чем в шейной области, при этом, судя по абсолютным размерам, наиболее утолщена кожа темени, а наименее – кожа лба, однако эти различия статистически недостоверны (табл. 4).

Эпидермис четко дифференцируется на два слоя – тонкий герминативный и утолщенный роговой. Базальный, шиповатый и зернистый слои образуют ростковый, или мальпигиев, слой эпидермиса (*Stratum germinativum*). Блестящий слой (присутствует только в толстой коже) и роговой слой корнеоцитов формируют собственно роговой слой эпидермиса (*Stratum corneum*) (рис. 8, вклейка).

Наибольшее относительное развитие герминативного слоя характерно для кожи лба. Дерма типична для всех этих топографических участков (рис. 9, А, вклейка). Поверхностный слой дермы (ПСД) гомогенный и довольно плотный. В поверхностных отделах дермы пучки коллагеновых волокон примерно в 3 раза тоньше, чем в её глубоком слое. Глубокий слой дермы (ГСД) отличается горизонтально-волнистым типом переплетения пучков коллагеновых волокон. Кожа лба отличается тем, что несет слой

подкожной жировой клетчатки, в которую погружены перьевые фолликулы. Выявляется ряд морфометрических особенностей, свойственных каждому топографическому участку (табл. 4):

- Кожа лба (рис. 9, А, вклейка): 1) соотношение эпидермиса, дермы и подкожной клетчатки составляет 5.79 : 62.63 : 31.58%; 2) то же герминативного и рогового слоев эпидермиса равно 45.49 : 54.51%; 3) то же поверхностного и глубокого слоев дермы – 14.07 : 85.93%; 4) отношение толщины пучков коллагеновых волокон ПСД к ГСД равно 1.00 : 2.79.

- Кожа темени (рис. 9, Б, вклейка): 1) соотношение эпидермиса и дермы равно 11.64 : 88.36%; 2) то же герминативного и рогового слоев эпидермиса равно 20.86 : 79.14%; 3) то же поверхностного и глубокого слоев дермы – 8.44 : 91.56%; 4) отношение толщин пучков коллагеновых волокон ПСД к ГСД равно 1.00 : 2.67.

- Кожа затылка (рис. 9, В, вклейка): 1) соотношение эпидермиса и дермы равно 7.67 : 92.33%; 2) то же герминативного и рогового слоев эпидермиса – 19.05 : 80.95%; 3) то же поверхностного и глубокого слоев дермы – 10.55 : 89.45%; 4) отношение толщин пучков коллагеновых волокон ПСД к ГСД равно 1.00 : 2.62.

*Морфометрический анализ пролиферации эпидермиса.* Эпидермис как специализированное эпителиальное образование можно рассматривать в качестве модельного объекта для оценки пролиферативного потенциала в системе последовательных генераций клеточных структур, базальным звеном которых является слой кератиноцитов, формирующий герминативный слой, а терминальным – роговой слой, состоящий из плотно уложенных и уплощенных корнеоцитов. Кроме того, существует ряд промежуточных слоев эпидермиса (рис. 8, вклейка). Полагаем, что пролиферативный потенциал можно оценить по степени разрастания рогового слоя, который имеет четкую топографическую и половую изменчивость за счет неодинакового развития, обусловленного адаптацией к условиям окружающей среды. Ведь именно роговой слой эпидермиса наравне с коллагеновой стромой дермы выполняет защитную функцию. В этой связи цель работы заключается в морфометрической оценке степени разрастания рогового слоя как индикатора пролиферативного потенциала эпидермиса.

Для количественной оценки пролиферации эпидермиса предлагаем использовать следующее простое соотношение:

$$I_{Proliferation} = \frac{SC}{SG},$$

где  $I_{Proliferation}$  – Индекс пролиферации эпидермиса;

$SC$  – роговой слой эпидермиса, мкм;

$SG$  – герминативный слой эпидермиса, мкм.

Данный индекс может принимать значения больше ( $SC > SG$ ) или меньше ( $SC < SG$ ) единицы, а также может быть равен ей ( $SC = SG$ ). Первый случай наиболее частый, так как роговой слой практически всегда многократно превышает толщину герминативного слоя, что, по-видимому, необходимо для обеспечения должного уровня защиты поверхности кожи. Однако бывают и исключения, когда значения варьируют около единицы, что говорит о сходном развитии обоих слоев. Вполне возможно получение значений и меньше единицы – превалирование герминативного слоя над роговым. Такой случай может возникнуть в результате действия ряда агрессивных факторов внешней среды, нарушения нормального гистогенеза эпидермиса или отражать норму для конкретного топографического участка либо отдельной особи.

**Таблица 5.** Индекс пролиферации эпидермиса кожи головы взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 10$ )

Топографический участок	Толщина		Индекс пролиферации эпидермиса $(I_{\text{Proliferation}} = \frac{\overline{SC}}{\overline{SG}})$
	герминативного слоя (SG) ( $M \pm m$ , мкм)	рогового слоя (SC) ( $M \pm m$ , мкм)	
Лоб	26.70 ± 3.14	32.00 ± 6.03	1.20
Темя	26.70 ± 3.98	101.30 ± 15.71	3.79
Затылок	16.00 ± 2.47	68.00 ± 16.26	4.25
Верхнее веко	21.00 ± 2.81	49.00 ± 11.65	2.33
Нижнее веко	18.67 ± 3.95	106.67 ± 22.86	5.71

Результаты расчета *Индекса пролиферации* показывают, что у двухлетнего страуса роговой слой неодинаково развит на разных участках головы (табл. 5). Так, если лоб характеризуется практически паритетом толщины обоих слоев эпидермиса, но с 20%-ным превышением развития рогового слоя, то темя, затылок, а также кожа верхних и нижних век отличаются достоверно большим разрастанием рогового слоя, превосходящим толщину герминативного слоя более чем в 2.33–5.71 раза. Очевидно, что пролиферация интенсивнее проходит именно на этих участках по сравнению со лбом, что связано с какими-то биологическими особенностями страуса.

Полагаем, что активное внедрение данного индекса позволит проводить сравнительный морфологический анализ возрастной, половой, топографической, географической, сезонной и индивидуальной изменчивости эпидермиса. Вполне возможно оценивать пролиферативный потенциал эпидермиса по предложенному индексу и на разных этапах эмбриогенеза и постнатального онтогенеза для выявления динамической картины темпов роста и последовательной трансформации отдельных слоев эпидермиса, что может служить для решения задач сравнительной и эволюционной гистологии (Киладзе, 2011а). Таким образом, использование довольно простого морфометрического соотношения для оценки пролиферации эпидермиса обеспечит сравнительную гистологию надежным инструментом в аналитической работе морфолога.

Представленные морфометрические показатели *перьевых фолликулов* (табл. 6) свидетельствуют, что фолликулы глубоко залегают в кориуме кожи затылка. В целом *Коэффициент конфигурации* по всем топографическим участкам варьирует в пределах 2.23–3.00. Наибольшей глубиной залегания отличаются фолликулы лба, где они достигают подкожной жировой клетчатки (рис. 9, А, вклейка). На темени и затылке фол-

**Таблица 6.** Морфометрия перьевых фолликулов (ПФ) кожного покрова головы взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Параметры	Топографический участок ( $M \pm m$ , мкм)		
	Лоб ( $n = 5$ )	Темя ( $n = 12$ )	Затылок ( $n = 12$ )
Длина ПФ	706.70 ± 88.45	686.10 ± 91.79	758.40 ± 71.20
Ширина ПФ	320.00 ± 24.95	275.00 ± 31.55	291.70 ± 24.66
Глубина залегания ПФ от ПСД	520.00 ± 38.87	441.70 ± 68.55	416.70 ± 62.57
Площадь поверхности ПФ, мкм <sup>2</sup>	181093.80 ± 33241.74	160723.90 ± 34202.69	168429.10 ± 17731.79
Коэффициент конфигурации ПФ	2.23 ± 0.25	2.60 ± 0.30	3.00 ± 0.56



**Таблица 7.** Толщина век взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), ( $n = 10$ )

Статистические показатели	Верхнее веко, мкм	Нижнее веко, мкм
$M \pm m$	$1236.73 \pm 51.23$	$1334.07 \pm 101.97$
$\pm \sigma$	162.01	322.47
Lim	913.38 – 1480.07	800.04 – 1800.09
$C_V$	13.01	24.17

ликулы залегают в толще дермы примерно на одинаковом уровне. Фолликулы затылка и темени довольно многочисленны и формируют ряды либо небольшие кластеры по 2–3 фолликула в каждом (рис. 9, Б, В, вклейка). Площадь поверхности фолликулов (с учетом их эллипсоидной формы) рассчитывали по формуле площади эллипса. Наибольшей площадью отличаются фолликулы лба, а наименьшей – темени, однако достоверной статистической разницы не обнаружено.

*Кожа век.* Веки, относящиеся к одному из вспомогательных органов глаза, сформированы тарзальной пластинкой, состоящей из плотной соединительной ткани, которая снаружи покрыта кожей, а с внутренней стороны – конъюнктивой век (рис. 9, Г, Д, вклейка). Установлено, что толщина нижнего века превалирует над толщиной верхнего века, но достоверной разницы между статистическими параметрами не обнаружено (табл. 7).

*Кожа шеи* тонкая, сильнее пигментирована у самцов, чем у самок. Основу эпидермиса образует роговой слой, в несколько раз превосходящий по толщине герминативный слой (рис. 10, вклейка). Роговой слой представляет собой наслоение уплощенных корнеоцитов; количество их рядов не менее 20, а на некоторых участках – до 40–60. Герминативный слой тонкий с хорошо различимыми кератиноцитами округлой или овальной формы. Дерма условно подразделяется на два слоя – более гомогенный поверхностный, не имеющий четкого рисунка и ориентации пучков коллагеновых волокон, и глубокий, образованный горизонтально-волнистой вязью пучков коллагеновых волокон. В толще дермы лежат перьевые фолликулы, кровеносные сосуды и меланоциты, сгруппированные в крупные кластеры в поверхностной части дермы. Перьевые фолликулы многочисленные, погружены в соединительнотканную капсулу располагаются под острым углом к поверхности кожи. Поперечник перьевого фолликула округлый, а на продольном срезе фолликул имеет грушевидную форму. Стенки фолликула состоят из герминативного и рогового слоев эпидермиса, эпидермального воротничка, а также стенки полой части пера и соединительнотканной пульпы. Подкожная жировая клетчатка отсутствует. На некоторых участках кожи самок можно обнаружить подкожную мускулатуру.

*Кожа спины* в несколько раз толще кожи шеи (рис. 11, вклейка). Она имеет хорошо развитые дерму и подкожную жировую клетчатку. В эпидермисе различимы лишь 2 основных слоя – тонкий герминативный и толстый многорядный роговой. Дерма образует основную часть кожи. Ее поверхностный слой тесно примыкает к эпидермису. В глубоком слое архитектура пучков коллагеновых волокон характеризуется трехмерностью: продольно-поперечные пучки, располагающиеся послойно, периодически прошиваются более толстыми перпендикулярными пучками. Густота перьевых фолликулов и степень пигментации кожи здесь существенно меньше, чем на шее, однако если фолликулы все же встречаются, то глубоко вдаются в толщу дермы. Подкожная клетчатка представляет собой массу жировых клеток сетчатой со-

единительнотканной нежной стромы. У самок также наблюдается хорошо развитый мышечный слой.

Кожа спины самцов характеризуется следующими морфометрическими данными: 1) соотношение эпидермиса, дермы и подкожной клетчатки составляет 1.78 : 59.48 : 38.74%; 2) то же герминативного и рогового слоев эпидермиса – 8.48 : 91.52%; 3) то же поверхностного и глубокого слоев дермы равно 4.11 : 95.89%; 4) отношение толщины пучков коллагеновых волокон ПСД к толщине продольных пучков ГСД равно 1.00:3.94; 5) толщина продольных, поперечных и перпендикулярных пучков коллагеновых волокон ГСД соотносится как 1.00 : 2.02 : 4.76.

Кожа спины самок: 1) соотношение эпидермиса, дермы и мышечного слоя составляет 3.43 : 67.61 : 28.96%; 2) то же герминативного и рогового слоев эпидермиса равно 10.21 : 89.79%; 3) то же поверхностного и глубокого слоев дермы – 4.53 : 95.47%; 4) отношение толщины пучков коллагеновых волокон ПСД к толщине продольных пучков ГСД равно 1.00 : 4.21; 5) толщина продольных, поперечных и перпендикулярных пучков коллагеновых волокон ГСД – 1.00 : 2.54 : 6.45.

Максимальный индекс полового диморфизма также характерен для общей толщины кожи, а минимальный – для поперечных пучков коллагеновых волокон ГСД.

*Кожа бока* тела в целом сходна с кожей спины (рис. 12, вклейка), но, поскольку она взята из области боковой аптерии, перьевые фолликулы отсутствуют. Имеются незначительные половые различия в структуре глубокого слоя дермы. У самцов пучки коллагеновых волокон массивнее, чем у самок. У них количество продольно-поперечных пучков коллагеновых волокон существенно меньше, чем у самок, для которых характерен более «нежный» узор дермы, сформированный более тонкими продольно-поперечными пучками. Таких тонких пучков у самок больше на единицу площади, чем у самцов. У самок подкожный жировой слой, помимо жировых клеток, включает отдельные пучки подкожной мускулатуры.

*Кожа плечевого отдела крыла* имеет настолько хорошо развитый роговой слой эпидермиса, что на некоторых участках его толщина сопоставима с толщиной дермы (рис. 12, В, вклейка). Дерму трудно подразделить на слои, так как она имеет вид неравномерной соединительнотканной пластины с горизонтально-волнистым типом переплетения пучков коллагеновых волокон. Крупные перьевые фолликулы формируют глубокие «кратеры», придавая «изрытый» рельеф поверхности кожи. Подкожная жировая клетчатка развита очень сильно.

*Эпидермис.* Поверхность эпидермиса страуса покрыта хлопьевидными округлыми роговыми чешуйками диаметром 30–35 мкм (Lunam, Weir, 2006). Причем, поверхность роговой чешуйки не гладкая, а снабжена мелкими или глубокими перфорациями диаметром от 1 до 5 мкм. По нашим данным, у страуса герминативный и роговой слои хорошо развиты (рис. 10, В, Г, вклейка). Первый образован одним слоем базальных клеток либо двумя-тремя слоями базофильных кератиноцитов округлой формы, часто содержащих кератогиалиновые гранулы. Он резко переходит в роговой слой без признаков промежуточной дифференциации клеток. Роговой слой образован сильно уплотненными корнеоцитами с волнообразным характером организации и весьма широкой амплитудой характера «укладки». Корнеоциты плотно примыкают друг к другу, образуя агрегации, либо расположены на определенном расстоянии, формируя ячеистую структуру. В некоторых случаях агрегации роговых чешуек находятся на значительных расстояниях друг от друга и разделены пустотами. Количество наслоений в «укладке» корнеоцитов в роговом слое у самцов несколько меньше, чем у самок. Тем не менее их количество варьирует в очень широких пределах (от 6–10 до 60 и более), в

среднем составляя порядка 20 наслоений (Чернова, Киладзе, 2009; Киладзе, Чернова, 2010а).

Половые различия строения эпидермиса выявлены в коже шеи: толщина эпидермиса в 2 раза больше у самок, чем у самцов и, в основном, за счет разрастания рогового слоя (рис. 10, В, Г, вклейка) (см. табл. 5 в: Древненёбные птицы, 2010). Абсолютная толщина герминативного слоя сходна у обоих полов (хотя при  $p < 0.05$  достоверная разница между промерами слоев обнаружена), но его относительная толщина (по соотношению слоев) у самцов примерно в 2.3 раза превышает таковую у самок. Если у самок соотношение герминативного и рогового слоев равно 4.39 : 95.61%, то у самцов – соответственно 9.93 : 90.07% в пользу рогового слоя.

Мы предлагаем данные соотношения использовать как объективный критерий *степени кератинизации* эпидермиса. Понятно, что степень кератинизации тем существеннее, чем сильнее развит роговой слой. В нашем случае процессы кератинизации эпидермиса проходят интенсивнее у самок, чем у самцов: при сопоставлении относительных параметров рогового слоя у самцов и самок разница в показателях составила 5.54%. Коэффициент вариации морфометрических показателей демонстрирует, что толщина рогового слоя менее постоянна, чем толщина герминативного. Клеточные элементы эпидермиса характеризуются более стабильным представлением по показателю вариации по сравнению с параметрами слоев. Все биометрические данные носят достоверный характер при заданном уровне значимости ( $p < 0.05$ ).

Для оценки степени уплощения эпидермальных клеток нами введен специальный показатель – *Индекс уплощения корнеоцитов*, который можно рассчитать по следующему простому соотношению:

$$K_{flattening} = \frac{KC_{SG}}{KC_{SC}} \cdot 100,$$

где  $K_{flattening}$  – индекс уплощения корнеоцитов, %;

$KC_{SG}$  – диаметр кератиноцитов герминативного слоя эпидермиса, мкм;

$KC_{SC}$  – толщина корнеоцитов рогового слоя эпидермиса, мкм.

Очевидно, что индекс уплощения корнеоцитов всегда будет превышать 100%, так как размеры кератиноцитов герминативного слоя существенно больше размеров корнеоцитов рогового слоя, однако степень этого уплощения может показывать особенности кератинизации у разных видов и жизненных форм (в том числе не только у птиц). Результаты расчета индекса, применительно к эпидермису страуса, свидетельствуют об уплощении корнеоцитов в 3–4 раза по сравнению с кератиноцитами. Интересно, что эпидермис эму характеризуется примерно таким же характером уплощения корнеоцитов (Weir, Lunam, 2004).

Парный корреляционно-регрессионный анализ параметров толщины основных слоев эпидермиса страуса показал ряд интересных взаимосвязей. Так, наблюдается прямая положительная корреляционная связь между толщиной рогового слоя и общей толщиной эпидермиса, т.е. общая толщина эпидермиса увеличивается за счет рогового слоя: его толщина на 99.70% определяет утолщение всего эпидермиса у самцов ( $r \pm m_r = 0.9985 \pm 0.0000$ ) и на 99.80% – у самок ( $r \pm m_r = 0.9990 \pm 0.0000$ ).

Что касается герминативного слоя, то здесь обнаружена отрицательная взаимосвязь между его толщиной и толщиной всего эпидермиса как у самцов ( $r \pm m_r = -0.2312 \pm 0.2189$ ), так и у самок ( $r \pm m_r = -0.610 \pm 0.3955$ ). Найденная связь указывает на снижение одного из параметров при увеличении другого, однако данная зависимость не имеет

достоверного коэффициента корреляции при заданном уровне значимости. В свете полученных результатов мы не можем в полной мере утверждать о существенном влиянии герминативного слоя на общую толщину эпидермиса.

Зависимость между степенью развития герминативного и рогового слоев также носит средний отрицательный характер, причем у самцов ( $r \pm m_r = -0.2840 \pm 0.1282$ ) она более достоверна, чем у самок ( $r \pm m_r = -0.2051 \pm 0.2770$ ). Интерпретация найденной зависимости следующая: с утолщением рогового слоя герминативный слой становится тоньше, и наоборот.

Множественный регрессионный анализ морфометрических параметров эпидермиса (рис. 13, вклейка) отражает взаимосвязь общей толщины эпидермиса от толщины герминативного и рогового слоев. С помощью приведенных множественных уравнений регрессии становится возможным проводить косвенные расчеты отдельных слоев эпидермиса, минуя прямое определение морфометрических параметров гистологических структур.

В контексте проведенного статистического анализа можно говорить о компенсирующей роли эпидермальных слоев, что, по-видимому, служит физиологической основой морфологических адаптаций кожного покрова страуса. Так как роговой слой возникает в процессе пролиферации и дифференциации клеток герминативного слоя, найденные зависимости указывают на морфофункциональную сопряженность этих слоев и существование динамического равновесия между ними в ограничительных рамках свойственной эпидермису толщины.

Таким образом, мощное развитие рогового слоя эпидермиса страуса, вероятно, способствует защите организма птицы от экстремальных условий внешней среды и предотвращает потерю влаги через покровы. Полагаем, что к морфологическим критериям эпидермиса, указывающим на структурные перестройки эволюционно-адаптационного характера, можно отнести такие показатели, как соотношение слоев эпидермиса, параметры единичных клеток и архитектуру кожного эпителия. Последнее направление в настоящее время интенсивно развивается. Так, предложенная концепция модульного строения эпителиев позволила сформулировать законченную систему пространственных вариантов организации эпителиальных структур. Сформулировано понятие о гистионе как элементарной морфофункциональной единице, а также разработаны методы анализа топологии эпителиальных пластов (Савостьянов, 2005).

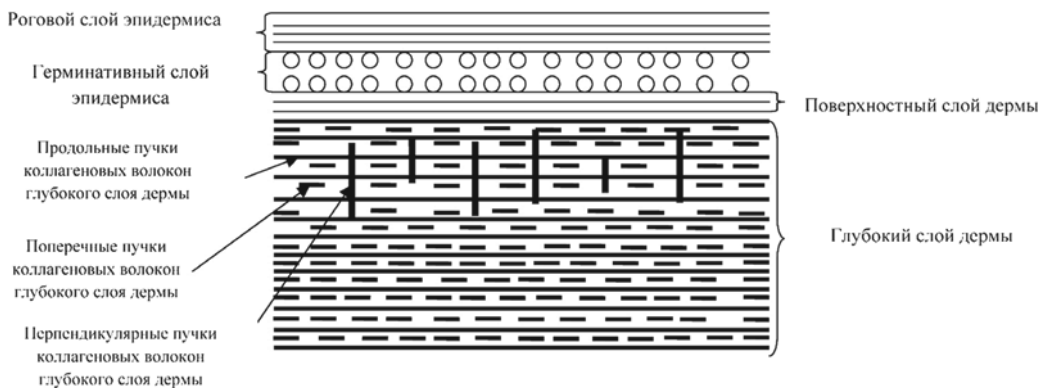
Очевидно, что именно по этим критериям можно судить о характере адаптационной пластичности видов, выявлять топографические, возрастные и половые различия, а также проводить другие реконструкции сравнительно-гистологического плана.

Предлагаемый метод сравнительно-морфологических исследований эпидермиса позвоночных путем введения адекватных морфометрических показателей может использоваться в современной эволюционной и структурной гистологии, что позволит раскрыть ряд важных корреляционных отношений и подтвердить или опровергнуть ведущую роль рогового слоя в механизмах адаптационного характера. Предложенный *Индекс уплощения корнеоцитов* целесообразно использовать в сравнительной морфологии эпидермиса амниот для создания ранжированного ряда в эволюционном ряду форм.

*Дерма.* По нашим данным (Киладзе, Чернова, 2009а; Чернова и др., 2010), дерма страуса представляет собой массив плотной неоформленной соединительной ткани, состоит из двух слоев – поверхностного (ПСД) и глубокого (ГСД) (рис. 9–12, вклейка). ПСД образован тонкими пучками коллагеновых волокон, расположенных в продольно-поперечном направлении по отношению к поверхности эпидермиса. Плотность укладки весьма компактная. В этом слое также находятся поверхностные сосудистое и

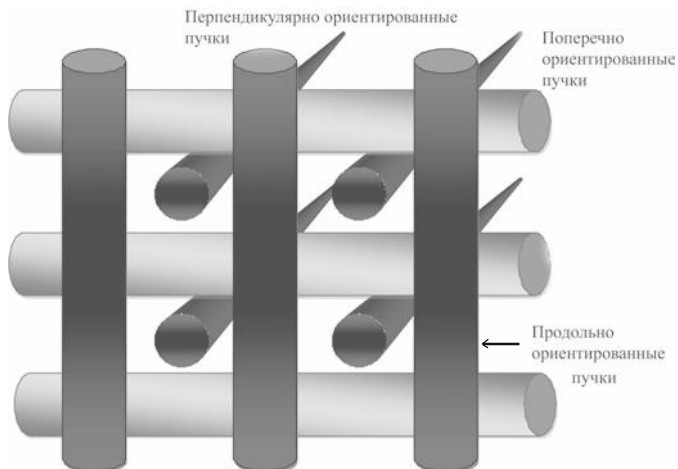
нервное сплетения и пигментные клетки. Дерма, располагаясь между эпидермисом и подкожной клетчаткой, занимает основную толщину кожи, представляя собой плотную неоформленную соединительную ткань, образованную главным образом межклеточным веществом, содержащим коллагеновые, эластические и ретикулярные волокна. Коллагеновые волокна преобладают в комплексе волокнистого матрикса кожи страуса и образованы преимущественно коллагеном I и III типов. Архитектоника ГСД характеризуется специфической трехмерной укладкой мощных пучков коллагеновых волокон, формируя слоистую продольно-поперечную структуру, которая периодически прошивается перпендикулярными пучками коллагеновых волокон. Эти перпендикулярные пучки коллагеновых волокон обычны в верхней части ГСД, древовидно ветвятся. Остальная часть ГСД состоит из продольно и поперечно ориентированных пучков коллагеновых волокон. Очевидно, что в дермальном слое страуса формируется своеобразный тип переплетения коллагеновых волокон, который и придает всему кожному покрову высокие прочностные свойства, обеспечивая реализацию функции соединительной ткани. Определенные соотношения толщин продольных, поперечных и перпендикулярных пучков коллагеновых волокон ГСД образуют особый соединительнотканый каркас, выдерживающий существенную биомеханическую нагрузку на протяжении всей жизни страуса. Необходимо отметить, что такой характер архитектуры характерен только для спины, боковой области и брюха. Кожа шеи, напротив, имеет преимущественно горизонтально-волнистую вязь, образованную продольными пучками коллагеновых волокон. По своей архитектонике дерма страуса схожа с поверхностным (*str. superficiale*) и плотным (*str. compactum*) слоями дермы эму (Weir, Lunam, 2004).

На основе морфометрического анализа нами создана топологическая схема расположения пучков коллагеновых волокон в дермальном слое страуса с сохранением соотношений толщин продольно, поперечно и перпендикулярно ориентированных пучков коллагеновых волокон. Пространственный характер расположения пучков коллагеновых волокон в коже страуса можно также представить схематично (рис. 14, 15). Такой подход целесообразно использовать в сравнительной морфологии в аспекте теории распознавания образов, наиболее частным методом которого является кластерный анализ – практическая основа таксономии.



**Рис. 14.** Топологическая структура архитектуры коллагеновой стромы кожного покрова африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

**Рис. 15.** Трехмерное расположение пучков коллагеновых волокон в дермальном слое кожи африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). Продольно и поперечно ориентированные слои располагаются ортогонально по отношению друг к другу, формируя ламеллярную структуру дермы.



*Топология поверхности кожи.* Мерея кожи спины страуса неоднородна (рис. 16, вклейка). Рельеф ее поверхности можно охарактеризовать как паутинообразный с периодическими кратерообразными углублениями – перьевыми фолликулами. Паутинообразные структуры представляют собой густую сеть из хаотично переплетающихся пучков коллагеновых волокон. Поперечники перьевых фолликулов в основном эллипсоидные, однако встречаются округлые и овальные фолликулы. По нашим данным, их диаметр варьирует незначительно, составляя в среднем 2000–3000 мкм, что не совпадает с данными литературы (диаметр перьевых фолликулов, располагающихся в ГСД, варьируют от 50 до 500 мкм (Lunam, Weir, 2006)) и, следовательно, они лежат более разрозненно, чем в ПСД. Это, вероятно, связано не только с шестикратным увеличением диаметра поверхностных участков фолликула или даже поверхностной кожной воронки, из которой выходит перо, но и с особенностями изменения кожи под воздействием технологических процессов обработки мереи. Макрорельеф представлен совокупностью перьевых фолликулов, собранных в гексагональные «решетки», что и формирует естественный узор поверхности (Киладзе, Чернова, 2008; Древненёбные птицы, 2010). Конечно, воображаемые шестиугольники (рис. 16, А, вклейка) не назовешь абсолютно «правильными», т.е. их геометрия не идеальна, так как длина сторон и величина углов варьируют, однако их форма весьма узнаваема, а сумма всех углов равна  $180^\circ (n - 2) = 180^\circ (6 - 2) = 720^\circ$ , где  $n$  – количество вершин. Градусная мера углов воображаемых шестиугольников имеет среднюю изменчивость, при этом средняя величина угла равна  $120 \pm 4^\circ$ .

Измерение расстояния между перьевыми фолликулами может дать представление о размерах «поля ингибирования», свойственного именно страусу (см. табл. 7 в: Древненёбные птицы, 2010). Расстояние между фолликулами варьирует в средних пределах, судя по показателю коэффициента вариации, немного превышающему 10%-ный рубеж. Очевидно, что расстояние между фолликулами на другом участке тела будет отличаться, что объясняется топографической изменчивостью. Также вариативность линейных параметров может быть связана с половой, возрастной и географической изменчивостью. Этот вопрос требует дальнейшего уточнения.

Перьевые фолликулы в соседних рядах расположены со смещением по отношению друг к другу примерно на  $1/3$ – $1/2$  расстояния между соседними фолликулами в ряду, что, по-видимому, и формирует гексагональную решетку (рис. 16, Б, вклейка).

**Таблица 8.** Расстояние между перьевыми фолликулами на поверхности кожного покрова взрослой особи домашней индейки *Meleagris gallopavo* (Galliformes), мм ( $n = 10$ )

Топографические участки	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	Cv, %
Шея	$4.30 \pm 0.40$	2.00 – 6.00	1.25	29.07
Грудь	$6.60 \pm 0.73$	3.00 – 10.00	2.32	35.15
Спина	$6.70 \pm 0.56$	4.00 – 9.00	1.77	26.42
Бедро	$7.50 \pm 0.40$	5.00 – 10.00	1.27	16.93
Крыло	$4.00 \pm 0.26$	3.00 – 5.00	0.82	20.50
Надхвостье:				
между соседними фолликулами в одном ряду	$2.80 \pm 0.25$	2.00 – 4.00	0.79	28.21
расстояние между соседними рядами	$8.00 \pm 0.33$	6.00 – 9.00	1.05	13.13
Подхвостье	$5.50 \pm 0.40$	4.00 – 8.00	1.27	23.09

Такое расположение перьевых фолликулов, вероятно, вообще присуще птицам. Например, по нашим данным, топология расположения перьевых фолликулов на поверхности кожного покрова домашнего гуся имеет гексагональный или тетрагональный характер (см. рис. 2.18 в: Древнебные птицы, 2010), при этом расстояние между перьевыми фолликулами существенно варьирует в зависимости от топографического участка (см. табл. 8 в: Древнебные птицы, 2010). Учитывая столь существенные различия, этот морфометрический признак может иметь видоспецифический характер и использоваться как дополнительный критерий в таксономии. Подобная топографическая изменчивость расположения фолликулов характерна и для домашней индейки (табл. 8). Анализ поверхности кожи домашней индейки показал, что область груди и бедра имеет преимущественно гексагональное расположение перьевых фолликулов, при этом спина и надхвостье отличаются выраженной шевронной топологией перьевых фолликулов (рис. 17, вклейка).

Последние данные позволяют с уверенностью связать основные этапы морфогенеза кожных придатков с молекулярно-генетическими механизмами, отвечающими за формирование облика дериватов кожного покрова, их развитие и расположение на теле животного (Чернова, 2008а, б). Также известно, что гексагональное расположение перьев характерно преимущественно для дорсальной и латеральной областей туловища курицы (Davidson, 1983). Сходна и у страуса «бриллиантовая зона» – птерилия, образованная сгруппированными в шестиугольники перьевыми фолликулами, приходится именно на эти области тела, что подтверждает единый механизм закладки дериватов кожи у птиц. Топологически перьевые фолликулы располагаются полигонально. Как правило, большинство исследователей указывают на гексагональную решетку перьев, что проявляется в равноудаленном расположении перьевых фолликулов от условно центрального перьевого зачатка. Регулярная гексагональная симметрия дорсолатеральных рядов постепенно растягивается в цефалокаудальном, а также боковых и косых направлениях, формируя шевроноподобные ряды, при этом каждый шеврон имеет геометрический центр одного из перьев центральной части спины или парасагиттальных рядов (Sengel, 1990).

Полигональное расположение характерно не только для перьевых фолликулов, но и для всех подлежащих тканей и систем. Так, например, мышцы-антагонисты, эректоры и депрессоры, подходящие к перьевым фолликулам, ориентированные по диагонали к продольной и поперечной оси тела, образуют морфологическую «спайку» в форме параллелограмма, вершинами которого являются перьевые фолликулы (Hombarger, Silva, 2000). Нервы также формируют сеть, подчиненную расположению дериватов кожи птиц (Lucas,

Stettenheim, 1972). Очевидно, что такая морфологическая гармонизация обусловлена адаптацией к условиям существования и, прежде всего, является приспособлением к полету.

Формирование гексагональной решетки происходит не одновременно, а поэтапно, что обусловлено постепенным уплотнением мезенхимных клеток, формирующих зачаток пера, при этом во многом процесс носит случайный характер. Стволовые клетки мезенхимы могут сформировать либо зачаток пера, либо участок между ними. Полагают, что гексагональная решетка не предопределена молекулярным кодом или физиологической необходимостью. Размер, количество и промежутки между перьевыми зачатками можно регулировать путем изменения свойств клеток или межклеточного вещества (Chuong et al., 2006). Последние исследования показали, что за инициацию морфогенеза перьев отвечает экспрессия дивергентного гомеобоксного гена *Hes/Prh*, локализующегося в дорсальной части кожи эмбриона птицы. Показано, что синтез белка на мРНК, иницированный *Hes*-геном, заметен в дорсолатеральной эктодерме и мезенхиме уже на пятый день эмбриогенеза, затем – в эпителии и кориуме дорсальной кожи до плакоды. Смещение экспрессии происходит до тех пор, пока не захватываются гистологические элементы самого перьевого зачатка (Obinata, Akimoto, 2005).

В качестве примера можно привести и другие гистологические структуры птиц, имеющие шестиугольное расположение. Так, при изучении тонкой архитектуры неоперенных зеленых выступов кожи филепитты вельветовой *Philepitta castanea* Müller, 1776 (Eurylaimidae, Passeriformes), вида-эндемика, обитающего только на о. Мадагаскар, установлено, что параллельно уложенные фибриллы коллагена на поперечном сечении формируют четкий гексагональный паттерн (Prum, Torres, 2003). Пента- или гексагональную форму имеют клетки сердцевины махового пера черного стрижа *Apus apus* Linnaeus, 1758 (Apodidae, Apodiformes) (Чернова и др., 2006, 2009).

Таким образом, обсуждая вопрос о полигональной морфологии птиц, можно заключить, что гексагональная симметрия широко распространена в природе как одна из наиболее рациональных самоорганизующихся систем (Киладзе, Чернова, 2009б).

## Шкуры

Широкое использование шкур страуса в кожевенной промышленности обуславливает актуальность проводимых исследований, формирующих базу для научно обоснованной переработки нового кожевенного сырья. Кожа страуса необходима для производства разнообразных кожаных изделий (одежно-галантерейные и обувные изделия), а также товаров, где она носит вспомогательный характер (обивка сидений, дверных и приборных панелей автомобилей), способствующий усилению эстетических свойств основного товара за счет вовлечения в композиционную основу изделия поверхности кожи, характеризующейся нетривиальной фактурой лицевой поверхности, называемой мереей.

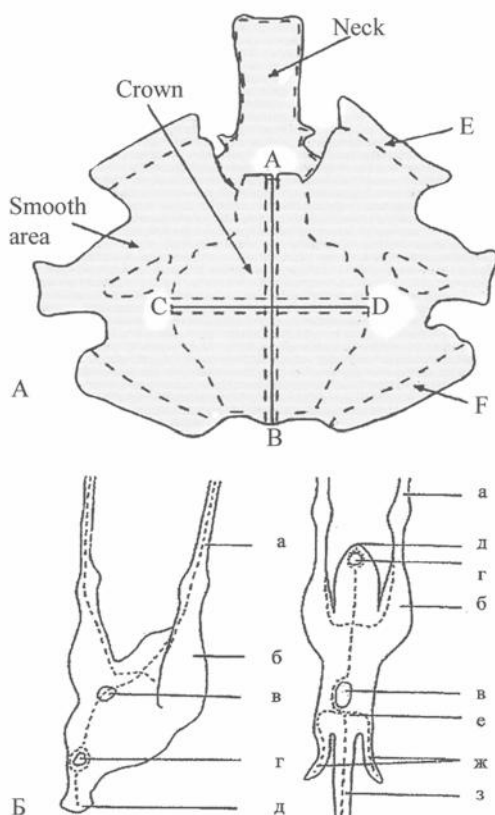
Цель нашей работы заключается в комплексном исследовании контура и поверхности кожного покрова страуса, находящегося на стадии кожевенного сырья. Слабое освещение этих вопросов в специальной литературе придает приведенным изысканиям элементы научной новизны и практической значимости.

Кожный покров страуса имеет сложный контур, нижняя часть которого характеризуется округлыми очертаниями, при этом периферийные участки выпирают, что затрудняет однократное определение площади, так как необходимо учитывать размер и этих второстепенных участков, к которым можно отнести главным образом сильно выпирающую шейную часть (рис. 18, А). Площадь определяется путем умножения длины, измеренной по линии хребта, на ширину, измеренную посередине шкуры. Именно этот участок шкуры характеризуется наиболее уравненным контуром, не имеющим



существенных выступов или впадин. Если область шеи сохранена, то необходимо определить площадь и этого участка. При этом суммарная площадь двух участков, основного и шейного, и составит общую площадь шкуры африканского страуса. Во многих случаях необходимо отметить незначительную разницу длины и ширины шкуры страуса; иногда линейные параметры могут совпадать, что до некоторой степени приближает форму шкуры к квадрату.

Нормальный цвет лицевой поверхности законсервированной шкуры – серый. Направление роста перьев, формирующих своеобразные «потоки», ориентировано от головы к хвосту. Перья, оставшиеся на шкуре, выходят из кожного покрова под острым углом. Мездряная поверхность шкуры характеризуется значительным присутствием прирезей мяса и жира, при этом поверхность, лишенная этих отложений, имеет белесый оттенок. Главным топографическим участком, несущим перьевые фолликулы, является так называемая «бриллиантовая зона» («ромбовидная зона») (diamond area), или «корона» (crown), занимающая одно из доминирующих процентных соотно-



**Рис. 18.** Неоднородность шкуры (А) и схема ее снятия (Б) у африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

Crown (ABCD) – «корона», или «бриллиантовая зона», разделённая на 4 сегмента и имеющая своеобразную скульптуру мерей (за счет кратерообразных углублений – устьев перьевых фолликулов). Smooth area – участок с гладкой поверхностью. Neck – шея. E, F – краевые участки.

а – голень; б – бедро; в – мозоль; г – клоака; д – хвост; е – грудь; ж – крылья; з – шея (по: [http://www.ostrich.org.uk/grading/leather\\_grading.html](http://www.ostrich.org.uk/grading/leather_grading.html)).

**Таблица 9.** Изменчивость показателей некоторых свойств «бриллиантовой зоны» кожного покрова взрослых особей африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Свойства	Топография «бриллиантовой зоны»			
	Центральная часть		Периферийная часть	
	М ± m	Сv, %	М ± m	Сv, %
Количество перьевых фолликулов на 1 дм <sup>2</sup> (n = 5):				
Самцы	30.00 ± 2.50	16.70	24.00 ± 1.90	15.80
Самки	62.00 ± 3.50	11.30	26.00 ± 2.10	16.10
Расстояние между перьевыми фолликулами, мм (n = 10):				
Самцы	14.10 ± 0.53	11.35	17.50 ± 0.87	14.86
Самки	11.70 ± 0.82	20.94	18.50 ± 1.40	22.70
Диаметр перьевых фолликулов, мм (n = 10):				
Самцы	1.60 ± 0.17	32.50	3.50 ± 0.18	15.14
Самки	1.40 ± 0.17	37.14	3.20 ± 0.14	13.13

ношений на коже страуса (более 1/3 площади). Кроме того, на коже хорошо просматривается гладкий участок, не имеющий перьевых фолликулов, но исчерченный множеством борозд и впадин, а также краевые участки, анатомически относящиеся к областям свободных конечностей (бедро и плечевой отдел крыла), брюха и шеи. Краевые участки характеризуются перфорированной поверхностью от перьев, однако их рельеф уже не столь эстетичен как «бриллиантовая зона». Учитывая основную роль «бриллиантовой зоны» в эстетической целостности страусового кожевенного сырья, на ее описании необходимо остановиться более подробно. «Бриллиантовая зона» – это производственное название топографического участка, захватывающего переднюю и заднюю спинные части, при этом ее конфигурация приближается к грушевидной форме, широкая часть которой обращена к крестцу, а более узкая – к передней части спины. Перьевые фолликулы этой зоны формируют испещренный кратерами рельеф, дополненный радиальными штрихами, что достигается за счет складок, соединяющих один перьевой фолликул с другим, создавая кольцевую структуру по типу сердцевины дерева. Перьевые фолликулы располагаются на коже гексагонально. Поперечное сечение перьевого фолликула приближается к кругу или овалу. Внешняя структура фолликула такова, что он образует своеобразную пузырчатость или вздутость в месте роста пера. Кожный покров в «бриллиантовой зоне» эластичный. Если говорить о густоте перьевых фолликулов, то их максимальная плотность наблюдается в центре кожи, однако по мере приближения к терминальным участкам количество перьевых фолликулов уменьшается, а расстояние между ними пропорционально увеличивается. Этот факт позволил нам выделить центральную и периферийную части «бриллиантовой зоны» (см. рис. 2.21 в: Древненёбные птицы, 2010), которые различаются по морфометрическим показателям (табл. 9).

Параметры перьевых фолликулов существенно зависят от пола птицы. Так, например, количество фолликулов в центральной области «бриллиантовой зоны» у самок в 2 раза больше, чем у самцов. При этом периферийная область уже не испытывает столь существенной половой изменчивости. Расстояние между перьевыми фолликулами как у самцов, так и у самок в соответствующих областях спинного участка имеет примерно одинаковые параметры, равно как и диаметры.

Полагаем, что такое топографическое деление целесообразно учесть в нормативной документации на данное кожевенное сырье.

Микроструктура поверхности кожного покрова страуса на разных топографических участках изучена нами ранее (см. рис. 2.22 в: Древненёбные птицы, 2010). Кожа шеи несет небольшие щетинистые перья, густо покрывающие всю ее поверхность, гладкий участок характеризуется глубокими бороздами, вдающимися в толщу кожного покрова, при этом спинная часть в области перьевого фолликула имеет ровную поверхность, а в остальном напоминает микрорельеф гладкого участка с многочисленными складками и бороздами.

Нами описаны некоторые типичные пороки, обнаруженные на шкуре страуса (Древненёбные птицы, 2010), при этом необходимо отметить весьма качественную съемку шкур с туш, ибо на сырье отсутствуют такие серьезные повреждения, как дыры, разрывы, отсутствие частей. Вместе с тем можно рекомендовать сотрудникам, занимающимся заготовкой шкур страуса, обратить внимание на лучшее качество *мездрения* и удаления перьевого покрова с кожевенного сырья. В противном случае прирези мяса и жира можно классифицировать как *утяжеселители* шкур. Очевидно, что такое пренебрежение к мездрению обусловлено тем, что страусовое кожевенное сырье принимают по площади. Тем не менее подкожный жир страуса представляет собой ценное сырье, которое может найти применение в технических целях, поэтому после мездрения его необходимо направлять на промышленную переработку. Удаление перьев также должно проводиться более аккуратно, иначе эта технологическая операция может навредить лицевой поверхности страусовой шкуры, затушевав уникальную мерю.

Таким образом, приведенный материал поможет специалистам более осознанно подойти к решению проблемы первичной обработки и создать систему входного контроля качества нового вида кожевенного сырья (Киладзе, Чернова, 2009в; Киладзе, 2010б).

*Первичная обработка кожевенного сырья* начинается со снятия шкуры с туши страуса (рис. 18, Б). При этом важно соблюдать ряд условий. Температура воздуха в помещении не должна превышать 14–16°C. Как правило, с одной тушей работает один оператор. Ведь несогласованные действия двоих могут спровоцировать появление технологических пороков на сырье. Сначала тушу обескровливают и удаляют перья, затем снимают шкуру с голени, придают туше вертикальное положение и подвешивают за крылья. В области шеи кожу сохраняют на расстоянии 20 см от тела, в области бедра – на уровне 10–15 см выше коленного сустава.

Снятую шкуру промывают холодной водой. Для удаления мездры целесообразно воспользоваться тупым инструментом, так как при неосторожном использовании острых лезвий можно испортить шкуру подрезями и прирезами. Консервирование проводят мокросольным способом. Техника обработки шкур солью крайне проста. На предварительно расправленную мездряную поверхность шкуры наносят соль мелкого помола, которая хорошо проникает в глубокие слои дермы. Необходимо следить, чтобы абсолютно вся поверхность шкуры была обработана консервантом. Расход соли на одну шкуру – 5 кг. Штабель необходимо оборудовать дренажной системой, чтобы обеспечить эффективное выведение влаги. Через 7–10 дней необходимо удалить старую соль и провести доконсервирование, используя также соль мелкого помола. На одном паллете должно быть не более 100 шкур одновременно, иначе возможно самонагревание и бактериальная порча сырья. При оптимальной температуре 4–10°C шкуры можно хранить до 6 месяцев. Использование *биоцидов* целесообразно только после

тщательной консервации хлоридом натрия. Каждый штабель со шкурами накрывают картоном или мешковиной. Пластиковые покрытия не позволяют сырью «дышать», а выделяющееся тепло способствует бактериальной порче кожевенного сырья (<http://www.ostrichskinsupplies.com>).

*Оценка качества кожевенного полуфабриката.* Замечено, что многие пороки проявляются после дубления, поэтому оценку качества проводят на стадии кожевенного полуфабриката. В основу градации качества положено количество пороков, поражающих полезную площадь шкуры. Наиболее типичные повреждения – дыры, царапины, прирезы, подрезы, безличина, болячки, отслоение поверхностного слоя дермы от глубокого, бактериальные пятна, парша, укусы клещей, борушистость и др. По размерам пораженной площади различают три группы пороков – 40 мм, 80 мм и 120 мм. Очевидно, что процентное соотношение поражения будет прямым образом зависеть от площади самой шкуры. В этой связи шкуры страуса подразделяют на следующие группы: А+ – более 156 дм<sup>2</sup>; А – 130–155; В – 120–129; С – 100–119; D – 80–99 дм<sup>2</sup>.

Большое значение при оценке качества уделяют расположению пороков. Наиболее ценный участок шкуры – «корона», или «бриллиантовая зона». Эту часть шкуры подразделяют на четверти. Именно от количества и размера пороков на каждой из них зависит сорт кожевенного полуфабриката.

*Супер премиум (Super Premium)* – отсутствие видимых пороков на всех участках.

*Премиум (Premium)* – все четверти «бриллиантовой зоны» без пороков, остальная площадь может быть поражена ими незначительно.

*Первый сорт (Grade One)* – три четверти «бриллиантовой зоны» должны быть без пороков. Допускают наличие одного порока (включая дыру) на одной из четвертей, если его диаметр не более 40 мм. Кроме того, в «бриллиантовой зоне» возможно наличие одной заросшей болячки, не превышающей расстояние между двумя перьями, а также небольшое количество видимых дефектов на краевых участках.

*Второй сорт (Grade Two)* – две четверти должны быть без пороков. Допускают наличие одного порока, локализующегося в двух смежных четвертях, если его диаметр не более 80 мм, или если диаметр каждого поражения до 40 мм. Кроме того, возможно наличие двух заросших болячек, не превышающих расстояние между тремя перьями, а также некоторое количество пороков на краевых участках.

*Третий сорт (Grade Three)* – одна четверть «бриллиантовой зоны» без пороков. Допускают наличие одного в любой из трех четвертей, если диаметр не превышает 120 мм, или двух пороков с диаметром одного не более 80 мм и другого – до 40 мм, или трех пороков, если диаметр каждого не более 40 мм. Кроме того, возможно наличие трех заросших болячек, не превышающих расстояние между каждым из четырех перьев, а также определенное количество пороков на краевых участках.

*Четвертый сорт (Grade Four)* – сырье не соответствует критериям третьего сорта, поражение «бриллиантовой зоны» охватывает не более 25% полезной площади, а всей ткани – не выше 50%.

*Пятый сорт (Grade Five)* – поражение «бриллиантовой зоны» менее 50%, всей кожи – не выше 50% полезной площади.

*Брак (Lesser Grade)* – количество поражений не удовлетворяет условиям пятого сорта ([http://www.ostrich.org.uk/grading/leather\\_grading.html](http://www.ostrich.org.uk/grading/leather_grading.html)).

Эффективную систему первичной обработки и оценки качества, созданную зарубежными специалистами, можно использовать, чтобы получать высококачественную и конкурентоспособную продукцию (Киладзе, 2008).

*Товарно-технологические свойства шкур.* Широкие производственные возможности сырья животного происхождения определяются рядом основополагающих свойств,

**Таблица 10.** Некоторые товарно-технологические свойства шкур взрослых особей африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Свойства	Самцы			Самки			Индекс полового диморфизма, %
	$M \pm m$	$\pm \sigma$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$\pm \sigma$	$Cv, \%$	
Масса, кг ( $n = 5$ )	$7.70 \pm 0.16$	0.37	4.80	$4.20 \pm 0.23$	0.52	12.38	45.45
Площадь, $dm^2$ ( $n = 5$ )	$135.84 \pm 2.53$	5.66	4.17	$116.66 \pm 1.11$	2.47	2.12	14.12
Масса единицы площади, $g/dm^2$ ( $n = 5$ )	$56.74 \pm 1.42$	3.18	5.60	$35.94 \pm 1.63$	3.65	10.16	36.66
Толщина «бриллиантовой зоны», мм ( $n = 36$ )	$1.65 \pm 0.04$	0.27	16.36	$1.99 \pm 0.07$	0.40	20.10	17.08
Температура сваривания, $^{\circ}C$ ( $n = 3$ )	$77.00 \pm 1.15$	2.00	2.60	$74.00 \pm 0.58$	1.00	1.35	3.90
pH хлоркалевой вытяжки ( $n = 3$ )	$5.65 \pm 0.03$	0.05	0.88	$6.25 \pm 0.06$	0.10	1.60	9.60

рациональное формирование которых во многом характеризует потребительную стоимость полуфабриката и готового изделия. Исследование товарно-технологических свойств является важным этапом в научно обоснованном использовании сырья для производства кожевенного полуфабриката, имеющего определенное функциональное назначение. Цель нашей работы заключается в изучении основных свойств шкур страуса, переработка которых уже достигла производственных масштабов, однако исследований в области товароведения проведено явно недостаточно, что и формирует научную новизну настоящего исследования. Мы изучили основные товарно-технологические свойства шкур страуса (табл. 10).

Значительный показатель массы шкур страуса позволяет использовать данное сырье весьма многопланово. Необходимо учитывать, что нами определена масса брутто, ибо страусовое кожевенное сырье содержит значительное количество утяжелителей в виде прирезей жира. Очевидно, что масса исходного сырья будет оказывать существенное влияние на эргономические показатели готовых изделий, так как вес материала должен быть сопоставим с физическими способностями человека при эксплуатации того или иного товара. В этом аспекте более показательным параметром является масса единицы площади, то есть *удельное значение массы*, которое меньше у самок, чем у самцов.

Площадь оказывает существенное влияние не только на функциональное назначение, но и на классификационное, так как этот параметр положен в основу сортировки страусового кожевенного полуфабриката. Согласно рекомендациям Всемирной ассоциации страусоводов, полуфабрикат подразделяют на следующие категории: A+ – более  $156 dm^2$ ; A –  $130-155$ ; B –  $120-129$ ; C –  $110-119$ ; D –  $80-99 dm^2$ . Судя по нашим данным, шкуры самцов относят к категории A, а самок – к категории C.

Толщина шкур страуса достаточна, чтобы можно было производить галантерейно-одежную и мебельную кожи, а также кожу для верха обуви. У самок толщина шкуры «бриллиантовой зоны» несколько больше, чем у самцов.

Температура сваривания шкур страуса весьма существенна для мокросоленого сырья, так как она превысила порог в  $70^{\circ}C$ . Этот показатель отражает степень стабиль-

**Таблица 11.** Разрывное напряжение (МПа) шкур взрослых особей африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) в «бриллиантовой зоне»

Направление	Самцы			Самки			Индекс полового диморфизма, %
	$M \pm m$	$\pm \sigma$		$M \pm m$	$\pm \sigma$	$C_v, \%$	
Продольное ( $n = 6$ )	$1.44 \pm 0.17$	0.41	28.47	$1.67 \pm 0.34$	0.83	50.61	13.77
Поперечное ( $n = 6$ )	$1.39 \pm 0.31$	0.77	55.40	$1.42 \pm 0.19$	0.48	33.80	2.11
В среднем по всем образцам шкур ( $n = 12$ )	$1.41 \pm 0.17$	0.59	41.84	$1.54 \pm 0.19$	0.66	42.86	8.44
Коэффициент равномерности, % ( $n = 6$ )	$68.83 \pm 6.17$	15.11	21.95	$76.57 \pm 5.60$	13.72	17.92	10.11

ности межмолекулярных связей коллагена и в некоторой степени определяет тактику технологической переработки кожевенного сырья.

Как у самцов, так и у самок наблюдается слабокислая среда шкуры, о чем свидетельствует рассчитанный *Показатель рН хлоркалиевой вытяжки*. У самок *Показатель концентрации водородных ионов* нейтральнее, чем у самцов, имеющих существенно более подкисленную среду. Следует отметить, что активизация микробной деятельности кожевенного сырья происходит в щелочной среде, поэтому можно рассчитывать на некоторую микробиологическую устойчивость со стороны шкур страуса.

Нами проведены испытания физико-механических свойств шкур страуса (табл. 11).

Отсутствие существенной разницы свойств шкуры в продольном и поперечном направлениях позволяет говорить о стабильности гистологической структуры кожи

**Таблица 12.** Матрица факторов, оказывающих влияние на разрывное напряжение шкур африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 12$ )

Свойства	Самцы			Самки		
	Толщина, мм	Разрывная нагрузка, Н	Разрывное напряжение, МПа	Толщина, мм	Разрывная нагрузка, Н	Разрывное напряжение, МПа
Толщина, мм	—	$-0.0923 \pm 0.7755$	$-0.5201 \pm 0.0830$	—	$-0.4100 \pm 0.1856$	$-0.7785 \pm 0.0029$
Разрывная нагрузка, Н	—	—	$0.8946 \pm 0.0000$	—	—	$0.8362 \pm 0.0007$
Разрывное напряжение, МПа	—	—	—	—	—	—

\* Коэффициент корреляции, выделенный курсивом, носит недостоверный характер.

как самцов, так и самок страуса. В исследованной топографической области кожного покрова гистологическая структура характеризуется трехмерной организацией архитектоники пучков коллагеновых волокон. Их соотношение по толщине примерно одинаково, чем и можно объяснить схожий характер разрывного напряжения в разных направлениях. Установлено, что разрывное напряжение существенным образом зависит от толщины и разрывной нагрузки (табл. 12).

У обоих полов сходны характер и направление взаимосвязи между представленными свойствами, но сила корреляции между ними разная.

Очевидно, что товарно-технологические свойства шкур имеют существенную половую изменчивость. В этой связи рассчитали *Индекс полового диморфизма*, который отражает диспропорцию в параметрах того или иного свойства. Наибольшая половая изменчивость свойственна массе, толщине и площади (табл. 12). Физико-механические свойства не имеют существенных половых различий, о чем свидетельствуют низкие значения индекса (табл. 12).

Таким образом, приведенный анализ основных товарно-технологических свойств позволит выработать стратегию производственного использования нового вида кожевенного сырья (Киладзе, 2010б).

### Выдубленная кожа

Кожу страуса относят к сегменту природных материалов, получаемых от экзотических животных. Вместе с тем все большая интродукция страуса на территорию России уже сейчас позволила достичь промышленных масштабов переработки страусового кожевенного сырья. В этой связи изучение основополагающих свойств кожи необходимо для прогнозирования потребительских свойств готовых изделий, имеющих стабильно высокий спрос. Проблема оценки качества страусовой кожи, прошедшей все технологические этапы, остается весьма острой, что обусловлено отсутствием нормативной документации, формирующей базовые показатели качества к данному типу кожи. Интенсивные научные изыскания по данной тематике проводятся в разных странах (Cooper, 2001; Bitlisli et al., 2004; Dai et al., 2004; Cloete et al., 2004, 2006; Qu, 2006), что характеризует страусовую кожу как актуальный материал, широко используемый в кожевенно-обувной индустрии всего мира.

Цель нашей работы – изучить основополагающие технологические свойства кожи страуса, обеспечив научную основу для эффективного производства товаров, выработанных на ее основе.

Технологические свойства имеют достаточно широкую номенклатуру, основанную на органолептических, физических, физико-химических и химических показателях, а

**Таблица 13.** Количество перьевых фолликулов и диаметры их поперечников на топографически разных участках кожи африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes),  $n = 4$  (по: Cloete et al., 2004)

Топографический участок	Число перьевых фолликулов, шт./дм <sup>2</sup>	Диаметр перьевых фолликулов, мм
Шея	59.2 ± 1.6	2.90 ± 0.07
Середина «бриллиантовой зоны»	61.2 ± 1.6	3.01 ± 0.07
Выше бедра	28.6 ± 1.6	3.64 ± 0.07
Ниже бока	42.1 ± 1.6	3.74 ± 0.07
Крестец	63.7 ± 1.6	3.76 ± 0.07

**Таблица 14.** Количество перьевых фолликулов и диаметры их поперечников на коже разновозрастных особей африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes),  $n = 4$  (по: Cloete et al., 2004)

Возраст, месяцев	Количество перьевых фолликулов, шт./дм <sup>2</sup>	Диаметр перьевых фолликулов, мм
5	68.6 ± 1.7	3.05 ± 0.07
6	56.2 ± 1.5	3.32 ± 0.06
7	56.4 ± 1.5	3.29 ± 0.06
8	55.3 ± 1.5	3.20 ± 0.06
9	52.4 ± 1.5	3.32 ± 0.06
10	48.3 ± 1.5	3.50 ± 0.06
11	43.7 ± 1.5	3.55 ± 0.06
12	46.3 ± 1.5	3.56 ± 0.06
13	41.7 ± 1.5	3.70 ± 0.06
14	38.7 ± 1.7	3.89 ± 0.07

также на биологических свойствах, являющихся в ряде случаев первостепенными в определении потребительной стоимости исходного сырья, кожевенного полуфабриката и кожи.

Как уже указывалось лицевая поверхность кожи страуса сформирована мереей, основу которой образуют кратерообразные перьевые фолликулы, находящиеся на определенном расстоянии друг от друга (рис. 19, А, вклейка). Количество перьевых фолликулов и их размеры испытывают существенную топографическую и возрастную изменчивость (табл. 13, 14), при этом их расположение не хаотично, а подчинено закономерной гексагональной топологии.

Именно такая природная симметрия естественных перфораций кожи определяет высокую стоимость изделий, которые формируют главным образом ассортимент товаров класса «люкс», удовлетворяющих не столько функциональное назначение, сколько социальное назначение, воплощая в себе элементы престижа и материального достатка. *Бахтармянная сторона* представляет собой шершавую волокнистообразную поверхность, образованную выдубленными пучками коллагеновых волокон (рис. 19, Б, вклейка). Ее роль заключается в обеспечении необходимой проницаемости. В этом смысле данная сторона кожи реализует гигиенические свойства готового изделия, так как в ряде случаев имеет непосредственный контакт с кожным покровом человека.

В настоящее время на лицевую поверхность кожи для придания блеска наносят покрывные пленки. Анализируя устойчивость покрытия к мокрому трению, укажем, что первые признаки «сдира» на коже страуса наблюдаются при 75 оборотах прибора ИПК-1 (рис. 20, вклейка). Данный показатель оказывает существенное влияние не только на эстетические свойства, но и на эксплуатационные характеристики кожного изделия. Особенно важно учитывать это свойство для кожи для верха обуви, а также мебельной кожи, где лицевая поверхность испытывает постоянное действие светопоток, механической деформации и быстро изнашивается.

Переходя к обсуждению основных свойств кожи страуса (табл. 15), поясним, что ее толщина находится в достаточных пределах для производства широкой номенклатуры товаров. *Масса единицы площади* отражает эргономическую составляющую потребительских свойств кожи, характеризуя легкость будущего изделия. Температура сваривания превысила отметку в 100°C, что говорит о достаточной продубленности кожи, создавая необходимые предпосылки к сохранности и долговечности товара.



**Таблица 15.** Некоторые показатели товарно-технологических свойств кожи африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Свойства кожи	Статистические показатели		
	M ± m	± σ	Cv, %
Толщина, мм (n = 24)	2.42 ± 0.07	0.32	13.22
Масса единицы площади, г/дм <sup>2</sup> (n = 5)	10.26 ± 0.30	0.67	6.53
Температура сваривания, °С (n = 3)	118.33 ± 0.88	1.53	1.29
pH хлоркалиевой вытяжки (n = 3)	4.10 ± 0.03	0.05	1.22

**Таблица 16.** Физико-механические свойства кожи взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Направление	Разрывное напряжение, МПа			Разрывное удлинение, %		
	M ± m	± σ	Cv, %	M ± m	± σ	Cv, %
Продольное (n = 4)	1.19 ± 0.02	0.04	3.36	56.00 ± 9.31	18.62	33.25
Поперечное (n = 4)	1.90 ± 0.29	0.57	30.00	31.50 ± 0.96	1.91	6.06
В среднем по всем образцам (n = 8)	1.55 ± 0.19	0.54	34.84	43.75 ± 6.34	17.93	40.98
Коэффициент равномерности, % (n = 4)	65.97 ± 10.69	21.37	32.39	61.11 ± 10.01	20.02	32.76

Значение pH хлоркалиевой вытяжки имеет кислую среду, что благоприятно для формирования антимикробного фона, создающего дополнительный барьер от биоповреждений.

Результаты исследований физико-механических свойств кожи страуса представлены в таблице 16.

Нами замечено, что образцы, взятые в продольном направлении, имеют достоверно меньшее значение разрывного напряжения, чем образцы, сделанные в поперечном направлении. Значения разрывного удлинения, напротив, превалируют в продольных образцах. Это свидетельствует, что рассматриваемые механические свойства имеют отрицательную корреляционную связь – с увеличением разрывного напряжения разрывное удлинение пропорционально уменьшается, и наоборот. Рассчитанные коэффициенты равномерности отражают изотропию механических характеристик кожи страуса. Довольно существенные различия рассчитанных коэффициентов обусловле-

**Таблица 17.** Химический состав кожи взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Влага, %	Содержание от абсолютно сухого вещества (K <sub>CB</sub> = 1.1074), %						Коэффициент гидратации кожного вещества
	Общий азот (N)	Гольеовое вещество (N×5.62)	Жировые вещества	Общая зола	Кожевое вещество	Число выхода кожи	
9.7	9.8	55.1	5.4	5.6	89.0	181.5	0.1207

ны, по-видимому, неодинаковым характером гистологической структуры и архитектоники пучков коллагеновых волокон в разных направлениях. Выявленные различия в параметрах механических характеристик важно учитывать в обувном производстве на этапе затяжки кожи на колодку.

Определение химического состава (табл. 17) является неотъемлемой частью технологического анализа, так как оказывает существенное влияние на потребительную стоимость не только самой кожи, но и готового изделия.

Содержание влаги в коже соответствует нормативным данным и не превышает 16%. Такое влагосодержание, кроме прочего, необходимо для создания дополнительных условий, препятствующих плесневению и бактериальному поражению. Содержание несвязанных жировых веществ придает коже дополнительную эластичность, столь необходимую при эксплуатации кожаных изделий. Минеральный компонент, в котором преобладают дубящие вещества, определяет степень продубленности кожи, обеспечивающей реализацию физико-механической стабильности. Основу гольевого вещества составляет коллаген, являющийся кожеобразующим белком, формирующим естественный каркас кожи, образованный выдубленной дермой. Число выхода кожи носит прежде всего технико-экономический характер, позволяя планировать выход готовой кожи. Коэффициент гидратации кожного вещества выражает степень обводненности кожи и служит дополнительным критерием, характеризующим стойкость материала к биоповреждениям. Этот показатель особенно важен в сравнительной оценке при сопоставлении обводненности материала на разных этапах кожевенного производства.

Таким образом, приведенная технологическая характеристика кожи страуса раскрывает широкие производственные возможности для освоения отечественной промышленностью нового материала (Киладзе, 2010г).

### **Подкожный жир**

Инновационная деятельность современных предприятий все больше основывается на ресурсосберегающих технологиях, что формирует благоприятный экологический фон и приносит ощутимый доход. Так, в результате переработки шкур страуса высвобождается большое количество вторичного сырья в виде мездры, которую целесообразно использовать при производстве мездряного клея, кормовой добавки для сельскохозяйственных животных, технического масла и других товаров. Вместе с тем для эффективного использования столь ценного технического сырья необходима научно обоснованная характеристика, базирующаяся на фундаментальных знаниях морфологии и биохимии подкожного жира страуса, что определяет актуальность данного исследования. В этой связи цель нашей работы – изучить особенности локализации подкожного жира на разных топографических участках, описать гистологическое строение подкожной клетчатки и определить процентное содержание жира в шкурах страуса.

Топографически жир располагается неоднородно. Его практически нет на шее, однако он присутствует в области краевых участков шкуры. В основном он концентрируется на хребтовой части в виде светло-желтого однородного пласта жировой ткани (Древненёбные птицы, 2010). Его толщина может в несколько раз превышать толщину самой шкуры. В толще жировой прослойки периодически встречаются пучки мышечных волокон. Известно, что шкура страуса несет в среднем 2.99–3.07 кг подкожного жира, при этом массовая доля мездры составляет 38.09–38.52% массы кожевенного сырья (Cloete et al., 2006). Столь существенное количество исходного сырья позволит

**Таблица 18.** Относительное содержание жировых веществ в коже взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), % абсолютно сухого вещества,  $n = 6$

Статистический показатель	Содержание жировых веществ, % абс. сухого вещества
$M \pm m$	$23.08 \pm 4.17$
$\pm \sigma$	10.21
Lim	9.93 – 30.62
$C_v$	44.24

сформировать значительный резерв для производства нового ассортимента товаров специального назначения, что обеспечит рост рентабельности кожевенного предприятия.

В гистологическом плане подкожная клетчатка представляет собой типичную ячеистую сеть тонких соединительно-тканых структур, выполняющих опорную функцию для жировых клеток, при этом в ряде случаев подкожная клетчатка гипертрофированна. Жировые клетки округлые или полигональные. Морфометрический анализ (Древненёбные птицы, 2010) показывает, что толщина подкожной клетчатки в области спины самцов составляет 38.65%, а на боку – 45.51% толщины всей кожи. На спине толщина подкожной клетчатки варьирует существенно сильнее, чем на боку, о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты вариации.

Химический анализ консервированных шкур страуса выявил наличие значительного количества жирового компонента – 23.08% (табл. 18), и полученные данные со-

**Таблица 19.** Содержание жирных кислот в абдоминальном жире африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) (по: Frontczak et al., 2008)

Жирные кислоты	Название кислоты	Содержание, %
C 12:0	Додекановая	0.020
C 14:0	Тетрадекановая	0.620
C 15:0	Пентадекановая	0.115
C 16:0	Гексадекановая	24.980
C 17:0	Гептадекановая	0.130
C 18:0	Октадекановая	5.340
C 20:0	Эйкозановая	0.050
	Насыщенные кислоты (НК)	31.255
C 16:1	Цис-9-гексадекаеновая	5.890
C 17:1	Цис-9-гептадекаеновая	0.090
C 18:1	Цис-9-октадекаеновая	42.760
C 18:1	Транс-9-октадекаеновая	2.305
C 20:1	Эйкозеновая	0.490
	Мононенасыщенные кислоты (МНК)	51.535
C 18:2	9,12-октадекадиеновая	15.105
C 18:3	6,9,12-октадекатриеновая	1.815
C 20:2	Эйкозодиеновая	0.100
C 20:4	Эйкозатетраеновая	0.120
	Полиненасыщенные кислоты (ПНК)	17.140
Итого	НК	31.255
	МНК	51.535
	ПНК	17.140
Соотношение	МНК : ПНК	3.007

поставимы с содержанием жира в шкуре домашней курицы *Gallus gallus dom.* (Galliformes) – 29–50% (Kafri et al., 1985). Установлена высокая отрицательная корреляционная зависимость ( $r \pm m_r = -0.9462 \pm 0.0043$ ) между содержанием влаги и жира, что обусловлено естественными гидрофобными свойствами последнего (Древненёбные птицы, 2010).

К настоящему времени довольно подробно изучены некоторые физические (плотность –  $0.926 \pm 0.041 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$  ( $n = 4$ ); температура плавления –  $30.0\text{--}31.0^\circ\text{C}$ ; температура застывания –  $20.5\text{--}21.0^\circ\text{C}$ ) и химические константы подкожного жира африканского страуса, который относят к легкоплавким жирам, содержащим значительное количество ненасыщенных жирных кислот (Горбачева, 2009).

Таким образом, подкожный жир страуса имеет целый спектр предпосылок, служащих для обеспечения его активного внедрения во вторичный цикл переработки (Киладзе, 2010в).

Однако не только подкожный жир может найти свое применение. Последние исследования показали возможность использования внутреннего жира страуса (Frontczak et al., 2008). Средняя массовая доля абдоминального жира составляет 7% от массы тела птицы (при массе страуса в 55 кг на висцеральный жир приходится 4 кг). Большое количество полиненасыщенных жирных кислот (17.14%) позволяет говорить о пищевой ценности данного жира (табл. 19). В этом плане по содержанию полиненасыщенных жирных кислот внутренний жир сопоставим с внутримышечным. Так, у нанду *Rhea americana* (Rheiformes) содержание данной композиции жирных кислот в *gastrocnemius pars interna* составляет 29.71% (Romanelli et al., 2008). Широкие перспективы у этого сырья и в косметической промышленности, а также в медицине, так как выявлены косметический и обезблывающий эффекты страусового жира.

## Когти

Когти страуса, относящиеся к дополнительным видам животного сырья, используют в качестве абразивного материала для огранки и шлифовки алмазов и бриллиантов, а также в самостоятельном виде для изготовления изящных украшений (кулоны, ожерелья и др.) (Продукция страусоводства, 2009). Вполне возможно использовать данное сырье и в производстве швейной фурнитуры (роговые пуговицы, шпильки, пряжки) по аналогии с рогами и копытами сельскохозяйственных животных. При этом отходы производства целесообразно вовлекать в химическую промышленность для выработки железисто-синеродистых солей или применять в качестве азотных удобрений (Кузнецов, 2005). Поставщиками данной продукции служат страусоводческие хозяйства, которые в настоящее время имеют постоянно воспроизводимое поголовье страуса, тем самым формируя сырьевую базу, достигшую производственного уровня.

Топографически терминальная фаланга каждого пальца птицы несет коготь, однако страус имеет лишь по 2 пальца (третий и четвертый) на каждой ноге (рис. 21, вклейка). Только большой палец на конце имеет коготь, который одет в роговой чехол по типу копыта, а внешний палец либо его не имеет, либо он рудиментарный (Lucas, Stettenheim, 1972; Вракин, Сидорова, 1984). Длина когтя может достигать 7 см (Туревич, 2000). Полагают, что наличие когтей является локомоторной адаптацией к сухопутному образу жизни страуса, естественным местообитанием которого являются саванны Африки.

Коготь образован кератином, который является более твердым, чем таковой перьев, но менее твердым, чем кератин клюва, что показано на примере скворца *Sturnus vulgaris* Linnaeus, 1758 (Passeriformes) (Bonser, 1996). Физико-механические свойства кератина когтя страуса характеризуются анизотропией. Так, *Модуль Юнга* в продольном направлении равен  $1.84 \pm 0.08$  ГПа, а в поперечном –  $1.33 \pm 0.19$  ГПа (Bonser, 2000) (см. об этом показателе в: Древненёбные птицы, 2010).

Для сравнения: модуль Юнга копыта лошади варьирует в пределах 2–3 ГПа, однако механическая анизотропия близка к когтю страуса. Так, жесткость копыта лошади в поперечном направлении на 10–40% меньше, чем в продольном направлении. Также описаны кератиновые структуры со слабой степенью анизотропии. Жесткость иглы дикобраза как в продольном, так и в поперечном направлении отличается только на 10%, а у конского волоса – лишь на 5% (Bonser, 2000).

Прочность сухого когтя равна  $21.53 \pm 0.39$  кг·мм<sup>-2</sup>, при этом содержание влаги находится на уровне  $11.58 \pm 0.75\%$ . Показано, что увлажнение кератина когтя до  $28.79 \pm 1.88\%$  снижает его прочностные свойства примерно в 5 раз ( $4.30 \pm 0.23$  кг·мм<sup>-2</sup>). Если модуль Юнга сухого материала равен  $1.59 \pm 0.17$  ГПа, то влажного – примерно в 10 раз меньше ( $0.18 \pm 0.03$  ГПа) (Bonser, 2002).

Цель нашей работы заключается в анализе внешних особенностей, морфологии и физических свойств когтей страуса, которые обуславливают технологическую ценность данного животного сырья как перспективного материала для различных отраслей промышленности. Учитывая отсутствие комплексной материаловедческой характеристики когтя страуса, настоящее исследование носит черты научной новизны и практической значимости.

По своей конфигурации коготь приближается к трехгранной пирамиде. Он искривлен и имеет дорсальную выпуклость, идущую от более широкой проксимальной части к более узкой дистальной с вентрально загнутой вершиной (рис. 21, Б, вклейка). Поперечник когтя в проксимальной части имеет треугольную форму, а подошвенная пластинка – неправильную четырехугольную конфигурации со сглаженными углами.

Нами изучены размерно-массовые параметры когтя (рис. 21, Б, вклейка; табл. 20).

Массовая доля рогового чехла по отношению к общей массе когтя составляет 37.29%, при этом на долю кости приходится соответственно 62.71% (табл. 20). Длину когтя изученного самца можно признать как среднюю в сравнении с данными литературы (Туревич, 2000). Ширина в области основания является максимальной, однако, по мере приближения к дистальному концу, существенно уменьшается. Так как поперечник когтя планиметрически приближается к правильному треугольнику из-за примерно совпадающих сторон стенок рогового чехла (рис. 21, Б, вклейка), предлагаем рассчитывать площадь поперечного среза в проксимальной области по формуле площади равностороннего треугольника. В данном случае ширина основания (Н) выступает в роли стороны стенки когтя. Коэффициент конфигурации отражает степень вытянутости когтя. Анализ полученных данных показывает, что длина когтя примерно в 2 раза превышает его ширину у основания. Линейная плотность выражает меру массы, приходящуюся на 1 см длины когтя, при этом длина единицы массы носит обратный смысл. Толщина стенки в области когтевой пластины примерно в 3 раза больше, чем в области подошвы, что, по-видимому, является отражением морфологической адаптации, связанной с защитной функцией верхних и боковых поверхностей фаланги большого пальца страуса (Ромер, Парсонс, 1992).

**Таблица 20.** Некоторые физические свойства когтя взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 2$ )

Морфометрический показатель	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	Cv, %
Масса с учетом кости ( $m$ ), г	$17.00 \pm 1.00$	16.00 – 18.00	1.41	8.29
Масса рогового чехла ( $m_1$ ), г	$6.34 \pm 0.38$	5.96 – 6.72	0.54	8.52
Масса кости ( $m_2$ ), г	$10.66 \pm 0.62$	10.04 – 11.28	0.88	8.26
Длина ( $L$ ), см	$4.75 \pm 0.25$	4.50 – 5.00	0.35	7.37
Ширина основания ( $H$ ), см	$2.45 \pm 0.05$	2.40 – 2.50	0.07	2.86
Площадь поперечного среза ( $S = \frac{\sqrt{3}}{4} H^2$ ), см <sup>2</sup>	$2.60 \pm 0.11$	2.49 – 2.71	0.16	6.15
Коэффициент конфигурации ( $K_C = \frac{L}{H}$ )	$1.94 \pm 0.06$	1.88 – 2.00	0.08	4.12
Линейная плотность ( $\rho_L = \frac{m}{L}$ ), г·см <sup>-1</sup>	$3.5778 \pm 0.0222$	3.5556 – 3.6000	0.0314	0.8776
Длина единицы массы ( $L_m = \frac{L}{m}$ ), см·г <sup>-1</sup>	$0.2796 \pm 0.0018$	0.2778 – 0.2813	0.0025	0.8941
Толщина стенки рогового чехла ( $n = 3$ ), мм:				
когтевая пластинка	$1.47 \pm 0.12$	1.30 – 1.70	0.21	14.29
подошвенная пластинка	$0.53 \pm 0.03$	0.50 – 0.60	0.06	11.32

В микроструктурном плане роговой чехол когтя представлен разросшимся эпидермисом. Наружная поверхность рогового чехла имеет ребристый рельеф с неоднородной пигментацией (рис. 22, А, вклейка), при этом внутренняя поверхность гладкая и равномерно окрашена (рис. 22, Б, вклейка). Возможно, такие различия связаны с большей внешней механической нагрузкой на наружную поверхность когтя страуса.

К наиболее типичным порокам когтя страуса можно отнести такие дефекты, как расслоение и крошение рогового вещества, трещины стенок, а также прелость сырья. В целом номенклатура пороков когтя идентична дефектам копыт сельскохозяйственных животных (Кузнецов, 2005).

Таким образом, приведенная сводка сведений о когте страуса позволяет рассматривать данную продукцию страусоводства как перспективный сырьевой резерв, который еще требует своей полноценной апробации в производственных условиях (Киладзе, 2011б).

## Перьевой покров

### *Маховые и покровные перья*

Перья страуса в настоящее время относят к дополнительным видам животного сырья, однако еще в начале прошлого века перьевая продукция страусоводства была главенствующей, обеспечивая основную рентабельность отрасли. В настоящее время приоритеты несколько сместились, однако перья страуса продолжают оставаться ведущим сырьем, формирующим широкий ассортимент декоративных изделий и швейной фурнитуры для изящной отделки дамских аксессуаров (боа, веера, украшения для

театрально-карнавальных костюмов, масок, волос) и вспомогательных товаров, используемых в оптике и электронике для очистки от пыли определенных деталей механизмов и оборудования (Киладзе, 2010б, в; Киладзе, Чернова, 2010б).

Ресурсный потенциал перьевого производства складывается за счет срока хозяйственного использования птицы и выхода пера с одной особи. Известно, что наиболее качественное перьевое сырье может быть получено в возрасте 3–12 лет, однако известны случаи, когда перья получали в течение 35 лет хозяйственного использования страусов. С живой птицы можно получить 1.0–1.2 кг коротких перьев и 400–450 г белых перьев. При убойном выходе перьевого производства составляет 700 г (Sales, 1999). По другим данным, выход пера – примерно 1741 г, что в относительном выражении равно 1.85% убойной массы страуса (Harris et al., 1994).

В России страусоводство представляет один из перспективных секторов птицеводства, поэтому страусовые перья, объемы сбора которых уже достигли производственных масштабов, сегодня успешно пополнили сырьевую базу отечественной легкой промышленности. В этой связи необходима постановка многоплановых исследований, связанных с товарно-технологическим анализом данного вида дополнительного животного сырья, однако подобные изыскания крайне немногочисленны (Киладзе, 2010б, в; Киладзе, Чернова, 2010б; Горбачева, Сапожникова, 2010), что обуславливает определенный уровень научной новизны и практической значимости данного исследования.

*Маховые перья.* Форма пера вытянутая, опахало достаточно широкое, имеет копьевидную конфигурацию, заостряющуюся к закручивающейся вершине пера (рис. 23). Наиболее широкая часть опахала приходится на его геометрический центр. Внешняя часть опахала выпуклая, а внутренняя – вогнутая. Ствол существенно изогнут, что формирует значительный радиус кривизны, что, однако, не характерно для других сухопутных птиц, у которых в подавляющем большинстве перья имеют плоскую форму (Чернова и др., 2009). Поперечное сечение основания ствола приближается к кругу, при этом средний его диаметр равен  $3.20 \pm 0.56$  мм ( $n = 5$ ). Толщина очина, измеренная в его средней части, составляет  $5.42 \pm 0.12$  мм ( $n = 5$ ). По мере продвижения к вершине пера стержень истончается практически до сопоставимой толщины бородок I порядка. Опахало образовано расходящимися под постоянным углом бородками I порядка, что внешне создает эффект симметричности.

Ворсистое опахало пера страуса сформировано только рыхлой фракцией; эти перья не имеют плотной зоны, формирующей сплошную пластину, так как бородки II порядка лишены крючочков. Эта особенность отличает страусовое перо от перьев других видов птиц, у которых наблюдается гладкая поверхность опахала, имеющая развитую плотную зону. Приведенные различия, характерные для перьев страуса, обусловлены морфологическими адаптациями, связанными со вторичной утратой функции к полету и освоением наземной среды обитания в открытых пространствах. Полагаем, что именно такая «воздушная» фактура поверхности опахала во многом определяет эстетические достоинства данного сырья, придавая ему целевое производственное назначение.

Структура пера имеет фрактальную природу, так как стержень пера подобен бородкам первого порядка (далее – бородка I) а те, в свою очередь, подобны бородкам второго порядка (бородка II), но на другом уровне разрешения. Нами изучены некоторые физические свойства страусового пера (табл. 21).

Масса перьевого сырья характеризуется исключительной легкостью. Так, вес 5 перьев составил 23.70 г, а в среднем масса одного пера меньше пяти грамм. Процентное

**Таблица 21.** Некоторые физические характеристики маховых перьев взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 5$ )

Свойства пера	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	Cv, %
Масса пера ( $m$ ), г	$4.74 \pm 0.28$	4.13 – 5.61	0.55	11.60
Длина, см: ствола ( $L = L_1 + L_2$ ) стержня ( $L_1$ ) очина ( $L_2$ )	$71.00 \pm 3.68$ $59.50 \pm 2.61$ $11.50 \pm 1.09$	64.00 – 82.00 54.00 – 67.00 9.50 – 15.00	7.35 5.22 2.18	10.35 8.77 18.96
Ширина, см: опахала ( $H = H_1 + H_2$ ) правой стороны опахала ( $H_1$ ) левой стороны опахала ( $H_2$ )	$25.60 \pm 4.28$ $12.20 \pm 2.42$ $13.40 \pm 2.10$	20.00 – 40.00 8.00 – 20.00 8.50 – 20.00	8.56 4.83 4.20	33.44 39.59 31.34
Градусная мера угла между стержнем и бородками I порядка опахала, в градусах	$65.00 \pm 3.54$	60.00 – 75.00	7.07	10.88
Площадь опахала ( $S = L_1 H$ ), см <sup>2</sup>	$1555.60 \pm 335.00$	1110.00 – 2680.00	670.01	43.07
Коэффициент конфигурации опахала ( $K_k = \frac{L_1}{H}$ )	$2.46 \pm 0.25$	1.68 – 2.95	0.50	20.33
Коэффициент симметричности опахала ( $K_c = \frac{H^{\langle}}{H^{\rangle}} \times 100$ ), %	$80.23 \pm 7.60$	66.67 – 100.00	15.20	18.95
Радиус кривизны опахальной части пера ( $R = \frac{L_1}{\pi}$ ), см	$18.90 \pm 0.82$	17.20 – 21.30	1.64	8.68
Линейная плотность пера ( $\rho_L = \frac{m}{L}$ ), г·см <sup>-1</sup>	$(6.69 \pm 0.35) \times 10^{-2}$	$(5.58 - 7.40) \times 10^{-2}$	$0.69 \times 10^{-2}$	10.31
Поверхностная плотность опахала ( $\rho_S = \frac{m - \rho_L L_2}{S}$ ), г·см <sup>-2</sup>	$(2.83 \pm 0.46) \times 10^{-3}$	$(1.72 - 3.76) \times 10^{-3}$	$0.91 \times 10^{-3}$	34.58

соотношение длин стержня и очина, формирующих общую длину ствола, составляет 83.80 : 16.20% соответственно. Длина стержня более чем в 2.5 раза больше ширины опахала в средней части пера. Правая часть опахала несколько меньше левой, что оказало влияние на показатель коэффициента симметричности, составившего чуть более 80%.

Очевидно, что при существенном радиусе кривизны, которым отличаются страусовые перья, занимаемый объем пера возрастает, что приводит к увеличению наполнения воздухом товарной массы пера. Это важное свойство необходимо учитывать в практике хранения.

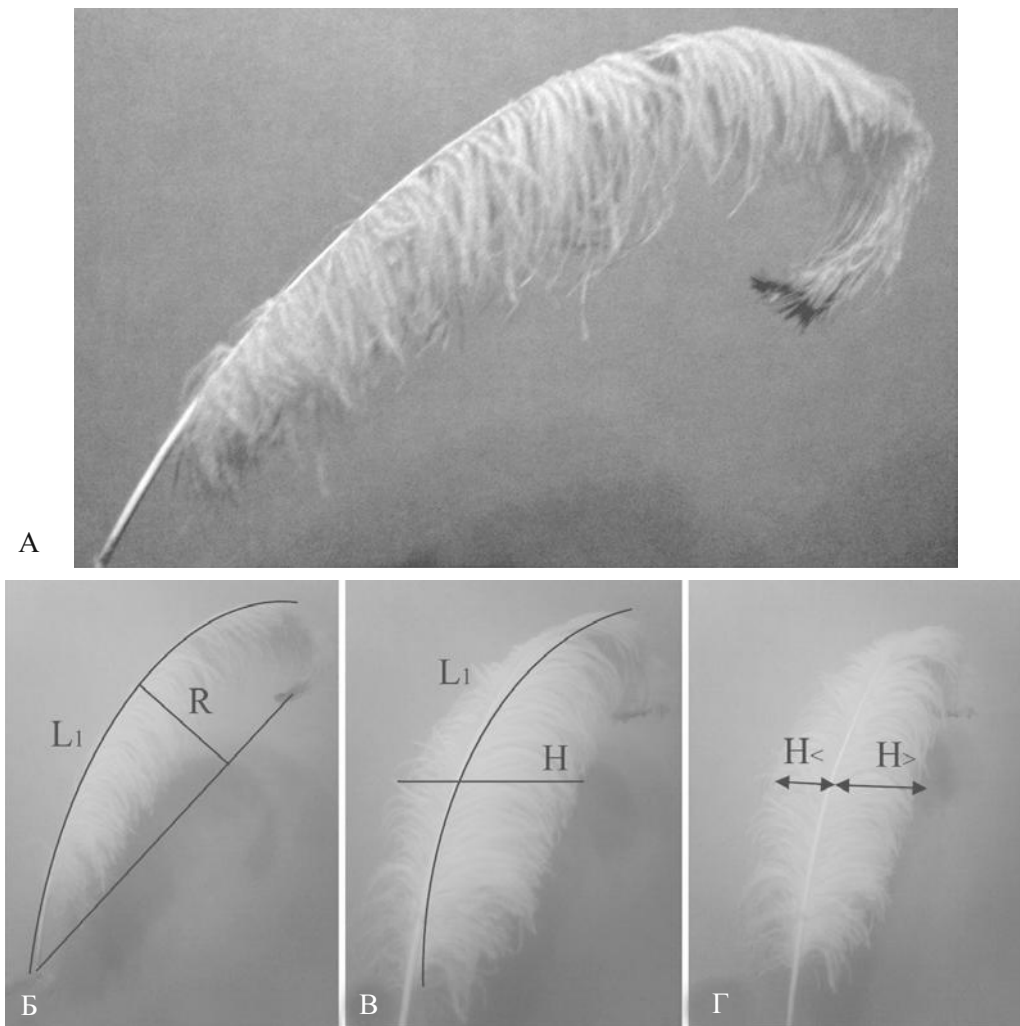
Линейная и поверхностная плотности пера являются производными характеристиками, связывающими гравиметрические и размерно-площадные параметры перьевого сырья. Полагаем, что данные показатели тесно связаны с эргономическими потребительскими свойствами готовых изделий.

Обсуждая полученные результаты необходимо учитывать отсутствие в настоящее время в России соответствующей нормативной документации на страусовые перья, что затрудняет объективную оценку качества, поэтому для сопоставления получен-



ных результатов необходимо обратиться к зарубежному опыту, согласно которому страусовые маховые перья подразделяют на следующие размерные категории: «Deluxe» – 26–30 дюймов (1 дюйм = 2.54 см); «Premium» – 23–26; «Short» – 20–23 (<http://www.tonyhill.net/ostrichfeathers.ivnu>). Исходя из представленных данных видно, что исследованные нами перья страуса можно отнести к группе «Deluxe» (Киладзе, 2010в).

*Кривизна маховых перьев.* Визуально страусовое перо существенно изогнуто (рис. 23), что отличает его от перьев других сухопутных птиц, имеющих, как известно, уплощенную форму. С геометрической точки зрения страусовое перо можно охарактере-



**Рис. 23.** Внешний вид махового пера (А) и морфометрические показатели его естественной геометрии (Б–Г) взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

Б – определение радиуса кривизны опахальной части пера. В – определение коэффициента конфигурации опахала. Г – определение коэффициента симметричности ( $K_c$ ) опахала. Чем ближе  $K_c$  к 100%, тем симметричнее перо.  $H^<$  – меньшее значение ширины одной из частей опахала.  $H^>$  – большее значение ширины одной из частей опахала. Тотальные препараты.

**Таблица 22.** Некоторые физические свойства махового пера взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 5$ )

Свойства пера	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	$C_v, \%$
Длина ствола пера ( $L$ ), м	$0.71 \pm 0.03$	0.64 – 0.82	0.07	9.86
Радиус кривизны пера ( $R = \frac{L}{\pi}$ ), м	$0.23 \pm 0.01$	0.20 – 0.26	0.02	8.70
Кривизна пера ( $K = \frac{1}{R}$ ), $m^{-1}$	$4.47 \pm 0.21$	3.85 – 5.00	0.46	10.29

ризовать как полуокружность, вот почему в технологической практике широко используют определение радиуса кривизны пера по формуле длины полуокружности. Однако для более полной характеристики целесообразно рассчитывать еще один параметр, который называется *кривизной пера*, при этом данный показатель является обратной величиной от радиуса кривизны (табл. 22).

Корреляционно-регрессионный анализ показал наличие существенной взаимосвязи между длиной ствола, радиусом кривизны и кривизной, что подтверждают рассчитанные коэффициенты корреляции (табл. 23). Высокая положительная корреляционная связь наблюдается между длиной ствола и радиусом кривизны, однако в системах «длина ствола – кривизна» и «радиус кривизны – кривизна» связь носит отрицательный характер (табл. 23). Очевидно, что при прочих равных условиях товарная масса страусовых перьев будет занимать существенно больше места (за счет кривизны перьев), чем такая же масса перьев, полученная от других хозяйственно полезных птиц, поэтому при проектировании мест для хранения необходимо учитывать эту особенность.

Очевидно, что многоплановое изучение основных параметров товарно-технологических свойств пера страуса позволит в дальнейшем оптимизировать производственную стратегию, позволяющую достичь максимального уровня переработки.

*Покровные перья.* Визуально покровные перья преимущественно черного цвета, опахало не образует плотной зоны за счет рассученных боронок I. Форма опахала каплевидная, ромбовидная или дельтоидная, при этом широкое основание инвертировано к вершине пера (рис. 24, вклейка). В этой связи площадь опахала целесообразно определять по формуле площади ромба или дельтоида. Мы изучили некоторые физические параметры покровных перьев (табл. 24).

Масса перьевого сырья характеризуется еще большей легкостью, чем маховые перья. В данном случае масса пяти перьев составила 4.06 г, что соответствует массе одного махового пера, при этом масса одного покровного пера меньше одного грамма.

**Таблица 23.** Матрица парных коэффициентов корреляции ( $r \pm m_r$ ) между тремя взаимосвязанными характеристиками махового пера взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 5$ )

Свойства пера	Длина ствола	Радиус кривизны	Кривизна
Длина ствола	—	$0.9888 \pm 0.0014$	$-0.9803 \pm 0.0033$
Радиус кривизны	—	—	$-0.9974 \pm 0.0002$
Кривизна	—	—	—

**Таблица 24.** Некоторые физические свойства покровных перьев взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 5$ )

Свойства пера	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	$Cv, \%$
Масса пера ( $m$ ), г	$0.81 \pm 0.07$	0.71 – 1.08	0.15	18.52
Длина, см: ствола ( $L = L_1 + L_2$ )	$25.80 \pm 0.75$	23.00 – 27.00	1.68	6.51
стержня ( $L_1$ )	$23.62 \pm 0.67$	21.10 – 25.00	1.51	6.39
очина ( $L_2$ )	$2.18 \pm 0.20$	1.70 – 2.80	0.45	20.64
Ширина, см: опахала ( $H = H_1 + H_2$ )	$22.80 \pm 0.80$	21.00 – 25.00	1.79	7.85
правой стороны опахала ( $H_1$ )	$11.44 \pm 0.48$	10.00 – 12.50	1.07	9.35
левой стороны опахала ( $H_2$ )	$11.36 \pm 0.37$	10.30 – 12.50	0.82	7.22
Площадь опахала ( $S = \frac{L_1 \cdot H}{2}$ ), см <sup>2</sup>	$270.12 \pm 16.11$	221.55 – 312.50	36.02	13.33
Коэффициент конфигурации опахала ( $K_k = \frac{L_1}{H}$ )	$1.04 \pm 0.02$	1.00 – 1.13	0.05	4.81
Коэффициент симметричности опахала ( $K_c = \frac{H^2}{H^2} \times 100$ ), %	$95.77 \pm 1.46$	90.91 – 100.00	3.27	3.41
Радиус кривизны опахальной части пера ( $R = \frac{L_1}{\pi}$ ), см	$7.52 \pm 0.21$	6.72 – 7.96	0.48	6.38

Толщина очина составляет в среднем  $2.66 \pm 0.06$  мм ( $n = 5$ ). Процентное соотношение длин стержня и очина, формирующих общую длину ствола, равно  $91.55 : 8.45\%$  соответственно. Длина стержня немногим больше ширины опахала в средней части пера. Две части опахала практически совпадают друг с другом, что оказало влияние на показатель *Коэффициента симметричности*, приблизившегося к 96%. Покровные перья также характеризуются определенным радиусом кривизны (рис. 24, Б, вклейка), что оказывает влияние на увеличение воздухоносности данной категории перьевой продукции.

*Микроструктура маховых и покровных перьев.* Микроструктура махового и покровного пера страуса изучена нами ранее (см. рис. 1–3 в: Чернова и др., 2009). В перьях обоих типов бородки II отходят от бородки I последовательно и симметрично с обеих сторон (рис. 25, вклейка). У покровного пера конфигурация бородки I значительно изменяется от уплощенной с боковых сторон (поперечник имеет сплюснутую эллипсоидную форму) до пирамидальной (поперечник каплевидной формы). У махового пера форма бородки I еще более уплощенная с боковых сторон. У перьев обоих типов вентральный и дорсальный гребни не развиты. Кутикула с хорошо выраженными клеточными границами и перинуклеарными пространствами, имеет рельеф в виде переплетенных коротких филаментов (см. ниже). Корковый слой плотный и однородный, сердцевина отсутствует или фрагментарная, однорядная лестничная. Высота воздушных полостей (вдоль бородки) не превышает 8 мкм. Стенки перегородок имеют немногочисленные перфорации и каркас из тонких перегородок.

**Таблица 25.** Толщина основания бородок первого и второго порядков маховых и покровных перьев взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), мкм ( $n = 10$ )

Статистический показатель	Маховые перья		Покровные перья	
	Толщина			
	бородок I	бородок II	бородок I	бородок II
$M \pm m$	134.68 ± 17.94	23.67 ± 2.92	93.34 ± 14.33	20.33 ± 2.14
$\pm \sigma$	56.73	9.23	45.33	6.75
Lim	73.34 – 233.35	13.33 – 40.00	53.34 – 200.01	13.33 – 33.34
$C_v$	42.12	38.99	48.56	33.20

Широкие, напоминающие по форме лентовидные морские водоросли бородки II отличаются волнистостью и уплощенностью, сильно заострены на вершине или имеют 2–3 удлинненных выроста на нерасширенном узле. Морфометрическая характеристика бородок I и II перьев обеих категорий не показала существенных различий в размерах бородок (табл. 25).

Таким образом, приведенный технологический и морфологический анализ перьев позволит рационально организовать заготовительную деятельность и обеспечить получение качественной продукции на всех этапах товародвижения.

### Перья век

Перья век страуса, относящиеся к вспомогательным органам зрительного анализатора, претерпели ряд морфологических трансформаций, связанных с их защитной функцией. Полагаем, что перья век можно рассматривать как пример конвергенции с ресницами – специализированными волосами век млекопитающих. По существующей классификации перья век можно отнести к щетинкам или полущетинкам, для которых свойственно наличие бородок в основании, либо на большей части стержня. К одной из морфологических вариаций щетинок также относят ресницы (Чернова и др., 2006). Кроме биологического значения данной категории дериватов, которые можно включить в сравнительно-морфологический анализ, перья век страуса имеют и практическое применение. Так, их используют в качестве исходного сырья для выработки накладных ресниц, необходимых для усиления косметического эффекта и придания пышности ресницам человека (Киладзе, 2011в).

Цель нашей работы заключается в анализе морфометрических характеристик и тонкой архитектоники перьев век. Работа носит актуальный характер, внося вклад в реализацию концепции глубокой переработки продукции страусоводства. Учитывая отсутствие подобных исследований, настоящая работа приобретает признаки научной новизны и практической значимости.

Длина оперенной части верхнего и нижнего века составляет 3.5–4.0 см, при этом верхнее веко характеризуется большей густотой перьев на единицу длины (рис. 26, вклейка). В углах глаз, окаймляющие перья довольно короткие, однако по мере продвижения к середине века длина перьев возрастает до максимальной. В процентном соотношении преобладают длинные перья, которые занимают подавляющую длину века. Перья верхнего века длиннее таковых нижнего века, что, по-видимому, обеспечивает необходимую защиту глазам (табл. 26).

Визуально перья век жесткие, черного цвета, заостряющиеся к вершине, и имеют внешнее сходство с ресницами млекопитающих. Вместе с тем перья, находящиеся

**Таблица 26.** Длина перьев век взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), ( $n = 20$ )

Длина перьев, мм	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	$C_v, \%$
верхнего века	15.42 $\pm$ 0.44	12.10 – 19.00	1.97	12.78
нижнего века	8.19 $\pm$ 0.50	4.10 – 12.40	2.24	27.35

**Таблица 27.** Толщина основания перьев век взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), мкм ( $n = 15$ )

Статистический показатель	Перо верхнего века		Перо нижнего века	
	Толщина			
	стержня пера	бородок I	стержня пера	бородок I
$M \pm m$	420.02 $\pm$ 13.44	69.34 $\pm$ 2.82	210.23 $\pm$ 10.18	50.67 $\pm$ 3.37
$\pm \sigma$	52.07	10.92	39.43	13.04
Lim	333.35 – 480.02	46.67 – 86.67	133.34 – 273.35	33.34 – 66.67
$C_v$	12.40	15.75	18.76	25.74

преимущественно в центральной части верхнего и нижнего века, несут бородки I, симметрично или асимметрично отходящие от стержня пера (рис. 26, Б, вклейка). Толщина стержня перьев верхнего века в 2 раза больше, чем нижнего, при этом толщина бородок I уже не демонстрирует столь впечатляющей разницы (табл. 27).

Архитектоника перьев век несколько отличается от таковой других категорий перьев. Поперечник пера в основании имеет полукруглую форму, однако по мере продвижения к середине и кончику стержня он приобретает преимущественно эллипсоидную форму (рис. 27, вклейка). Кутикула стержня пера характеризуется наличием цельных вытянутых клеток ( $K > 1/2$ ) с округлым или овальным перинуклеарным пространством (рис. 28, А, вклейка). Средние размеры клеток составляют 10.52 $\times$ 5.40 мкм (табл. 28). Высокие перинуклеарные пространства кутикулы вдавливаются в стенку слоя, что формирует своеобразный рельеф поверхности, причем эти вдавливания имеют определенную периодичность, обеспечивая правильный орнамент всей поверхности кутикулы. Кутикула гладкая, без трещин. Клетки кутикулы плотно примыкают друг к другу и не отслаиваются. По многим параметрам кутикула перьев век близка к таковой покровных перьев страуса и обыкновенного эму (Чернова и др., 2009, 2010).

Корковый слой является основным компонентом, образующим перо, достигая 97–99% площади поперечного сечения. Для него характерна билатеральная асимметрия расположения его гетерогенных компонентов. Он представляет собой анизоморфную структуру, сформированную орто- и паракортексом. Ортокортекс располагается с внешней дорсальной стороны пера, а паракортекс – с внутренней вентральной поверхности (рис. 27, вклейка). Паракортекс визуально более темный и гомогенный, а ортокортекс – более светлый и рыхлый. По-видимому, такая асимметрия определяет различия специфических физико-механических свойств пера на разных его сторонах. Эти морфологические различия связывают с особенностями аминокислотного состава данных компонентов коры. Перья век отличаются от маховых и покровных перьев такой неоднородностью коры, что, вероятно, имеет функциональное объяснение: рыхлый орто-

**Таблица 28.** Морфометрические параметры клеток кутикулы в области основания перьев нижнего века взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), мкм ( $n = 10$ )

Статистический показатель	Параметры клеток кутикулы			
	Длина (L)	Ширина (H)	Индекс кутикулы ( $K = \frac{H}{L}$ )	Площадь ( $S = \pi \frac{L \cdot H}{4}$ ), мкм <sup>2</sup>
M ± m	10.52 ± 0.56	5.40 ± 0.28	0.52 ± 0.02	45.34 ± 4.90
± σ	1.78	0.89	0.07	15.51
Lim	8.60 – 14.80	4.50 – 7.50	0.38 – 0.60	32.10 – 87.14
C <sub>v</sub>	16.92	16.48	13.46	34.21

**Таблица 29.** Морфометрические параметры полостей сердцевин стержня пера нижнего века взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), мкм ( $n = 10$ )

Статистический показатель	Параметры полостей сердцевин			
	Длина (L)	Ширина (H)	Коэффициент конфигурации ( $K = \frac{L}{H}$ )	Площадь ( $S = \pi \frac{L \cdot H}{4}$ ), мкм <sup>2</sup>
M ± m	8.52 ± 0.41	6.12 ± 0.31	1.43 ± 0.11	41.06 ± 2.41
± σ	1.29	0.98	0.35	7.62
Lim	7.20 – 11.20	4.00 – 8.00	1.00 – 2.00	25.12 – 50.24
C <sub>v</sub>	15.14	16.01	24.48	18.56

кортекс позволяет перу века загибаться вверх, а плотный паракортекс поддерживает перо снизу. Таким образом, вершина пера не травмирует глаз.

Сердцевинный слой стержня пера внешне представляет собой совокупность воздушных полостей, стенки которых густо перфорированы (рис. 28, Б, вклейка). Сердцевина фрагментарна, но лучше развита у перьев нижних век, где она занимает до 13% площади поперечника пера, в то время как у перьев верхних век она составляет в среднем всего лишь 1.0–2.5% площади поперечника пера. Воздушные полости сердцевинны преимущественно округлой, овальной или эллипсоидной формы, но иногда встречаются треугольные или полигональные (табл. 29). Толщина перегородок между полостями сердцевинны значительна – 2–12 мкм. Сферические стенки полостей имеют сетчатую структуру. Между сердцевинными полостями встречаются небольшие участки сильно перфорированных перегородок.

Таким образом, учитывая приведенные характеристики, свойственные перьям век страуса, данное сырье целесообразно шире использовать в промышленности. Вполне возможно использовать перья век и в легкой индустрии для производства определенных категорий так называемого «кистевых волоса», но для окончательного ответа на этот вопрос необходимы дополнительные исследования.

### Скорлупа яиц

Цельную скорлупу яиц страуса (далее – скорлупа) можно рассматривать как ценный вид животного сырья, который имеет довольно длительную историю использования человеком в качестве декоративного материала. По своей структуре скорлупа

приближается к фарфору, поэтому, используя ее, можно выполнять не только художественную роспись, но и гравировку, и фигурную резку. В последние годы широко используют накладные рисунки на пленке, обтягивающей яйцо, что значительно облегчает и удешевляет процесс изготовления сувениров. Целая скорлупа может быть использована и для изготовления плафонов светильников, а также шкатулок для драгоценностей, при этом из фрагментов скорлупы можно создавать кулоны и брелоки (Sales, 1999; Shanawany, Dingle, 1999). Учитывая, что скорлупа является природным депо карбоната кальция, она может стать перспективной кальцийсодержащей пищевой добавкой, а также удобрением. Для этих целей целесообразно использовать фрагменты скорлупы оплодотворенных яиц, а также скорлупу неоплодотворенных яиц с различными пороками, которая не может быть использована для художественных работ.

В древности яйца страусов продавали по всему Средиземноморью. Страусовое яйцо с изображениями животных было найдено в одном из гротов Вульчи в Италии. Множество артефактов в виде цельных скорлуп и апотропических масок на фрагментах скорлупы страусовых яиц найдено и в Карфагене. Бушмены и готтентоты также применяли пустые яйца в качестве сосудов для воды, при этом фрагменты скорлупы использовали для изготовления ожерелий. Резные вазы и кубки из страусовых яиц «были в ходу» в Египте и Месопотамии еще 5 тыс. лет назад, а также в Европе позже эпохи Возрождения. Яичную скорлупу используют и в наши дни для украшения ремней и ожерелий, а также для портативного переноса воды.

В Западной Африке страусовые яйца наделяли магическими свойствами, полагая, что они защищают дом от грозы. Для этого на крыши домов устанавливали своеобразные конструкции, оформленные по типу семиконечной звезды, с применением страусовых яиц. В Южной Эфиопии страусовые яйца на могилах воинов означают количество поверженных ими врагов. Яичная скорлупа украшает ритуальные предметы коптской и греческой православной церкви (Shanawany, Dingle, 1999).

Широкое развитие страусоводства на территории России позволяет наладить систематическую работу по сбору, первичной обработке и разнообразному использованию данного вторичного сырья. Полагаем, что планомерная организация производственного процесса в этом направлении может принести определенную прибыль страусоводческим хозяйствам, стремящимся к наиболее полному использованию ресурсного потенциала.

Необходимо отметить, что за рубежом уже существует положительный опыт организации промышленной подготовки пустых яиц. Так, в ЮАР уже сложилась законченная производственная система переработки яиц страуса, ежегодный оборот которой составляет более 25 тыс. цельных скорлуп, при этом средняя цена скорлупы составляет USD 6–21 в зависимости от объема поставки. Существующая система сортировки пустых яиц предполагает подразделение товара на 2 класса, а именно:

- градация «А» – скорлупа хорошо сформирована, форма и цвет имеют стандартные кондиции без дефектов и деформации;
- градация «Б» – скорлупа может несколько отличаться по цвету или оттенку, допустимо наличие небольших пятен.

Все скорлупы, освобожденные от содержимого через небольшое отверстие (0.7–0.9 см в диаметре), стерилизуют, промывают в мыльной теплой воде, сушат, помещают в индивидуальную упаковку и готовят к отправке (<http://www.ostrich.com>).

Скорлупа яиц страуса интенсивно изучается во всем мире, причем в разных аспектах. Довольно полно морфология яиц страуса представлена в работах отечественных

**Таблица 30.** Стандартные значения проводимости паров воды через скорлупу яйца некоторых страусообразных *Struthioniformes* (по: Ar et al., 1974)

Вид	$N^*$	Масса яйца ( $M \pm \sigma$ ), г	Влагопроводимость, ( $M \pm \sigma$ ), $\text{мг} \cdot \text{день}^{-1} \cdot \text{торр}^{-1}$
Эму	1	577.62	$51.83 \pm 1.713$
Обыкновенный нанду	2	$609.26 \pm 80.865$	$77.69 \pm 16.950$
Африканский страус	1	1480.03	$104.76 \pm 4.263$

\* *Примечание:*  $N$  – количество изученных яиц;  $M \pm \sigma$  – средняя арифметическая простая со средним квадратическим отклонением. Яйца добыты в Сан-Диего, США.

исследователей. Массовая доля скорлупы по разным данным варьируют от 14.10–18.78% (Туревич, 2000; Тюнина, Куликов, 2009) и до 19.86% (Superchi et al., 2002). Известен химический состав скорлупы: влага – 1.06%, минеральные вещества – 98.07% (Superchi et al., 2002). К настоящему времени уже разработаны методики определения линейных параметров, плотности, диэлектрических свойств скорлупы, а также морфометрических параметров их пор (Abbaspour-Fard et al., 2010).

С биологической точки зрения скорлупа яиц служит естественным барьером от микробной атаки, а также способствует влаго- и газообмену эмбрионов, так как имеет поры. Опубликованы данные о проводимости паров воды через скорлупу яиц некоторых представителей страусообразных (табл. 30).

Знание физических свойств скорлупы необходимо для оптимизации всех этапов товародвижения. С учетом производственной востребованности скорлупы назрела постановка комплексной научно-исследовательской программы, основанной на исследовании планиметрических, стереометрических и гравиметрических свойств, а также внешних особенностей и микроструктуры.

Эллипсоидная форма страусового яйца (рис. 29, 30, вклейка) определила характер расчета ряда морфологических параметров, основанных на планиметрических, стереометрических и гравиметрических показателях (рис. 30, вклейка; табл. 31). Для сравнительного анализа представлены также геометрические параметры яиц обыкновенного нанду (табл. 32).

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить высокую уравненность практически всех показателей, о чем свидетельствует рассчитанный коэффициент вариации, который редко превышает 10%-ный уровень. *Индекс сжатия* отражает степень уплощения яйца по сравнению с идеальной окружностью, при этом, чем больше индекс приближается к единице, тем более округлую форму имеет исследуемый объект. Яйца страуса в большей степени приближаются к окружности, чем яйца обыкновенного нанду, так как их индекс сжатия достоверно больше. *Индекс вытянутости* позволяет определить степень превалирования большого диаметра над малым. Яйца страуса по сравнению с таковыми нанду имеют достоверно меньший показатель индекса вытянутости за счет меньших отличий большого и малого диаметров. Линейные параметры яиц нанду в силу биологических причин несколько уступают аналогичным показателям яиц страуса, что сказалось на параметрах объема и площади поверхности, которые более чем в 2 и 1.5 раза, соответственно, уступают яйцам страуса. Вместе с тем отношение поверхности к объему яйца достоверно больше у нанду, чем у страуса.

Полагаем, что представленный комплекс показателей необходимо учитывать в морфологическом анализе форм, что позволит выявить сходные черты, а также полимор-



**Таблица 31.** Некоторые физические свойства пустого неоплодотворенного яйца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Свойства	n	Статистические показатели			
		M ± m	Lim	± σ	Cv, %
Обхват по большой оси (L), см	8	44.24 ± 0.63	42.00 – 47.50	1.77	4.00
Обхват по экватору (l), см	8	39.77 ± 0.48	37.80 – 41.50	1.37	3.44
Большой диаметр (D), см	8	15.20 ± 0.24	14.10 – 15.90	0.69	4.54
Малый диаметр (d = 2R), см	8	11.50 ± 0.17	10.90 – 12.30	0.48	4.17
Индекс сжатия ( $K_p = d/D$ )	8	0.76 ± 0.01	0.71 – 0.80	0.03	3.95
Сжатие ( $p = 1 - \frac{d}{D}$ )	8	0.24 ± 0.01	0.20 – 0.29	0.03	12.50
Индекс вытянутости ( $K_L = D/2R$ )	8	1.33 ± 0.02	1.25 – 1.41	0.06	4.51
Объем ( $V \approx \frac{2}{3}\pi DR^2$ ), см <sup>3</sup> (Sabath, 1991)	8	1047.62 ± 42.94	942.22 – 1258.88	121.44	11.59
Площадь поверхности ( $S \approx 2\pi DR$ ), см <sup>2</sup> (по: Sabath, 1991)	8	547.07 ± 14.70	500.30 – 614.09	41.57	7.60
Отношение поверхности к объему ( $\frac{S}{V}$ ), см <sup>-1</sup>	8	0.52 ± 0.01	0.49 – 0.55	0.02	3.85
Масса скорлупы (m), г	5	281.09 ± 12.88	241.14 – 313.29	28.80	10.25
Поверхностная плотность ( $\rho_s = \frac{m}{S}$ ), г·см <sup>-2</sup>	5	0.52 ± 0.02	0.47 – 0.57	0.04	7.69
Площадь единицы массы ( $S_m = \frac{S}{m}$ ), см <sup>2</sup> ·г <sup>-1</sup>	5	1.92 ± 0.07	1.76 – 2.15	0.16	8.33
Плотность стенки скорлупы ( $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{S \cdot H}$ , где H – толщина стенки скорлупы), г·см <sup>-3</sup>	4	2.61 ± 0.18	2.12 – 3.00	0.38	14.56
Удельный объем стенки скорлупы ( $v = \rho^{-1}$ ), см <sup>3</sup> ·г <sup>-1</sup>	4	0.39 ± 0.03	0.33 – 0.47	0.06	15.38

физм на уровне количественных показателей, обеспечив достовверный уровень результатов в таксономических исследованиях.

Толщина скорлупы варьирует, но достоверно больше у яиц, полученных из страусоводческого хозяйства, по сравнению с более тонкостенными яйцами из Московского зоопарка (табл. 33). Скорлупа характеризуется изменчивостью в окраске, фактуре и плотности расположения пор (штук на 1 см<sup>2</sup> поверхности) (рис. 31, вклейка). Состояние поверхности во многом зависит от характера отложения карбоната кальция. Плотность расположения пор имеет существенную видовую (средняя плотность пор на скорлупе яиц обыкновенного нанду *Rhea americana* (Rheiformes) равна 21.57 ± 0.98 шт./см<sup>2</sup> (n = 23)), географическую и топографическую изменчивость. Так, средняя плотность пор на скорлупе яиц страусов, разводимых в России (14.83 ± 0.91 шт./см<sup>2</sup>, n = 6) существенно превышает аналогичные значения, характерные для яйца, добытого в Тунисе (табл. 34).

**Таблица 32.** Некоторые физические свойства пустого яйца обыкновенного нанду *Rhea americana* (Rheiformes)

Свойства	n	Статистические показатели			
		M ± m	Lim	± σ	Cv, %
Обхват по большой оси (L), см	2	35.35 ± 0.15	35.20 – 35.50	0.21	0.59
Обхват по экватору (l), см	2	29.30 ± 0.20	29.10 – 29.50	0.28	0.96
Большой диаметр (D), см	2	12.60 ± 0.10	12.50 – 12.70	0.14	1.11
Малый диаметр (d = 2R), см	2	8.70 ± 0.20	8.50 – 8.90	0.28	3.22
Индекс сжатия (K <sub>p</sub> = d/D)	2	0.69 ± 0.01	0.68 – 0.70	0.01	1.45
Сжатие ( $p = 1 - \frac{d}{D}$ )	2	0.31 ± 0.01	0.30 – 0.32	0.01	3.23
Индекс вытянутости (K <sub>L</sub> = D/2R)	2	1.45 ± 0.02	1.43 – 1.47	0.03	2.07
Объем ( $V \approx \frac{2}{3} \pi DR^2$ ), см <sup>3</sup> (по: Sabath, 1991)	2	499.55 ± 26.91	472.64 – 526.46	38.06	7.62
Площадь поверхности ( $S \approx 2\pi DR$ ), см <sup>2</sup> (по: Sabath, 1991)	2	344.27 ± 10.64	333.63 – 354.91	15.05	4.37
Отношение поверхности к объему ( $\frac{S}{V}$ ), см <sup>-1</sup>	2	0.69 ± 0.02	0.67 – 0.71	0.02	2.90

**Таблица 33.** Толщина скорлупы яиц африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) из страусоводческого хозяйства и Московского зоопарка (n = 30)

Статистический показатель	Скорлупа яиц	
	из страусоводческого хозяйства	из Московского зоопарка
M ± m	1.88 ± 0.03	1.42 ± 0.02
± σ	0.15	0.11
Lim	1.40 – 2.10	1.20 – 1.60
Cv	7.98	7.75

Установлено, что в центральной части яйца количество пор меньше, чем на его вершинах. Расстояния между порами сильно варьируют, как и внешний вид отдельных пор (рис. 32, А, вклейка).

Для сравнения: у куриного яйца толщина скорлупы достигает 300 мкм; число пор – 100 шт./см<sup>2</sup> или всего 10 тыс. пор (см. Mortola, 2009).

Поры яйца страуса не закрыты поверхностной кутикулярной пленкой (Туревич, 2000). На поверхности скорлупы отдельная пора выглядит как воронковидное углубление, окруженное концентрическими наслоениями карбоната кальция, имеющими своеобразную хлопьевидную или лепестковую фактуру (рис. 32, А, вклейка). Если снаружи яйца поры округлые или неправильной формы, то на сколах скорлупы заметно, что поры тянутся по внутренней стенке яйца в виде неровного и ветвящегося на более узкие рукава щелевидного хода (рис. 32, Б, В, вклейка).

**Таблица 34.** Количество пор (на 1 см<sup>2</sup>) на разных топографических участках яйца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) из страусоводческого хозяйства в Тунисе ( $n = 10$ )

Статистический показатель	Центр яйца	Вершина яйца
M ± m	8.20 ± 0.47	11.00 ± 0.39
± σ	1.47	1.25
Lim	6.00 – 11.00	10.00 – 13.00
C <sub>v</sub>	17.93	11.36

Структуре, минеральному и белковому составу скорлупы яиц птиц, а также ее роли в газообмене, в том числе ископаемых и рецентных видов страусообразных, посвящена обширная литература (см. например, <http://people.eku.edu>; Mikhailov, 1986; Gautron et al., 2004; Mortola, 2009). Яйца эпиорниса имеют необычайно прочную и толстую скорлупу. Огромное 32-сантиметровое яйцо по весу равнялось 180 яйцам домашней курицы. У ископаемого *Struthio linxiuensis* строение пор необычно, что связывают с патологией формирования яйца (Wang, 2007).

Сама стенка яйца трехслойная (рис. 32, Б, В). Ее толщина достигает 1.9–2.0 мм на продольном срезе. Палисадный слой – самый плотный и толстый (47% толщины стенки). В нем довольно редко расположены продольно идущие неровные щели, оканчивающиеся крупными порами на поверхности скорлупы. Маммилярный слой также хорошо развит (39%), имеет поперечно вытянутые «столбчатые» наслоения карбоната кальция. В нем имеются отдельные щели, которые не доходят до поверхности скорлупы, а заканчиваются на границе с палисадным слоем. Слой подскорлуповых мембран отличается небольшой толщиной (14%) и нежной волокнистой структурой с многочисленными мелкими перфорациями.

Полагаем, что полученные результаты, послужат предпосылкой для рациональной организации производственно-технологического сектора переработки данного вида сырья на территории России.

### Мышечная ткань

Мясная продуктивность страуса является первичной и, наравне с яйцами и коженно-перьевыми товарами, формирует основной экономический эффект отечественного страусоводства. В этой связи интерес к научным исследованиям мяса страуса представляется вполне обоснованным и необходимым в системе пищевой биотехнологии, учитывая все возрастающий спрос на альтернативный ассортимент продуктов питания. В последнее время отечественными специалистами был проведен комплекс работ по изучению качества мяса страуса (Кузьмичев, Колодязная, 2008) и разработана система его ветеринарно-санитарной экспертизы (Гагарин, 2005). Кроме того, исследованы потребительские достоинства мяса эму (Горлов и др., 2006).

Цель нашей работы заключается в изучении морфологии мышечной ткани страуса и в расчете ее *квалиметрической стабильности*, основанной на анализе морфометрических характеристик гистологических структур. Работа отличается определенным уровнем научной новизны и практической значимости, связанной с решением проблемы оценки качества мясного сырья по гистологическим параметрам.

Отдельные мышечные волокна хорошо дифференцированы и имеют преимущественно прямолинейно-параллельную или слегка волнистую укладку (рис. 33, вклей-

ка). Поперечная исчерченность мышечных волокон сохранилась фрагментарно (рис. 33, В), что объясняется взятием проб из изначально замороженного мяса. На периферии мышечных волокон заметны базофильные ядра. На поперечных срезах (рис. 33, Б–Е, вклейка) видно, что отдельные мышечные волокна имеют разнообразную геометрию сечения – от округлой или овальной до полигональной, что не позволяет применить такую морфометрическую характеристику, как «диаметр мышечного волокна». Толщина мышечных волокон сопоставима с толщиной *перимизия*, скрепляющего между собой более крупные агрегации – мышечные пучки (табл. 35). Тем не менее в некоторых случаях толщина *перимизия* превышает таковую мышечных волокон. *Эндомизий*, отделяющий мышечные волокна друг от друга, довольно тонкий. Часто между мышечными пучками находятся кровеносные сосуды, а также рыхлая соединительная ткань, сформированная коллагеновыми волокнами, образующими строму для жировых клеток (рис. 33, Д, Е, вклейка).

Анализируя полученные данные (табл. 35), необходимо указать на высокую *неуровненность* гистологических структур мышечной ткани страуса, однако наиболее высокой вариацией отличается толщина *перимизия*. Вместе с тем эти результаты носят достоверный характер и отражают естественную изменчивость морфометрических параметров, наблюдаемых в рамках даже одного мышечного пучка.

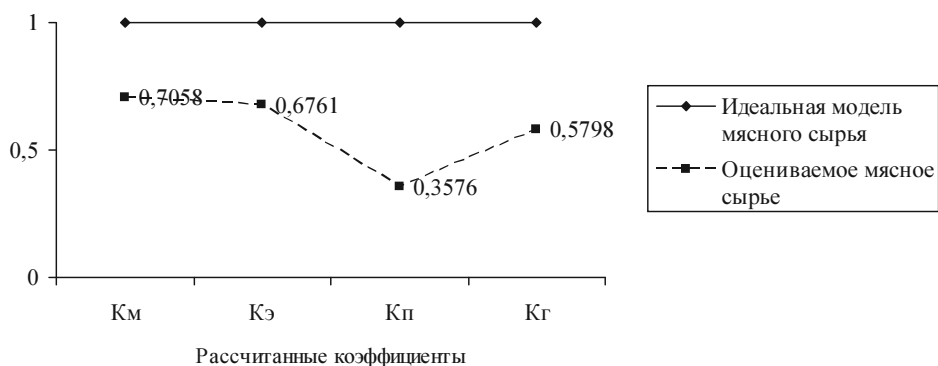
Полученные результаты необходимо учитывать на всех этапах *товародвижения* мяса страуса, ибо многие процессы протекают именно на тканевом уровне, поэтому целесообразна регистрация морфологических изменений гистологической структуры мяса. Особенно важно учитывать данные по микроструктуре при анализе «созревания» мяса и его автолизе, а также при бактериологическом контроле.

Квалиметрическая составляющая исследования базируется на том обстоятельстве, что практически всегда сырье животного происхождения имеет высокую изменчивость значений товарных свойств, что естественно снижает потребительные достоинства сырья и ограничивает поле его использования. *Степень рассеивания* – главный фактор, который должен лежать при квалиметрической оценке сырья животного происхождения. Ведь существенный разброс показателей качества в настоящее время расценивается промышленностью как явный недостаток, мешающий реализации основных принципов параметрической стандартизации продукции. Кроме того, значительная изменчивость признака препятствует максимально полному раскрытию полезности товара. В данных обстоятельствах его учет просто необходим для выпуска стандартной продукции. Именно по коэффициенту вариации – относительному показателю изменчивости признака – можно судить о количественной однородности свойств как в рамках конкретной единицы сырья, так и по целой партии.

Результаты расчетов отдельных коэффициентов и обобщенного *Коэффициента гистологической стабильности* мышечной ткани представлены в графической форме

**Таблица 35.** Морфометрическая характеристика мышечной ткани бедра взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Статистический показатель	Мышечная ткань (n = 15)		
	Толщина, мкм		
	мышечных волокон	эндомизия	перимизия
M ± m	57.34 ± 4.35	1.42 ± 0.12	50.22 ± 8.33
± σ	16.87	0.46	32.26
Lim	33.34 – 93.34	0.67 – 2.00	13.33 – 100.01
C <sub>v</sub>	29.42	32.39	64.24



**Рис. 34.** Графическое представление квалитетической модели гистологической структуры мышечной ткани африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

Км – коэффициент гистологической стабильности мышечных волокон. Кэ – коэффициент гистологической стабильности эндомизия. Кп – коэффициент гистологической стабильности перимизия. Кг – коэффициент гистологической стабильности мышечной ткани.

(рис. 34): сплошная линия отражает идеальную модель мясного сырь, не имеющего вариативности в морфометрических параметрах, а пунктирная ломаная – вариации и параметрическую дисгармонию свойств реального мясного сырь, полученного от страуса. Эти результаты показывают существенный разброс морфометрических параметров, однако результирующий коэффициент гистологической стабильности мышечной ткани все же преодолел рубеж в 0,5, что позволяет говорить об определенной упорядоченности гистологических структур.

Таким образом, приведенные данные по морфологии и квалитетическому анализу гистологической структуры мышечной ткани страуса позволяют дополнить существующий инструментарий входного контроля и наметить пути решения проблемы объективной оценки качества мясного сырь в условиях производства (Киладзе, 2011 г).

## Пищевод

Пищевод крупного рогатого скота используют в мясной промышленности в качестве кишечного сырь для производства колбасных оболочек. Его производственное название – «пикало» (Кузнецов, 2005). Вполне возможно пополнить номенклатуру кишечного сырь пищеводом страуса, учитывая ряд его характеристик, позволяющих отнести этот продукт к дополнительным ресурсам мясной промышленности. Последние исследования показали возможность использования ободочной и двенадцатиперстной кишки африканского страуса (Горбачева и др., 2011). Пищевод страуса можно отнести к одному из перспективных дополнительных видов животного сырь. В этой связи цель нашей работы заключается в изучении макро- и микроморфологии пищевода страуса.

Внешне пищевод страуса представляет собой сплюснутую трубку, отличающуюся высокой эластичностью и растяжимостью за счет складчатости слизистой оболочки (рис. 35, А, вклейка). Естественный цвет пищевода – золотисто-бежевый или насыщенно золотой. Длина пищевода достигает  $114 \pm 6$  см, а диаметр – в среднем  $2,0 \pm 0,2$  см, и только дистальный и проксимальный участки пищевода отличаются более широким просветом (Порческу, 2005). По нашим данным, в области шеи взрослого стра-

**Таблица 36.** Толщина стенки верхнего отдела пищевода взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes), мм ( $n = 20$ )

Статистический показатель	Результат
$M \pm m$	$4.3 \pm 0.3$
$\pm \sigma$	1.2
Lim	2.2 – 6.6
$C_v$	27.9

уса больший диаметр пищевода составляет 4.0 см, а меньший – 2.0 см, следовательно, площадь эллипсоидного просвета равна 6.28 см<sup>2</sup>.

Для сравнения: диаметр начальной части пищевода у домашней курицы равен 0.4 см, а у домашнего гуся – не менее 1.0 см (Вракин, Сидорова, 1984).

Толщина стенки пищевода существенно варьирует (табл. 36), что объясняется естественной складчатостью слизистой оболочки, при этом максимальная толщина наблюдается в области гребня складки, а минимальная – в месте впадины между складками. Наши данные совпадают с данными ранее проведенных исследований (Порческу, 2005).

Гистологическое строение стенки пищевода страуса типичное, как и у других сельскохозяйственных птиц (рис. 35, Б, В, вклейка). Вместе с тем для страуса характерно существенное развитие подслизистого слоя, образованного рыхлой соединительной тканью с множеством крупных железистых структур, форма которых варьирует от округлой до полигональной (рис. 35, Б, В, вклейка). Из данных литературы известно, что именно подслизистый слой составляет основу для данной категории кишечного сырья, а остальные оболочки и слои в процессе производства кишечного полуфабриката и фабриката удаляют (Кузнецов, 2005).

Учитывая все вышеперечисленные критерии: большую толщину стенки, ее естественную растяжимость и хорошее развитие подслизистого слоя, можно предположить, что пищевод страуса целесообразно использовать в качестве кишечного сырья, однако это положение еще требует дополнительной производственной апробации и, возможно, постановки дальнейших научных исследований.

## Трахея

Трахею страуса можно рассматривать как дополнительное животное сырье, которое целесообразно использовать в качестве пищевого субпродукта, кормовой добавки для собак, а также как исходное сырье для производства органолептических препаратов.

С анатомической точки зрения трахея является трубчатым органом аппарата дыхания птиц, проводя воздух от гортани в легкие (Шнейберг, 1994). Трахея страуса, сжатая в дорсо-вентральном направлении, располагаясь в области шеи, соединяет верхнюю гортань со слабо развитой нижней гортанью. В области грудной клетки происходит бифуркация трахеи на 2 бронха. Поперечник трахеи имеет форму сжатого кольца (2.5 × 4.0 см) или эллипса (2.5 × 3.0 см) (Shanawany, Dingle, 1999). Ранними авторами показано, что трахея страуса сформирована приблизительно 200 цельными хрящевыми (MacAlister, 1864) или костными (Duerden, 1912) кольцами, что сопоставимо с количеством хрящевых колец у представителей Galliformes, у которых среднее количество трахеальных хрящей колеблется в пределах 140–200 (Вракин, Сидорова, 1984). В

верхнем отделе шеи страуса трахея лежит под пищеводом, то есть вентрально (Bezuidenhout, 1999a).

Цель нашей работы заключается в комплексном анатомическом, морфометрическом и гистологическом исследовании трахеи страуса, что позволит в дальнейшем выработать технические критерии к качеству данного биоматериала как перспективного животного сырья. Учитывая отсутствие подобной информации в литературе, данное исследование имеет научную новизну и практическую значимость.

Органолептически установлено, что трахея страуса способна к существенному растяжению, при этом кольцевидные связки как бы прячутся за трахеальными хрящами, формируя складчатость, поэтому трахею можно описать как своеобразную гофрированную трубку. Цвет трахеи – белый или светло-желтый. Просвет трахеи имеет эллипсоидную форму (рис. 36, А, вклейка). Вот почему мы приводим перечень морфометрических признаков трахеи, основанных на геометрии эллипса, а также анализ других свойств, которые необходимо учитывать при оценке качества данного сырья (табл. 37).

*Индекс сжатия* говорит о том, что малый диаметр примерно 2 раза укладывается в размеры большого диаметра. *Индекс вытянутости*, напротив, характеризует степень превалирования большого диаметра над малым. Площадь поверхности просвета трахеи определяли по формуле площади эллипса. Толщина стенки трахеального хряща более чем в 2 раза больше, чем толщина в области кольцевидной связки. Толщина стенки трахеального хряща утолщается на полюсах большого диаметра, достигая 2.1–2.8 мм. *Хрящево-связочный индекс*, рассчитываемый как отношение ширины трахеального хряща к ширине кольцевидной связки, говорит о более чем двукратном превышении ширины трахеальных хрящей над шириной связок. По-видимому, эти особенности и определяют эластичные свойства трахеи как органа. Полагаем, что приве-

**Таблица 37.** Некоторые морфометрические показатели трахеи взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes)

Морфометрические показатели	Статистические показатели			
	M ± m	Lim	± σ	Cv, %
Обхват (L), мм (n = 5)	90.40 ± 0.51	89.00 – 92.00	1.14	1.26
Большой диаметр (D), мм (n = 5)	34.80 ± 0.58	33.00 – 36.00	1.30	3.74
Малый диаметр (d = 2R), мм (n = 5)	17.40 ± 1.25	15.00 – 22.00	2.79	16.03
Индекс сжатия ( $K_p = d/D$ ) (n = 5)	0.50 ± 0.04	0.42 – 0.67	0.01	2.00
Индекс вытянутости ( $K_L = D/2R$ ) (n = 5)	2.04 ± 0.15	1.50 – 2.40	0.34	16.67
Площадь поверхности просвета трахеи ( $S = \pi \frac{D \cdot d}{4}$ ), мм <sup>2</sup> (n = 5)	473.83 ± 28.55	423.90 – 569.91	63.84	13.47
Толщина стенки трахеи, мм:				
в области трахеального хряща (n = 10)	1.16 ± 0.07	1.00 – 1.60	0.21	18.10
в области кольцевидной связки (n = 10)	0.50 ± 0.05	0.30 – 0.70	0.15	30.00
Ширина трахеальных хрящей ( $H_{ТХ}$ ), мм (n = 10)	3.09 ± 0.08	2.50 – 3.50	0.26	8.41
Ширина кольцевидных связок ( $H_{КС}$ ), мм (n = 10)	1.36 ± 0.05	1.10 – 1.60	0.14	10.29
Хрящево-связочный индекс ( $I_{ХС} = \frac{H_{ТХ}}{H_{КС}}$ ) (n = 10)	2.29 ± 0.08	1.92 – 2.82	0.26	11.35

**Таблица 38.** Толщина гиалинового хряща трахеи взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 12$ )

Статистический показатель	Толщина, мкм
$M \pm m$	$452.80 \pm 9.48$
$\pm \sigma$	32.84
Lim	393.35 – 480.02
$C_V$	7.25

денные морфометрические данные, относящиеся к трахее страуса, целесообразно использовать не только в таксономической работе, так как приведенные показатели можно рассматривать как фены, но и положить в основу стандартизации и сертификации при выработке технических условий на данный вид сырья.

В гистологическом плане трахея страуса имеет типичное строение (рис. 36, В, вклейка). Ее основу составляет гиалиновый хрящ, толщина которого достигает 452.80 мкм (табл. 38). В данном контексте гиалиновый хрящ может послужить дополнительным ресурсом, который должен использоваться в перерабатывающей промышленности.

Анализируя полученные данные (табл. 38), необходимо отметить высокую *уровненность* толщины гиалинового хряща, на что указывает показатель коэффициента вариации, не превысивший 10%-ный рубеж.

Таким образом, приведенные технологические и морфологические сведения, относящиеся к трахее страуса, позволят выработать оптимальную стратегию вовлечения и эффективной переработки данного сырья животного происхождения (Киладзе, 2011д).

## Глаза

Глаза страуса необходимо рассматривать как ценный дополнительный вид животного сырья, относящийся к категории специального, который может найти непосредственное применение для производства различных лекарственных форм и органолептических препаратов. Из морфометрических характеристик сообщается лишь о том, что диаметр глаза страуса составляет в среднем 5 см (Deeming, 1999). Имеются сведения о применении в трансплантологии роговицы глаза страуса для пересадки человеку (Shanawany, Dingle, 1999).

К настоящему времени изучен эндотелий роговицы африканского страуса, который отличается тем, что специализированные плоские клетки имеют в основном гексагональную (75% от общего количества клеток), пентагональную (14%) или гептагональную (11%) форму. Средняя площадь клеток эндотелия роговицы равна  $269 \pm 18$  мкм<sup>2</sup>, при этом плотность клеток, приходящихся на 1 мм<sup>2</sup>, составляет  $3717 \pm 240$  шт. мм<sup>-2</sup>. Приведенные параметры не имеют существенных различий как для правого, так и для левого глаза африканского страуса (Pigatto et al., 2009).

Кроме того, вполне возможно использовать и стекловидное тело глаза, которое служит в качестве исходного сырья для выработки стекловидного тела для инъекций и луронита. Нормативная документация на стекловидное тело сельскохозяйственных животных уже разработана (ТУ 10-02-01-01–86) и ранее нами проанализирована (Киладзе, Гасанова, 2001). Полагаем, что со временем страусоводство станет важным поставщиком глаз страуса, которые характеризуются рядом предпосылок для использования их в качестве дополнительного ресурса, связанных главным образом с размер-



но-массовыми параметрами, гистологической структурой и уникальным химическим составом. В этой связи цель нашей работы заключается в анализе морфометрических характеристик и гистологической структуры глаз страуса, что позволит определенным образом сформировать представление о полезности данного сырья в фармацевтической промышленности. На фоне крайне скудных данных о морфологии глаза страуса, наше исследование отличается новизной и практической значимостью.

Глазное яблоко страуса стереометрически представляет собой две ассоциированные входящие друг в друга полусферы (Вракин, Сидорова, 1984) с разными диаметрами и высотами. Однако измерение диаметров оснований для каждой полусферы в двух плоскостях показало различный результат, что позволяет говорить об их эллипсоидном характере (рис. 37, А, вклейка). Вместе с тем в целях упрощения расчета объема глаза, мы использовали формулы, относящиеся к геометрии сегмента шара. Для этого данные по диаметрам оснований двух полусфер усредняли и находили соответствующие объемы большой и малой полусфер. Расчет вели следующим образом:

$$V = V_1 + V_2 = \pi H_1^2 \left( \frac{D}{2} - \frac{H_1}{3} \right) + \pi H_2^2 \left( \frac{d}{2} - \frac{H_2}{3} \right),$$

где  $V$  – общий объем глазного яблока, см<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем большой полусферы, см<sup>3</sup>;  $V_2$  – объем малой полусферы, см<sup>3</sup>;  $H_1$  – высота большой полусферы, см;  $H_2$  – высота малой полусферы, см;  $D$  – средний диаметр основания большой полусферы, см;  $d$  – средний диаметр основания малой полусферы, см.

**Таблица 39.** Некоторые физические свойства глаз взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 2$ )

Морфометрические показатели	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	$C_v, \%$
Большой диаметр основания большой полусферы ( $D_1$ ), см	$5.08 \pm 0.04$	5.04 – 5.12	0.06	1.18
Малый диаметр основания большой полусферы ( $D_2$ ), см	$4.65 \pm 0.01$	4.64 – 4.66	0.01	0.22
Средний диаметр основания большой полусферы ( $D$ ), см	$4.87 \pm 0.03$	4.84 – 4.89	0.04	0.82
Большой диаметр основания малой полусферы ( $d_1$ ), см	$2.62 \pm 0.03$	2.59 – 2.65	0.04	1.53
Малый диаметр основания малой полусферы ( $d_2$ ), см	$2.41 \pm 0.01$	2.40 – 2.42	0.01	0.41
Средний диаметр основания малой полусферы ( $d$ ), см	$2.52 \pm 0.02$	2.50 – 2.54	0.03	1.19
Высота большой полусферы ( $H_1$ ), см	$3.05 \pm 0.05$	3.00 – 3.10	0.07	2.30
Высота малой полусферы ( $H_2$ ), см	$0.88 \pm 0.02$	0.86 – 0.90	0.03	3.41
Объем глазного яблока ( $V$ ), см <sup>3</sup>	$43.82 \pm 1.43$	42.39 – 45.24	2.02	4.61
Площадь поверхности глазного яблока ( $S$ ), см <sup>2</sup>	$66.54 \pm 1.23$	65.28 – 67.79	1.77	2.66
Масса глаза ( $m$ ), г	$47.00 \pm 1.00$	46.00 – 48.00	1.41	3.00
Плотность ( $\rho = \frac{m}{V}$ ), г·см <sup>-3</sup>	$1.08 \pm 0.02$	1.06 – 1.09	0.02	1.89
Удельный объем ( $v = \rho^{-1}$ ), см <sup>3</sup> ·г <sup>-1</sup>	$0.93 \pm 0.01$	0.92 – 0.94	0.01	1.08

**Таблица 40.** Толщина роговицы глаза взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 5$ )

Толщина роговицы, мм	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	Cv, %
в центре глаза	$0.88 \pm 0.04$	0.80 – 1.00	0.08	9.09
по периферии глаза	$1.08 \pm 0.02$	1.00 – 1.10	0.04	3.70

**Таблица 41.** Толщина некоторых слоев роговицы глаза взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 10$ )

Толщина, мкм	Статистические показатели			
	$M \pm m$	Lim	$\pm \sigma$	Cv, %
переднего эпителия роговицы	$50.00 \pm 2.55$	37.50 – 62.50	8.07	16.14
собственно вещества роговицы	$846.71 \pm 40.74$	700.04 – 1066.72	128.82	15.21

Учитывая, что площадь основания малой полусферы является частью площади основания большой полусферы и не участвует в формировании площади поверхности глазного яблока (рис. 37, Б, вклейка), так как полностью накрывается площадью боковой поверхности малой полусферы, то этим показателем при определении искомой площади поверхности глаза пренебрегли. Нами проведен комплексный морфо-, и гравиметрический анализ глаз (табл. 39).

Роговица как пограничный компонент светопреломляющей среды глаза, представляет собой выпуклое образование, формирующее малую полусферу глазного яблока. Внешний вид неокрашенного образца роговицы представлен на рисунке 38, А (вклейка). Толщина роговицы в центральной части глаза достоверно меньше, чем в периферийной области, приближающейся к лимбу (табл. 40).

Площадь основания, занимаемого роговицей ( $n = 2$ ), в среднем составляет  $4.54 \pm 0.11$  см<sup>2</sup>, при этом площадь ее боковой поверхности несколько больше –  $6.97 \pm 0.22$  см<sup>2</sup>, а объем –  $2.34 \pm 0.12$  см<sup>3</sup>. Таким образом, сопоставляя площадь боковой поверхности роговицы к площади поверхности глазного яблока, можно говорить о том, что роговица занимает  $10.47 \pm 0.13$  % наружной поверхности глаза страуса.

Гистологически роговица сформирована пятью слоями (рис. 38, Б, вклейка), среди которых в морфометрическом плане доминирует строма роговицы (более 90% общей толщины), образованная в основном горизонтально уложенными волокнистыми коллагеновыми волокнами, и наружный эпителий, составляющий примерно 5.6% толщины роговицы глаза страуса (табл. 41).

Таким образом, представленная морфометрическая характеристика глаз страуса позволит в дальнейшем разработать нормативную документацию на новый вид специального сырья, обосновать производственную стратегию и наладить выпуск высококачественных лекарственных форм (Киладзе, 2011е).

## Головной мозг

Головной мозг страуса относят к категории специального сырья, необходимого для производства различных органопрепаратов и лекарственных форм. Проведены поисковые эксперименты, позволяющие рассматривать головной мозг страуса в качестве возможного сырья для производства лекарственных форм от болезни Альцгеймера (Shanawany, Dingle, 1999). Кроме того, возможно использовать головной мозг и в каче-

стве ценного субпродукта в пищевой промышленности. В настоящее время головной мозг страуса довольно подробно изучен с анатомической точки зрения (Peng et al., 2010).

Данный раздел завершает цикл исследований, связанных с концепцией рационального использования вторичного сырья страусоводства, которое в настоящее время переживает этап становления и интенсивного развития. Цель нашей работы заключается во внешнем описании головного мозга страуса и в установлении ряда морфометрических характеристик, что позволит оценить перспективность этого сырья для различных отраслей промышленности.

По форме головной мозг страуса за счет сдавленных глазными яблоками гладких полушарий приобрел вид тупого треугольника, основание которого обращено к развитому мозжечку, имеющему 18 борозд. В целом его конфигурация напоминает дельтоид (рис. 39, А–Б, вклейка). Общая масса головного мозга составляет 36 г, при этом его общая длина равна 56.0 мм, а ширина – 45.6 мм. За счет того, что мозжечок (длина 30.1 мм) вклинивается в конечный мозг (длина 35.0 мм), их линейные параметры перекрываются примерно на 9.1 мм. Это приводит к несовпадению при сложении длин двух морфологических структур с общей длиной головного мозга (рис. 39, В, вклейка).

Высота мозга в области полушарий (27.6 мм) несколько больше, чем в области мозжечка (24.4 мм). На основе морфометрических показателей можно рассчитать линейную плотность мозгового вещества путем сопоставления массы к общей длине, которая равна  $0.64 \text{ г} \cdot \text{мм}^{-1}$ . Обратный показатель, выражающий длину единицы массы, равен  $1.56 \text{ мм} \cdot \text{г}^{-1}$ . *Индекс вытянутости* мозга, отражающий степень превышения длины над его шириной, равен 1.23.

Для сравнения, у домашней курицы масса головного мозга равна всего 3–4 г, у домашнего гуся – 9–11 г, а у домашней утки – 6.53 г (Вракин, Сидорова, 1984; Peng et al., 2010). Вместе с тем относительная степень развития мозга страуса крайне мала и составляет лишь 0.015% его средней массы тела. Таким образом, этот показатель у страуса в среднем в 17 раз меньше, чем у других домашних птиц (Peng et al., 2010).

Тем не менее, с точки зрения технологии и возможного вовлечения мозга страуса в мясоперерабатывающую промышленность в качестве субпродукта либо как исходного сырья для выработки разнообразных органолептических препаратов, полагаем, что с учетом преобладающих размерно-массовых характеристик, эта категория специального сырья со временем обязательно будет востребована. Необходимым условием для успешной промышленной апробации является формирование пакета нормативно-технической документации, обращенной к качеству нового вида сырья, а также создание технологической карты с целью оптимизации производственной деятельности.

## КОНЦЕПЦИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В СТРАУСОВОДСТВЕ

Многовековые взаимоотношения человека и страуса и основные этапы становления страусоводства подробно рассмотрены нами ранее (Киладзе, 2010а; Киладзе и др., 2010). В данном разделе мы лишь дополним эти данные интересными сведениями (см. ниже).

Во время правления Антонина Пия (86–161 гг.) были выпущены тетрадрахмы (144 г.) с изображением страуса. Охота на страусов проходит главной сюжетной линией в мозаике (IV в.) на площади Армерина на о. Сицилия (Shanawany, Dingle, 1999). В арабском мире страусовую кожу использовали для пошива защитных курток, хотя самих птиц считали «глупыми». Бушмены довольно часто одевались в перьевые шкуры страусов («меховые шкурки страусов») (Deeming, 1999). Тысячелетиями страусовые перья украшали головы генералов, королей и африканских вождей, приобретая статус монаршей символики и власти (<http://www.tonyhill.net>). Опахала служили ассирийским королям и священнослужителям. Перья использовали в качестве украшения лошадей. Медвежьи шапки, которые и сейчас входят в обмундирование некоторых полков британской армии, дополнены черными страусовыми перьями. (Deeming, 1999; Shanawany, Dingle, 1999). В процессии Птолимея II Филадельфа (283–246 г. до н.э.) использовалась колесница, запряженная восемью страусами. Да и до недавнего времени в церемониальных процессиях римских пап использовали переносной трон *Sedia Gestatoria*, который был украшен двумя *флабеллумами* (опакалами) со страусовыми перьями, однако папа Иоанн Павел II (1920–2005 гг.) заменил столь архаичный способ передвижения «папамобилем» (Киладзе, 2011ж). В настоящее время образ африканского страуса, а также розовые опахала из перьев используют в рекламной кампании американского телевизионного канала «Animal planet».

Страусоводство и использование его продуктов прошли долгий путь становления и развития – от бессистемного использования до практически безотходной переработки сырья и рентабельного сбыта (см. подробно: Древненёбные птицы; Киладзе, 2010а).

В средние века в Европе появилась достаточно устойчивая мода на перья страуса ([www.tonyhill.net](http://www.tonyhill.net)). Очевидно, что истребление страуса как вида было бы неминуемо, если бы в определенный момент его не начали разводить в неволе. В течение XVII в. в Европе было предпринято несколько неудачных попыток разведения страусов ради их мяса. Парижское акклиматизационное общество, возглавляемое Изидором Жоффруа Сент-Илером (1805–1861 гг.), в 1851 г. предложило вознаграждение за успешную domestикацию страусов во французских колониях и их последующего разведения в Европе. Первая успешная попытка была проведена в Алжире в 1856 г. Примерно в то же время совершенно независимо состоялась успешная попытка domestикации страусов в Южной Африке. Позднее страусовые фермы появились в Азии, Австралии, Северной и Южной Америке. Однако многих диких страусов отстреливали из-за того, что в их желудках находили алмазы, которые птицы могли заглатывать в поисках пищи (Shanawany, Dingle, 1999).

Основным видом продукции, поставляемой в Европу, были перья. Наиболее ценные виды перьев относили к категории фантазийного сырья, поэтому основное его назначение ограничивалось украшением дамских шляп. Однако из этой категории сырья также производили такие изделия, как пуховки (для пудры), меха для отделки платьев, костюмов и обуви, головные уборы, веера, опахала, плюмажи, боа, цветы и другие украшения. Из отдельных частей страусового пера могли создавать мундшту-

ки, поплавки, зубочистки, искусственную щетину и другие товары (Классен, 1926). К этому времени перьевая промышленность стала важнейшим сектором южноафриканской экономики. Экспортный потенциал перьевого производства был настолько высок, что продажа страусовых перьев по экономическим показателям стояла сразу после золота, алмазов и шерсти, занимая почетное четвертое место (<http://www.oudtshoorninfo.com>). К 1882 г. ежегодная емкость перьевого рынка достигла USD 5 млн., уступая только Кимберлийским алмазным шахтам (<http://www.time.com>). Стоимость племенной пары страусов доходила до GBP 1000. Организация торговли в те годы строилась на многоступенчатой основе. Торговля перьями в этот период осуществлялась через глобальные товарные цепочки, включая сортировку, экспортно-импортную подготовку, аукционы, оптовую торговлю и, наконец, изготовление изделий для розничной продажи (Stein, 2008). Существенный вклад в развитие перо-пуховой промышленности в Оудсхурне внесла еврейская община (основной контингент из Литвы и России), имеющая хорошие коммерческие контакты с партнерами из Лондона, Парижа, Нью-Йорка (Hone, 2009).

Ранее нами обозначены основные исторические этапы, которые лежат в хозяйственно-полезном использовании страусов (Киладзе, 2010а):

- Период от глубокой древности до 1850 г.: бессистемная эксплуатация, когда птиц только использовали, не заботясь об их полноценном воспроизводстве;
- 1850–1914 гг.: формирование селекционной работы, способствующей закреплению хозяйственно-полезных признаков страуса;
- 1914–1945 гг.: кризис отрасли на фоне индустриального прогресса и двух мировых войн;
- 1950-е годы – по настоящее время: возрождение отрасли как высокорентабельной системы разведения и использования страуса.

Современное страусоводство представляет собой сверхприбыльную отрасль птицеводства, полностью освоившую ресурсный потенциал этих удивительных птиц. В настоящее время страусов успешно разводят в 50 странах мира. Продукция страусоводства является объектом купли-продажи на мировых рынках. Наиболее востребованным товаром служит кожевенное сырье, которое находит широкие производственные возможности. Интенсивное использование продукции страусоводства мировым птицеводством обусловлено исключительно ценным характером пищевого и технического сырья, которое можно получить от столь экзотических животных. Высокая рентабельность, определенная практически безотходным целевым назначением продукции, сделала эту сферу сверхприбыльной. Ведь в настоящее время от страуса получают мясо, кожу, яйца, перья, жир, глаза, когти, сухожилия и субпродукты. Мировая научная общественность и промышленники постоянно следят за проблемами данной отрасли, издается ряд специализированных журналов как зарубежных, так и отечественных. Во многих странах мира созданы специализированные ассоциации, действия которых координирует Всемирная организация страусоводов (The World Ostrich Association), развивающая основополагающие принципы эффективного разведения и использования страусов. Проходят ежегодные конференции, раскрывающие научные достижения в этой области. Можно с уверенностью говорить о формировании нового законченного сектора птицеводства, обладающего всеми признаками научно-производственной и организационной базы.

В настоящее время *ресурсосберегающие технологии* внедряются во все отрасли сельского хозяйства, что позволяет не только решить проблемы с загрязнением окружающей среды отходами биогенного характера, но и в целом повысить рентабель-

ность агропромышленного комплекса (АПК) страны за счет вовлечения вторичного сырья в новый цикл переработки. В страусоводстве концепция ресурсосбережения должна быть внедрена максимально полно. Это поможет вывести его из экзотического сектора и перевести на промышленную основу, создав базу для достижения переработки, соответствующей реальному потребительскому спросу. Одно из важнейших условий дальнейшего развития страусоводства в России – удешевление основной продукции отрасли, которое может быть достигнуто лишь в случае повышения рентабельности за счет максимально полного вовлечения дополнительных видов животного сырья. Это приведет к определенному перераспределению затрат производства на вторичное сырье, которое будет вовлечено в товарно-денежный обмен, а бремя издержек с основных товаров, которые могут быть использованы потребителем в повседневном рационе, спадет. Полагаем, что только так можно добиться популяризации страусоводства у населения, что существенным образом расширит емкость рынка. Однако сегодняшнее положение дел пока тормозит дальнейшую диверсификацию сбыта. Продукция страусоводства воспринимается как экзотика, прихоть гурманов, поэтому мясо и яйца страуса поступают только в элитные супермаркеты либо реализуются через интернет. Основными же потребителями этой продукции стабильно остаются пока только рестораны. Однако уже доказаны лечебно-профилактические и диетические свойства мяса, яиц и жира страуса, поэтому эти товары должны быть доступны для ежедневного рациона широкого круга потребителей. Но для этого необходимо пересмотреть политику ценообразования на продукцию страусоводства.

Конечно, помимо ресурсосбережения, важно оптимизировать режимы кормления и содержания страусов, выработать стратегию оптимального срока убоя птицы, обосновать нормы «выхода» тех или иных органов с учетом возрастной и половой структуры поголовья, а также разработать или модернизировать технологию сбора и утилизации вторичного сырья. Большое значение отводится и преодолению различных технических барьеров, к которым относят сертификацию и стандартизацию. Иногда немаловажным является и элементарная воля руководителей страусоводческих хозяйств, а также их коммерческая активность по нахождению целевых производств, для которых номенклатура вторичного сырья является основной и первостепенной. Ведь иной раз можно услышать бытующее мнение, что «овчинка выделки не стоит», однако это не так! Здесь необходимо руководствоваться другим тезисом: «Отходы – это сырье, лежащее не на том месте» и тогда с учетом продуманной маркетинговой стратегии успех не заставит себя ждать. Перья можно использовать для выработки специальных щеток и как швейную фурнитуру, а перья век – для длинных и пышных накладных ресниц в косметике. Жир применяют в медицине и косметологии, а роговицу глаз и сухожилия страуса уже взяли на вооружение в трансплантологии. Мозги страуса необходимо рассматривать не только как субпродукт, но и как возможное сырье для лекарств от болезни Альцгеймера. Кишечное сырье можно использовать для выработки колбасных оболочек. Когти страуса служат великолепным абразивным материалом для шлифовки алмазов, при этом цельная скорлупа даст простор художественной мысли для воплощения росписи и фигурной резке. Это далеко не полный перечень тех возможностей, которые таит в себе так называемое «вторсырье», и реализация которого позволит достичь уровня дохода, сопоставимого с прибылью, получаемой от сбыта товаров основной номенклатуры (мяса, яиц, кожевенного сырья).

Появление устойчивого спроса со стороны потребителей заставит производителей увеличить поголовье страусов и выйти на промышленно значимый уровень, который в

России, в отличие от других стран, пока в полной мере еще не достигнут. Большое значение здесь имеет и решение социальных проблем, например, создание дополнительных рабочих мест для сельского населения (Киладзе, 2011з).

*Рециклинговая система.* В основе утилизации биогенных отходов должна лежать система «Recycling», обеспечивающая максимально полную реализацию полезности вновь используемого сырья с учетом защиты окружающей среды и принципа безопасности. На сегодняшний день Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» (1998) позволяет осуществлять правовой мониторинг в области эффективного использования вторичного сырья, формируя предпосылки к активизации инновационной ресурсосберегающей деятельности.

Под рециклингом необходимо понимать систему мер, связанных с вовлечением отходов производства и потребления в новый цикл переработки. Дословный перевод понятия «Recycling» может означать «повторный круг». В этой связи ресурсосберегающую модель визуально можно представить в виде концентрических образований, приведенных на рисунке 40, А. Эффективность рециклинговой системы должна быть в поле пристального внимания менеджеров-экологов.

На каждом этапе происходит высвобождение новой массы биогенных отходов, которая с повышением уровня в многоступенчатой системе рециклинга постепенно истощается ( $m_0 > m_1 > m_2 > \dots > m_n$ ), а экологическая напряженность пропорционально спадает. Идеальная рециклинговая модель должна добиться полного вовлечения отходов в новый производственный цикл либо достичь такого агрегатного состояния отходов, утилизация которых в природную среду не повлечет негативного экологического воздействия.

Для количественной оценки степени вовлечения отходов в новый цикл переработки целесообразно использовать показатель, названный нами *уровень эффективности рециклинга*, который рассчитывается по следующим формулам с учетом определенной рециклинговой ступени:

$$W_0^{\text{Recycling}} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100, \quad W_1^{\text{Recycling}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad W_2^{\text{Recycling}} = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100,$$

$$W_i^{\text{Recycling}} = \frac{m_i - m_{i+1}}{m_i} \cdot 100$$

где  $W_0^{\text{Recycling}}$  – уровень эффективности рециклинга на нулевой ступени рециклинговой системы, %;  $W_1^{\text{Recycling}}$  – уровень эффективности рециклинга на первой ступени рециклинговой системы, %;  $W_2^{\text{Recycling}}$  – уровень эффективности рециклинга на второй ступени рециклинговой системы, %;  $W_i^{\text{Recycling}}$  – уровень эффективности рециклинга на  $i$ -ой ступени рециклинговой системы, %;  $m_0$  – масса исходного сырья, т;  $m_1$  – масса отходов, образующихся в результате переработки исходного сырья на нулевой ступени рециклинговой системы, т;  $m_2$  – масса отходов, образующихся на первой ступени рециклинговой системы, т;  $m_3$  – масса отходов, образующихся на второй ступени рециклинговой системы, т;  $m_i$  – масса отходов, образующихся на  $i$ -ой ступени рециклинговой системы, т;  $m_{i+1}$  – масса отходов, образующихся на следующей за  $(i+1)$ -ой ступени рециклинговой системы, т.

Очевидно, что чем больше уровней имеет рециклинговая система, тем более экологически проблемным и экономически затратным является тот или иной товар, а также его дальнейшая утилизация. Товарпроизводители еще на стадии проектирования обязаны предусмотреть наиболее оптимальные способы утилизации товаров,

прошедших все этапы жизненного цикла, с учетом минимального количества рециклинговых стадий, предусматривающих переработку вторичного сырья и ликвидных отходов.

Для дополнительной оценки степени вовлечения отходов производства и потребления ввели *рециклинговое отношение*, отражающее, во сколько раз была уменьшена негативная нагрузка на каждой ступени рециклинговой системы, которое рассчитывается следующим образом:

$$\gamma_0^{\text{Recycling}} = \frac{m_0}{m_1}, \gamma_1^{\text{Recycling}} = \frac{m_1}{m_2}, \gamma_2^{\text{Recycling}} = \frac{m_2}{m_3}, \gamma_i^{\text{Recycling}} = \frac{m_i}{m_{i+1}},$$

где  $\gamma_0^{\text{Recycling}}$  – рециклинговое отношение на нулевой ступени рециклинговой системы, %;  $\gamma_1^{\text{Recycling}}$  – рециклинговое отношение на первой ступени рециклинговой системы, %;  $\gamma_2^{\text{Recycling}}$  – рециклинговое отношение на второй ступени рециклинговой системы, %;  $\gamma_i^{\text{Recycling}}$  – рециклинговое отношение на  $i$ -ой ступени рециклинговой системы, %.

Рассмотрим простой поясняющий пример. В результате переработки первичного сырья в объеме 200 т ( $m_0$ ) высвободилось 10 т ( $m_1$ ) отходов, которые затем были вовлечены в альтернативную переработку. Новое производство привело к появлению 4 т ( $m_2$ ) ликвидных отходов, заново вовлеченных в рециклинговую цепочку, приведшую к высвобождению еще 1 т ( $m_3$ ) партии отходов, опасных для дальнейшего использования в промышленности.

Ранее приведенные формы расчетов свидетельствуют, что уровень эффективности рециклинга для нулевого уровня составил 95%, для первого – 60%, а для второго – 75%, то есть

$$W_0^{\text{Recycling}} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100 = \frac{200 - 10}{200} \cdot 100 = 95\%,$$

$$W_1^{\text{Recycling}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 = \frac{10 - 4}{10} \cdot 100 = 60\%,$$

$$W_2^{\text{Recycling}} = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100 = \frac{4 - 1}{4} \cdot 100 = 75\%.$$

При этом уровень эффективности всей рециклинговой системы составляет

$$W_{0 \rightarrow 2}^{\text{Recycling}} = \frac{m_0 - m_3}{m_0} \cdot 100 = \frac{200 - 1}{200} \cdot 100 = 99,5\%.$$

Соответствующие рециклинговые отношения, рассчитанные для данного примера, составили

$$\gamma_0^{\text{Recycling}} = \frac{m_0}{m_1} = \frac{200}{10} = 20,$$

$$\gamma_1^{\text{Recycling}} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{10}{4} = 2,5,$$

$$\gamma_2^{\text{Recycling}} = \frac{m_2}{m_3} = \frac{4}{1} = 4.$$



Рециклинговое отношение, характерное для всей рециклинговой системы, равно

$$\gamma_{0 \rightarrow 2}^{\text{Recycling}} = \frac{m_0}{m_3} = \frac{200}{1} = 200.$$

Аналогичный результат можно получить и при перемножении отдельных рециклинговых отношений, то есть

$$\gamma_{0 \rightarrow 2}^{\text{Recycling}} = \gamma_0^{\text{Recycling}} \cdot \gamma_1^{\text{Recycling}} \cdot \gamma_2^{\text{Recycling}} = \frac{m_0}{m_1} \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{m_2}{m_3} = 20 \cdot 2,5 \cdot 4 = 200.$$

Полагаем, что отсутствие механизмов рециклинга не позволит страусоводству в скором времени занять достойное место в системе отечественного птицеводства, а производимая продукция будет вечно восприниматься как экзотика (Киладзе, 2011з).

*Статистический анализ ресурсосбережения.* В настоящее время вопросы утилизации отходов, неизбежно возникающие на разных этапах сельскохозяйственного производства и потребления, формируют актуальное научное направление в системе агро- и биоэкологии. Ресурсосберегающие технологии внедряются во все отрасли сельского хозяйства, что позволяет не только решить проблемы с загрязнением окружающей среды отходами биогенного характера, но и в целом повысить рентабельность АПК страны за счет вовлечения вторичного сырья в новый цикл переработки. В сегодняшних условиях принцип ресурсосбережения для сельхозпроизводителей приобрел вполне реальный экономический смысл, требующий эффективной реализации. Очевидно, что максимально полное вовлечение отходов в систему рециклинга является не только имиджевой производственной стратегией, но и мощным экономическим стимулом повышения рентабельности произведенной продукции, ибо прибыль предприятия складывается не только от реализации основной номенклатуры товаров, но и от переработки вторичного сырья.

Организация системы ресурсосбережения предполагает статистический учет отходов (табл. 42), возникающих в системе АПК, что необходимо для принятия управленческих решений, направленных на оптимизацию экологической политики.

Одним из методов анализа данных статистики являются специальные коэффициенты, позволяющие проводить мониторинг сложившейся ситуации в системе ресурсосбережения. В аналитической работе используют так называемый коэффициент утилизации отходов, а также сопряженный с ним коэффициент неиспользования отходов.

*Коэффициент утилизации отходов* рассчитывают по следующей формуле:

$$K_{\text{Recycling}} = \frac{\text{Utilization}}{\text{Generation}} \cdot 100,$$

где  $K_{\text{Recycling}}$  – коэффициент утилизации отходов, %;

*Utilization* – использование и обезвреживание отходов производства и потребления, млн. т;

*Generation* – образование отходов производства и потребления, млн. т.

*Коэффициент неиспользования отходов* рассчитывают из следующего соотношения:

$$K_{\text{Recycling}} + K_{\text{Waste}} = 100;$$

$$K_{\text{Waste}} = 100 - K_{\text{Recycling}},$$

где  $K_{\text{Waste}}$  – коэффициент неиспользования отходов, %.

В этой связи, если коэффициент утилизации отходов превышает значение коэффициента неиспользования отходов, то применяемые ресурсосберегающие технологии

**Таблица 42.** Эффективность использования отходов производства и потребления сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в Российской Федерации за 2005–2009 гг.

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009
Образование отходов ( <i>Generation</i> ), млн. т*	14.3	17.3	26.6	67.9	77.4
Использование и обезвреживание отходов ( <i>Utilization</i> ), млн. т*	10.9	13.4	19.2	18.8	24.0
Неиспользованная часть отходов ( <i>Unused</i> ), млн. т	3.4	3,9	7.4	49.1	53.4
Дельта ( $\Delta$ ), %	+52.4	+55.0	+44.4	-44.6	-38.0

\* По данным сайта Федеральной службы государственной статистики.

можно признать эффективными, а если не превышает, то – неэффективными. В этом случае необходимо проводить работу по созданию или модернизации существующих технологий, направленных на переработку вторичного сырья. В идеале коэффициент утилизации отходов должен стремиться к 100%, а коэффициент неиспользования отходов – к нулю. Однако в подавляющем большинстве случаев уровень утилизации отходов не достигает максимальных показателей, поэтому, говоря об эффективности, мы имеем в виду лишь простое превышение одного коэффициента над другим ( $K_{\text{Recycling}} > K_{\text{Waste}}$ ), ибо в этом случае большая часть многотоннажного вторичного сырья все же вовлекается в новый цикл переработки.

Коэффициенты, рассчитанные на основе данных таблицы 42, являются зеркальным отражением друг друга. Эффект «зеркала» хорошо заметен на графиках, представленных на рисунке 40, Б. Очевидно, что при диспаритете коэффициентов точки расходятся, а при паритете – приближаются друг к другу, при этом хронологические тенденции в первом случае можно охарактеризовать как дивергенцию экологической стратегии, а во втором – как конвергенцию экологической стратегии. Максимальная дивергенция наблюдается в том случае, если один из коэффициентов равен 100%, а другой – нулю. Экологическая интерпретация такой ситуации заключается либо в полном вовлечении отходов во вторичный цикл переработки, либо в полном отсутствии каких-либо действий, направленных на реализацию экологических доктрин.

Графическая дивергенция и конвергенция в аналитической интерпретации соответствуют разнице между использованной частью отходов (*Utilization*) и неиспользованной (*Unused*), соотношенной к общему их количеству (*Generation*), выраженной в процентах, что эквивалентно разнице коэффициентов, то есть

$$\Delta = \frac{Utilization - Unused}{Generation} \cdot 100 = K_{\text{Recycling}} - K_{\text{Waste}},$$

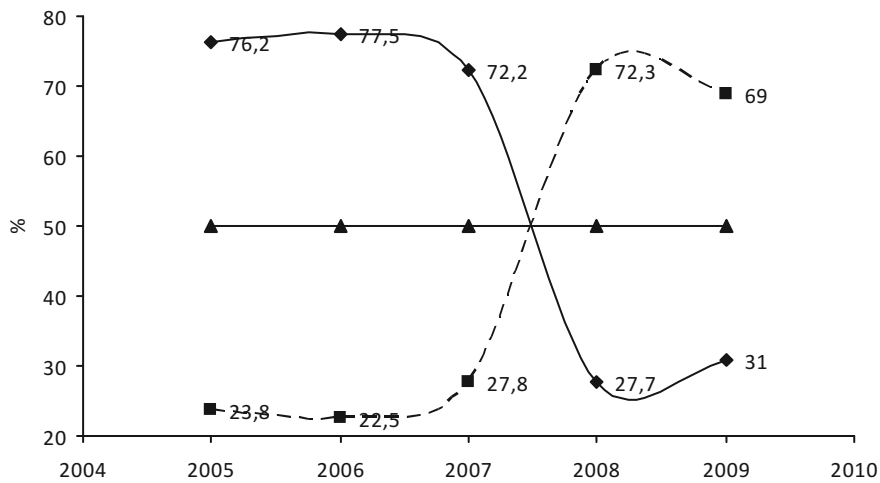
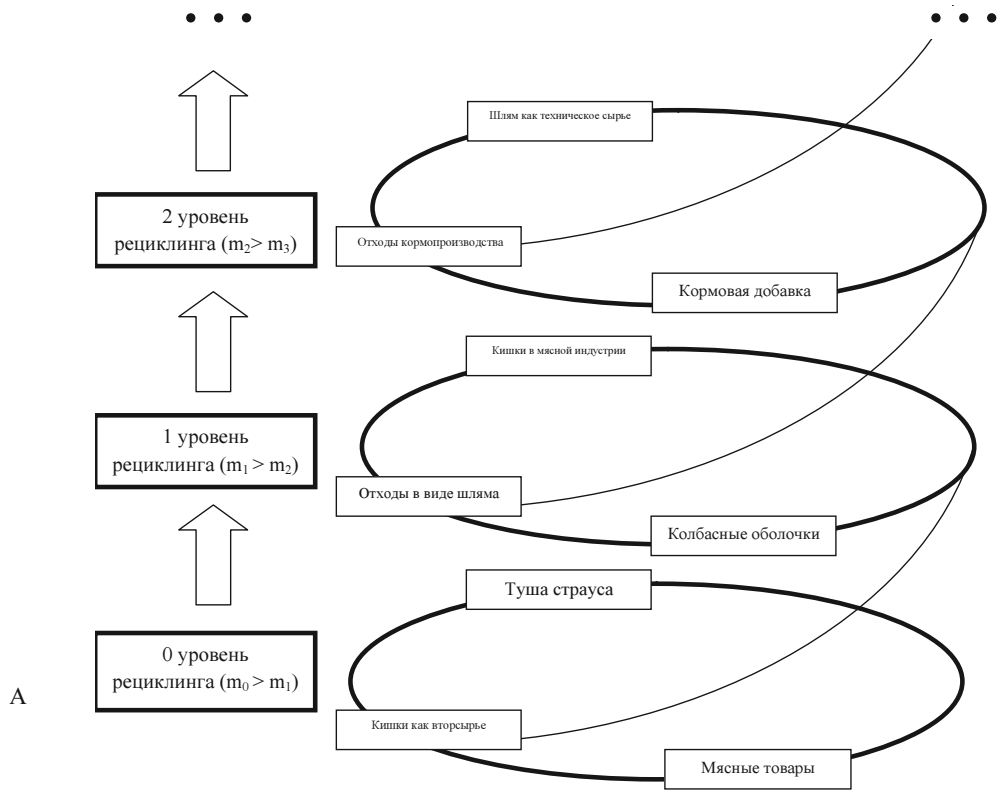
где  $\Delta$  – дельта, %;

*Utilization* – использование и обезвреживание отходов производства и потребления, млн. т;

*Unused* – неиспользованная часть отходов, млн. т;

*Generation* – образование отходов производства и потребления, млн. т.

Если дельта не превышает 10%-ного уровня, то можно говорить о конвергенции, а если превышает – о дивергенции экологической стратегии, при этом дельта может принимать положительные ( $Utilization > Unused$  или  $K_{\text{Recycling}} > K_{\text{Waste}}$ ) и отрицательные ( $Utilization < Unused$  или  $K_{\text{Recycling}} < K_{\text{Waste}}$ ) значения. Очевидно, что положительные значения в отличие от отрицательных показателей говорят об успехе переработки отходов, а графический профиль дельты в виде зазора, ограниченного коэффициентами, отражает размах между экологическими стратегиями.



—◆— Коэффициент утилизации отходов —■— Коэффициент неиспользования отходов

**Рис. 40.** Схема безотходной технологии страусоводства (А), реализующей систему Recycling (на примере туши страуса ( $m_0$ ), кишечного сырья ( $m_1$ ), шляма ( $m_2$ ) и отходов кормопроизводства ( $m_3$ )) и графический профиль (Б) коэффициента утилизации отходов и коэффициента неиспользования отходов сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в Российской Федерации за 2005–2009 гг.

Если рассматриваемые коэффициенты будут равны ( $K_{Recycling} = K_{Waste} = 50\%$ ), то наблюдается полное совпадение точек за счет наложения данных друг на друга. Данный случай характеризует максимальную конвергенцию коэффициентов, а прямая линия, отмеченная на графике, характеризуя это явление, является медиумом. При смене ресурсосберегающей стратегии формируется тенденция, которую можно назвать экологическим кроссингвером (англ. *crossing over* – перекрест), что графически отображается как перекрест коэффициентов (рис. 40, Б) (Киладзе, 2011и).

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что за период 2005–2007 гг. процесс вовлечения отходов в новый цикл переработки в целом по стране был на очень высоком уровне. В 2008 г. ситуация изменилась в худшую сторону, ибо поменялась ресурсосберегающая стратегия (экологический кроссингвер), при этом коэффициент неиспользования отходов существенно превысил 50%-ный рубеж, что наметило неблагоприятную тенденцию, сохраненную и в 2009 г.

Полученные результаты не позволяют говорить о стабильно высоком режиме переработки вторичного сырья в системе АПК. Считаю опасным для экологической безопасности АПК такую резкую смену ресурсосберегающей стратегии. Очевидно, что сложившийся эффект экологического кроссингвера актуализирует данную проблему, для решения которой требуется постоянная ротация и подготовка ресурсосберегающих предложений со стороны заинтересованных экологических структур.

Итак, использование простого инструментария в системе экологического мониторинга позволяет проводить эффективную оценку вовлечения отходов производства и потребления АПК (Киладзе, 2011к).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Страусоводство в системе современного птицеводства является наиболее растущим и динамично развивающимся сектором отрасли, активно внедряющим систему безотходной технологии за счет рационального использования в производственном процессе практически всего спектра животного сырья, обеспечивая не только природоохранную политику, но и получая дополнительный источник прибыли.

Представленная работа отличается междисциплинарным подходом к исследованию различных тканей и органов африканского страуса, предусматривающим в качестве фундаментальной основы морфологические изыскания, направленные на формирование, с одной стороны, представлений об адаптивной сущности отдельных органов и тканей, а с другой – на выявление их полезности для различных отраслей промышленности. Использование описательных, морфометрических, гистологических, анатомических и квалиметрических процедур с учетом компьютерного моделирования некоторых биообъектов позволило подойти к пониманию потребительной стоимости исследованного сырья, получаемого от африканского страуса.

Цель настоящей работы заключалась в систематизации результатов собственных исследований, обращенных главным образом к технической продукции страусоводства, ресурсный потенциал которой еще полностью недооценен. В работе раскрывается широкий спектр производственных возможностей некоторого вторичного сырья. Особый акцент был сделан на исследовании микроструктуры и морфометрических свойств, которые необходимо учитывать при создании технологии и организации производства. К перспективным направлениям в этой области необходимо отнести вопросы стандартизации и сертификации. Создание нормативно-технической документации, охватывающей все этапы товародвижения, должно послужить необходимой базой для успешного внедрения вторичного сырья в производство с последующим доведением созданных товаров до конечного потребителя.

Полагаем, что успех концепции ресурсосбережения в страусоводстве во многом зависит от комплексной переработки вторичного сырья, а также от экономических предпосылок, связанных с ценообразованием на основную продукцию отрасли.

В работе предпринята попытка создания аналитической базы, позволяющей осуществлять мониторинг ресурсосберегающих процессов на разных уровнях – от отдельно взятого производства до целой отрасли. Представленные подходы, связанные с многоуровневой рециклинговой системой, а также статистическим анализом вовлечения отходов производства и потребления сельского хозяйства, по нашему мнению, позволят наиболее оптимально организовать работу в системе экологического менеджмента.

Очевидно, что разработка целенаправленной программы, связанной с рациональным использованием вторичного сырья, позволит существенно обогатить не только ассортиментный ряд новыми товарами, но и повысить уровень рентабельности страусоводства, создав конкурентоспособную основу для его дальнейшего развития в России.

## ЛИТЕРАТУРА

- Барсболд Р.* Хищные динозавры мела Монголии. М.: Наука, 1984. 120 с.
- Вракин В.Ф., Сидорова М.В.* Анатомия и гистология домашней птицы. М.: Колос, 1984. 288 с.
- Гагарин В.В.* Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса страуса: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. М., 2005. 26 с.
- Гасанова З.Г.* Товароведение и технология перо-пухового сырья: Лекция. М.: МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 1998. 20 с.
- Горбачева М.В.* К вопросу о качестве и использовании жира черного африканского страуса // Ветеринария и кормление. 2009. № 6. С. 111–112.
- Горбачева М.В., Сапожникова А.И.* Исследование некоторых товарных свойств пера страуса // Птица и птицепродукты. 2010. № 2. С. 45–47.
- Горбачева М.В., Кочии И.И., Сапожникова А.И., Сухнина Т.В.* Дополнительные виды продукции убой страусоводства: перспективы использования // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 2. С. 41–44.
- Горлов И.Ф., Шнайдер А.В., Федосова Л.И.* Производство и переработка мяса эму в КХК ЗАО «Краснодонское» // Птица и птицепродукты. 2006. № 1. С. 42–44.
- Древненёбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.) М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 212 с.
- Инкубация страусиных яиц // Птицеводство. 2010. № 8. С. 21–22.
- Карташев Н.Н.* Систематика птиц. М.: Высшая школа, 1974. 342 с.
- Киладзе А.Б.* Основы квалитетрии сырья животного происхождения // Кожа и обувь. 2005а. № 2 (14). С. 28–29.
- Киладзе А.Б.* Основы квалитетрии сырья животного происхождения (Окончание) // Кожа и обувь. 2005б. № 3 (15). С. 9–11.
- Киладзе А.* Первичная обработка шкур африканского страуса // Птицеводство. 2008. № 2. С. 33–34.
- Киладзе А.Б.* Этапы развития страусоводства // Древненёбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010а. С. 156–165.
- Киладзе А.Б.* Некоторые особенности товарно-технологических свойств перьев, шкур и подкожного жира африканского страуса // Там же. 2010б. С. 119–133.
- Киладзе А.Б.* Некоторые технологические свойства страусовых перьев // Швейное производство. 2010в. № 11. С. 31–33.
- Киладзе А.Б.* Технологические свойства кожи африканского страуса // Кожа и обувь. 2010г. № 1. С. 44–46.
- Киладзе А.Б.* Структурно-химическая характеристика подкожного жира африканского страуса // Там же. 2010д. № 2. С. 27–29.
- Киладзе А.Б.* Морфометрический анализ пролиферации эпидермиса на примере кожи головы африканского страуса *Struthio camelus* Linnaeus, 1758 (Struthioniformes) // Конференция «Морфогенез в индивидуальном и историческом развитии», 16–18 марта 2011 г. Тезисы. М.: ОМТ ПИН РАН, 2011а. С. 17–19.
- Киладзе А.* Некоторые свойства когтя африканского страуса: технологический аспект // Главный зоотехник. 2011б. № 5. С. 27–30.
- Киладзе А.Б.* Морфология ресниц африканского страуса // Современные проблемы зоологии позвоночных и паразитологии: материалы III Межд. науч. конф. «Чтения памяти проф. И.И. Барабаш-Никифорова». Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ. 2011в. С. 153–156.
- Киладзе А.Б.* Морфологическая и квалитетрическая характеристики мышечной ткани африканского страуса // Товаровед продовольственных товаров. 2011г. № 4. С. 48–51.
- Киладзе А.Б.* Морфометрическая характеристика трахеи страуса // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2011д. Т. 206. С. 103–108.
- Киладзе А.Б.* Морфометрическая характеристика глаз африканского страуса // Птица и птицепродукты. 2011е. №3.
- Киладзе А.Б.* Образ страуса из глубины веков // Мясная индустрия. 2011ж. № 5. С. 74–76.
- Киладзе А.* Ресурсосбережение в страусоводстве // Птицеводство. 2011з. № 2. С. 49–50.

- Киладзе А.Б. Коэффициент утилизации отходов как эффективный инструмент экологического менеджмента // Менеджер-эколог. 2011и. № 5–6. С. 66–68.
- Киладзе А. Аналитические показатели ресурсосбережения в сельском хозяйстве // Главный зоотехник. 2011к. № 4. С. 3–4.
- Киладзе А.Б., Гасанова З.Г. Анализ технических условий на стекловидное тело глаз убойных животных // Мясная индустрия. 2001. № 8. С. 38–39.
- Киладзе А.Б., Коблик Е.А., Шишкин В.С. Страус и родственные ему виды в искусстве и религии: от мифов до гербов // Древненёбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010. С. 135–141.
- Киладзе А.Б., Сухина Т.В. Гистологическая структура кожного покрова африканского страуса // Птица и птицепродукты. 2008. № 3. С. 46–47.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. Топологический образ поверхности кожи африканского страуса // Птица и птицепродукты. 2008. № 6. С. 44–46.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. Архитектоника коллагеновой стромы кожного покрова африканского страуса *Struthio camelus* L., 1758 (Struthioniformes) // Птицефабрика. 2009а. № 5. С. 14–18.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. К вопросу о гексагональной решетке перьевых фолликулов // Там же. 2009б. № 6. С. 31–33.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. Особенности топографии кожного покрова африканского страуса // Там же. 2009в. № 5. С. 19–22.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. Микроструктура кожи эму и африканского страуса // Древненёбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010а. С. 93–118.
- Киладзе А.Б., Чернова О.Ф. Некоторые свойства страусовых перьев: технологический аспект // Птица и птицепродукты. 2010б. № 1. С. 51–52.
- Классен Н. Товароведение животного-технических сырья и материалов. М.: Изд. Центросоюза, 1926. 88–98 с.
- Коблик Е.А. История систематики палеогнат // Древненёбные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010а. С. 6–12.
- Кожа. Методы испытаний. Сборник стандартов. М.: ИПК Издательство стандартов. 2003. С. 34–36, 37–38, 44–45, 46–48, 54–60, 61–62, 65–73, 74–75, 78–80, 114–118, 146–148.
- Кузнецов Б.А. Товароведение второстепенных видов животного сырья. М.: ООО «Аквариум Принт», 2005. 384 с.
- Кузьмичев В.Ю., Колодяжная В.С. Мясо страусов в производстве мясных продуктов // Мясные технологии. 2008. № 5. С. 64–68.
- Микроскопическая техника: Руководство / Д.С. Саркисов, Ю.Л. Перов (ред.). М.: Медицина, 1996. 544 с.
- На книжной полке // Птицеводство. 2010. № 8. С. 42.
- Онлайн калькулятор: Сегмент шара, 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://planetcalc.ru/149/> <http://planetcalc.ru/283/> <http://www.costinfo.ru/cost-transfer/foreign-contract-costs.php>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
- Порческу Г.С. Сравнительная морфология пищеварительного тракта африканского черного страуса, курицы и индейки: Автореф. дисс. ... доктора вет. наук. Кишинев, 2005. 40 с.
- Производство страусоводства // Страусиная ферма «Страусиный хутор», 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.straus-spb.ru/index.php/more-about-straus/48-products>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
- Ромер А., Парсонс Т. Анатомия позвоночных: в 2-х томах. Т. 1: Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 358 с.
- Савостьянов Г.А. Основы структурной гистологии. Пространственная организация эпителиев. СПб.: Наука, 2005. 375 с.
- ТУ 10-02-01-01 – 86. Стекловидное тело глаз крупного рогатого скота, свиней, овец и коз замороженное. М.: 1986. С. 1–9.
- Туревич В.И. Страусоводство: история, теория и практика / Л.В. Куликов (ред.). М.: Колос, 2000. 224 с.

- Тюнина Т., Куликов Л. Морфологическое строение яиц африканского страуса // Птицеводство. 2009. № 12. С. 37–38.
- Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. М.: ООО «Бином-Пресс», 2008. 512 с.
- Хлудеев К.Д. Практикум по товароведению и технологии кожевенного сырья: Уч. пособие. М.: МВА. 1986. 84 с.
- Чернова О.Ф. Архитектоника волос и ее диагностическое значение. М.: Наука, 2006. 80 с.
- Чернова О.Ф. Проблема возникновения кожных дериватов в эволюции амниот. Кожные придатки – чешуя, перо, волос // Журн. общ. биол. 2008а. Т. 69. № 2. С. 130–151.
- Чернова О.Ф. Железы наружных покровов хордовых в аспекте морфобиологической теории эволюции А.Н. Северцова // Сб. трудов Зоол. музея МГУ. М.: МГУ, 2008б. С. 279–342.
- Чернова О.Ф. Кожные дериваты в онто- и филогенезе позвоночных // Изв. РАН, сер. биол. 2009. № 2. С. 218–227.
- Чернова О.Ф., Дзебуадзе Ю.Ю. Архитектоника чешуи костистых рыб (Teleostei) и ее диагностическое значение. М.: Наука, 2008. 137 с.
- Чернова О.Ф., Ильищенко В.Ю., Перфилова Т.В. Архитектоника перьев и ее диагностическое значение. М.: Наука, 2006. 100 с.
- Чернова О.Ф., Киладзе А.Б. Гистологическая структура эпидермиса африканского страуса *Struthio camelus* L., 1758 (Struthioniformes) // Птица и птицепродукты. 2009. № 3. С. 46–49.
- Чернова О.Ф., Перфилова Т.В., Фадеева Е.О., Целикова Т.Н. Атлас микроструктуры перьев птиц. М.: ФЦЭС, 2009. 173 с.
- Чернова О.Ф., Фадеева Е.О., Ильищенко В.Ю. Микроструктура и архитектоника перьев взрослых птиц и птенцов // Древнеяйчные птицы (очерки филогении, систематики, биологии, морфологии и хозяйственного использования) / О.Ф. Чернова, Е.А. Коблик (ред.). М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010 С. 78–92.
- Шнейберг Я.И. Особенности строения домашних птиц // Анатомия домашних животных / И.В. Хрусталева, Н.В. Михайлов, Я.И. Шнейберг и др. 2-е изд., стереотип. М.: Колос, 1994. С. 636–675.
- Abbaspour-Fard M.H., Emadi B., Aghkhani M.H. Fertility recognition of ostrich egg using physical properties // J. App. Sci. 2010. V. 10. P. 1405–1412.
- Alexander R.M., Maloij G.M.O., Njau R., Jayes A.S. Mechanics of running of the Ostrich (*Struthio camelus*) // J. Zool. 1979. V. 187. P. 169–178.
- Ar A., Paganelli C.V., Reeves R.B., Greene D.G., Rahn H. The avian egg: water vapor conductance, shell thickness, and functional pore area // The Condor. 1974. V. 76. P. 153–158.
- Bezuidenhout C.C. Anatomy. // The Ostrich: Biology, production and health / D.C. Deeming (ed.). CABI publishing, Wallingford, Oxon. 1999a. P. 13–49.
- Bezuidenhout C.C. Studies of the population structure and genetic diversity of domesticated and 'wild' Ostriches (*Struthio camelus*). PhD thesis. 1999b.
- Bibi F., Shabel A.B., Kraatz B.P., Stidham T.A. New fossil Ratite (Aves: Paleognathae) eggshell discoveries from the late Miocene Baynunah Formation of the United Arab Emirates, Arabian Peninsula // Paleont. Electr. 2006. V. 9 (1). 2A.
- Bitlisli B.O., Basaran B., Sari O., Aslan A., Zengin G. Some physical and chemical properties of Ostrich skins and leathers // Indian J. Chem. Technol. 2004. V. 11. N 5. P. 654–658.
- Bonser R.H.C. Comparative mechanics of bill, claw and feather keratin in the common starling *Sturnus vulgaris* // J. Avian Biol. 1996. V. 27. P. 175–177.
- Bonser R.H.C. The Young's modulus of Ostrich claw keratin // J. Materials Sci. Letters. 2000. V. 19. P. 1039–1040.
- Bonser R.H.C. Hydration sensitivity of Ostrich claw keratin // Ibid. 2002. V. 21. P. 1563–1564.
- Brown L.H., Urban E.K., Newman K. Order Struthioniformes // The Birds of Africa, V. I. L.: Acad. Press, 1982. P. 32–37.
- Carbajo E. Ostrich production to mature in more countries // World Poultry. 2006. V. 22 (8). P. 24–26.
- Chuong C.-M., Chodankar R., Widelitz R.B., Jiang T.-X. Evo-devo of feathers and scales: Building complex epithelial appendages // Curr. Opin. Gen. Dev. 2000. V. 10. P. 449–456.
- Chuong C.-M., Wu P., Plikus M., Jiang T.-X., Widelitz R.B. Engineering stem cell into organs: Topobiological transformations demonstrated by beak, feather, and other ectodermal organ morphogenesis // Curr. Topics in Dev. Biol. 2006. V. 72. P. 237–274.



- Ciofolo I., Alves C.* Les autruches du Niger. De la conservation de la faune au developement local. ABC Ecologie. Niamey, Niger. 2001. 40 p.
- CITES // Appendices I, II and III, valid from 1st July 2008, 2008. P. 47.
- Cloete S.W.P., Van Schalkwyk S.J., Brant T.S., Hoffman L.C., Nel C.J.* The effects of dietary energy and protein concentrations on Ostrich skin quality // S. Afr. J. Anim. Sci. 2006. V. 36. N 1. P. 40–44.
- Cloete S.W.P., Van Schalkwyk S.J., Hoffman L.C., Meyer A.* Effect of age on leather and skin traits of slaughter Ostriches // S. Afr. J. Anim. Sci. 2004. V. 34. N 2. P. 80–86.
- Cooper R.G.* Ostrich (*Struthio camelus* var. *domesticus*) skin and leather: a review focused on southern Africa // World's Poultry Sci. J. 2001. V. 57. P. 157–178.
- Cooper R.G.* Ostrich database in Africa // Proc. XIV World Ostrich Cong., Riga, Latvia, October 19–20, 2007. P. 31–33.
- Cooper R.G., Mahrose Kh.M.A., Horbaczuk J.O. et al.* The wild Ostrich (*Struthio camelus*): a review // Trop. Anim. Health Prod. 2009. V. 41. P. 1669–1678.
- Cracraft J.* Continental drift, paleoclimatology and the evolution and biogeography of birds // J. Zool. 1973. V. 169. P. 455–545.
- Cramp S., Simmons K.E.L., Ferguson-Lees I.J. et al.* Order Struthioniformes // Handb. birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic. V. 1. Ostrich to Ducks, Oxford: Oxford Univ. press, 1977. P. 37–41.
- Dai H., Xu W., Zhang, Z.-C.* Characteristics of ostrich leather and technology of leather making of Ostrich skin // Leather Sci. and Engin. 2004. V. 14. N 5. P. 47–49.
- Davidson D.* The mechanism of feather pattern development in the chick. II. Control of the sequence of pattern formation // J. Embryol. Exp. Morphol. 1983. V. 74. P. 261–273.
- Deeming D.C.* Introduction // The Ostrich: Biology, Production and Health / D.C. Deeming (ed.). Wallingford, Oxon: CABI publishing, 1999. P. 1–11.
- Duerden J.E.* Experiments with Ostriches. XX. The anatomy and physiology of the Ostrich: C. The internal organs, Part I // Agric. J. Union of South Africa. 1912. V. 3. P. 492–507.
- Freitag S., Robinson T.J.* Phylogeographic patterns in mitochondrial DNA of the Ostrich (*Struthio camelus*) // Auk. 1993. V. 110. P. 614–622.
- Frontczak M., Krysztofiak K., Biliska A., Uchman W.* Characteristics of fat from Ostrich *Struthio camelus* // EJPAU. 2008. V. 11. N 4. Article 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.ejpau.media.pl/volume11/issue4/art-11.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- Fuller E.* Extinct birds (2nd ed.). Oxford, New York: Oxford Univ. press, 2000. 398 p.
- Giazzi A.F., Ciofolo I., Alves K.* In favour of reintroducing the Niger Ostrich (*Struthio camelus camelus*) into the Air-Tenere reserve (Air-Niger massif) // Rev. Geographic Alpine. 2006. V. 94 (4). P. 7–25.
- Homberger D.G., de Silva K.N.* Functional microanatomy of the feather bearing integument: Implications for the evolution of birds and avian flight // Amer. Zool. 2000. V. 40. P. 553–574.
- Hone P.* The most beautiful ornament of its kind // The Guardian – Saturday, 10 January 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.guardian.co.uk/books/2009/jan/10/plumes-ostrich-feathers-sarah-stein>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- <http://people.eku.edu/> – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- <http://www.ostrich.com/eggshell/Ostrich-Empty-Shell-Grade-A.html>. Empty Ostrich egg shells & stands [Электронный ресурс]. – Режим доступа, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- [http://www.ostrich.org.uk/grading/leather\\_grading.html](http://www.ostrich.org.uk/grading/leather_grading.html). [Электронный ресурс]: British Domesticated Ostrich Association: WAO Green Skin and Finished Leather Grading (version 1). – Электронные данные. – Карлайл (Великобритания), 2006–2008. – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- <http://www.ostrichskinsupplies.com>. Ostrich Skin Supplies [Электронный ресурс]: Ostrich Skin Information Guide. – Электронные данные. – Мадрид (Испания), 2002–2008. – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- <http://www.oudtshoorninfo.com/culture.php?id=21&category=22>. History of Ostriches and Oudtshoorn [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,856800,00.html>. The feather merchants // Time – Monday, May. 07, 1951 [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.

- http://www.tonyhill.net/ostrichfeathers.ivnu. About Ostrich Feathers and Ostrich Plumes [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ.
- Joy A. Ostrich farming then and now // World Poultry-Misset. 2005. V. 21 (3). P. 33–35.
- Kacem S.B.H., Muller H.P., Wiesner H. Gestion de la faune sauvage et des parcs nationaux en Tunisie. Reintroduction, gestion et aménagement. Eschborn, GTZ, 1994. P. 129–153.
- Kafri I., Cherry J.A., Jones D.E., Siegel P.B. Breaking strength and composition of the skin of broiler chicks. Response to dietary calorie protein rations // Poult. Sci. 1985. V. 64. P. 2143–2149.
- Khalifa H.H., Fahmy M.O., Ibrahim N.S. Shell physical characteristics and mineral content of hatched and non hatched Ostrich (*Struthio camelus*) eggs // Egypt Poult. Sci. 2006. V. 26. N. IV. P. 1359–1375.
- Kurochkin E.N. Morphological differentiation of palaeognathous and neognathous birds // Courier Forschung. Senckenberg. 1995. Bd. 181. S. 79–88.
- Lange B. Über einige besondere Formen des Faserverlaufes im Bindegewebe der Vögelhaut // Anat. Anz. 1929. Bd. 67. S. 452–459.
- Lucas A.M., Stettenheim P.R. Avian Anatomy Integument. Wash. (D.C.): Publ. US Dept. Agricul., 1972. 750 p.
- Lunam C.A., Weir K.A. Storage of Ostrich skin: Effects of preservation methods on skin structure, physical properties and microbial flora // A report for the Rural Industries Research and Development Corporation / Publ. № 06/054. Barton, A.C.T.: Rural Industr. Res. Dev. Corp. 2006. xiii, 58 p.
- MacAlister A. On the anatomy of the Ostrich (*Struthio camelus*) // Proc. Royal Irish Acad. 1864. V. 9. P. 1–24.
- Martin G.R., Katzir G. Visual fields in Ostriches // Nature. 1995. V. 374. P. 19–20.
- Menon G.K., Maderson P.F.A., Drewes R.C. et al. Ultrastructural organization of avian stratum corneum lipids as the basis for facultative cutaneous waterproofing // J. Morphol. 1996. V. 227. P. 1–13.
- Mikhailov K.E. The microstructure of avian and dinosaurian eggshell: phylogenetic implications // Nat. Hist. Mus. Los Angeles County, Sci. Ser. 1986. V. 36. P. 361–373.
- Mortola J.P. Gas exchange in avian embryos and hatchlings // Comp. Biochem. Physiol. Part A. 2009. V. 153. P. 359–377.
- Mourer-Chauvire C., Senut B., Pickford M., Mein P. Le plus ancien représentant du genre *Struthio* (Aves, Struthionidae). *Struthio coppensi* n. sp., du Miocene inferieur de Namibie // Comptes Rendues de Acad. Sci., Paris, Series II. 1996a. V. 322. P. 325–332.
- Mourer-Chauvire C., Senut B., Pickford M., Mein P., Dauphin Y. Ostrich legs, eggs and phylogenies // South Afr. J. Sci. 1996b. V. 92. P. 492–495.
- Njikam I.N., Ndam S., Huart A., Leroy P. Conservation de l'autruche (*Struthio camelus*) au Cameroun par sa valorisation: perspectives offertes par l'élevage // Game & Wildlife Sci. 2004. V. 21 (3). P. 387–394.
- Obinata A., Akimoto Y. Involvement of *Hex* in the initiation of feather morphogenesis // Int. J. Dev. Biol. 2005. V. 49. P. 953–960.
- Olson S.L. The fossil record of birds // Farner D., King J., Parkes K. (eds) Avian Biology. V. 8. New York: Acad. Press, 1985. P. 79–252.
- Peng K., Feng Y., Zhang G., Liu H., Song H. Anatomical study of the brain of the African Ostrich // Turk. J. Vet. Anim. Sci. 2010. V. 34 (3). P. 235–241.
- Pigatto J.A.T., Franzen A.A., Pereira F.Q. et al. Scanning electron microscopy of the corneal endothelium of Ostrich // Ciencia Rural, Santa Maria. 2009. V. 39. N. 3. P. 926–929.
- Prager E.M., Wilson A.C., Osuga D.T., Feeney R.E. Evolution of flightless land bird on southern continents: transferring comparison shows monophyletic origin of ratites // J. Mol. Evol. 1976. V. 8 (3). P. 283–294.
- Prum R.O., Torres R.H. A Fourier tool for analysis of coherent light scattering by bio-optical nanostructures // Integr. Comp. Biol. 2003. V. 43. P. 591–602.
- Qu H.-D. The organization and tanning process of Ostrich leg skin // Leather Sci. Engineering. 2006. V. 16. N 4. P. 57–61.
- Romanelli P.F., Trabuco E., Scriboni A.B., Visentainer J.V., de Souza N.E. Chemical composition and fatty acid profile of Rhea (*Rhea americana*) meat // Archiv. Latinoamer. Nutriciyn. 2008. V. 58. N 2. P. 201–205.
- Roots C. Flightless birds. Series: Greenwood guides to the animal world. Westport, Connecticut, London: Greenwood Press, 2006. 248 p.
- Sabath K. Upper Cretaceous amniotic eggs from Gobi desert // Acta Palaeont. Polonica. 1991. V. 36. N 2. P. 151–192.

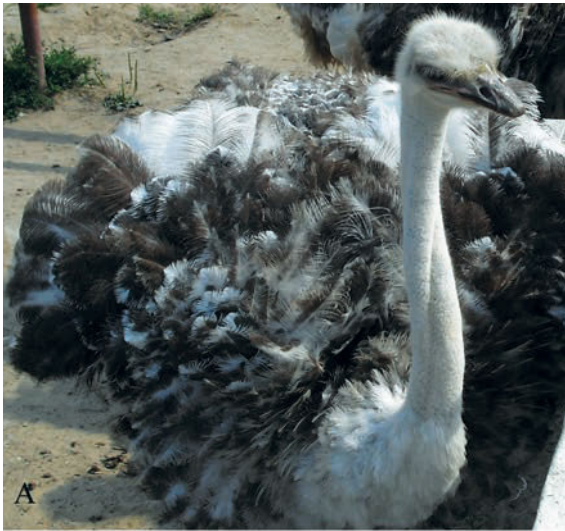
- Sales J.* Slaughter and products // *The Ostrich: biology, production and health* / D.C. Deeming (ed.). Wallingford, Oxon: CABI publ., 1999. P. 231–274.
- Sauer E.G.F., Sauer E.M.* Social behaviour of the South African Ostrich (*Struthio camelus australis*) // *Ostrich. Suppl.* 1966. V. 6. P. 183–191.
- Sengel P.* Pattern formation in skin development // *Int. J. Dev. Biol.* 1990. V. 34. P. 33–50.
- Shanawany M.M., Dingle J.* Ostrich production systems // *FAO animal production and health paper.* Rome, 1999. 256 p.
- Stein S.A.* *Plumes: Ostrich feathers, jews, and a lost world of global commerce.* New Haven: Yale Univ. Press, 2008. 256 p.
- Stettenheim P.R.* The integumentary morphology of modern birds – an overview // *Amer. Zool.* 2000. V. 40. P. 461–477.
- Superchi P., Sussi C., Sabbioni A., Beretti V.* Italian Ostrich (*Struthio camelus*) eggs: physical characteristics and chemical composition // *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma.* 2002. V. XXII. P. 155–162.
- Swart D.* Studies on the hatching, growth and energy metabolism of Ostrich chicks *Struthio camelus* var. *domesticus*. PhD thesis, Univ. Stellenbosch, South Africa, 1988.
- Wang S.* Pathological microstructure of a Miocene Ostrich eggshell from Asia // *Acta Geol. Sin.* 2007. V. 81. N 5. P. 697–702.
- Weir K.A., Lunam C.A.* A histological study of Emu (*Dromaius novaehollandiae*) skin // *J. Zool.* 2004. V. 264. P. 259–266.



**Рис. 5.** Самец и самка африканского страуса на ферме в Тунисе, г. Сусс (Фото. А.Б. Киладзе).

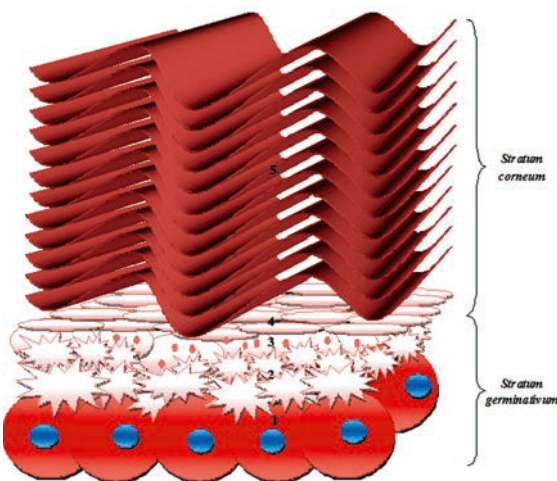


**Рис. 6.** Любопытная самка африканского страуса в зоопарке «Friguia» в Тунисе (Фото. А.Б. Киладзе).



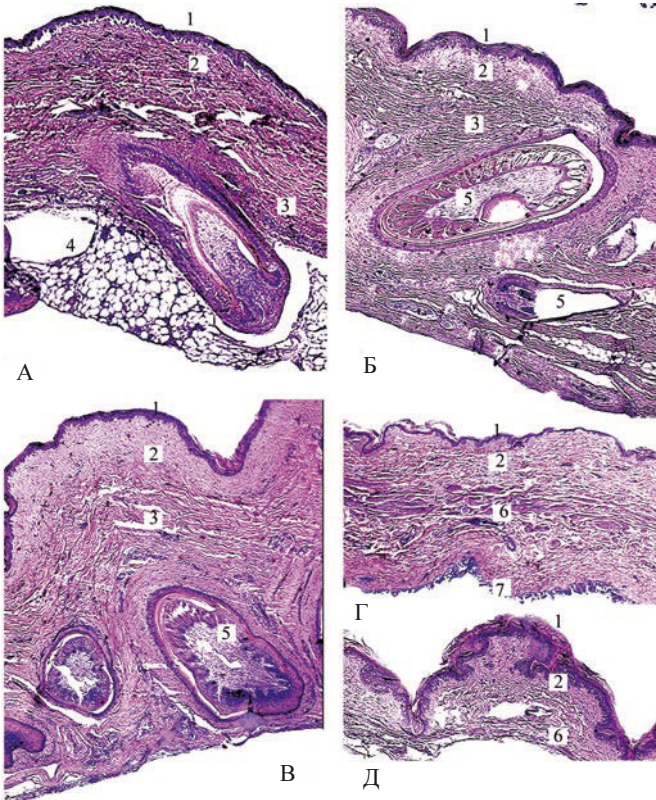
**Рис. 7.** Объекты разведения в ООО «Русский страус».

А – африканский страус; Б – обыкновенный эму (Фото. А.Б. Киладзе).



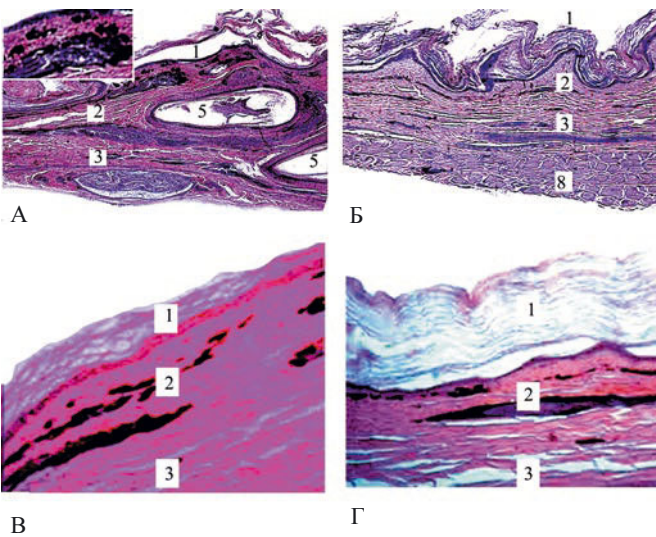
**Рис. 8.** Схема строения эпидермиса африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

1 – герминативный (базальный) слой кератиноцитов; 2 – шиповатый слой кератиноцитов; 3 – зернистый слой кератиноцитов; 4 – блестящий слой; 5 – роговой слой корнеоцитов.

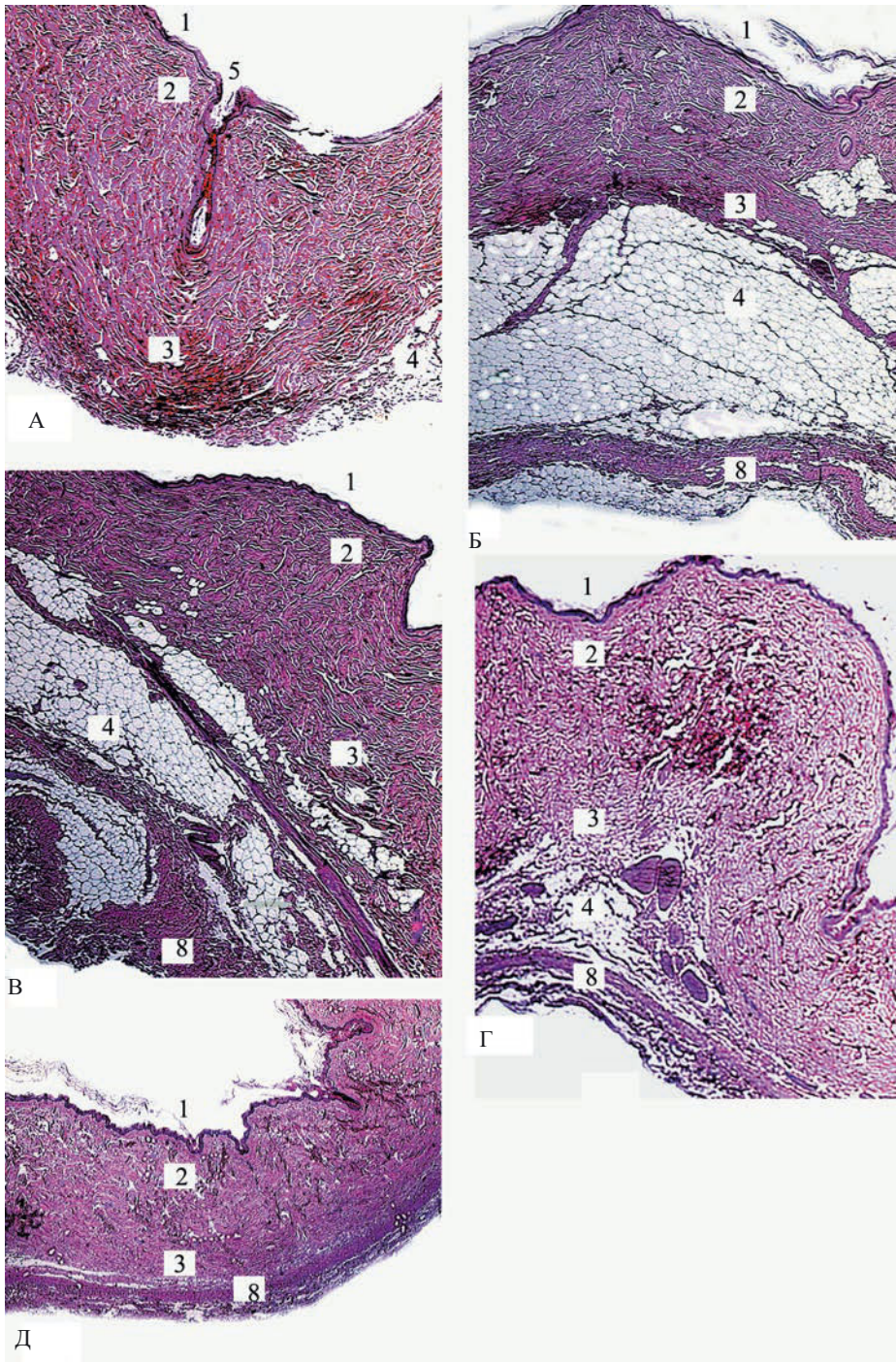


**Рис. 9.** Микроструктура кожи головы взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

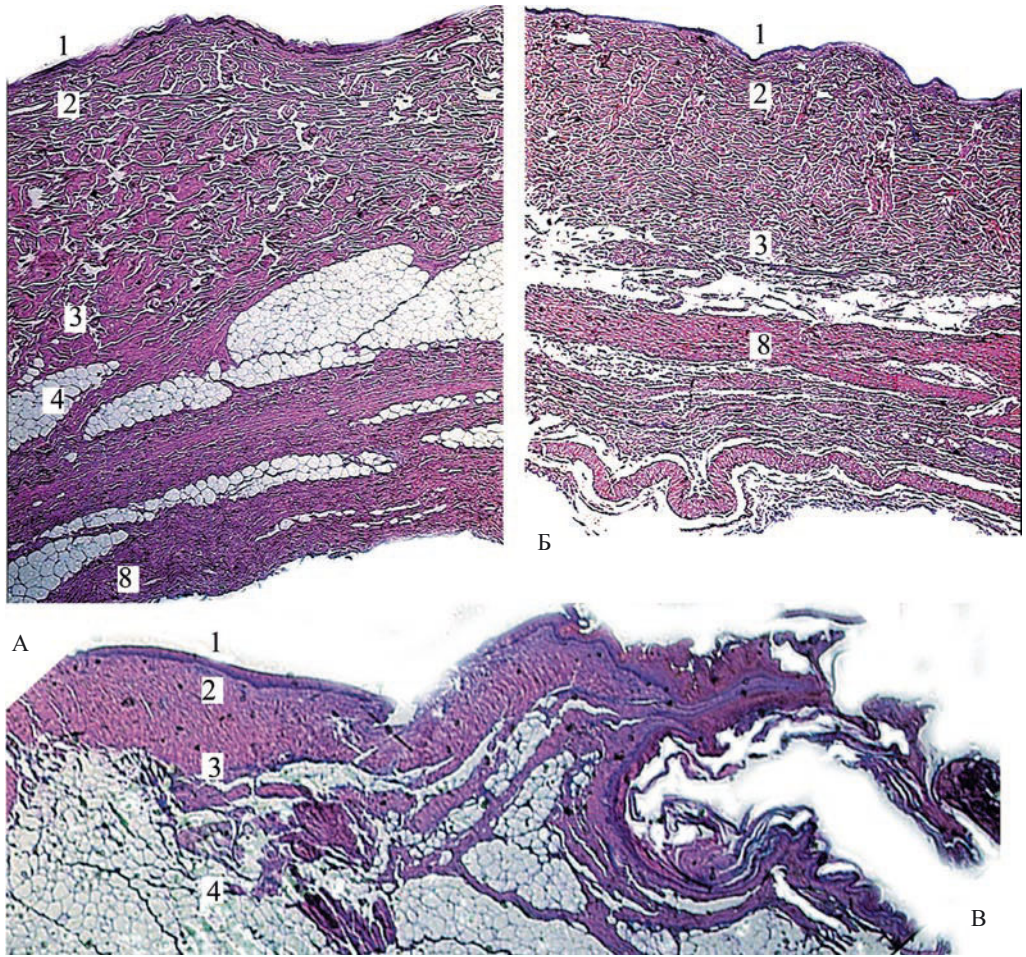
А – лоб. Б – темя. В – затылок. Г – верхнее веко. Д – нижнее веко. 1 – эпидермис; 2 – поверхностный слой дермы; 3 – глубокий слой дермы; 4 – подкожная жировая клетчатка; 5 – перьевой фолликул; 6 – тарсальная пластинка; 7 – конъюнктива века. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув.  $\times 50$ ; 25.



**Рис. 10.** Микроструктура кожи шеи взрослых самца (А, В) и самки (Б, Г) африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). На врезке – пигментные клетки. В – плотный роговой слой эпидермиса. Г – рыхлый с неоднородной плотностью роговой слой. Обозначения как на рис. 9, 10; 8 – подкожный мышечный слой. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув.  $\times 50$ ; 400.

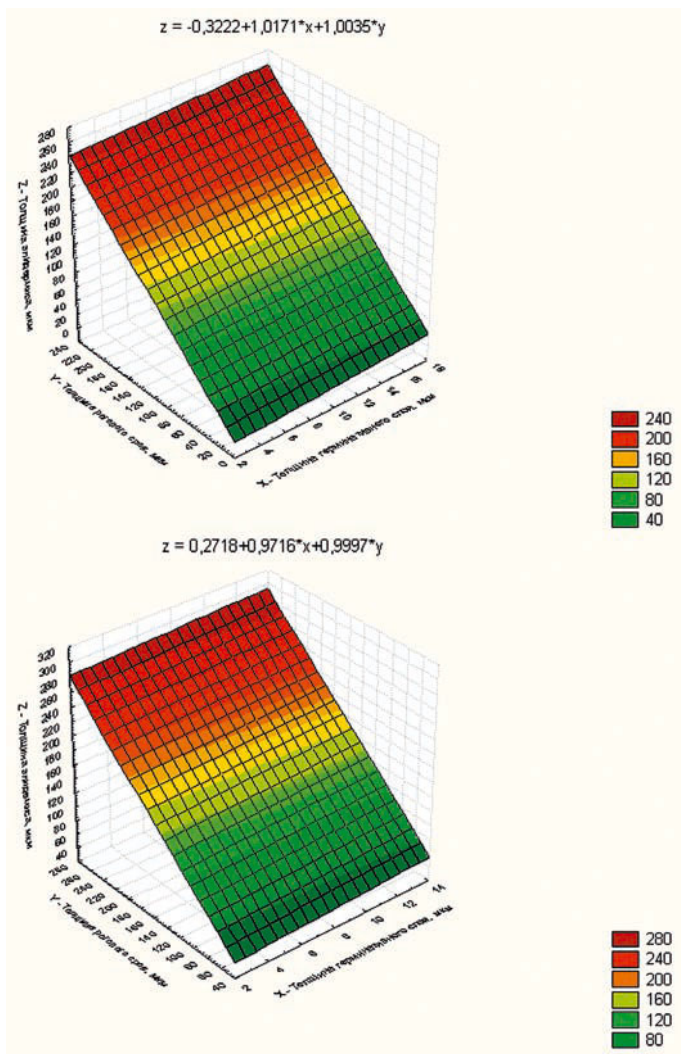


**Рис. 11.** Микроструктура кожи спины взрослых самца (А–В) и самки (Г, Д) африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).  
 Обозначения как на рис. 9, 10. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув. × 25.

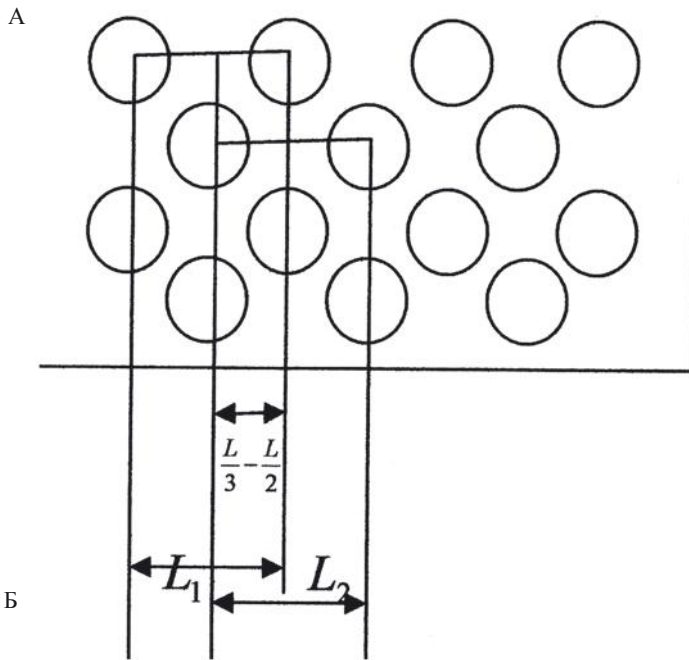
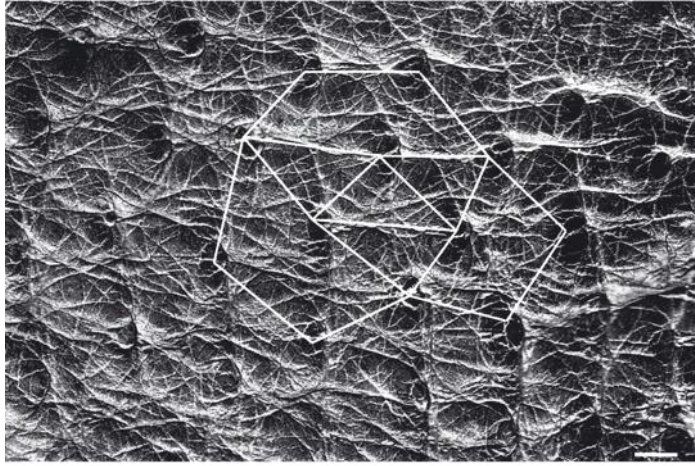


**Рис. 12.** Микроструктура кожи бока (А, Б) и плеча (В) взрослых самца и самки африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).  
 А – самец. Б, В – самка. Обозначения как на рис. 9, 10. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув. × 25.





**Рис. 13.** Взаимосвязь между основными гистологическими структурами эпидермиса взрослых особей африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) ( $n = 30$ ).  
 А – множественный регрессионный анализ морфометрических параметров эпидермиса самца в шейной области. Б – то же самки.



**Рис. 16.** Закономерность распределения перьевых фолликулов в коже спины взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

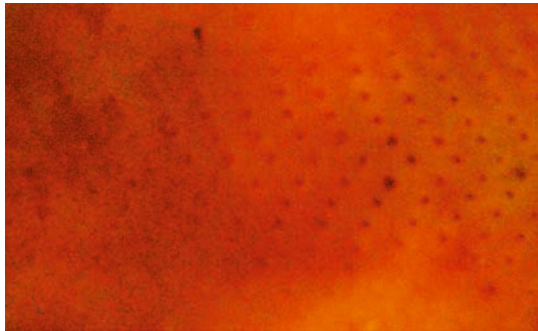
А – панорамная реплика поверхности кожи после дубления и отделочных операций. Гексагональная решетка расположения перьевых фолликулов обозначена белым цветом. Тотальный препарат. Масштаб 3,3 мм.

Б – топологическая модель расположения перьевых фолликулов:  $L_1$  – расстояние между перьевыми фолликулами первого ряда;  $L_2$  – расстояние между перьевыми фолликулами следующего ряда;

$\frac{L}{3} - \frac{L}{2}$  – величина смещения между соседними рядами перьевых фолликулов.

**Рис. 17.** Расположения перьевых фолликулов на поверхности кожи спины (А) и хвоста (Б) домашней индейки *Meleagris gallopavo* (Galliformes). Тотальный препарат.

А



Б



А



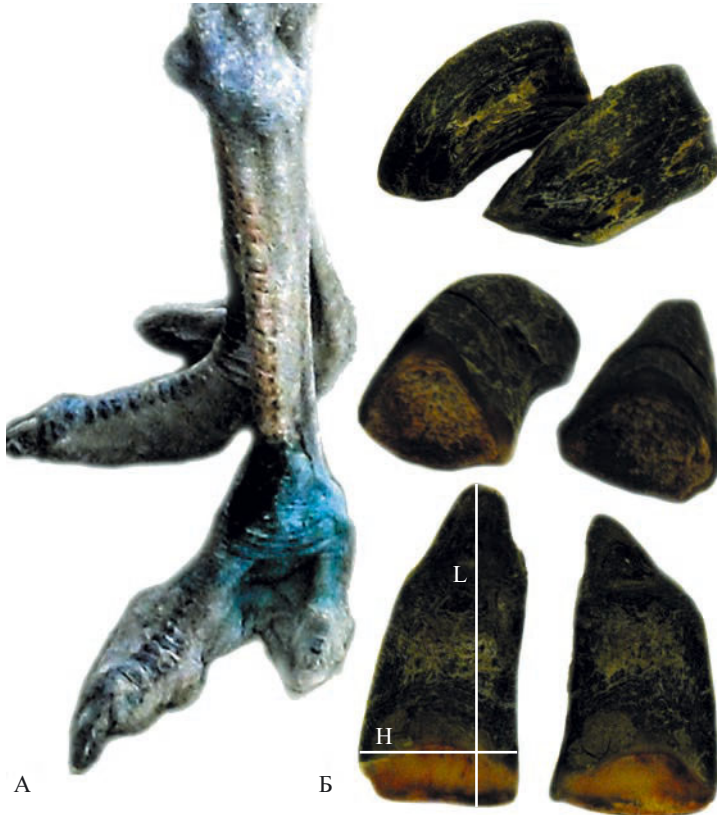
Б

**Рис. 19.** Внешний вид кожи африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

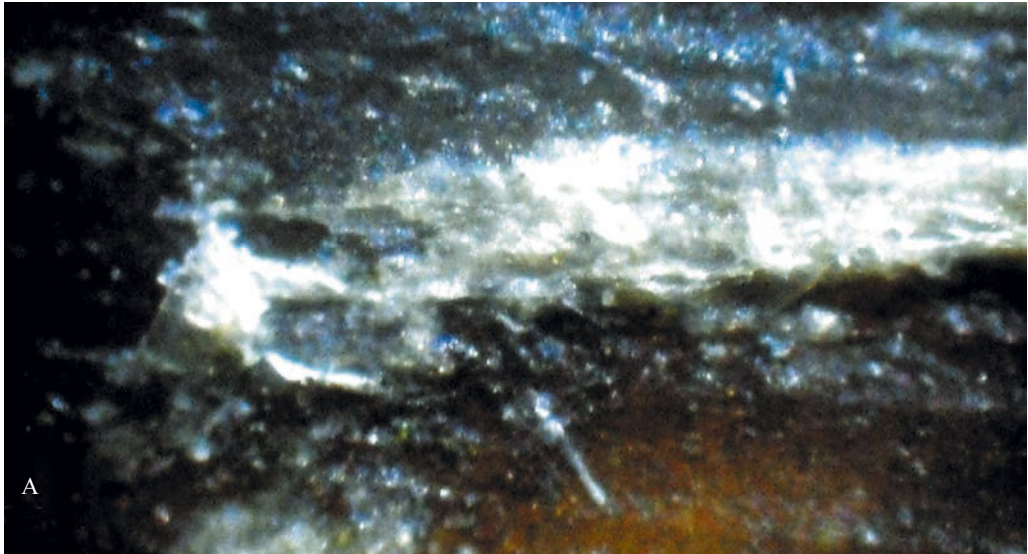
А – лицевая поверхность, несущая мерею. Б – бахтарма кожи, имеющая «войлочную» поверхность, образованную выдубленными пучками коллагеновых волокон. Тотальный препарат.



**Рис. 20.** Лицевая поверхность кожи африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) после испытания на устойчивость покрытия к мокрому трению с признаками «сдира». Тотальный препарат. Ув.  $\times 20$ .



**Рис. 21.** Расположение (А) и внешний вид (Б) когтей взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). Б (сверху вниз) – когтевая пластинка (дорсальная поверхность); поперечный разрез когтя; подошвенная пластинка (вентральная поверхность). L – длина когтя. H – ширина основания. Тотальный препарат.

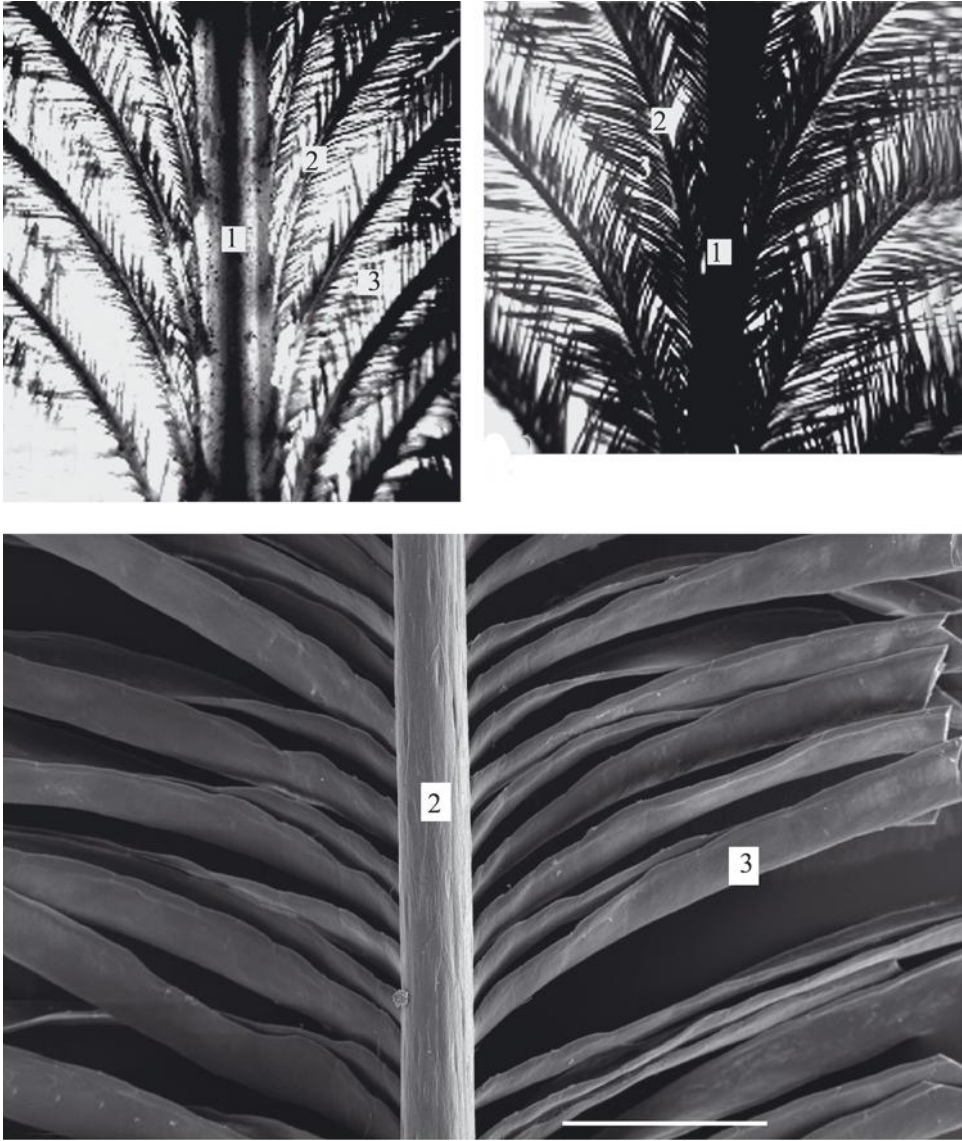


**Рис. 22.** Микроструктура когтя взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

А – наружная поверхность. Б – внутренняя поверхность. Тотальный препарат. Ув. × 60.

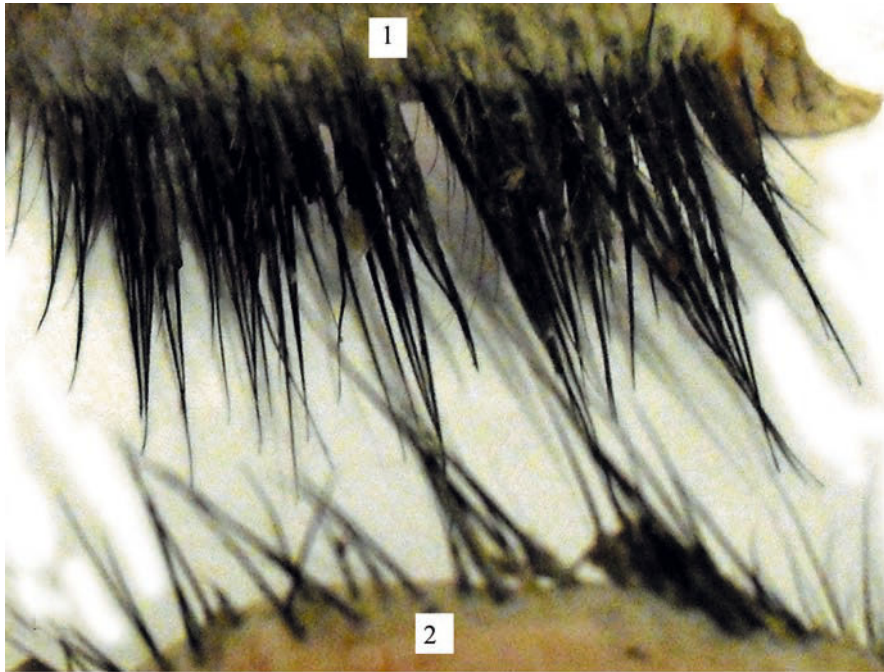


**Рис. 24.** Покровное перо взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). А – внешний вид опахала. Б – радиус кривизны пера. Тотальный препарат.

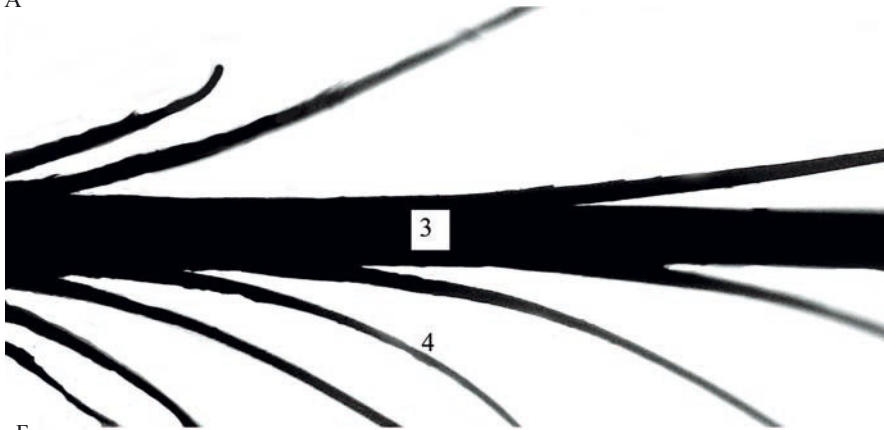


**Рис. 25.** Микроструктура махового (А) и покровного (Б, В) перьев взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

1 – стержень пера; 2 – бородки I; 3 – бородки II. А, Б – тотальные препараты. Ув. х 20. В – СЭМ. Масштаб 100 мкм.



А

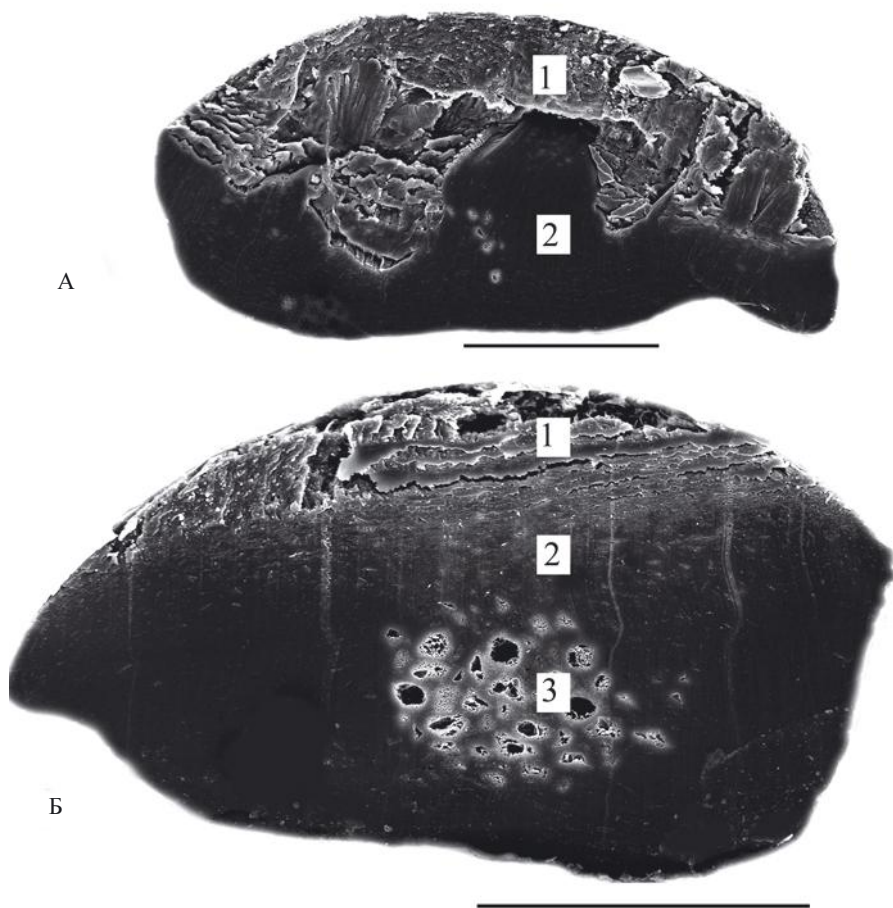


Б

**Рис. 26.** Внешний вид перьев верхнего (1) и нижнего (2) век взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

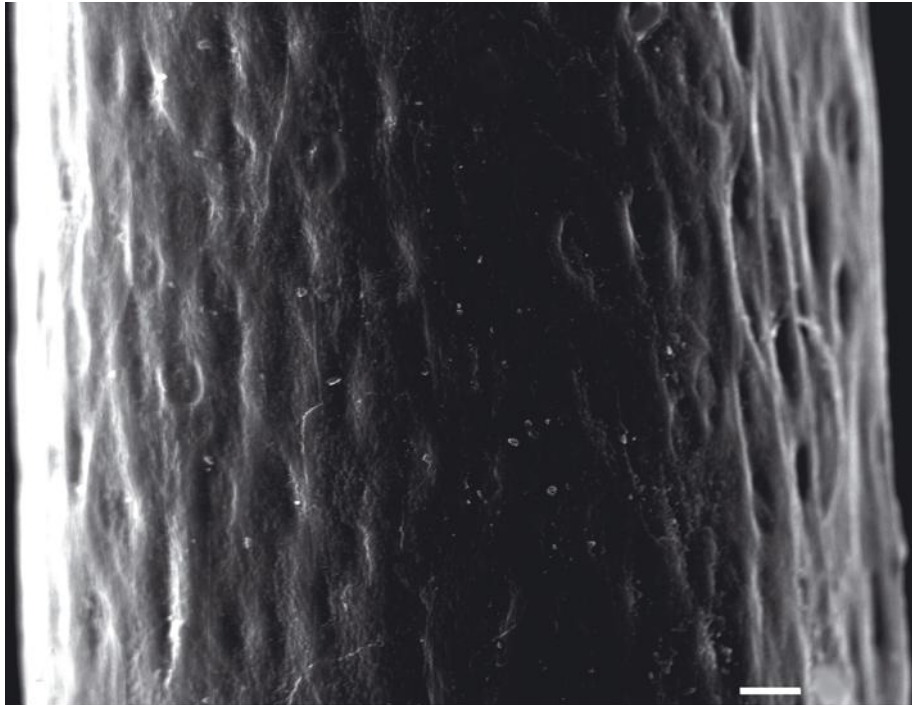
А – веки. Б – перо века. 1 – стержень пера; 2 – бородка I. Тотальные препараты. Ув. × 20.



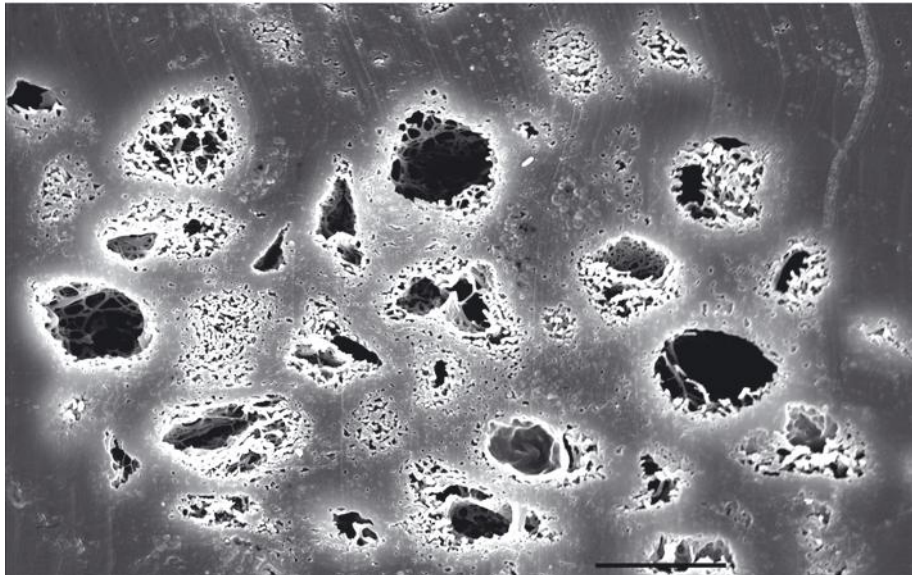


**Рис. 27.** Архитектоника пера нижнего века взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

А – поперечный срез основания стержня пера; видна неоднородность коркового слоя. Б – то же в срединной части стержня пера; различима слабо развитая сердцевина. 1 – ортокора; 2 – паракора. СЭМ. Масштаб 100 мкм.



А



Б

**Рис. 28.** Строение кутикулы (А) и сердцевины (Б) стержня пера нижнего века взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). СЭМ. Масштаб 10 мкм.

А



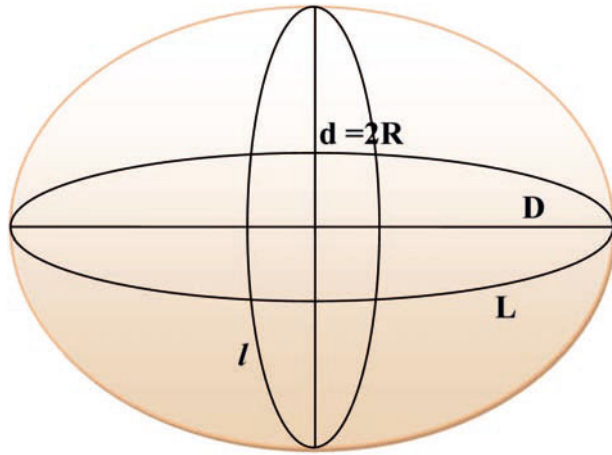
Б



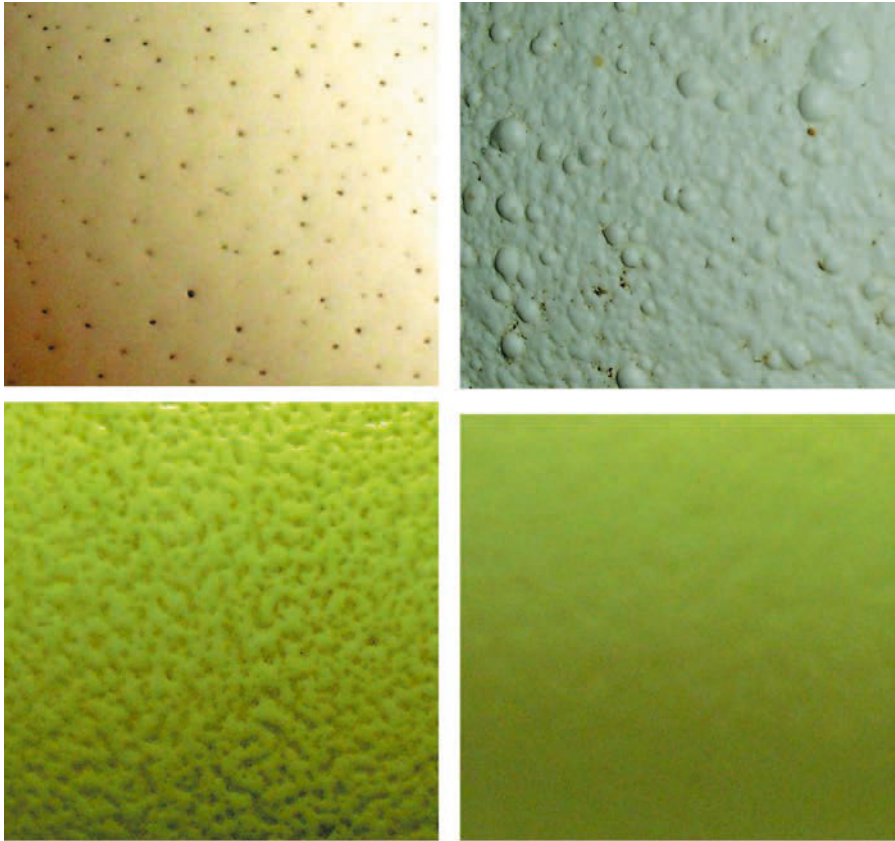
В



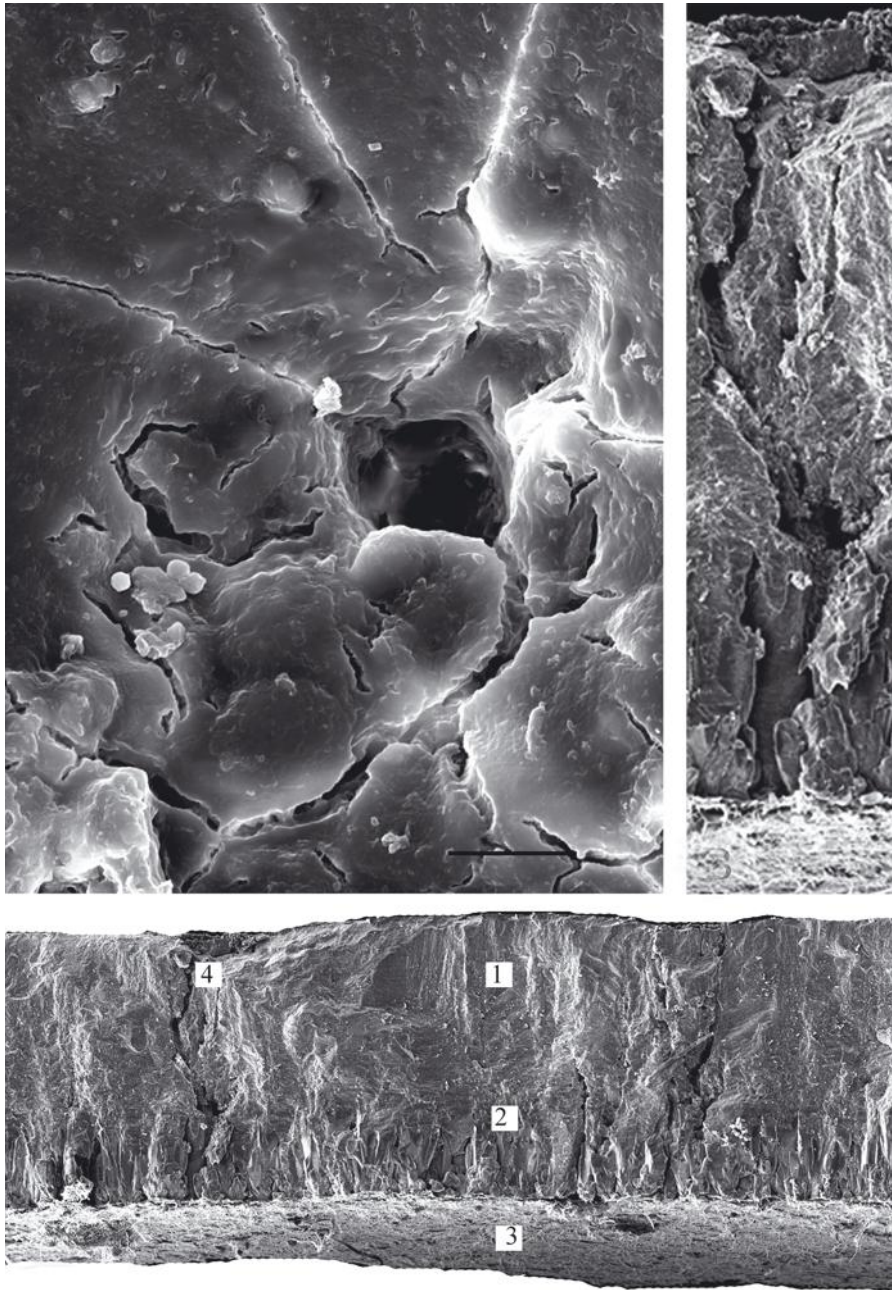
**Рис. 29.** Внешний вид яиц африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) из страусоводческих хозяйств Туниса (А, слева) и России (А, справа), из Эфиопии (из личной коллекции О.Ф. Черновой) (Б), и яйца обыкновенного нанду *Rhea americana* (Rheiformes) (В) из коллекции Научно-исследовательского зоологического музея МГУ. Фото. А.Б. Киладзе.



**Рис. 30.** Эллипсоидная форма яйца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). Обозначения планиметрических показателей см. в табл. 31.

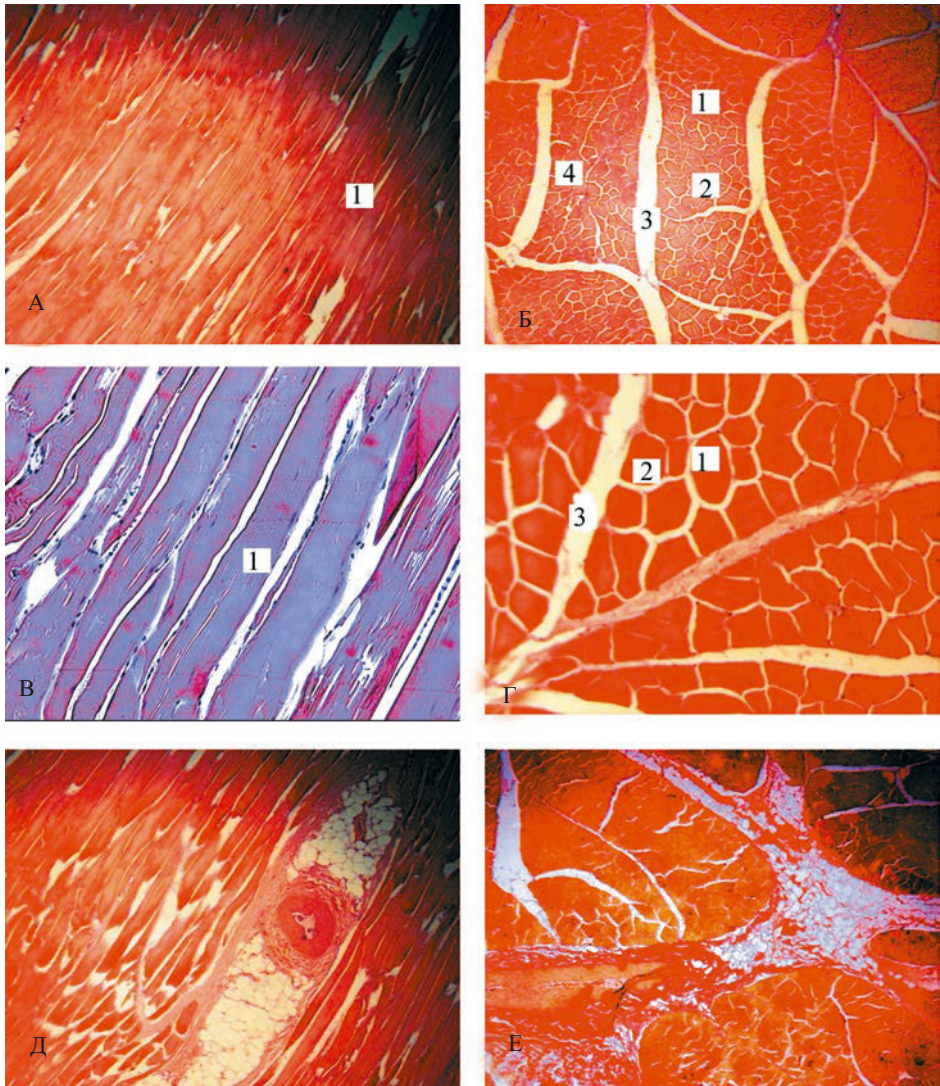


**Рис. 31.** Разнообразие поверхностной скульптуры скорлупы яиц африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes): различия в цвете, рельефе и пористости. Тотальные препараты.



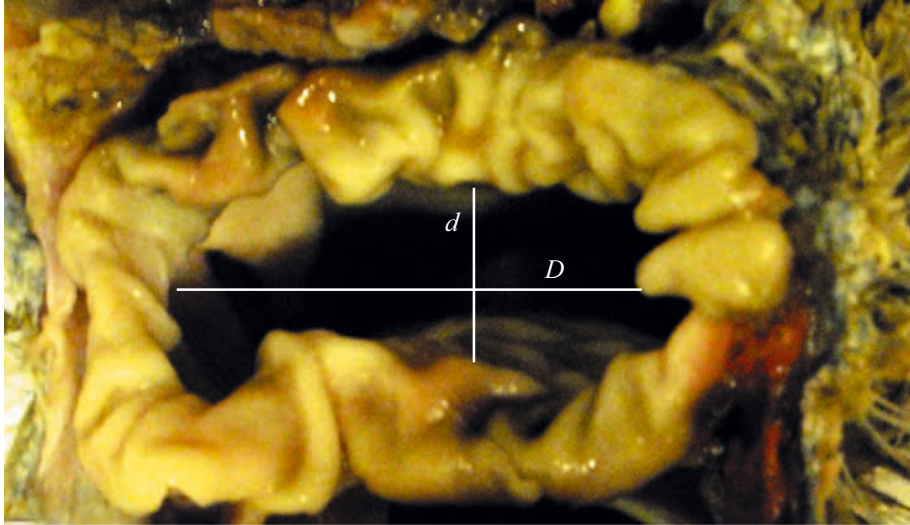
**Рис. 32.** Внешний вид поры (А) и структура скорлупы (Б, В) яйца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes) из страусоводческого хозяйства (Россия).

А – кратерообразный выводной канал, окруженный отложениями карбоната кальция. 1 – палисадный слой; 2 – мамиллярный слой; 3 – подскорлупные мембраны; 4 – поровый канал. В – поровый канал неровный и ветвящийся, щелевидный, заканчивается кратерообразным расширением на поверхности скорлупы. СЭМ. Масштаб: А – 10 мкм; Б – 1 мм; В – произвольный.

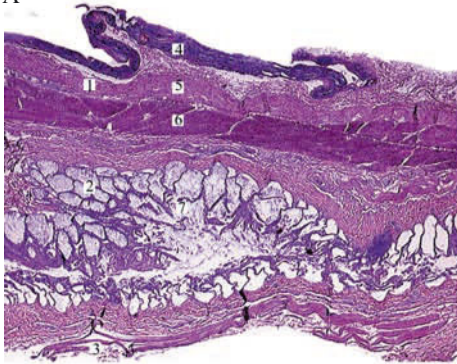


**Рис. 33.** Общий вид мышечной ткани бедра взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

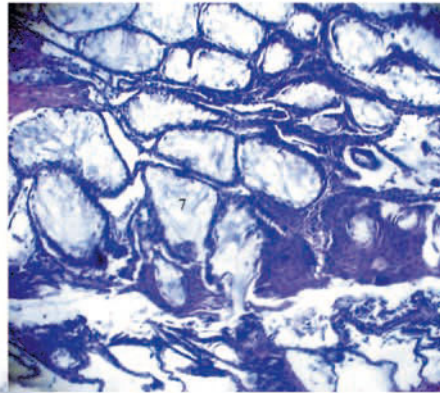
А, В, Д – продольные срезы; прямолинейно-параллельная укладка мышечных волокон (1) с фрагментарными разрывами. Б, Г, Е – поперечные срезы. Д – артерия в соединительнотканной капсуле, окруженной жировой тканью. Е – коллагеновая строма жировой ткани. 1 – мышечное волокно; 2 – эндомизий; 3 – перимизий; 4 – мышечный пучок. Окраска гематоксилин-эозином и по Ван-Гизону. Микрофото. Ув.  $\times 100$ ; 200.



А



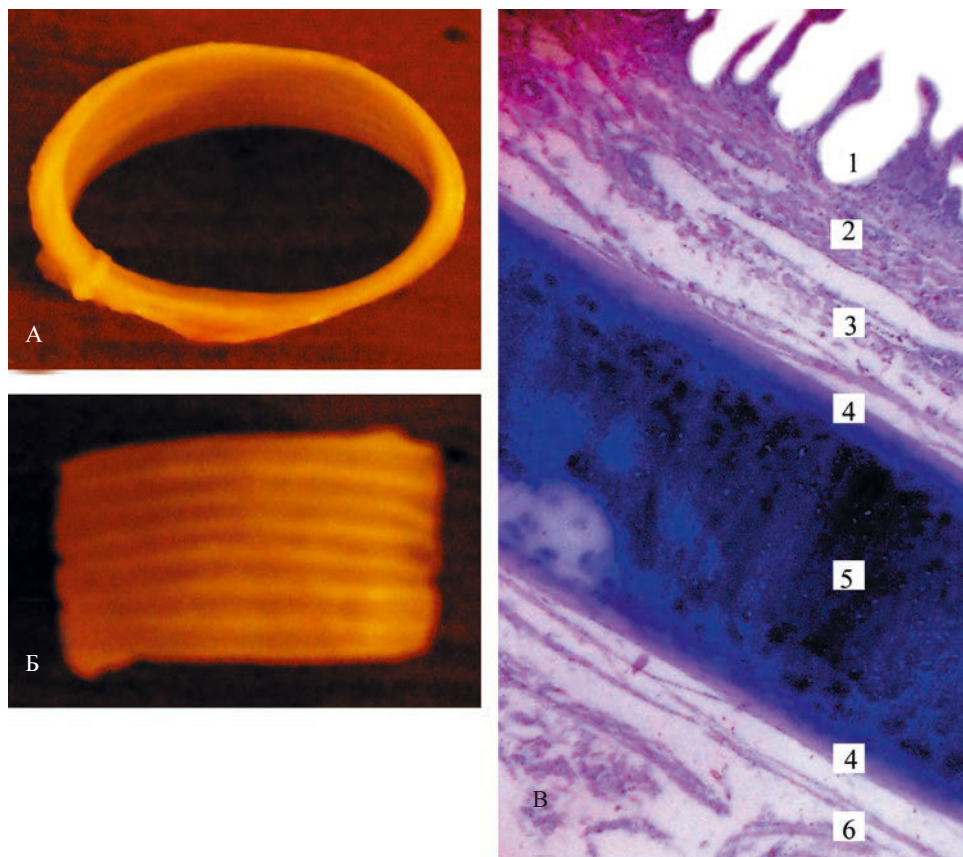
Б



В

**Рис. 35.** Внешний вид (А) и микроструктура (Б, В) верхнего отдела пищевода взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

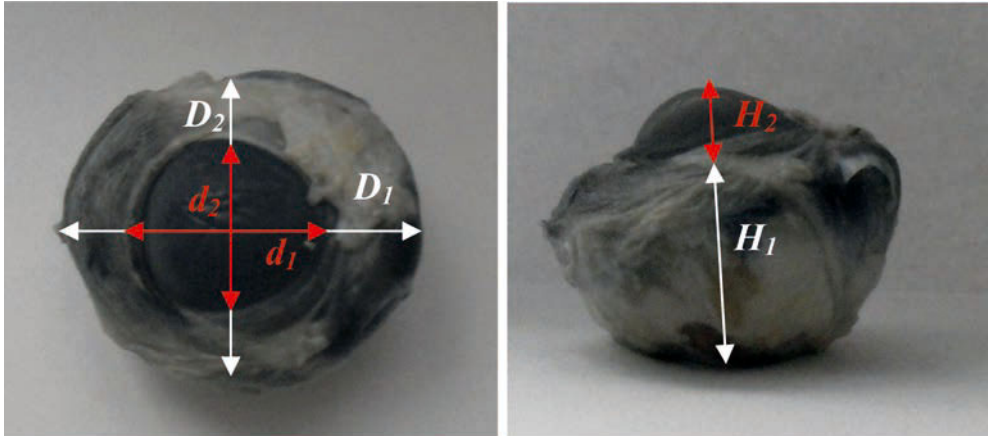
*D* – больший диаметр; *d* – меньший диаметр. Б – общий вид. В – подслизистый слой пищевода с крупными железами различной формы. 1 – слизистая оболочка; 2 – подслизистый слой; 3 – мышечная оболочка; 4 – эпителий; 5 – собственная пластинка слизистой оболочки; 6 – мышечная пластинка слизистой оболочки; 7 – железы подслизистого слоя (Внешняя соединительнотканная оболочка пищевода удалена). Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув. × 25; 80.



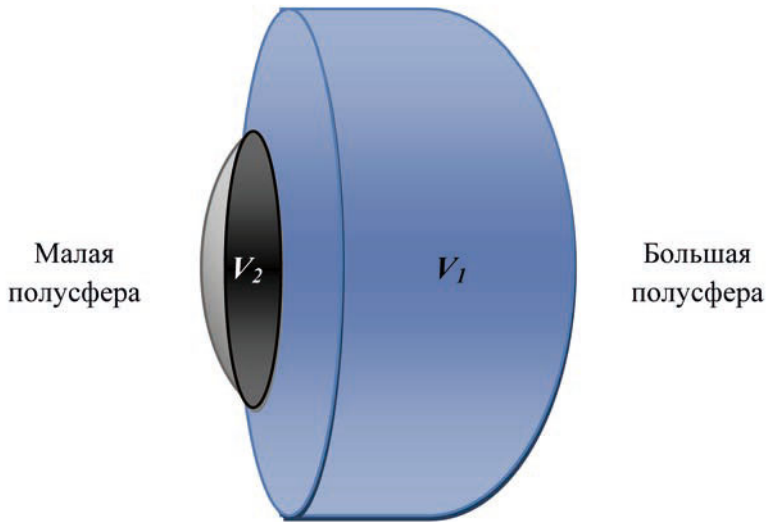
**Рис. 36.** Внешний вид (А, Б) и микроструктура (В) трахеи взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes). А – эллипсоидный просвет трахеи. Б – гофрированная структура трахеи.

1 – многорядный мерцательный эпителий; 2 – собственно слой слизистой оболочки; 3 – подслизистый слой; 4 – надхрящница; 5 – гиалиновый хрящ; 6 – рыхлая соединительная ткань. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув. × 60.





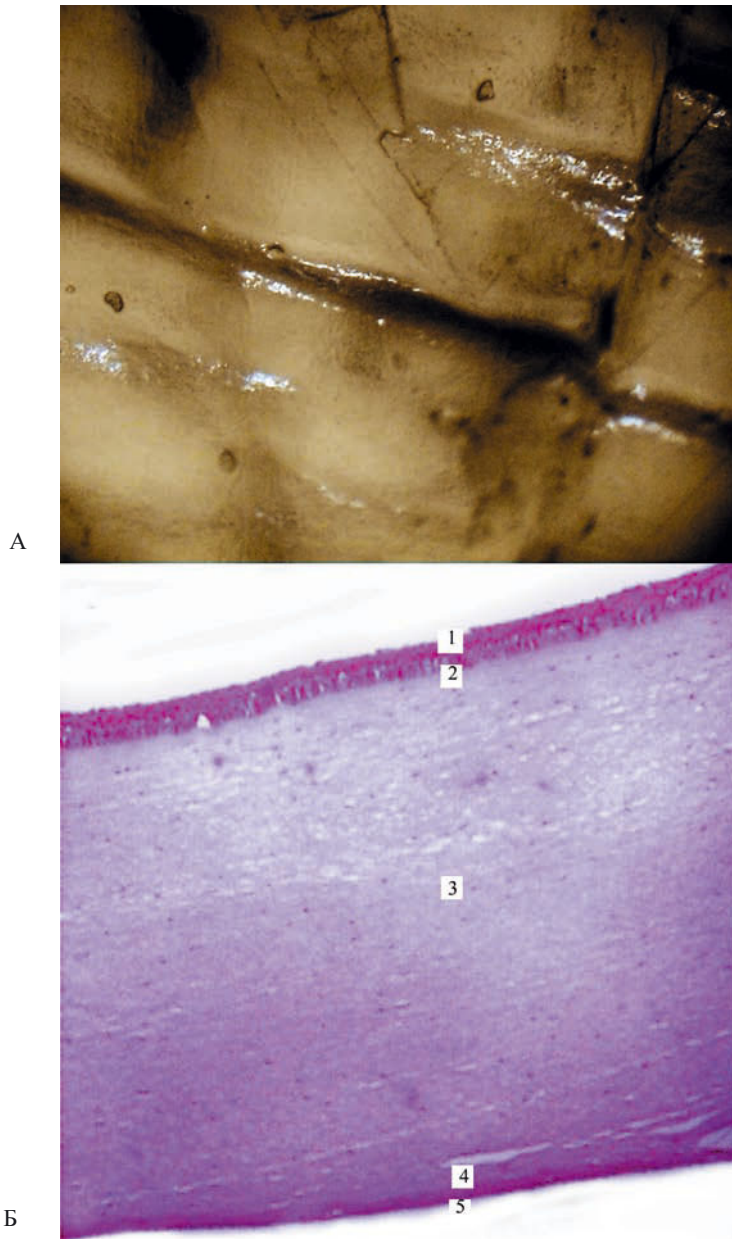
А



Б

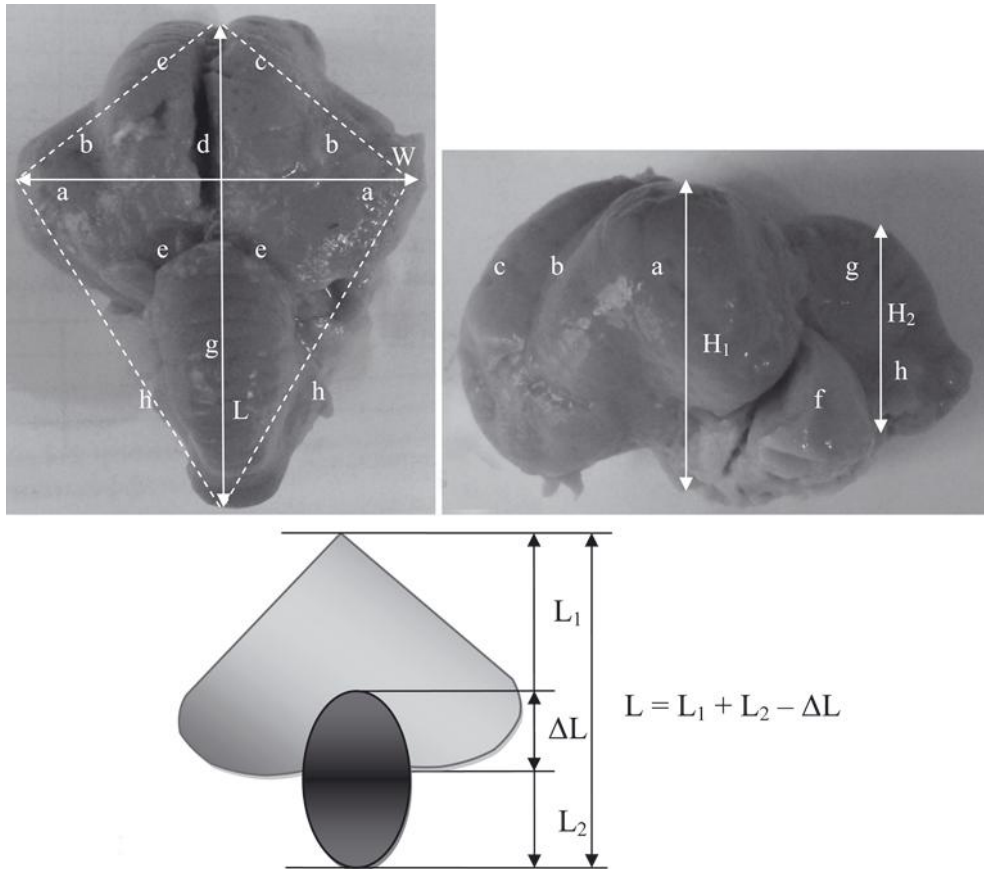
**Рис. 37.** Внешний вид глаза (А) и стереометрическая модель глазного яблока (Б) взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

$D_1 > D_2$  – диаметры большой полусферы;  $H_1$  – высота большой полусферы;  $d_1 > d_2$  – диаметры малой полусферы;  $H_2$  – высота малой полусферы.  $V = V_1 + V_2$  – объем глазного яблока ( $V$ ) с учетом объема большой ( $V_1$ ) и малой ( $V_2$ ) полусфер. А – тотальный препарат.



**Рис. 38.** Роговица глаза (А) и ее микроструктура (Б) у взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

1 – передний эпителий роговицы; 2 – передняя пограничная пластинка; 3 – собственно вещество роговицы; 4 – задняя пограничная пластинка; 5 – задний эпителий роговицы. А – тотальный препарат. Ув. × 60. Б – окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув. × 200.



**Рис. 39.** Головной мозг (А, Б) и его стереометрическая модель (В) у взрослого самца африканского страуса *Struthio camelus* (Struthioniformes).

А – дорсальная поверхность. Б – латеральная поверхность. а – полушарие конечного мозга; б – продольная борозда valescula; с – сагиттальный выступ (prominence); d – продольная щель; е – поперечная щель; f – зрительный холм; g – червь мозжечка; h – ушко мозжечка; L – общая длина головного мозга; W – ширина головного мозга; H<sub>1</sub> – высота мозга в области полушарий; H<sub>2</sub> – высота мозга в области мозжечка. Пунктирными линиями обозначен контур дельтоида. В – топографическая схема конечного мозга (L<sub>1</sub>) и мозжечка (L<sub>2</sub>), составляющих общую длину головного мозга (L). За счет наложения длин формируется величина перекрытия (ΔL) двух морфологических структур. А, Б – тотальные препараты.