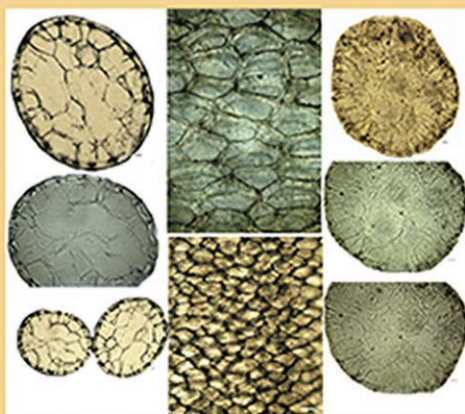


В.В. Рожнов, О.Ф. Чернова, Т.В. Перфилова

**ВИДОВАЯ ДИАГНОСТИКА ОЛЕНЕЙ —
ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ АМУРСКОГО ТИГРА
(ПО МИКРОСТРУКТУРЕ ОСТЕВЫХ ВОЛОС
ИЗ ЭКСКРЕМЕНТОВ ХИЩНИКА)**



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова
Российский федеральный центр судебной экспертизы
при Министерстве юстиции РФ

В.В. Рожнов, О.Ф. Чернова, Т.В. Перфилова

**ВИДОВАЯ ДИАГНОСТИКА ОЛЕНЕЙ —
ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ АМУРСКОГО ТИГРА
(ПО МИКРОСТРУКТУРЕ ОСТЕВЫХ ВОЛОС
ИЗ ЭКСКРЕМЕНТОВ ХИЩНИКА)**



**Товарищество научных изданий КМК
Москва 2011**

ББК
УДК 599.735.3 591.478

Видовая диагностика оленей — пищевых объектов амурского тигра (по микроструктуре остевых волос из экскрементов хищника). В.В. Рожнов, О.Ф. Чернова, Т.В. Перфилова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 47 с.

Монография представляет собой попытку диагностики пяти видов оленей (кабарги, сибирской косули, лося, пятнистого оленя и изюбря), которые являются пищевыми объектами амурского тигра, на основе изучения микроструктуры их остевых волос, обнаруженных в экскрементах этого хищника. Даны рекомендации по сбору проб экскрементов, препаративной технике и исследованию с помощью световой и электронной сканирующей микроскопии найденных в пробах остевых волос копытных. Указаны диагностически значимые детали микроструктуры волос и приведены примеры диагностики вышеперечисленных видов оленей, а также кабана по деталям строения сердцевинного и кутикулярного слоев их остевых волос.

Для зоологов, охотоведов, экспертов-биологов, морфологов и гистологов.
Илл. 25. Табл. 2. Библ. 27.

Рецензенты: *Т.П. Евгеньева, О.Б. Градусова*

Работа выполнена в рамках Программы изучения амурского тигра на Российском Дальнем Востоке Постоянно действующей экспедиции РАН при поддержке Русского географического общества, а также при поддержке гранта Президента РФ для ведущих научных школ (проект № НШ-7522.2010.4) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие».

ISBN978-5-87317-763-9

© ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, 2011.
© В.В. Рожнов, О.Ф. Чернова,
Т.В. Перфилова, текст, иллюстрации, 2011.
© Товарищество научных изданий КМК, 2011.

ВВЕДЕНИЕ

С 2008 г. в составе Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН работает Постоянно действующая экспедиция РАН по изучению животных Красной книги Российской Федерации и других особо важных животных фауны России (см. <http://www.sevin.ru> и <http://www.sevin-expedition.ru>). В рамках этой экспедиции при поддержке Русского географического общества проводятся работы по изучению редких и особо важных видов крупных млекопитающих: амурского тигра, дальневосточного и переднеазиатского леопардов, ирбиса (снежного барса), белого медведя, белухи. Все эти виды, кроме белухи, находятся на грани исчезновения и занесены в Красную книгу Российской Федерации (2001) и Красный список Международного Союза Охраны Природы (МСОП). В последние годы численность в дикой природе амурского тигра, дальневосточного леопарда и ирбиса составляет от нескольких десятков до нескольких сотен особей. Белуха не относится к исчезающим или редким видам, но, обитая во всех Арктических и Охотском морях, служит важным видом-индикатором состояния морских арктических экосистем.

Целью перечисленных программ является комплексное изучение видов: распространения и динамики численности, сезонных миграций, пространственной структуры популяций, генетического статуса и благополучия различных популяций, болезней зверей и других важных аспектов их жизнедеятельности. Программы нацелены на сохранение редких видов млекопитающих в их естественной среде обитания: выясняются проблемы и разрабатываются рекомендации по их охране и рациональному использованию. Помимо этого, программы предусматривают популяризацию среди местного населения и широких слоев общественности научных знаний о биологии и возможностях сохранения редких видов.

Программа изучения амурского тигра на Российском Дальнем Востоке (Программа «Амурский тигр») посвящена разработке научных основ сохранения амурского тигра на территории Российского Дальнего Востока, для чего необходимы данные о пространственной структуре популяции амурского тигра, перемещениях и динамике численности этой кошки, характере использования ею территории, характеристике среды обитания, особенностях репродуктивной биологии вида, а также о кормовых ресурсах. Последнее подразумевает изучение распределения и популяционной динамики основных пищевых объектов («видов-жертв») тигра, с учётом воздействия на них и других хищников — пищевых конкурентов тигра.

В настоящее время популяция амурского тигра существует в условиях острого дефицита пригодных местообитаний и стабильной кормовой базы — диких копытных. Это вызывает увеличение подвижности отдельных особей и появление тигра за пределами современного ареала вида. Вот почему важной составляющей программы служит изучение структурно-функциональной организации популяций основных объектов питания амурского тигра — копытных животных, а также состояния популяций основных пищевых конкурентов — бурого и гималайского медведей, волка, и межпопуляционных взаимодействий тигра и дальневосточного леопарда.

Питание амурского тигра в общих чертах известно достаточно хорошо. Наиболее подробно этот вопрос изучен в Сихоте-Алинском заповеднике (Заумыслова, 2005; Стивенс и др., 2005; Микелл и др., 2005). Практически все авторы, изучавшие питание амурского тигра, в основном уделяли внимание видовому и качественному составу добычи (Абрамов, 1962; Данченко, 1981; Микелл и др., 2005), а также влиянию тигра на популяцию копытных (Капланов, 1948; Животченко, 1979, 1981а,б; Пикунов, 1981,

1983; Дунишенко, 1985; Юдаков, Николаев, 1987). В.Г. Юдин и Е.В. Юдина (2009) в своей монографии наиболее подробно проанализировали различные аспекты питания амурского тигра и влияние хищника на структуру популяции копытных.

Основными объектами питания амурского тигра являются копытные млекопитающие: кабан, различные виды оленей — пятнистый, изюбрь, косуля, кабарга. Для определения вида жертвы обычно проводят сравнение содержащихся в экскрементах тигра волос с эталонами шерсти различных видов млекопитающих, обитающих на исследуемой территории и являющихся потенциальными объектами питания тигра. Однако метод изучения волоса в световом микроскопе не дает возможности определить видовую принадлежность изюбря, пятнистого оленя, сибирской косули и кабарги. Эти четыре вида копытных имеют схожую структуру остевых волос, поэтому при обработке результатов их выделяют в общую группу «олени» (Чистополова и др., 2010), что не дает возможности адекватно оценить влияние тигра на популяции видов-жертв.

Цель настоящего исследования состояла в разработке доступных методов идентификации видов оленей, которые служат пищевой базой для амурского тигра — кабарги, пятнистого оленя, изюбря, сибирской косули и лося — по фрагментам волос из экскрементов хищника. Идентификация волос кабана, который также является пищевым объектом для амурского тигра, не представляет трудностей.

Вообще, проблема диагностики видов-пищевых объектов, по строению волос, обнаруженных в экскрементах хищных млекопитающих и птиц, весьма актуальна, так как позволяет решать разнообразные экологические задачи, в том числе определение особенностей пищевого рациона хищника (см., например, Day, 1966; Wolfe, Long, 1977). Хотя объекты питания амурского тигра хорошо известны, однако остается неизвестным, какую долю каждый из этих видов копытных занимает в пищевом рационе хищника. Методика различения волос именно этих видов разработана недостаточно (Кисин, 2001), хотя их макро- и микроструктура хорошо изучена (Соколов, 1973; Чернова, Целикова, 2004). Предложена система дифференциации по строению волос семейства Cervidae на подсемейства Cervinae, Muntiacinae и Odocoilinae (=Alceinae), основанная на современных методах вариационной статистики, путем автоматизированной обработки данных морфометрии чешуек кутикулы волос (Meyer et al., 2001). Вместе с тем, сравнительно-морфологическое изучение волос видов оленей, служащих основными пищевыми объектами амурского тигра, до сих пор не проводилось. Восполнить этот пробел — задача настоящего исследования, которое предлагает простые критерии диагностики пяти видов оленей по деталям тонкого строения их остевых волос. Мы постарались совместить изучение с помощью светооптической и электронной сканирующей микроскопии эталонных образцов остевых волос и тестируемых фрагментов волос, полученных из экскрементов амурского тигра.

Авторы благодарны сотрудникам Постоянно действующей экспедиции РАН, Государственного природного заповедника «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН, Научно-исследовательского зоологического музея Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова за предоставленный для исследования материал.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тигр (*Panthera tigris* Linnaeus, 1758) относится к роду крупных кошек: масса тела самцов достигает 320 кг, самок — 180 кг; длина тела самцов — до 290 см, самок — до 190–200 см, длина хвоста самцов — 115 см, самок — до 110 см.

Амурский тигр (*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844) — один из самых крупных и самый красивый подвид тигра — обитает в Приморском и Хабаровском краях, Амурской области. Численность популяции по результатам полного учета амурского тигра, проведенного в 2005 г. составляет 400–500 особей. Излюбленные местообитания — невысокие горы, долины рек, пади, поросшие растительностью маньчжурского типа с преобладанием кедра и дуба. Основа питания амурского тигра — крупные и мелкие копытные. Считается, что тигр ведет одиночный образ жизни и пространственная структура его популяции представлена системой в той или иной степени налегающих друг на друга участков обитания отдельных особей размером до 1000 км² и более. На величину участка обитания и его структуру оказывают влияние целый ряд факторов: половая принадлежность тигра, глубина снежного покрова, плотность популяций копытных (кабана, косули, изюбря, пятнистого оленя), антропогенных воздействий (вырубки лесов, браконьерства, наличия дорог, интенсивность охоты на копытных). Площадь участка обитания самки тигра, пойманной в Уссурийском заповеднике, на юге Приморья, составила около 870 км² (Рожнов и др., 2010, 2011), что почти в два раза больше, чем это отмечено для самок тигра на севере Сихотэ-Алиня, и сопоставима с размерами участков обитания самцов в этом районе (Гудрич и др., 2005). Это важно подчеркнуть, так как размеры участка обитания служат основой расчетов возможной численности амурского тигра на российском Дальнем Востоке. Такие различия могут быть связаны с характером и состоянием кормовой базы в этих районах (Микелл и др., 1999).

Изученные виды оленей представляют несколько семейств и подсемейств отряда Artiodactyla. Кабарга (*Moschus moschiferus*) образует самостоятельное семейство Moschidae; пятнистый олень (*Cervus nippon*), изюбрь (*C. elaphus xanthopygus*) и другие представители рода *Cervus* входят в семейство Cervidae, подсемейство Cervinae; сибирская косуля (*Capreolus pygargus*), лось (*Alces alces*) — в подсемейство Alceinae (=Odocoleinae) (Павлинов, 2003). Подсемейство Alceinae (=Odocoleinae) неоднородно и распадется на две клады: Odocoleinae I (олени Старого Света: *Capreolus*, *Hydropotes*, *Alces*) и Odocoleinae II (олени Нового Света: *Odocoileus*, *Rangifer*) (Meyer et al., 2001).

В волосяном покрове оленей дифференцированы волосы двух основных категорий — остевые и пуховые. Соотношение волос этих категорий в волосяном покрове, и их морфологические признаки подвержены сезонным вариациям (Соколов, 1973; Кисин, 2001). Для диагностики нативных волос некоторых видов оленей можно использовать ряд морфологических признаков, однако их отличия между волосами всех пяти видов оленей незначительны (табл. 1) и пользоваться этими признаками затруднительно, особенно в случае, когда волосы и их фрагменты сильно повреждены в результате прохождения по пищеварительному тракту хищника.

Остевые волосы оленей грубые, ломкие, волнистые (зимой) в средней и верхней частях стержня. Окраска преимущественно зонарная либо однотонная с преобладанием бурых и рыжих тонов. Стержень волоса цилиндрический, несколько сужающийся к вершине, имеет выраженную «ножку» — сильное сужение нижней части стержня, или «ножка» отсутствует. У зимних волос имеются перетяжки и сужения, придающие им извитость. Поперечники имеют округлую или неправильно-овальную форму. Кутикула на всем протяжении стержня чешуевидная, кольцевидная или некольцевидная (одна

Таблица 1. Макро-морфологические признаки остевых волос представителей семейства Оленевых (Cervidae) (с дополнениями, по: Соколов, 1973; Кисин, 2001; наши данные)

| Признак волоса | Кабарга | Пятнистый олень | Благородный олень | Европейская косуля | Сибирская косуля | Лось |
|--|---|---|--|---|---|---|
| Размеры: длина, макс., мм | 190 | 121 | 46; 88 | 50 (иногда до 60) | 27 | 170 |
| толщина, макс. по данным разных авторов, мкм | 226; 400 | 100; 300 | 199; 250; 300 | 90; 225 | 220; 240 | 170; 350 |
| Окраска: природная | Однотонная, разнотонная | | Однотонная | Однотонная, разнотонная | Однотонная | Зонарная, разнотонная |
| летняя | Темно-коричневая, рыжеватая, белая | Ярко-рыжая | Ярко-рыжая, рыжевато-коричневая | Ярко-рыжая | Ржаво-рыжая | Разнотонная, рыжая, темно-бурая |
| зимняя | Светлая, коричневато-серая | Светлая, коричневато-серая, верхняя треть волоса светло-коричневая | Рыжевато-коричневая, буровато-коричневая | Серая разных оттенков, буроватая | Серовато-рыжая | Серая, 2/3 волоса светло-рыжие до бесцветных, затем серые со светло-палевым кольцом; кончик темный |
| Стержень волоса | Цилиндрический, равномерно расширен в верхней трети. Волнистость образована за счет сужений и перетяжек | Цилиндрический, постепенно сужающийся к верхушке, волнистый за счет сужений и перетяжек. Вершина округлой формы. Ножка короткая | Цилиндрический, постепенно сужающийся к верхушке. Имеет сужения и перетяжки, создающие волнистость. Ножка короткая или отсутствует | Цилиндрический, волнистый, постепенно сужающийся к вершине. Имеет сужения и перетяжки. Ножка короткая или отсутствует | Цилиндрический, с загнутым на дорсальную сторону кончиком. Имеется ножка, выше которой стержень резко расширяется (в нижней четверти стержня) | Цилиндрический, волнистый. Максимально утолщен в основании. Имеются сужения и перетяжки. Ножка короткая |

чешуйка не полностью оборачивает стержень), иногда лентовидная в верхних отделах волос. Корковый слой тонкий, пигментирован в разной степени, диагностического значения не имеет. Сердцевина развита сильно, занимает до 80–95% толщины волоса, образует непрерывный тяж посередине стержня, имеет сотовое, альвеолярное или сетчатое строение.

Пуховые волосы тонкие, цилиндрические, извитые с простой кутикулой кольцевидного (одна чешуйка полностью оборачивается стержень) или некольцевидного типа, чешуйки кутикулы иногда располагаются не строго поперек длинной оси волоса, а под острым углом к ней. Сердцевина отсутствует или имеет вид бесструктурных овальных островков (в световом микроскопе).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эталонные образцы самых крупных зимних остевых волос (первого порядка) заготовка взрослых особей пятнистого оленя, изюбря, кабарги, лося и сибирской косули получены из коллекции Научно-исследовательского зоологического музея Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Тестируемые образцы экскрементов амурского тигра собраны на территории Государственного природного заповедника «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН в 2009 г., причем зарегистрировано, от какой конкретно особи. Пробы экскрементов тщательно промывали под проточной водой в течение суток, затем высушивали. Для микроскопического анализа с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) и светооптической техники было взято несколько проб. Фрагменты самых крупных остевых волос обнаружены в экскрементах взрослого самца по кличке «Профессор» (сборы Е-018 и Е-019 от 22.02.2009 г.) и взрослой самки по кличке «Серьга» (сбор Е-26Н от 20.04.2009 г. и сбор Е-12Z от 6.02.2009 г.). Эти особи составляют семейную пару и имеют потомство.

Изучение остевых волос и их фрагментов проводили под световым микроскопом «Ампливал» (VEB Carl Zeiss, Jena), а также «Leica DMLS» с цифровой видеокамерой «Leica DMLS» (Германия) с использованием окуляра $\times 10$ и объективов $\times 10$; $\times 40$; $\times 63$. Микрофотографии организованы однотипно: поперечные срезы волос в области наибольшего расширения стержня (условно — грани), середина стержня нативного волоса с просвечивающей сердцевинкой; отпечатки орнамента кутикулы разных участков стержня на маникюрном лаке (снимки обработаны в программе «Adobe Photoshop 7.0»). Препаровальную подготовку волос проводили, следуя общепринятым методикам (Соколов и др., 1988; Кисин, 2001). Очищенные и обезжиренные волосы изучали в сухом виде без покровных стекол, что дает общее представление об орнаменте кутикулы, а детальное исследование орнамента проводили на отпечатках на маникюрном лаке, нанесенном на предметные стекла. Сердцевину исследовали, поместив фрагменты волоса в ксилол или глицерин, которые просветляют их и вытесняют из стержня воздух. Для получения поперечных срезов волос применяли технику мануального микротомирования (Кисин, 2001). Волосы или фрагменты собирали в пучок (до 5 штук) и склеивали маникюрным лаком, после высыхания прижимали на деревянной основе и разрезали путем встречного движения двух лезвий, заключали в просветляющую среду, закрывали покровным стеклом.

Проводили щелочной термогидролиз фрагментов волос (Кисин, 2001). Фрагменты волос помещали в 10–15% раствор едкого натра и выдерживали при 80–120 °С в течение 5–20 мин. до тех пор, пока сердцевина не разделялась на отдельные диски, характерной для вида формы.

Остевые волосы изучали в сканирующем электронном микроскопе JSM 840A (Япония) по общепринятой методике (Соколов и др., 1988). Волосы отмывали в растворе мягкого шампуня, промывали в дистиллированной воде, высушивали, острым бритвенным лезвием делали продольные и поперечные срезы, которые приклеивали на предметные столики с помощью бесцветного маникюрного лака. Подготовленные препараты напыляли золотом методом ионного напыления на установке Edwards S-150 A (Великобритания), просматривали и фотографировали в сканирующем электронном микроскопе при ускоряющем напряжении 10 кВ. Изучали при различных увеличениях (от $\times 100$ до $\times 600$). Электронограммы получали с поперечных и продольных срезов в области гранны остевых волос, а поверхность кутикулы — на участках стержня от самого основания до гранны включительно, а в некоторых случаях — и до вершины стержня.

ВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОСТЕВЫХ ВОЛОС ОЛЕНЕЙ

Основными структурными элементами волоса являются кутикулярный (далее — кутикула), корковый (кора) и сердцевинный (сердцевина) слои (см. подробно: Чернова, Целикова, 2004). Диагностическое значение коры у волос оленей не выражено, и поэтому мы сосредоточим внимание на паттернах сердцевинки и кутикулы.

СЕРДЦЕВИНА

По данным СЭМ форма поперечников (в области гранны) эталонных образцов остевых волос изменяется незначительно, у большинства видов она — правильная округлая (рис. 1 а, в, ж) или немного уплощенная (рис. 1 д), а у лося и кабарги волосы незначительно уплощены в дорсо-вентральном направлении и форма поперечника овальная, а в области «ножки» — бобовидная, так как по вентральной стороне сплюснутого стержня проходит широкая и неглубокая бороздка (рис. 2 а).

На поперечных срезах эталонных образцов волос структура сердцевинки довольно сходна у всех пяти видов оленей (рис. 1, 2). Сердцевина крупноячеистая (альвеолярная), сетчато-альвеолярная или сотовая. Ее полости (ячейки, альвеолы, соты) разделены относительно гладкими (без выростов и шипов) и неравномерно утолщенными пластинчатыми перегородками. Размеры полостей сильно варьируют, увеличиваясь по направлению от периферии к центру стержня. Периферийный ряд мелких квадратных или прямоугольных, вытянутых по окружности поперечника полостей хорошо выражен, а центральную часть поперечника занимают очень крупные полости неправильной формы, с нечеткими границами. У кабарги, изюбря и лося периферийный слой состоит из двойного ряда полостей, причем внутренний ряд из более крупных полостей неполный, развит не по всей окружности поперечника волоса, и его полости не столь правильные квадратные, как полости самого крайнего слоя.

На продольных срезах волос строение сердцевинки сходно у кабарги (рис. 1 б), изюбря (рис. 1 е), козули (рис. 1 з) и в гранне у лося (рис. 2 в; 3 а). Хорошо различим однодвухрядный периферийный слой более мелких полостей и толстый центральный слой из вытянутых поперек стержня уплощенных многогранных полостей неправильной формы. Пластинчатые перегородки между полостями неравномерно утолщенные и не перфорированные у всех видов, кроме козули (рис. 1 з) и лося (рис. 2 в), на перегород-

ках полостей которых имеются крупные овальные перфорации. Разное количество крупных полостей укладывается поперек стержня в гранне: у кабарги — 2–3; у изюбря — 4–5; у косули полости сильно уплощены и вытянуты поперек стержня, их число не превышает 2–3; у лося — 4–5. Размеры полостей сильно варьируют у всех этих видов, но их максимальная высота (вдоль стержня) примерно сходна у всех видов и достигает 20–30 мкм.

У пятнистого оленя в гранне стержня и у лося в основании волоса сердцевина имеет вид сот (рис. 1 г; 2 б). В такой сердцевине периферийный слой не выражен, и все полости имеют более менее сходные небольшие размеры (диаметром не более 10–15 мкм) и многогранную форму (поперечник полости обычно 4–5-угольный со сглаженными углами). У пятнистого оленя поперек стержня волоса укладывается 5–6 таких полостей, а у лося — 7–8 сот. Стенки равномерно утолщенных перегородок незначительно перфорированы. В отдельных полостях имеется слабо развитый внутренний каркас из нескольких поперечных балок. Надо отметить, что строение сердцевины сильно изменяется на вершине волоса лося (рис. 2 г; 3 б). Здесь крупные полости не имеют четких очертаний, их перегородки сильно перфорированы, неравномерно утолщенные, с хорошо различимым внутренним каркасом.

По данным световой микроскопии, у кабарги поперечники остевых волос имеют правильную округлую форму, периферийный ряд квадратных полостей хорошо выражен, вся полость среза состоит из нечетких крупных секторов прямоугольной или неправильной формы, разделенных тонкими, иногда штриховидными перегородками (рис. 4 а). В некоторых сегментах поперечника намечается второй ряд крупных полостей, лежащих над периферийным рядом. Кластеры пигментных гранул неравномерно распределены по срезу, концентрируются на границе между полостями периферийного слоя и хаотично разбросаны в центральной части стержня. Интересно отметить, что у поврежденных волос, сердцевина которых разрушена и выпадает, периферийный слой сохраняется и хорошо различим (рис. 5 а). Сходную картину мы наблюдаем у частично разрушенных фрагментов волос, прошедших по пищеварительному тракту тигра (см. ниже).

На тотальных препаратах полости сердцевины образуют сотовый рисунок. Полости имеют неправильную четырех- пятиугольную форму с закругленными углами. Размеры полостей варьируют от 10×10 до 20×20 мкм. Перегородки между полостями хорошо видны, их толщина составляет не более 8 мкм (рис. 4 б; 5 в).

Диски сердцевины, полученные в результате щелочного термогидролиза, отличаются овальной формой, нежной сетчатостью, которая плотнее в периферических отделах, где имеется периферийный слой из высоких столбчатых полостей, а также слабой пигментацией (рис. 4 в).

У пятнистого оленя на поперечниках волос хорошо различимы два ряда периферийных полостей, крупные разного размера сектора центральной части, разделенные сетью тонких перегородок (рис. 6 а). Кластеры пигментных гранул располагаются между полостями периферийного ряда на границе с лежащим выше слоем более крупных полостей. В центральной части стержня пигментные гранулы отсутствуют.

На тотальных препаратах сердцевина имеет сотовый рисунок, но размер незначительно вытянутых поперек волоса полостей непостоянен (10×15; 20×10 мкм) (рис. 6 в). Иногда полости имеют ромбовидную форму. Перегородки между полостями отчетливые, равномерной толщины (примерно 2–4 мкм).

Диски сердцевины, полученные в результате щелочного термогидролиза, округлые, разбиты на отчетливо выраженные сектора, причем, наиболее хорошо различим

ряд крупных куполообразных периферийных секторов (рис. 6 б). Сектора разделены светлыми равномерно утолщенными (до 2 мкм) перегородками. Кластеры пигментных гранул редки.

У изюбря на поперечниках различим слой мелких периферийных полостей, не разделенных отчетливыми пигментированными перегородками и лежащий выше слой более крупных тонкостенных полостей прямоугольной или квадратной формы (рис. 7 а). Крупные округлые кластеры пигментных гранул редко разбросаны на границе этих двух рядов. Центральная часть поперечника занята четырьмя-пятью расширенными полостями, размеры которых в несколько раз превышают размеры периферийных полостей. Пигментация здесь практически отсутствует.

На тотальных препаратах волос сердцевина образует сотовый рисунок, состоит из четырех-пятиугольных полостей, размер которых незначительно варьирует (20×20; 30×30 мкм) (рис. 7 в). Перегородки между полостями равномерно утолщенные (5–8 мкм).

Диски сердцевинки округлые, с нежной сетчатостью, которая более уплотненная и структурированная по периферии диска. Пигментация отсутствует (рис. 7 б).

У сибирской косули поперечники волос округлой или овальной формы, с отчетливым рядом мелких прямоугольных, уплощенных и вытянутых по периметру среза полостей (рис. 8 а). Кластеры пигментных гранул в виде «шапочек» накрывают место соединения двух периферийных полостей. Второй периферийный ряд не сплошной, а выражен местами. Он состоит из крупных многоугольных полостей с тонкими стенками. Центральную часть среза занимают очень крупные полиморфные полости, не ограниченные перегородками со всех сторон. В центральной части пигмент отсутствует.

На тотальных препаратах заметно, что сердцевина образует скорее сетчатый, чем сотовый рисунок, так как четырех-пятиугольные полости вытянуты поперек стержня (40×20; 25×15 мкм). Они разделены тонкими (примерно 2 мкм), равномерно утолщенными перегородками. Пигментация отсутствует.

Диски сердцевинки отличаются присутствием узкого прерывистого периферийного ободка, нежной сетчатостью, которая плотная и радиальная на периферии, но беспорядочная в центральной части диска (рис. 8 в). По всему диску редко разбросаны шаровидные кластеры пигментных гранул.

У лося на поперечнике волоса периферийный слой мелких квадратных полостей хорошо выражен, пигмент сконцентрирован на верхней границе этого слоя (рис. 9 а). Вышележащий слой крупных полиморфных или куполообразных полостей прерывистый, а срединная часть не распадается на отчетливые полости, а содержит лишь фрагменты перегородок, образующих сетчатый рисунок.

На тотальных препаратах волоса сердцевина образует сотовый рисунок, хорошо развита не только в гранне, но и в «ножке» волоса (рис. 9 в). Она состоит из четырех-пятиугольных полостей, лишь немногие из которых вытянуты поперек стержня. Размеры полостей изменяются незначительно в гранне (15×15; 20×20 мкм) и лишь в «ножке» становятся меньше (10×10 мкм) (рис. 9 в).

Диски сердцевинки отличаются волнообразными краями, неупорядоченным расположением крупных полиморфных округлых секторов и отсутствием пигментации (рис. 9 б).

КУТИКУЛА

Наибольшие видовые различия обнаруживаются в орнаменте кутикулы остевых волос, причем они наиболее очевидны в области выше самого основания стержня волоса, которые и целесообразно брать для сравнительного анализа¹. Выше по стержню кутикула сильно уплощается и становится довольно однотипной — кольцевидной или полукольцевидной, уплощенной, лентовидной с сильно изрезанным свободным краем.

Для волос кабарги характерна удлиненная (поперек стержня) ромбовидная форма кутикулярных невысоких чешуек, формирующая нежный чешуйчатый орнамент в основании стержня и перед гранной, подобный мелкой ряби на воде (рис. 5 г; 10; 11). Чешуйки вытянуты поперек стержня. Их высота обычно достигает 10 мкм, в ширина в 2.5–3 раза больше. В области гранной чешуйки сильно уплощены, идут строго поперек длинной оси стержня, имеют сглаженные, слабо изрезанные апикальные края.

У волос пятнистого оленя вышеописанный волнистый орнамент кутикулы отсутствует и ее рисунок достаточно обычен (рис. 6 г; 12). В самом основании стержня кутикулярные чешуйки высокие и гладкие со свободным краем волнистой конфигурации. Высота чешуек достигает 10 мкм, а ширина в 2 раза больше. Выше по стержню чешуйки сильно уплощаются, образуют слабо волнистый орнамент; их края относительно гладкие. В области гранной и на вершине стержня чешуйки очень сильно изломаны; их свободные края покрыты многочисленными мелкими зазубринами. Следует обратить внимание на то, что в основании остевого волоса пятнистого оленя имеются немногочисленные «вставочные» мелкие чешуйки треугольной формы с закругленными краями (рис. 12), что не наблюдается у других видов, за исключением «ножки» волос лося (рис. 16 а). Сравнивая два последних вида, можно отметить, что, хотя у лося и имеются редкие вставочные чешуйки, но апикальные края чешуек кутикулы не столько ровные, как у пятнистого оленя.

У изюбря в самом основании волоса орнамент кутикулы напоминает таковой кабарги, но выше по стержню чешуйки становятся высокими, с треугольными апикальными краями — волнистость более высокая (рис. 7 г; 13). Высота чешуек равна их ширине и достигает 20–25 мкм. В области гранной они вытягиваются поперек стержня и уплощаются, но многие из них со свободными выростами треугольной формы. На вершине волоса кутикула имеет обычный вид, образует полукольцевидный орнамент. Чешуйки значительно уплощаются, многие из них ориентированы не строго поперек длинной оси стержня, а под небольшим углом. Края чешуек слабо изрезаны.

У волос сибирской косули орнамент кутикулы образован шестью-восемью незначительно вытянутыми поперек стержня невысокими чешуйками, конфигурация которых не отличается постоянством, полиморфна (рис. 14; 15). Хорошо выражены поперечные перегородки или складки между чешуйками. Высота чешуек достигает 10–15 мкм, а ширина поперек стержня — 25–30 мкм. В верхних отделах стержня встречаются мелкие округлые вставочные чешуйки (рис. 14, снимок справа).

¹ Исследуя кутикулу волос, надо иметь в виду, что различимый нами в светооптическом микроскопе орнамент условен, так как во многих случаях он образован вовсе не отдельными чешуйками, а скорее складками на их поверхности, а настоящая граница между чешуйками проходит совсем по-иному, чем нам кажется, и "швы" между чешуйками кутикулы вовсе не совпадают с различимым орнаментом, что хорошо видно в СЭМ (напр., см. стр. 368, *Rangifer tarandus*, в: Чернова, Целикова, 2004).

У лося в области ножки чешуйки крупные, высокие с волнисто-изломанным апикальным краем и редкими вставочными чешуйками (рис. 16 а; 19 д). Выше по стержню чешуйки уплощаются, формируют орнамент в виде нежной ряби, причем границы между чешуйками различаются с трудом (рис. 16 б), а еще выше — кутикула принимает обычный для волос оленей вид: полукольцевидная, сильно изрезанная и уплощенная (рис. 16 в, г). Высота чешуек изменяется незначительно вдоль стержня — составляет 10–15 мкм как в «ножке» и нижних отделах стержня, но выше грани может достигать 20 мкм в отдельных треугольных выступах изрезанной кутикулы (рис. 18).

ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИИ

Как уже указывалось, использование математических методов обработки морфометрического материала, а именно паттернов кутикулы, с использованием сканирующей электронной микроскопии и специальной компьютерной программы графической обработки изображений, позволило дифференцировать волосы представителей Cervinae, Muntiacinae и Odocoileinae (Meyer et al., 2001). Например, диаметр стержня острого волоса у косули и пятнистого оленя значительно меньше (не более 100 мкм), чем у благородного оленя (достигает 250 мкм) (см. рис. 2 в: Meyer et al., 2001). Отношение ширины кутикулярной чешуйки (поперек стержня — W) к ее высоте (вдоль стержня — H) в срединном участке волоса у этих видов сильно разнится: 1.5 у косули, 2.5 у благородного оленя и 4.5 у пятнистого оленя. Другая корреляционная зависимость выявлена между числом кутикулярных чешуек на 1 мм² и W/H/1000 (см. рис. 3 в: Meyer et al., 2001). В этом случае R² = 0.96 для Cervinae и R² = 0.81 либо 0.99. Причем, промеры предлагается брать в нижней части волоса выше основания или «ножки» (резкого сужения стержня), где орнамент кутикулы наиболее характерен для вида.

Наша попытка провести сходные измерения и расчеты показали, что для большинства видов они вполне укладываются в схему, предложенную Мейером с соавторами (Meyer et al., 2001) (рис. 20). Причем для диагностики вида вполне достаточно определять толщину волоса и отношение W/H, а затем нанести эти значения на матрицу схемы (рис. 20). Например, для пятнистого оленя наши расчеты, выполненные на эталонных образцах волос, вполне совпали с приводимыми этими авторами. По нашим данным, в нижней части волоса соотношение ширины чешуйки (поперек стержня) к ее высоте (вдоль стержня) равно ($n = 10$): 4.02 у пятнистого оленя (диаметр волоса равен 100 мкм); 1.44 у изюбря (диаметр 250 мкм); 2.71 у кабарги (диаметр 300 мкм); 2.67 у сибирской косули (диаметр 200 мкм). Данные для сибирской косули отличаются от таковых для европейской косули, но располагаются на оси значений, характерных для Odocoileinae (см. на рис. 4, ось «*C. capreolus* — *Hydropotes inermis*»). Данные для изюбря (W/H = 1.44) не укладываются на ось *C. nippon* — *C. elaphus* (рис. 4), но все же располагаются в том же секторе, что и данные для *C. elaphus*. Особняком стоит кабарга (рис. 20), как и изученный Мейер с соавторами мунтжак *Muntiacus reevesi* (см. рис. 2 в: Meyer et al., 2001). Очевидно, что взаимоотношением таких показателей как диаметр волоса и W/H вполне можно пользоваться для видовой диагностики пяти оленей по их наиболее крупным остевым волосам.

ПРИМЕРЫ ВИДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕВЫХ ВОЛОС ИЗ ЭКСКРЕМЕНТОВ АМУРСКОГО ТИГРА

1. Пробы Е-018 и Е-019, из экскрементов взрослого самца амурского тигра по кличке «Профессор», собраны 22.02.2009 г. Сканирующая электронная микроскопия.

Поперечные срезы фрагментов наиболее крупных волос, обнаруженных в этих пробах, однозначно показывают, что эти волосы принадлежали оленям (рис. 21 а). Они округлой или удлинённой, немного уплощённой формы. Некоторые отделы фрагментов с сохранившейся сердцевинкой, которая вполне типична для оленей. Сердцевина фрагментов остевых волос (наиболее крупных в пробе, взято 5 групп волос) частично разрушена при прохождении по желудочно-кишечному тракту тигра: как правило, сохранился лишь периферийный ряд мелких однообразных полостей. Однако по общему характеру расположения и размеров этих полостей можно идентифицировать эти волосы как принадлежащие оленям (сравните рис. 1 и 21 а).

Структура сердцевинки на продольных срезах волос вполне сходна с таковой у пятнистого оленя (сравните рис. 1 г и рис. 21 б). В гранне четкий периферийный ряд состоит из мелких и толстостенных полостей, а центральная часть волоса занята сходными по размерам или незначительно различающимися полостями со слабо перфорированными перегородками и редкими «балками» внутреннего каркаса полостей. Эти полости не вытянуты поперек стержня, как у других видов (рис. 1) и их конфигурация напоминает соты (ширина и высота ячеек сходны). В нижних отделах стержня периферийные полости не выражены (рис. 21 б, справа).

Фрагменты этих волос, обнаруженные в экскрементах амурского тигра, имеют довольно хорошо сохранившуюся кутикулу, лишь в некоторых местах чешуйки отогнуты от стержня (рис. 22). Орнамент кутикулы и детали ее строения сходны с таковыми у пятнистого оленя. В самом основании стержня (рис. 22 б, первый снимок) чешуйки крупные и высокие (сравните с рис. 12). Выше по стержню они уплощаются, их апикальные края — слабо волнистые, относительно ровные. В гранне кутикула сильно уплощена и изломана. В самом основании волоса различимы несколько «вставочных чешуек» (рис. 22, б, первый снимок слева), описанных нами у эталонного образца (рис. 12; 19 а).

Попытка определения взаимосвязи диаметра волоса и W/H с нанесением этих значений на матрицу (рис. 20, обозначено знаком $\times 1$ и $\times 2$) показала, что эти показатели близки к таковым у эталонных образцов волос пятнистого оленя. При диаметре волоса 120 мкм $W/H = 4.38$ ($n = 5$) (рис. 22 а); при диаметре волоса 130 мкм $W/H = 4.4$ ($n = 5$) (рис. 22 б).

На основании проведенного сравнительно-морфологического анализа можно заключить, что в экскрементах амурского тигра по кличке «Профессор», собранного в феврале 2009 г., присутствуют остевые волосы пятнистого оленя.

2. Проба Е-26Н из экскрементов взрослой самки амурского тигра по кличке «Серьга», собрана 20.04.2009 г. Сканирующая электронная микроскопия.

Поперечные срезы фрагментов волос убеждают, что они принадлежат оленям, так как имеют соответствующие размеры и конфигурацию, и, несмотря на разрушенную центральную часть сердцевинки, однорядный слой периферийных полостей хорошо выражен (рис. 23 а), что особенно характерно для волос изюбря (рис. 1 е). Сами полости сердцевинки умеренно вытянуты поперек стержня, и их форма и размеры варьируют незначительно.

Кутикула фрагментов волос сохранилась хорошо, ее повреждения минимальны (рис. 24). Наиболее информативен участок расширенной части стержня, немного выше основания (рис. 24, третий снимок слева). Общий характер орнамента сходен с таковым у эталонного образца волос изюбря (сравните рис. 24 с рис. 13).

Попытка определения взаимосвязи диаметра волоса и W/H с нанесением этих значений на матрицу (рис. 20, обозначено знаком x), показала, что эти показатели близки к таковым у эталонных образцов волос изюбря. При диаметре волоса 250 мкм W/H = 1.32 ($n = 10$) (рис. 20, обозначено ×3).

Вероятно, весной 2009 г. добычей самки амурского тигра по кличке «Серьга» стал изюбрь.

3. Проба E-12Z из экскрементов взрослой самки амурского тигра по кличке «Серьга», собрана 6.02.2009 г. Сканирующая электронная микроскопия.

Основной отличительной чертой фрагментов крупных волос, обнаруженных в данной пробе, служит расщеплённая вершина волоса (рис. 25 е), что уже свидетельствует об их принадлежности к волосам кабана (*Sus scrofa*) (см. Соколов, 1973; Чернова, Целикова, 2004, с. 355), для волос которого характерны неправильно овальная конфигурация поперечников волоса и отсутствие развитой сердцевины или щелевидная форма ее поперечника (рис. 25 а). Слабое развитие и неотчетливость структуры сердцевины видны на продольных срезах стержня (рис. 25 б, в), а грубая, однообразная и сильно изломанная кутикула подтверждает наше предположение.

Очевидно, жертвой амурского тигра в феврале 2009 года стал кабан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные методы исследования видовой диагностики волос оленей и кабана из экскрементов амурского тигра представляет интерес для изучения питания амурского тигра, а выявленные особенности структуры волос пяти наиболее обычных его жертв могут служить ключом для идентификации фрагментов волос из переваренной тигром пищи с помощью как сканирующей электронной, так и светооптической техники.

Поскольку макро-морфологическое строение волос оленей (табл. 1), и особенно фрагментов волос, прошедших через пищеварительный тракт тигра, не служит достаточным аргументом для идентификации вида, то для этих целей необходимо применять более точные методы морфологического исследования, а именно светооптическую и/или электронную сканирующую микроскопию. При этом не все признаки волос или их фрагментов в достаточной степени информативны (табл. 2). Поперечные и продольные срезы волос, характер и степень развития сердцевины, а также присутствие четкого периферийного слоя из мелких полостей позволяют безошибочно отнести такие волосы к волосам оленей (табл. 2). Однако сравнение видов оленей по характеру поперечника граны волос не служит достоверным критерием видовых различий, как и вся совокупность морфологических признаков сердцевины волос оленей, выявленных на уровне светооптической микроскопии. Лишь сравнение дисков сердцевины, полученных в результате щелочного термогидролиза, позволяет выделять кабаргу (тонкие, хаотично разбросанные перегородки, мелкие периферийные сектора), изюбря и сибирскую косулю (неотчетливые сектора в центральной части диска, где имеется сет-

Таблица 2. Микро-морфологические признаки остевых волос представителей семейства Оленевых (Cervidae) (с дополнениями и уточнениями, по: Соколов, 1973; Кисин, 2001; Meyer et al., 2001; Чернова, Целикова, 2004; наши данные)

| Признак волоса; метод исследования | Кабарга | Пятнистый олень | Благородный олень | Изюбрь | Европейская козуля | Сибирская козуля | Лось | |
|--|---|---|--|----------|--------------------|--------------------|--|--|
| | | | | | | | | |
| Форма поперечника в разных участках стержня; СЭМ + световая микроскопия | Округлая, неправильнo-овальная, бобовидная | Неправильно-овальная, округлая | Овальная, незначительно уплощенная | Округлая | Округлая | Округлая, овальная | Овальная, неправильно-овальная, незначительно уплощенная, бобовидная в «ножке» | |
| Форма поперечника в границе; СЭМ + световая микроскопия | Округлая или слегка овальная | Округлая | Округлая | Округлая | Округлая | Овальная | Овальная, уплощенная | |
| Сердцевина на тотальном препарате | Занимает 85–96% толщины волоса. | Занимает 80–98% толщины волоса | Толстая, непрерывная, крупноячеистая и/или сотовая | | | | | Занимает до 95% толщины волоса |
| волоса; световая микроскопия | Из крупных округлых полостей, разделенных толстыми перегородками. Размеры полостей сильно варьируют | Из крупных 5–6-тигранных полостей, разделенных неравномерно утолщенными перегородками | Из средних по величине многоутолщенных, немного уплощенных полостей, разделенных утолщенными перегородками | | | | | Из крупных толстостенных полостей, разделенных утолщенными перегородками |
| Сердцевина на поперечном срезе волоса, в границе; СЭМ + световая микроскопия | Периферийный ряд полный, отчетливый, состоит из прямоутолщенных уплощенных полостей. Следующий ряд неполный, образован крупными полостями, размеры которых в 2 раза больше размеров периферийных полостей. Центральная часть состоит из полиморфных очень крупных полостей, неотчетливо разделенных перегородками неравномерной толщины и «размытой» конфигурации. Стенки перетородок гладкие. Кластеры пигментных гранул располагаются между периферийными клетками на границе со следующим внутренним слоем | | | | | | | |

| | | | | |
|---|---|--|--|---|
| Сердцевина на продольном срезе волоса, в гранне: СЭМ | Сетчато-альвеолярная, состоит из полиморфных полостей разного размера и конфигурации; большинство из них вытянуты поперек стержня. Имеются 2 периферийных ряда мелких прямоугольных полостей | Сотовая, состоит из 5-6-гранных некруглых полостей, разделенных тонкими перегородками. Периферийный ряд не выражен | Сетчато-альвеолярная, из полиморфных полостей разного размера и конфигурации; большинство из них вытянуты поперек стержня. Периферийный ряд мелких квадратных полостей выражен | Сетчато-альвеолярная или сотовая. В гранне полости сильно уплощенные, а перегородки между ними неравномерной толщины, гладкие, с крупными одиночными перфорациями. Периферийный ряд полостей неотчетливый. В нижних отделах стержня сотовая сердцевина состоит из 5-6-гранных полостей ромбовидной конфигурации |
| Диски сердцевин, щелочной термогидролиз; световая микроскопия | Округлые, имеют нежную сетчатую исчерченность за счет хаотично разбросанных тонких перегородок, разделяющих диск на неотчетливо выраженные сектора, которые гораздо мельче по периферии диска. По всему диску разбросаны мелкие округлые кластеры пигментных гранул | Округлые, разделенные толстыми прозрачными перегородками на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры гранул отсутствуют | Овальные, разделенные толстыми перегородками по периферии на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры отсутствуют | Округлые или овальные с небольшими краевыми волнистыми фестонами, разделенные тонкими прозрачными перегородками на многогранные сектора сходных размеров на периферии и в центре диска. Пигментация отсутствует, или имеются мелкие вкрапления |
| | Округлые, имеют нежную сетчатую исчерченность за счет тонких хаотично расположенных перегородок. Мелкие шаровидные кластеры пигментных гранул беспорядочно разбросаны по диску | Овальные, разделенные толстыми перегородками по периферии на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры отсутствуют | Овальные, разделенные толстыми перегородками по периферии на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры отсутствуют | Округлые, не разделенные четко на сектора, которые лишь намечены по периферии, располагаются радиально, вытянуты к центру диска, а в центре диска неотчетливая нежная сетчатость за счет тонких хаотично расположенных перегородок. Мелкие шаровидные кластеры пигментных гранул беспорядочно разбросаны по диску |
| | Округлые, имеют нежную сетчатую исчерченность за счет тонких хаотично расположенных перегородок. Мелкие шаровидные кластеры пигментных гранул беспорядочно разбросаны по диску | Овальные, разделенные толстыми перегородками по периферии на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры отсутствуют | Овальные, разделенные толстыми перегородками по периферии на крупные сектора, пигментация слабая, крупные кластеры отсутствуют | Округлые или овальные с небольшими краевыми волнистыми фестонами, разделенные тонкими прозрачными перегородками на многогранные сектора сходных размеров на периферии и в центре диска. Пигментация отсутствует, или имеются мелкие вкрапления |

| Кутикла в нижней трети волоса, СЭМ + световая микроскопия | Чешуевидная, некольцевидная, иногда полукольцевидная, чешуйки вытянуты попереk стержня | | | | | Орнамент неопрделенный. Чешуйки неправильной прямоугольной формы. Их свободный край неровный, с выступами различной конфигурации. Округло-треугольные «вставочные» чешуйки единичны |
|--|---|--|---|--|---|---|
| | Орнамент кутикuly подобен мелкой водной ряби. Чешуйки 3–4-угольной формы, немного уплощенные, с гладким свободным краем | Чешуйки уплощенные, свободный край слабо волнистый и неизрезанный. Некоторые чешуйки лежат под небольшим углом к длинной оси стержня. Мелкие округло-треугольные «вставочные» чешуйки единичны | Чешуйки уплощенные, свободный край слабо волнистый и неизрезанный заостренным углом вверх вдоль стержня | Мозаичный орнамент из немного вытянутых попереk стержня 4-угольных чешуй со слегка волнистым свободным краем, без изрезанности | Орнамент подобен кирпичной кладке. Чешуйки уплощенные, немного вытянутые попереk стержня, с гладким, слегка волнистым свободным краем | |
| Отношение ширины кутиклярной чешуйки к ее высоте W/H , lim , $n = 5$; толщина стержня, max , mm | $W/H = 2.0-3.2$, 300 | $W/H = 2.3-7.5$; 100 | $W/H = 1.0-2.1$; 250 | $W/H = 1.2-3.1$; 100 | $W/H = 1.2-3.8$, 200 | $W/H = 2.0-4.4$, 170 |

чатое переплетение перегородок) и лося (фестончатая формы диска, схожие крупные сектора по всему диску) (табл. 2).

На уровне СЭМ общий характер строения сердцевины острого волоса специфичен для пятнистого оленя и лося, так как в нижней части стержня волоса у лося и в гранне стержня у пятнистого оленя имеется участок с сотовой сердцевиной, отличающейся от крупноячеистой сетчато-альвеолярной сердцевины других видов (табл. 2). Кроме того, в сотовой сердцевине по периферии сердцевинного тяже не развит слой мелких кубических или прямоугольных полостей.

Наиболее информативно строение кутикулы в определенных отделах стержня остевых волос оленей. Орнамент кутикулы различается в основании и нижней части остевых волос всех изученных видов оленей (табл. 2) и может служить диагностическим признаком. Прорисовка орнамента кутикулы волос изученных видов оленей выявляет наиболее характерные детали (рис. 19), позволяющие диагностировать виды, с учетом данных о строении сердцевины волос. Наиболее четко отличается кутикула кабарги, образующая орнамент, подобный мелкой водной ряби. Пятнистый олень и лось отличаются присутствием единичных мелких «вставочных» чешуек треугольной формы. Орнамент, подобный кирпичной кладке, характерен для сибирской косули. У лося орнамент неопределенный, а чешуйки (в отличие от таковых других оленей) имеют крупные выступы.

Проведенное исследование (с помощью светооптической и сканирующей электронной микроскопии) эталонных и тестируемых волос пяти видов оленей, с использованием простейшей коррелятивной зависимости между толщиной стержня в нижних отделах волоса и отношением ширины кутикулярных чешуек (поперек стержня) к их высоте (вдоль стержня) именно в этом месте, с нанесением полученных данных на графическую матрицу, предложенную Мейером с соавторами (Meyer et al., 2001), показывает приемлемость применения этой методики для различения волос оленей, в частности, пяти изученных видов.

При многочисленных промерах толщины волос и соотношения W/H можно проводить корреляционно-регрессионный анализ, имея в виду, что в указанном выше соотношении $R^2 = 0.96$ у Cervinae (в нашем случае, изюбрь и пятнистый олень); $R^2 = 0.81$ у Odocoleinae I (косуля, лось) и $R^2 = 0.99$ у Odocoleinae II (белохвостые олени, карибу и пуду) (Meyer et al., 1971). Надо отметить, что эти методы корреляционно-регрессионного анализа требуют обилия исследуемого материала (что в нашем случае маловероятно), современной компьютерной техники и автоматизированных программ измерений, что делает их малодоступной для большинства исследователей. Вместе с тем, простая корреляционная зависимость между толщиной волоса и отношением W/H, наносимая на оси матрицы, вполне приемлема для широкого круга зоологов, экспертов и охотоведов. Эта методика может быть рекомендована для зоологических исследований.

Остевые волосы кабана легко отличаются от волос оленей своей конфигурацией (в частности расщепленным концом), толщиной, мощным корковым слоем, слабым развитием сердцевины, от которой остаются лишь «трещины», проходящие посередине стержня. Их диагностика не представляет трудностей на уровне светооптической микроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов В.К. 1962. К биологии амурского тигра, *Panthera tigris longipilis* Fitzinger, 1868 // Vestn. Ceskoslov. Spolecnosti Zool. Т. 26. N. 2. S. 189–202.
- Гудрич Дж.М., Керли Л.Л., Микелл Д.Дж., Смирнов Е.Н., Шлейер Б.О., Куигли Х.Б., Хорнокер М.Г., Уфыркина О.В. 2005. Социальная структура популяции амурского тигра в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП. С. 50–60.
- Данченко В.В. 1981. Амурский тигр в Уссурийском заповеднике // Редкие и исчезающие животные суши Дальнего Востока СССР. Материалы конференции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 168–170.
- Дунищенко Ю.М. 1985. К вопросу охраны тигра в Хабаровском крае // Изучение и охрана редких и исчезающих видов животных фауны СССР. М.: Наука. С. 62–65.
- Заумислова О.Ю. 2005. Экология кабана в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП. С. 83–96.
- Животченко В.И. 1979. О годовой величине добычи копытных тиграми одной семейной группы // Экологические основы охраны и рационального использования хищных млекопитающих. Материалы Всес. совещ. М.: Наука. С. 246–247.
- Животченко В.И. 1981а. О питании амурского тигра // Хищные млекопитающие. Сб. науч. трудов. М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР. С. 64–75.
- Животченко В.И. 1981б. Амурский тигр юга Приморья и его охрана. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИИПрирода. 24 с.
- Капланов Л.Г. 1948. Тигр в Сихотэ-Алине // Капланов Л.Г. Тигр. Изюбрь. Лось. Материалы к познанию фауны и флоры СССР. М.: Изд. Моск. Общества испытателей природы. Нов. Серия. Отдел зоол. Вып. 14 (29). С. 18–49.
- Кисин М.В. 2001. Судебно-биологическая экспертиза волос животных. Вып. 2. Методики экспертного исследования. Рос. Федерал. Центр Судебн. Экспертизы. 175 с.
- Микелл Д.Дж., Керли Л. Л., Гудрич Дж. М., Шлейер Б.О., Смирнов Е.Н., Куигли Х.Г., Хорнокер М.Г., Николаев И.Г., Матюшкин Е.Н. 2005. Особенности питания амурского тигра в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике и на Дальнем Востоке России и возможности его сохранения // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП. С. 125–131.
- Микелл Д.Дж., Смирнов Е.Н., Меррилл Т., Мысленков А.И., Квигли Х.Б., Хорнокер М., Шлейер Б. 1999. Пространственно-иерархический анализ зависимости амурского тигра от местообитаний и видов-жертв // Верхом на тигре, или в поисках гармонии. Сохранение тигров в антропогенных ландшафтах. М.: Книжный дом «Университет». С. 63–89.
- Павлинов И.Я. 2003. Систематика современных млекопитающих. М.: Изд-во МГУ. 297 с.
- Пикунов Д.Г. 1981. Размеры хищничества амурских тигров // Редкие и исчезающие животные суши Дальнего Востока СССР. Материалы конференции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 71–75.
- Пикунов Д.Г. 1983. Амурский тигр и его влияние на диких копытных Приморья // Редкие виды млекопитающих СССР и их охрана. Материалы 3-го Всес. совещ. М.: ИЭМЭЖ и ВТО АН СССР. С. 128–129.
- Рожнов В.В., Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Найденко С.В., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Павлов Д.С. 2010. Применение спутниковых ошейников GPS-Argos для изучения пространства, используемого амурскими тиграми //

- Амурский тигр в Северо-Восточной Азии: проблемы сохранения в XXI веке. Владивосток: Дальнаука. С. 61–65.
- Рожнов В.В., Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Найденко С.В., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Павлов Д.С. 2011. Использование спутниковых радиомаяков для изучения участка обитания и активности амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) // Зоол. журн. Т. 90. № 5. С. 580–594.
- Соколов В.Е. 1973. Кожный покров млекопитающих. М.: Наука. 487 с.
- Соколов В.Е., Скурат Л.Н., Степанова Л.В., Шабаташ С.А. 1988. Руководство по изучению кожного покрова млекопитающих. М.: Наука. 280 с.
- Стивенс Ф.А., Заумыслова О.Ю., Г. Д. Хейвард, Микелл Д. Дж. 2005. Оценка плотности копытных по данным зимних маршрутных учетов в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // Тигры Сихотэ-Алинского заповедника: экология и сохранение. Владивосток: ПСП. С. 97–112.
- Чернова О.Ф., Целикова Т.Н. 2004. Атлас волос млекопитающих (Тонкая структура остевых волос и игл в сканирующем электронном микроскопе). М.: То-во научных изданий КМК. 429 с.
- Чистополова М.Д., Лукаревский В.С., Эрнандес-Бланко Х.А., Найденко С.В., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Рожнов В.В. 2010. Питание амурского тигра в заповеднике «Уссурийский» ДВО РАН // Амурский тигр в Северо-Восточной Азии: проблемы сохранения в XXI веке. Владивосток: Дальнаука. С. 160–165.
- Юдаков А.Г., Николаев И.Г., 1987. Экология амурского тигра. По зимним стационарным наблюдениям 1970-1973 гг. в западной части Среднего Сихотэ-Алиня. М.: Наука. 152 с.
- Юдин В.Г., Юдина Е.В. 2009. Тигр Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 485 с.
- Day M.G. 1966. Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels // J. Zool. Vol. 148. P. 201–217.
- Meyer W., Pohlmeier K., Schnapper A., Hulmann G. 2001. Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis // Z. Jagdwiss. Bd. 47. S. 253–258.
- Wolfe A., Long A.M. 1977. Distinguishing between the hair fibers of the rabbit and the mountain hare in scats of the red fox // J. Zool. Vol. 242. P. 370–375.

Приложение

**АТЛАС МИКРОФОТОГРАФИЙ И ЭЛЕКТРОНОГРАММ
ОСТЕВЫХ ВОЛОС ОЛЕНЕВЫХ (CERVIDAE)**

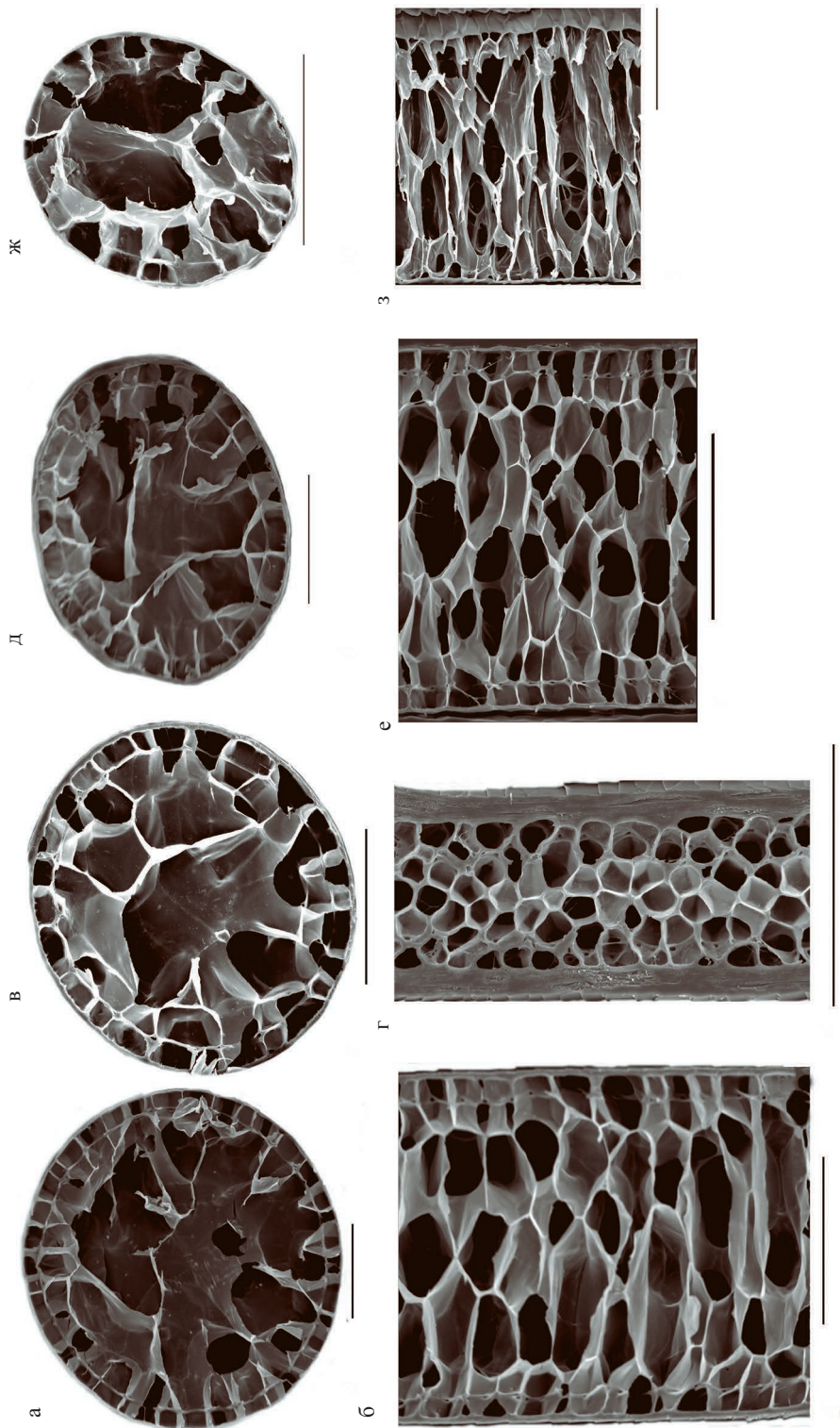


Рис. 1. Поперечные и продольные срезы остевых волос загривка взрослых самцов оленевых (Cervidae): а, б — кабарга (*Moschus moschiferus*); в, г — пятнистый олень (*Cervus nippon*); д, е — изюбрь (*C. elaphus xanthopygus*); ж, з — сибирская косуля (*Capreolus pygargus*). СЭМ. Масштаб 100 мкм.

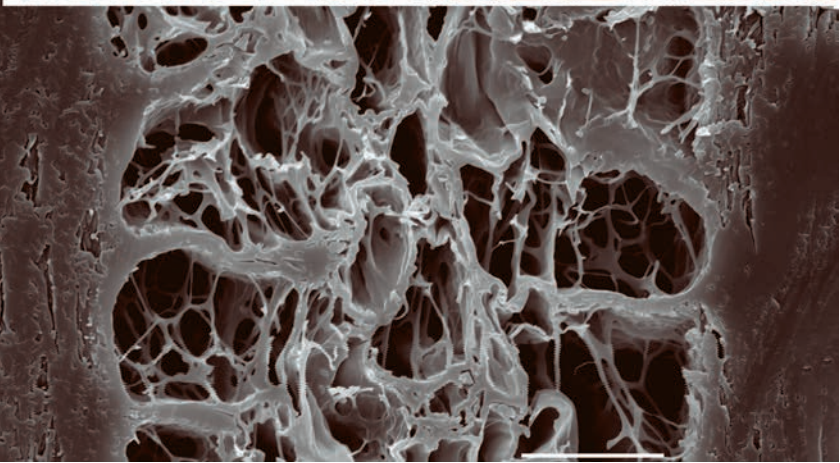
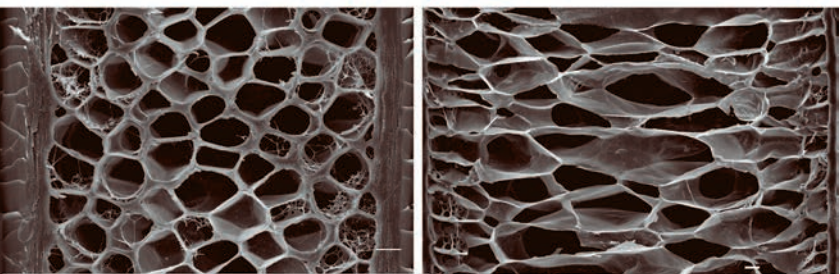
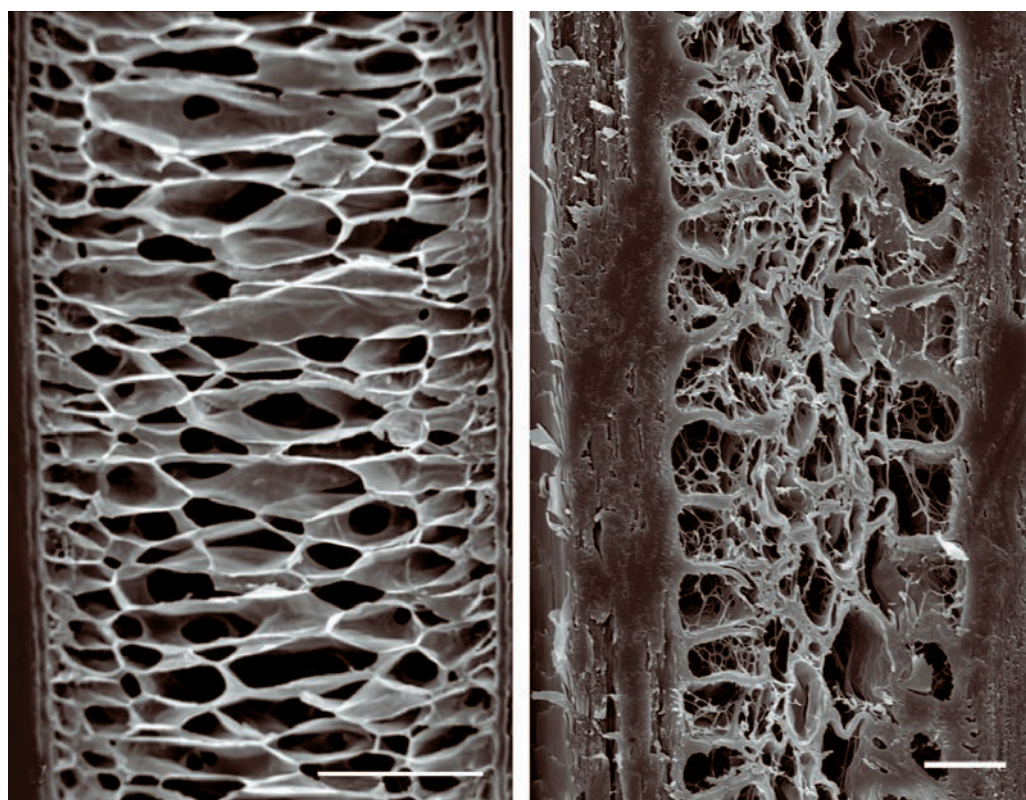


Рис. 2. Поперечные и продольные срезы остевых волос взрослого самца лося (*Alces alces*): а — поперечники разных участков стержня; б — продольный срез в нижней трети стержня; в — то же выше по стержню; г — то же на вершине волоса. СЭМ. Масштаб: а — 100 мкм; б, в, г — 10 мкм.



а

б

Рис. 3. Продольные срезы острого волоса загривка взрослого самца лося (*Alces alces*) в области гранны (а) и вершины (б). СЭМ. Масштаб 10 мкм.

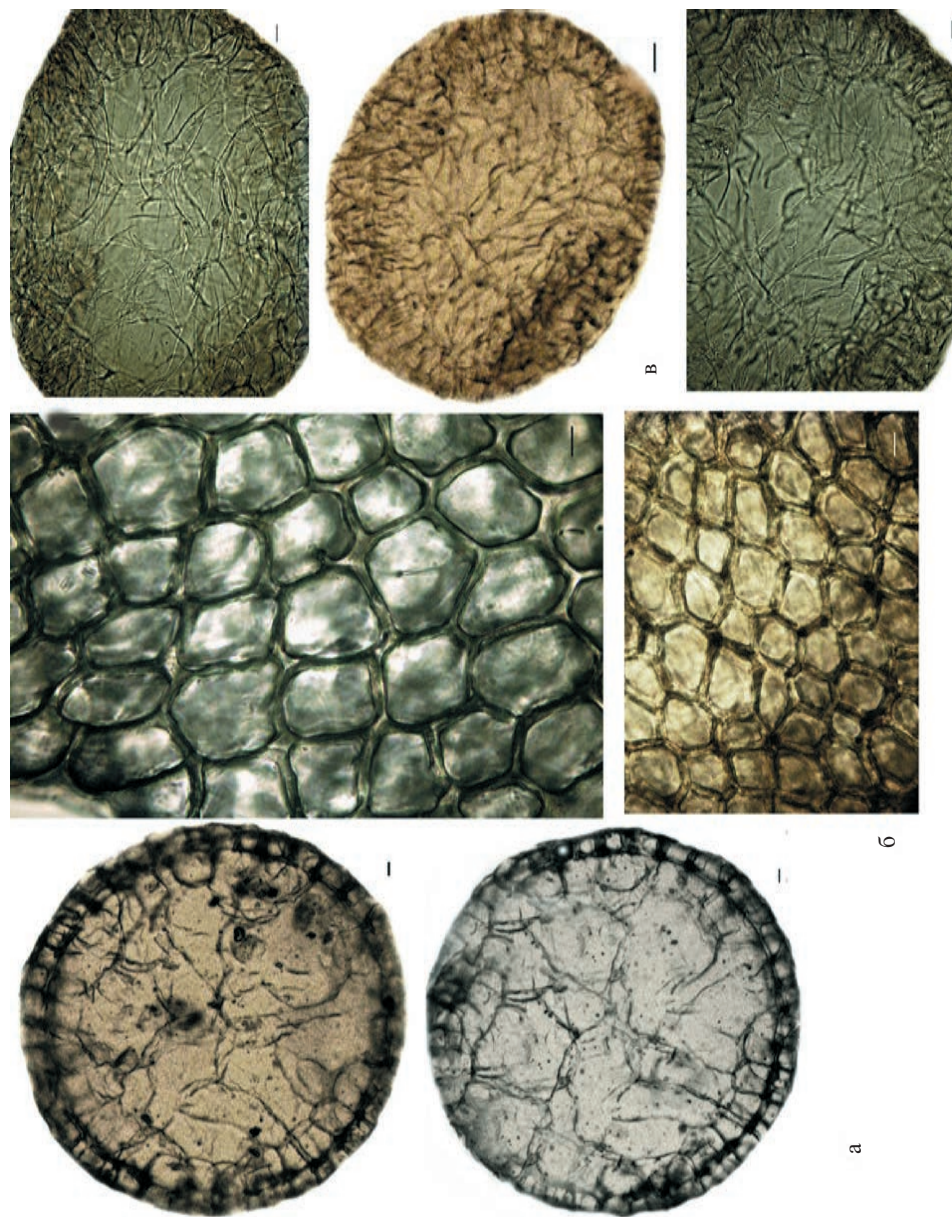
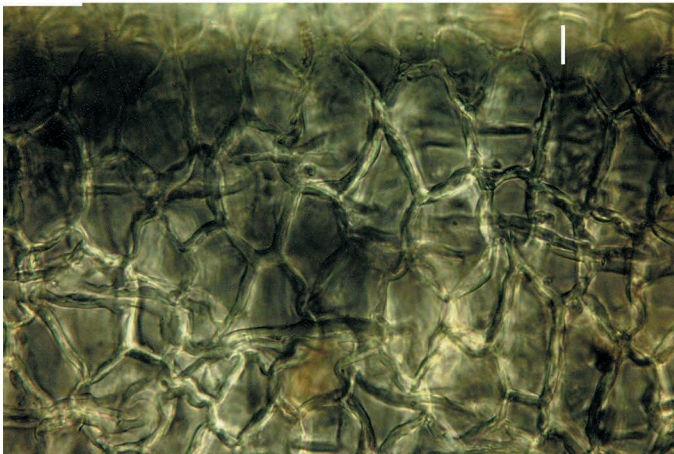


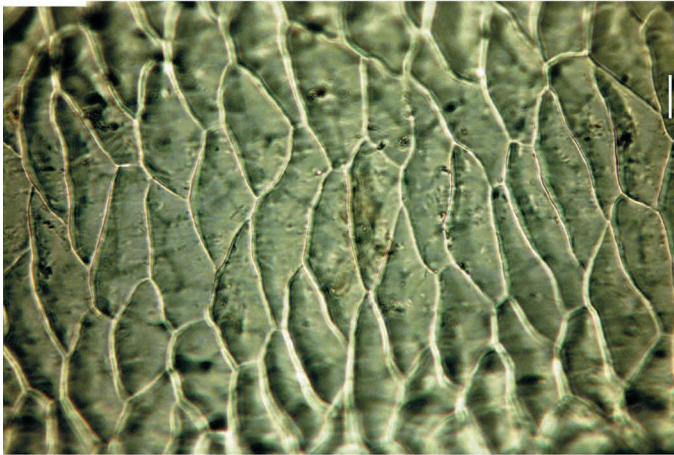
Рис. 4. Микроструктура острого волоса загрызка взрослого самца кабарги (*Moschus moschiferus*): а — поперечные срезы в области гранны; б — сердцевина на тотальном препарате; в — диски сердцевинны, полученные в процессе щелочного термогидролиза волоса. Микрофото. Масштаб 10 мкм.



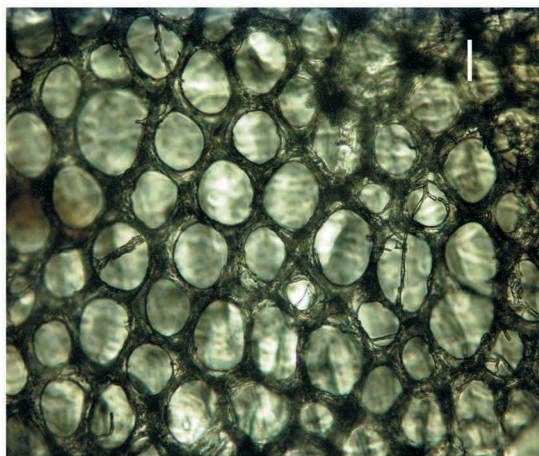
а



б

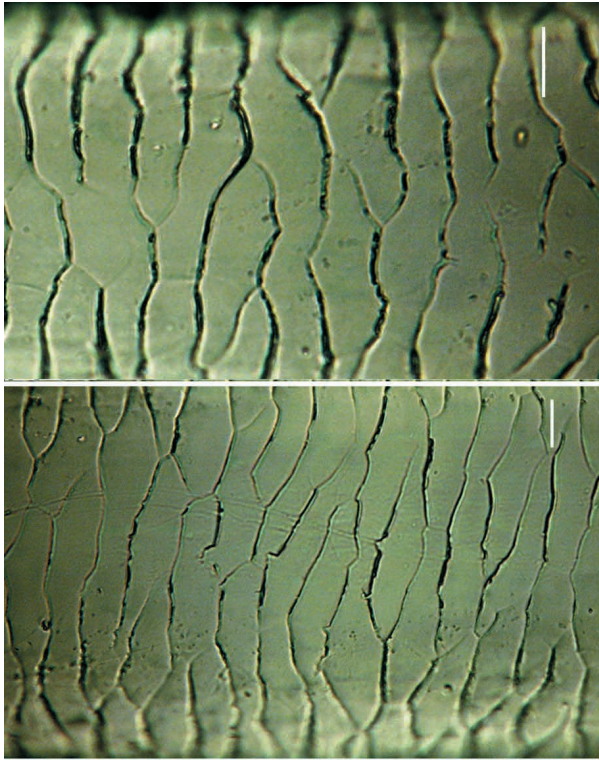


г



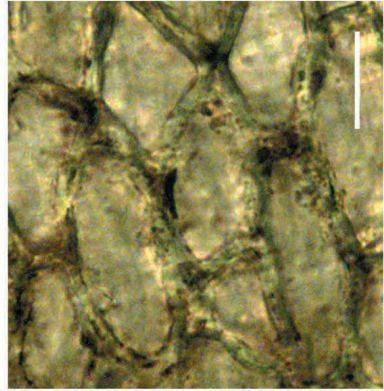
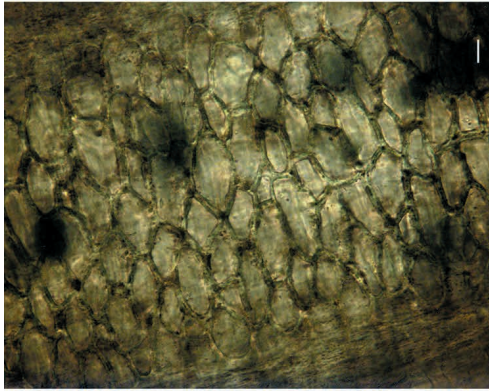
в

Рис. 5. Строение частично разрушенного острого волоса загривка взрослого самца кабарги (*Moschus moschiferus*): а — поперечный срез гранны; б — сердцевина гранны на тотальном препарате; в — сердцевина в нижней части стержня, на тотальном препарате; г — кутикула нижней части стержня. Микрофото. Масштаб 10 мкм.

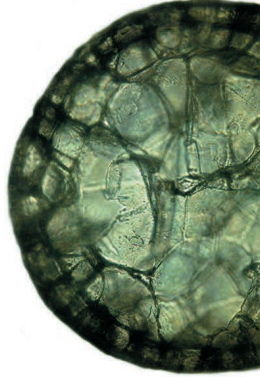
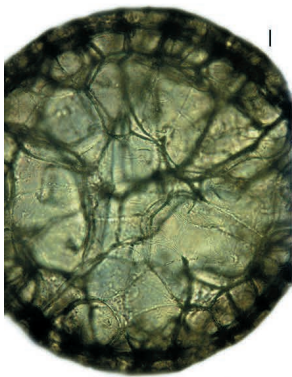


г

Рис. 6. Микроструктура остевого волоса заправка взрослого самца пятилистного оленя (*Cervus pipron*): а — поперечные срезы в области границы; б — диск сердцевинки, полученный в процессе щелочного термогидролиза волоса; в — сердцевина на тотальном препарате; г — кутикула в нижней части стержня. Микрофото. Масштаб 10 мкм.



в



а

б

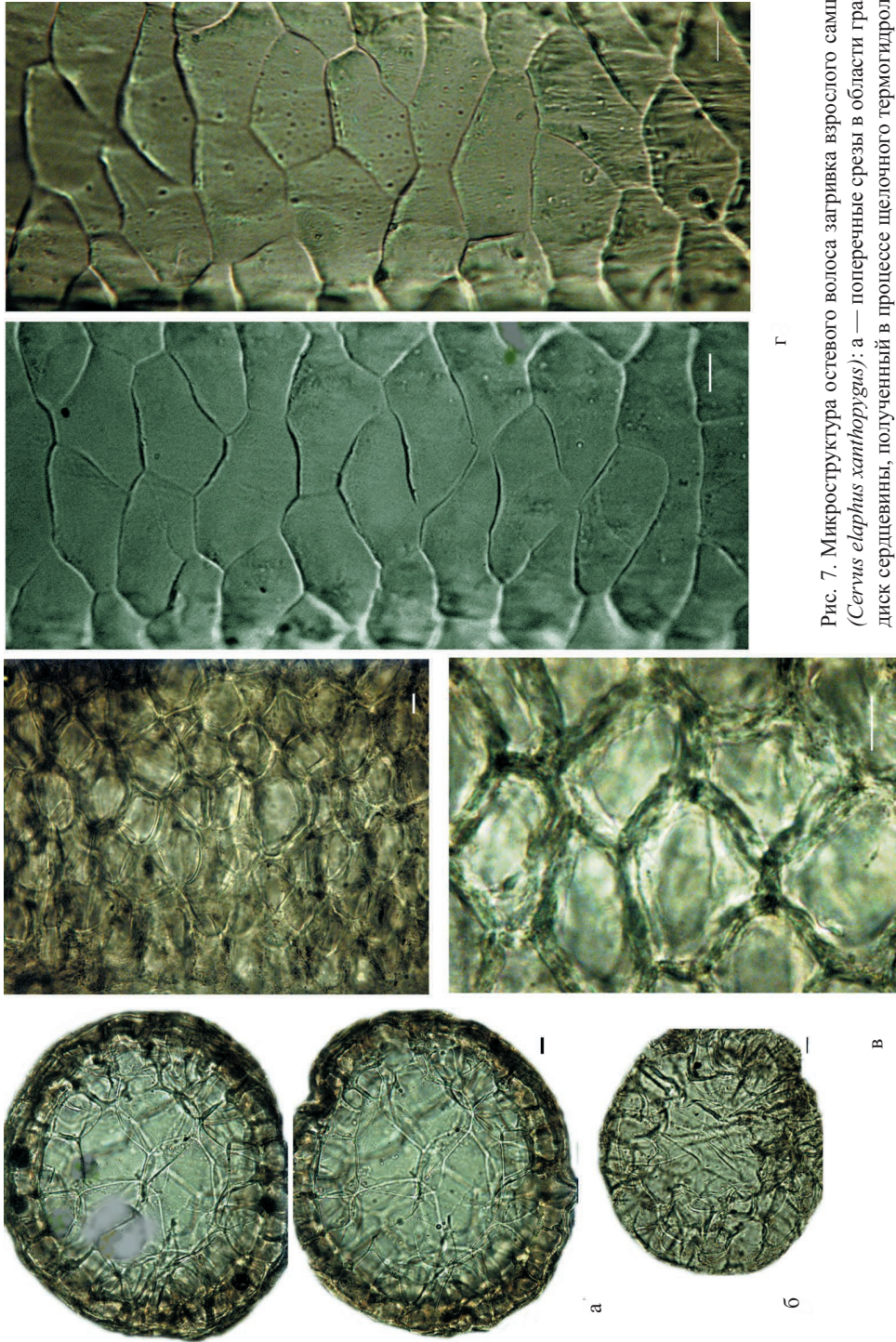


Рис. 7. Микроструктура острого волоса загрызка взрослого самца изюбра (*Ceruus elaphus xanthopygus*): а — поперечные срезы в области гранны; б — диск сердцевинки, полученный в процессе щелочного термогидролиза волоса; в — сердцевина на тотальном препарате; г — кутикула в нижней части стержня. Микрофото. Масштаб 10 мкм.

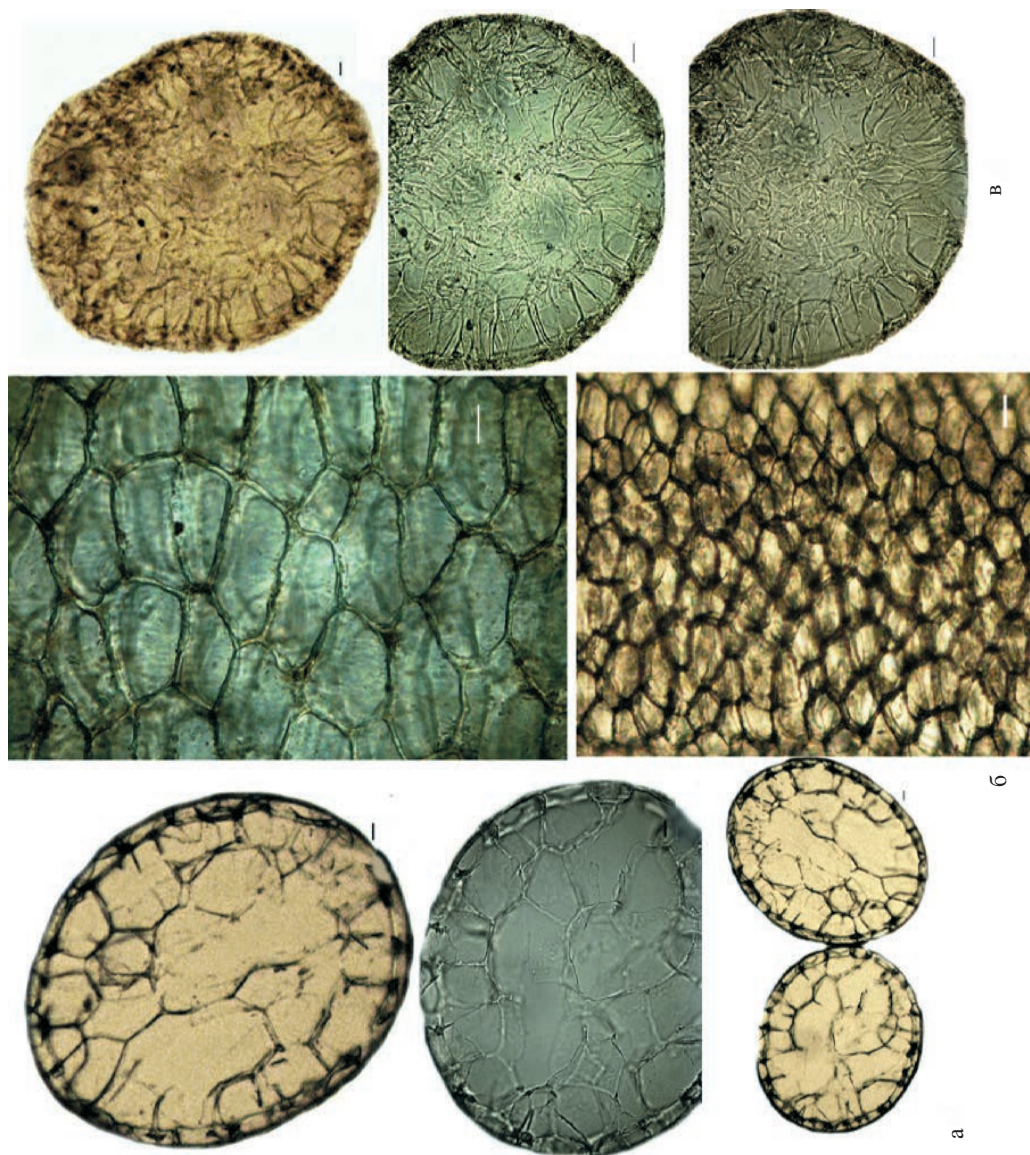


Рис. 8. Микроструктура остевого волоса загрызка взрослого самца сибирской косули (*Sargolus rugosus*): а — поперечные срезы в тотальном препарате; б — сердцевина на тотальном препарате; в — диски сердцевинны, полученные в процессе щелочного термогидролиза волоса. Микрофото. Масштаб 10 мкм.

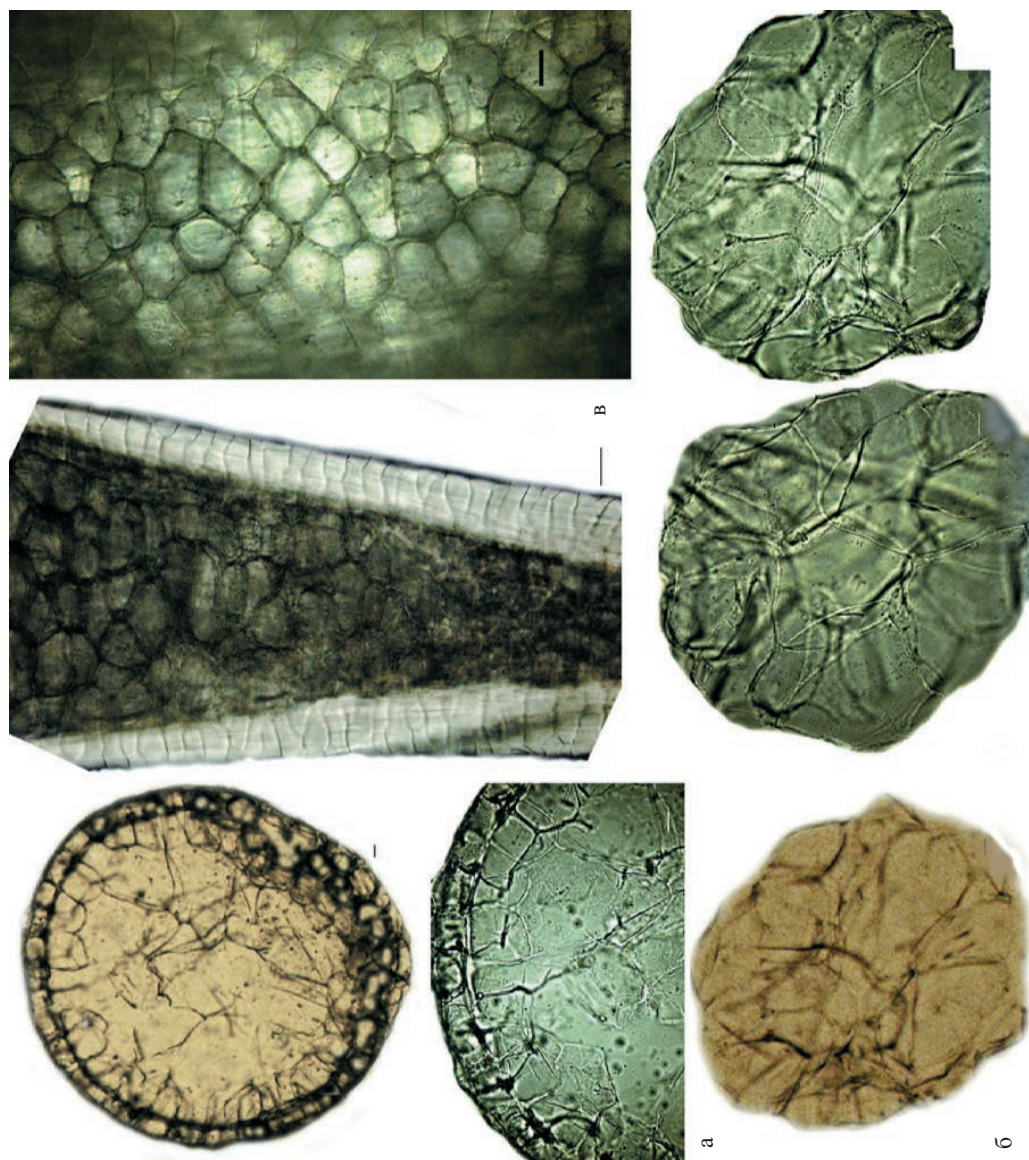


Рис. 9. Микроструктура остевого волоса загривка взрослого самца лося (*Alces alces*): а — поперечные срезы в области грани; б — диски сердцевины, полученные в процессе щелочного термодролиза волоса; в — сердцевина в области «ножки» и середине стержня, на тотальном препарате. Микрофото. Масштаб 10 мкм.

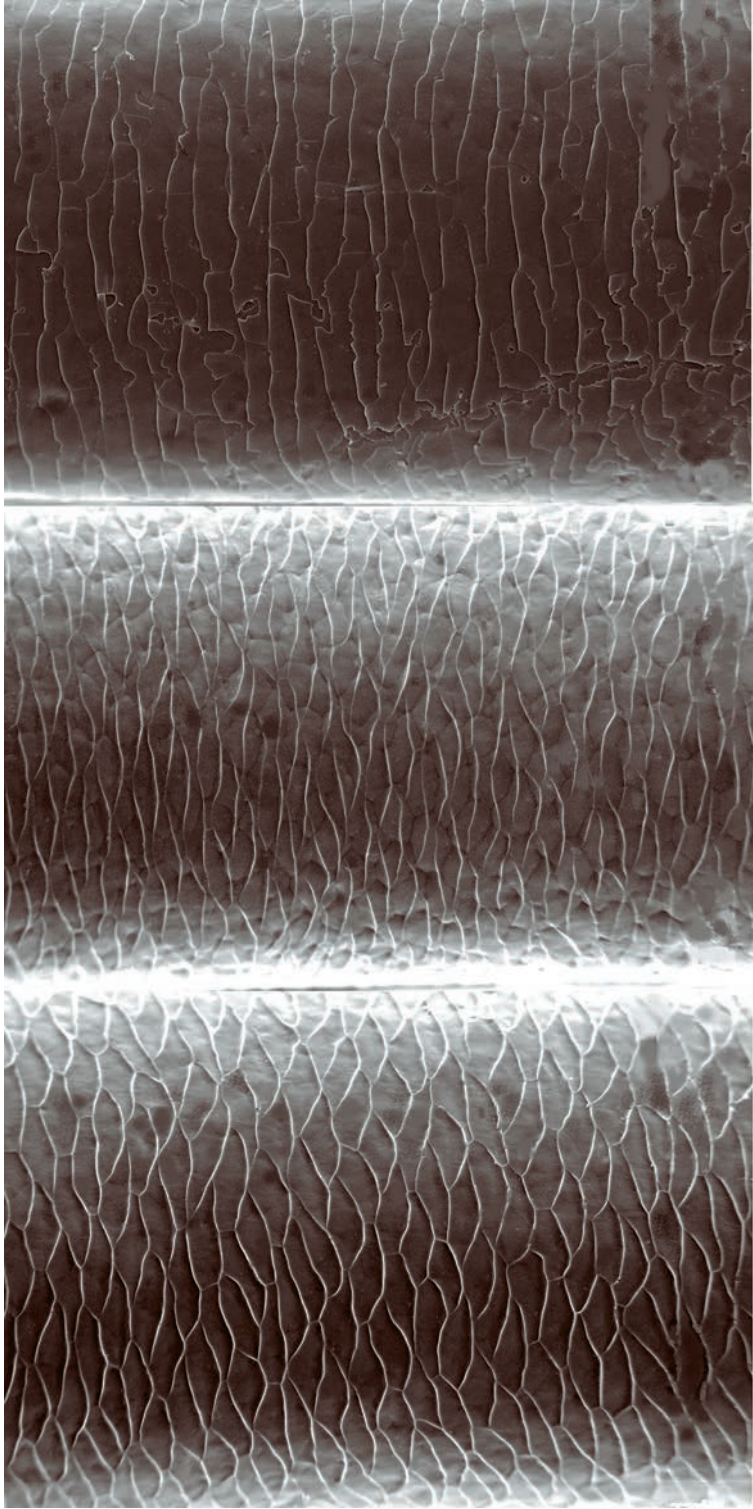


Рис. 10. Орнамент кутикулы (от основания к гранне) остевого волоса загривка взрослого самца кабарги (*Moschus moschiferus*). СЭМ. Масштаб 100 мкм.

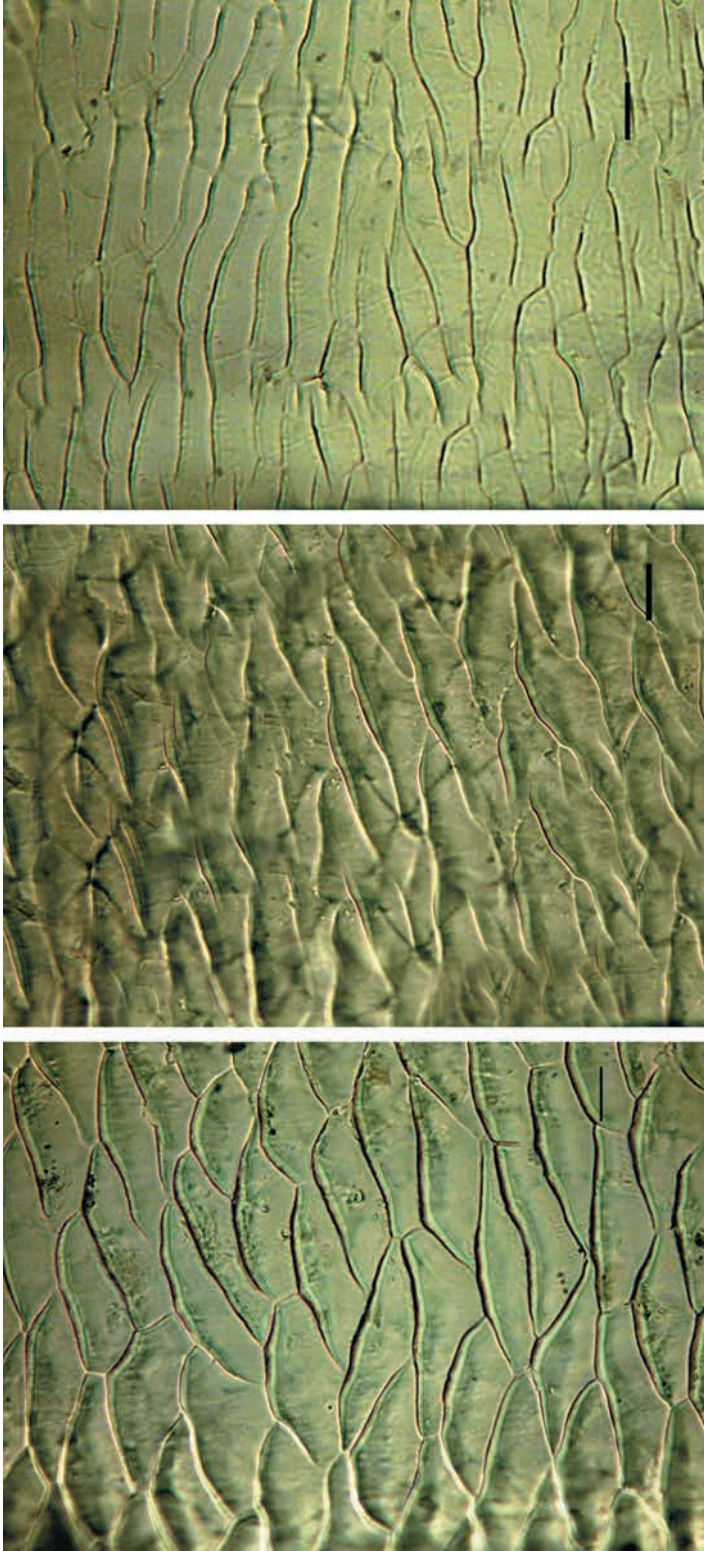


Рис. 11. Строение кутикулы (от основания к гранне) остевого волоса загривка взрослого самца кабарги (*Moschus moschiferus*). Микрофото. Масштаб 10 мкм.

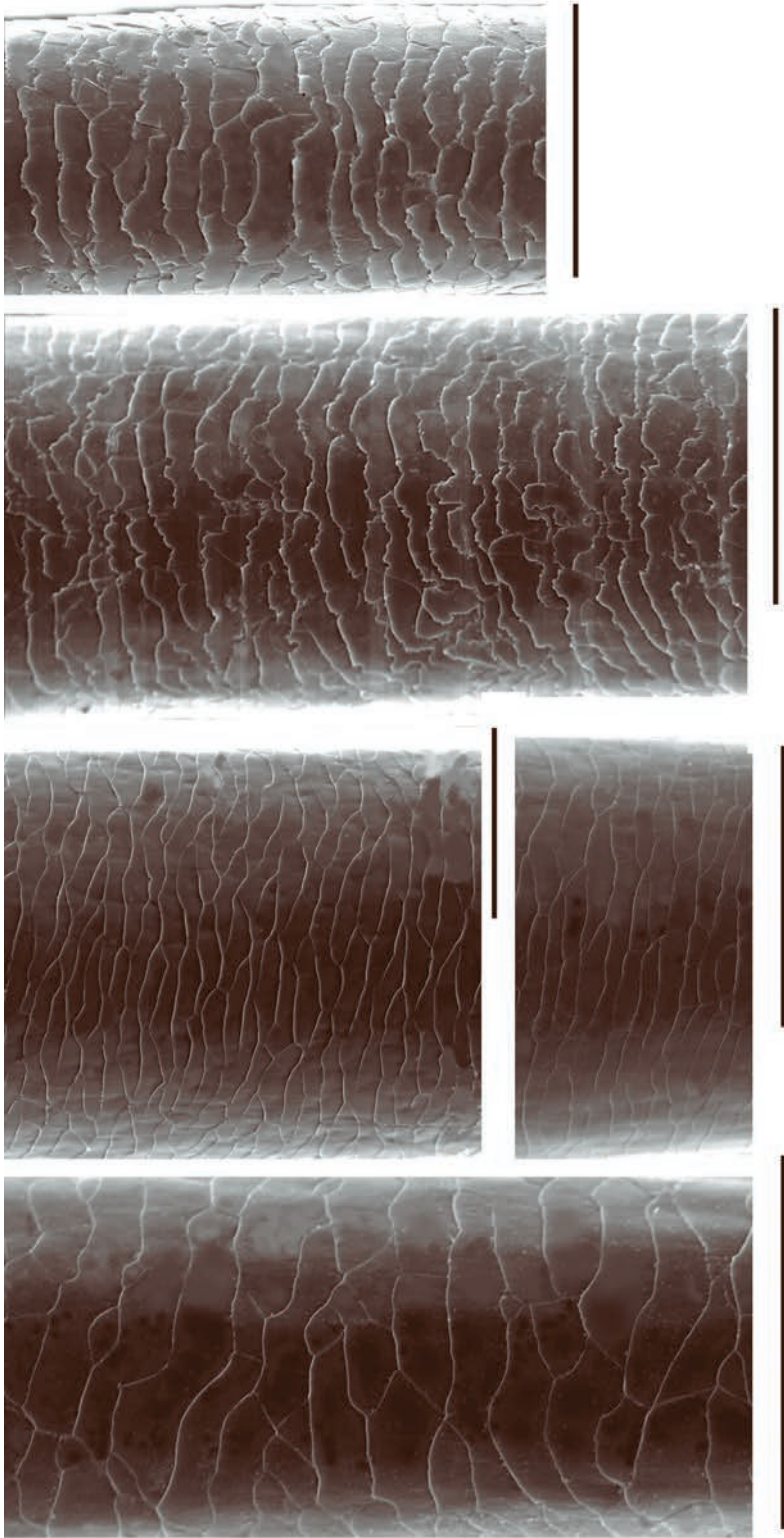


Рис. 12. Орнамент кутикулы (от основания к гранне) остевого волоса загривка взрослого самца пятнистого оленя (*Cervus nippon*). СЭМ. Масштаб 100 мкм.

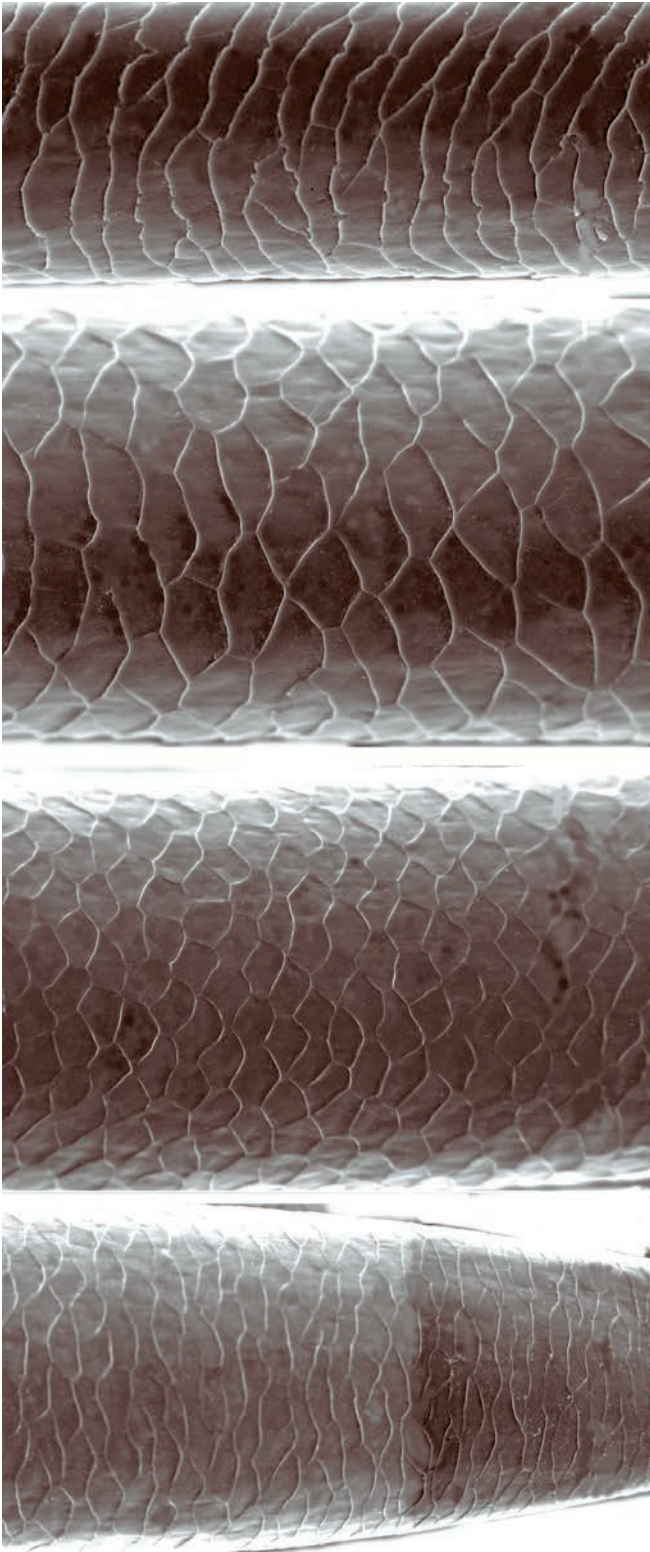


Рис. 13. Орнамент кутикулы (от основания к гранне) острого волоса загривка взрослого самца изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*). СЭМ.
Масштаб 100 мкм.

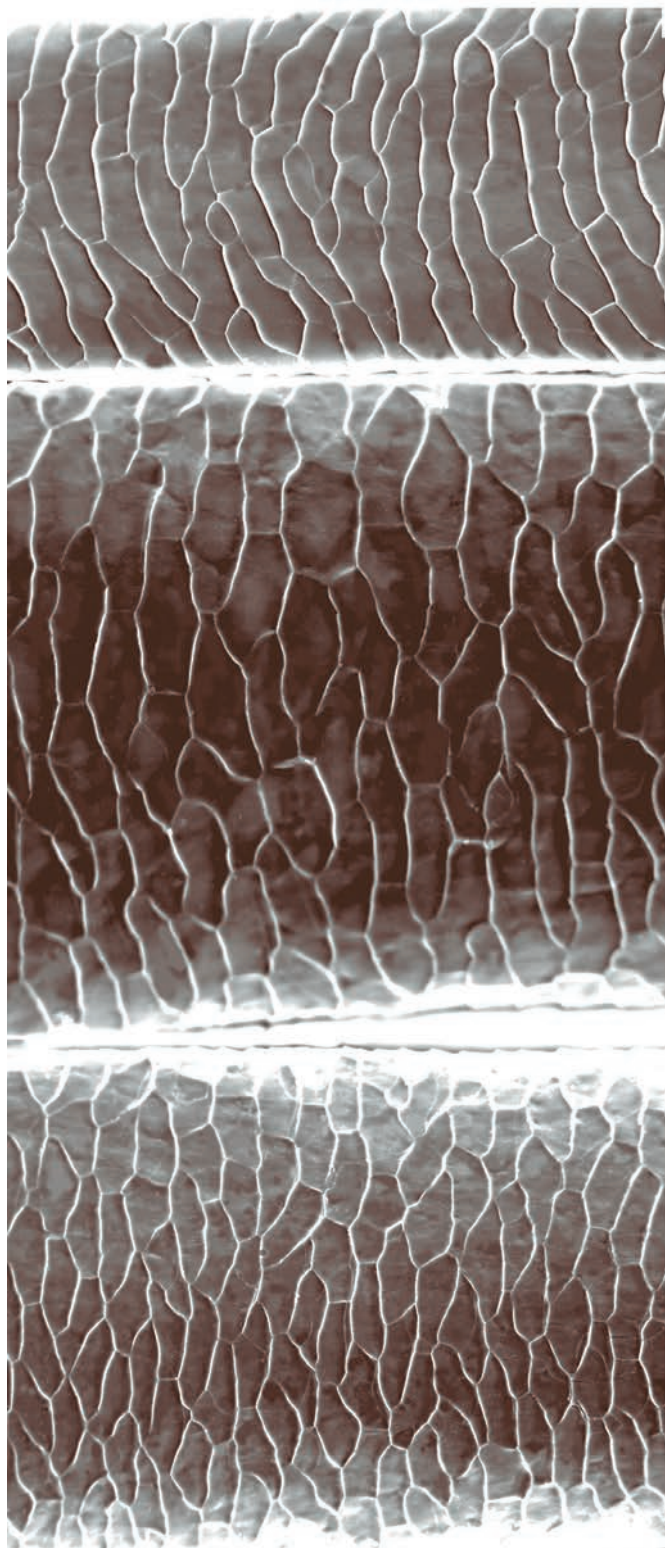


Рис. 14. Орнамент кутикулы (от основания к гранне) острого волоса загривка взрослого самца сибирской козули (*Carpentaria ruzganzii*). СЭМ.
Масштаб 100 мкм.

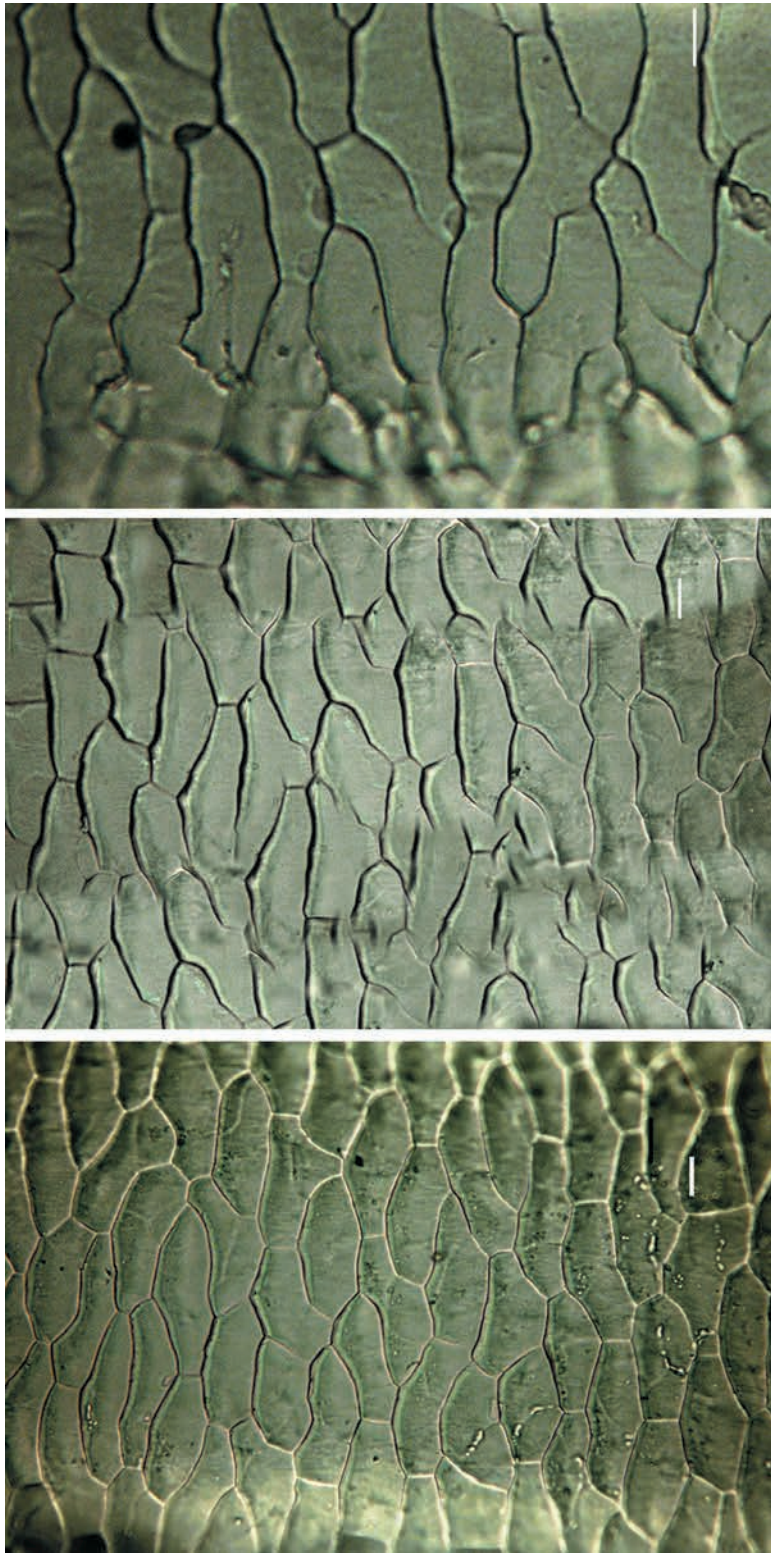


Рис. 15. Строение кутикулы (в нижней части стержня) острого волоса загривка взрослого самца сибирской козули (*Sapreolus rugatus*). Микрофото.
Масштаб 10 мкм.

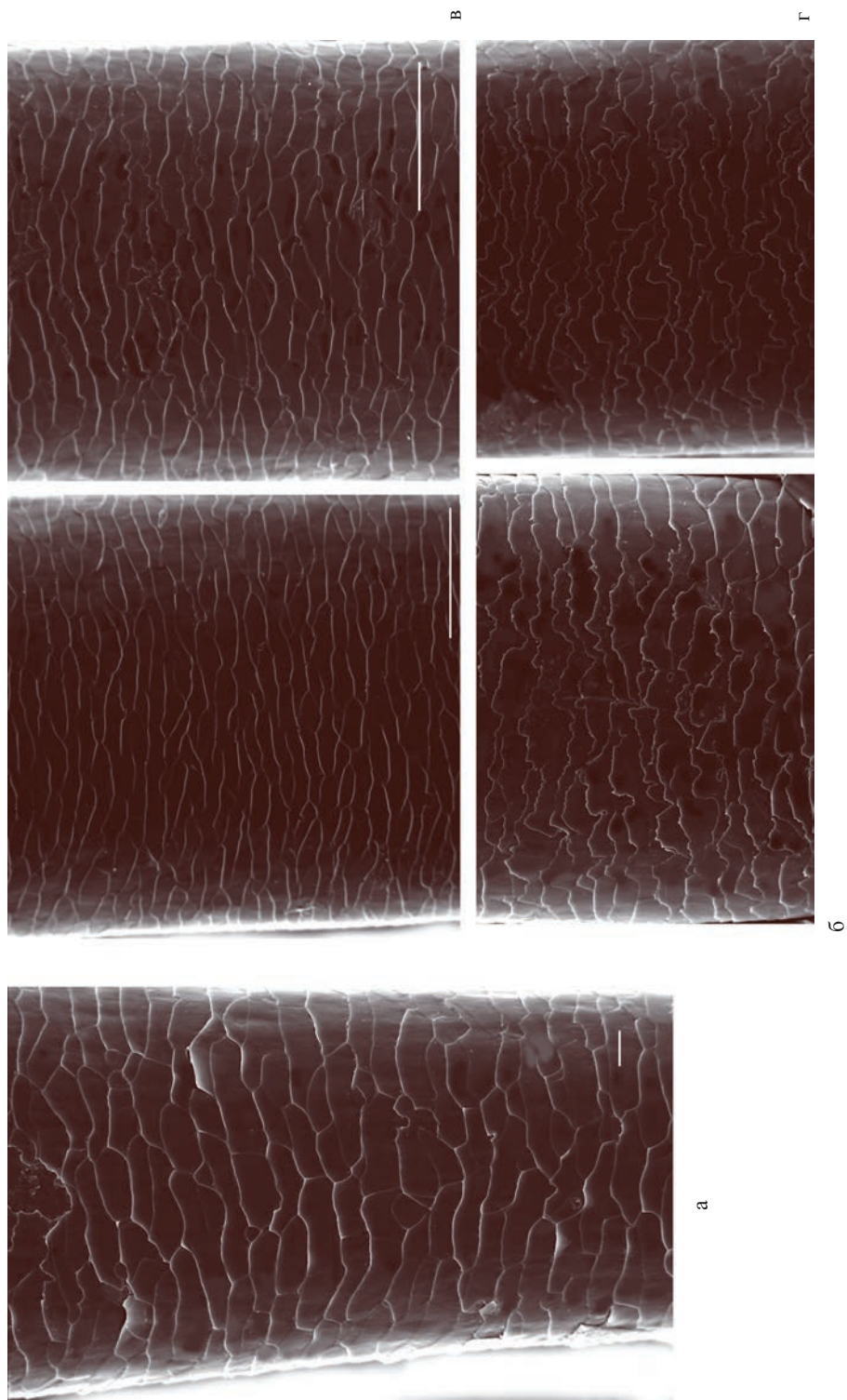


Рис. 16. Орнамент кутикулы (от основания к гранне) острого волоса загривка взрослого самца лося (*Ixodes ricinus*). СЭМ. Масштаб: а, в, г — 10 мкм; б — 100 мкм.

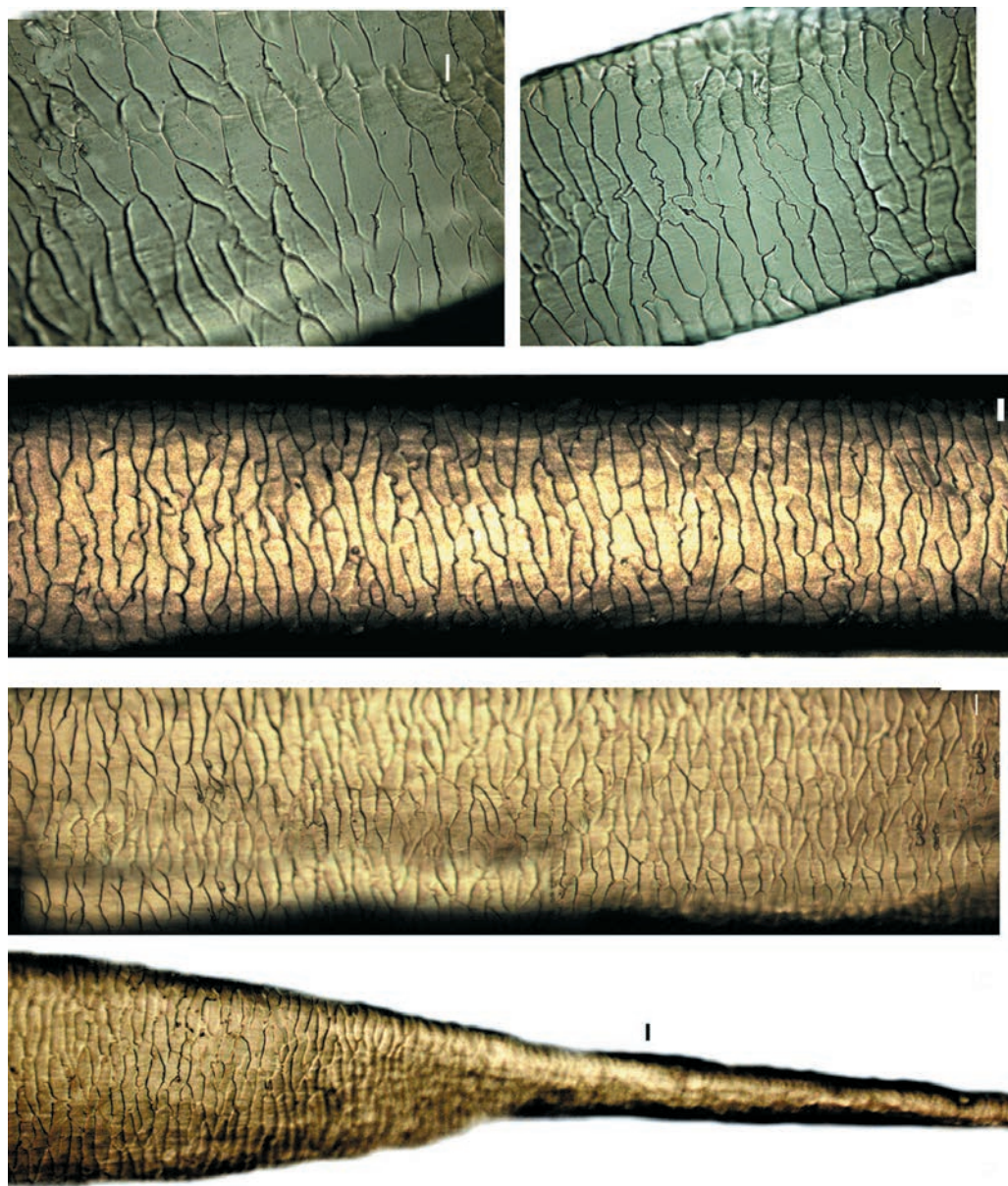


Рис. 17. Строение кутикулы (от «ножки» к гранне) острого волоса загривка взрослого самца лося (*Alces alces*). Микрофото. Масштаб 10 мкм.

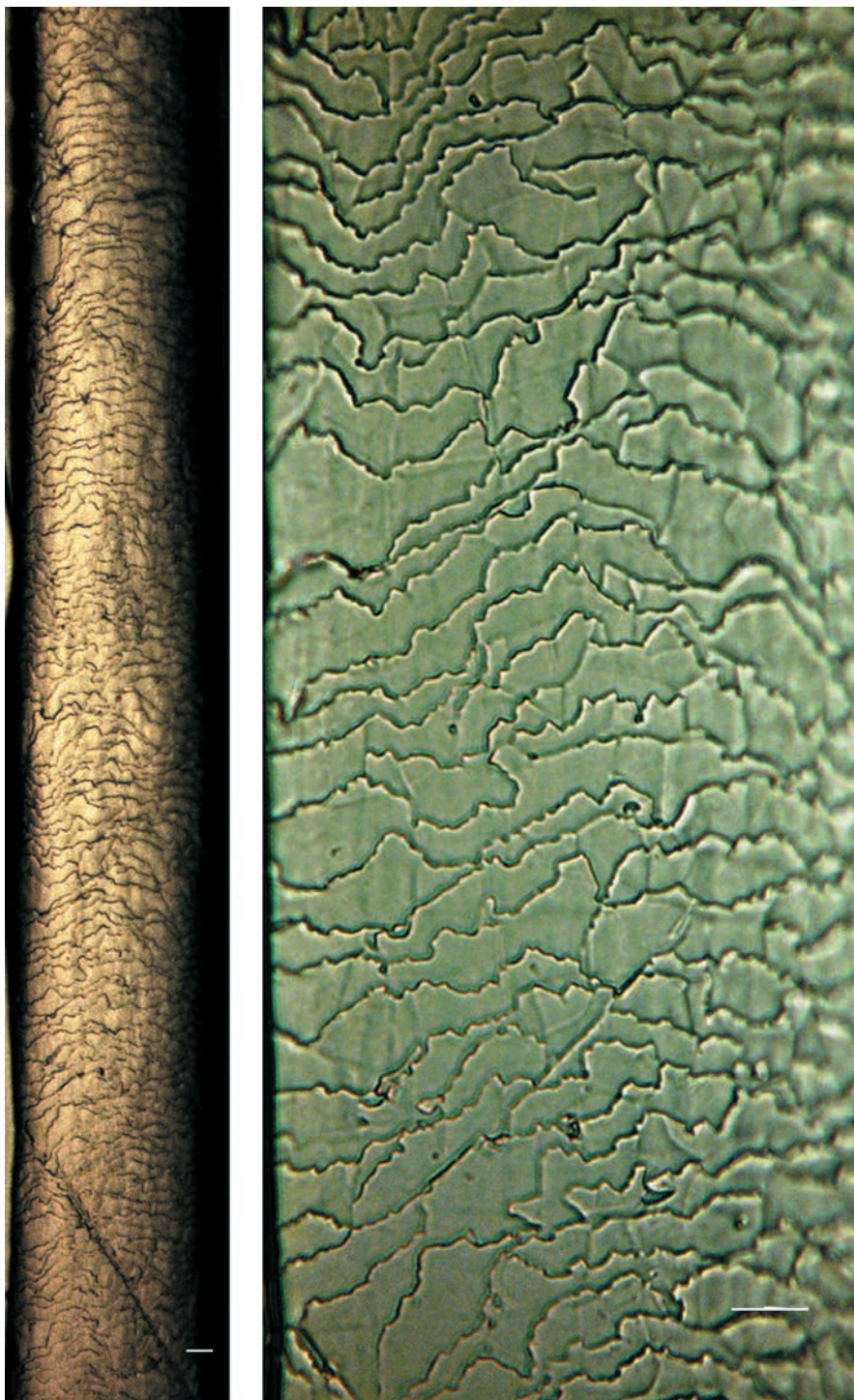


Рис. 18. Строение кутикулы в верхней части стержня остевого волоса загривка взрослого самца лося (*Alces alces*). Микрофото. Масштаб 10 мкм.

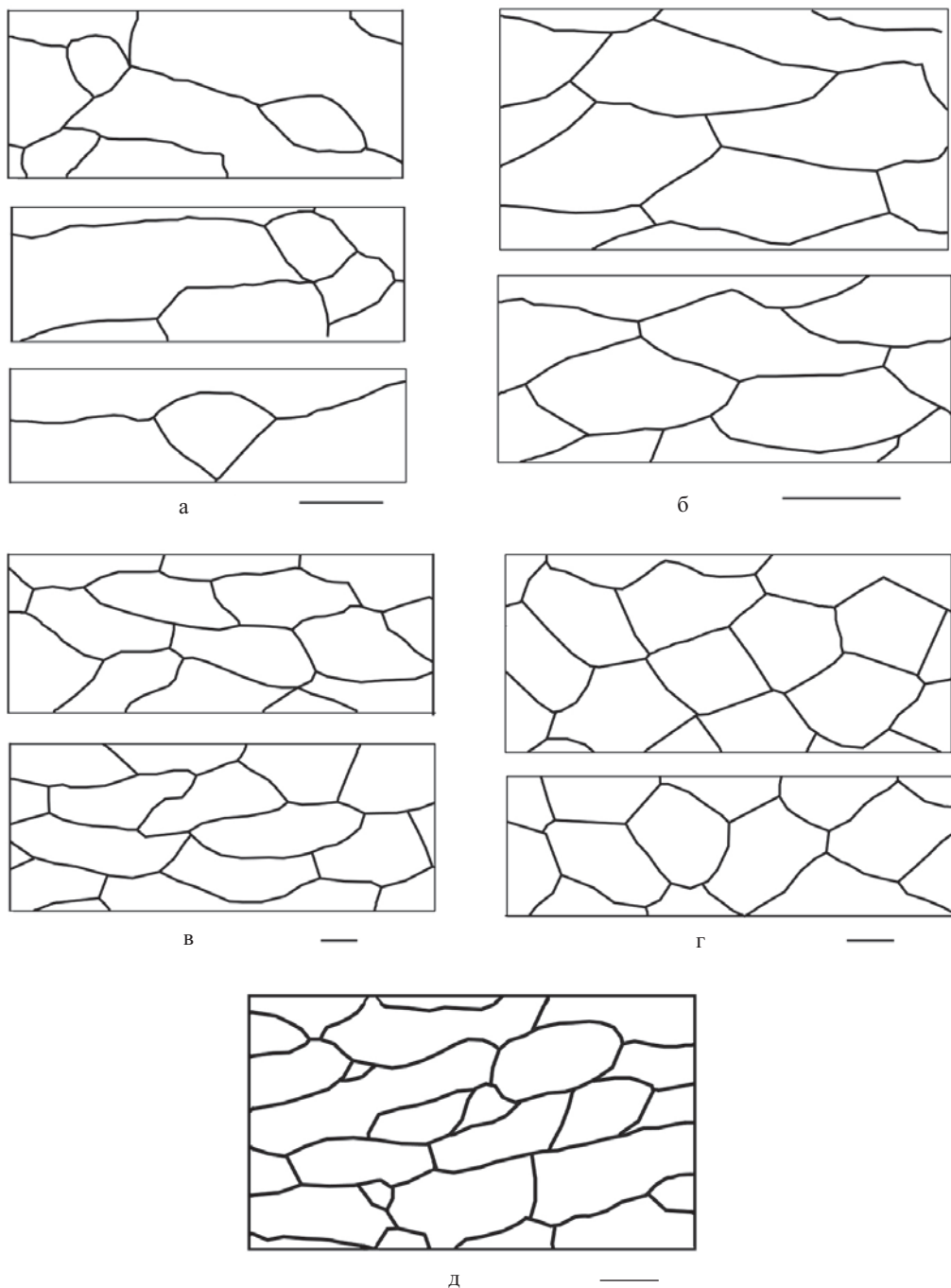


Рис. 19. Детали орнамента кутикулы остевых волос загривка оленей: а — пятнистый олень (*Cervus nippon*); б — кабарга (*Moschus moschiferus*); в — сибирская косуля (*Capreolus pygargus*); г — изюбрь (*C. elaphus xanthopygus*); д — лось (*Alces alces*). Прорисовка электронограмм. Масштаб 10 мкм.

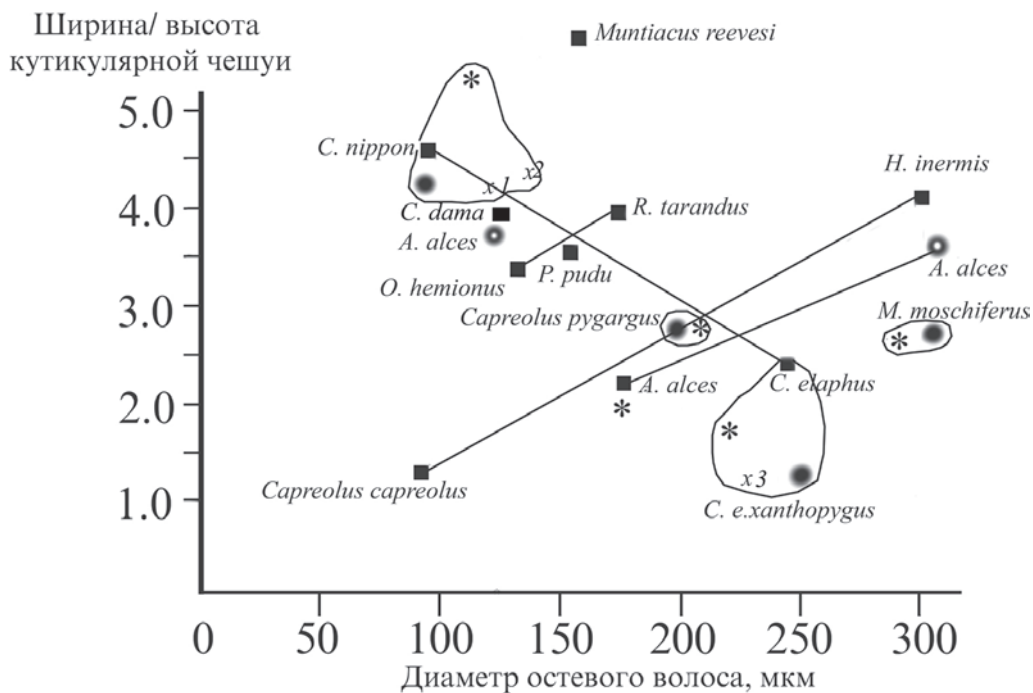


Рис. 20. Матрица коррелятивных связей между диаметром остевого волоса оленевых (Cervidae) и отношением ширины кутикулярной чешуйки к ее высоте (W/H). За основу взяты данные Мейера с соавторами (Meyer et al., 2001, рис. 2).

Условные обозначения:

■ — данные по: Meyer et al., 2001;

● — оригинальные данные ($n = 5; 10$), эталонные образцы остиевых волос заправка взрослых самцов кабарги (*Moschus moschiferus*), пятнистого оленя (*Cervus nippon*), изюбря (*C. elaphus xanthopygus*), сибирской косули (*Capreolus pygargus*), СЭМ;

○ — оригинальные данные ($n = 5$), эталонные образцы остиевых волос взрослого самца лося (*Alces alces*) в разных участках стержня, СЭМ;

* — оригинальные данные ($n = 5; 10$), эталонные образцы остиевых волос заправка взрослых самцов кабарги (*Moschus moschiferus*), пятнистого оленя (*Cervus nippon*), изюбря (*C. elaphus xanthopygus*), сибирской косули (*Capreolus pygargus*), лося (*Alces alces*), светооптическая микроскопия;

x1 — оригинальные данные ($n = 10$), пробы E-018 и E-019 экскрементов взрослого самца амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) по кличке «Профессор», собранные 22.02.2009 г., СЭМ;

x2 — оригинальные данные ($n = 5$), проба E-26H экскрементов взрослой самки амурского тигра по кличке «Серьга», собранная 20.04.2009 г., СЭМ;

x3 — оригинальные данные ($n = 10$), проба E-12Z экскрементов взрослой самки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) по кличке «Серьга», собранная 6.02.2009 г., СЭМ.

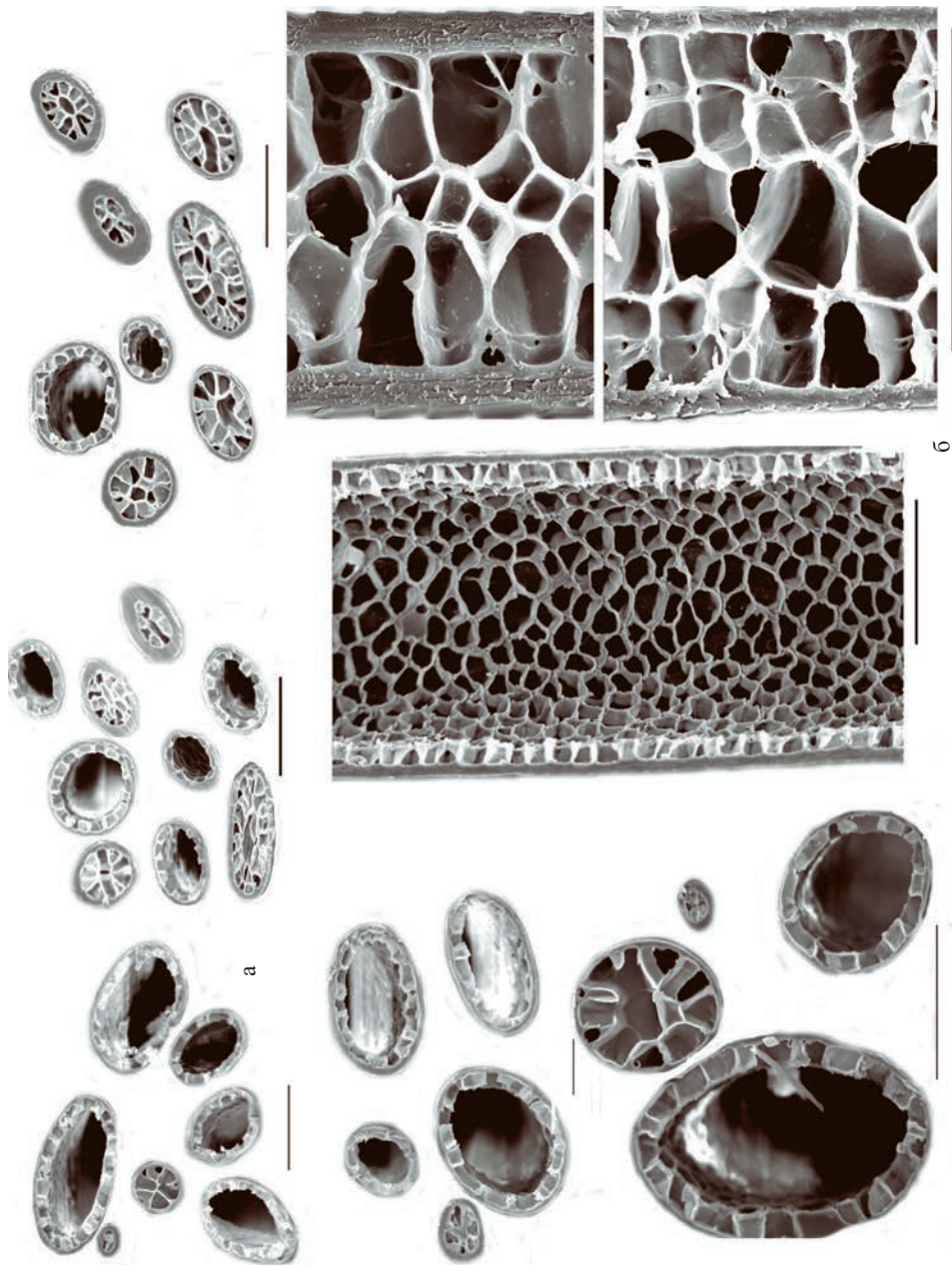


Рис. 21. Поперечные (а) и продольные (б) срезы фрагментов остевых волокон, обнаруженных в экскрементах взрослого самца амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) — кличка «Профессор», сборы Е-018 и Е-019 22.02.2009 г. СЭМ. Масштаб 100 мкм.

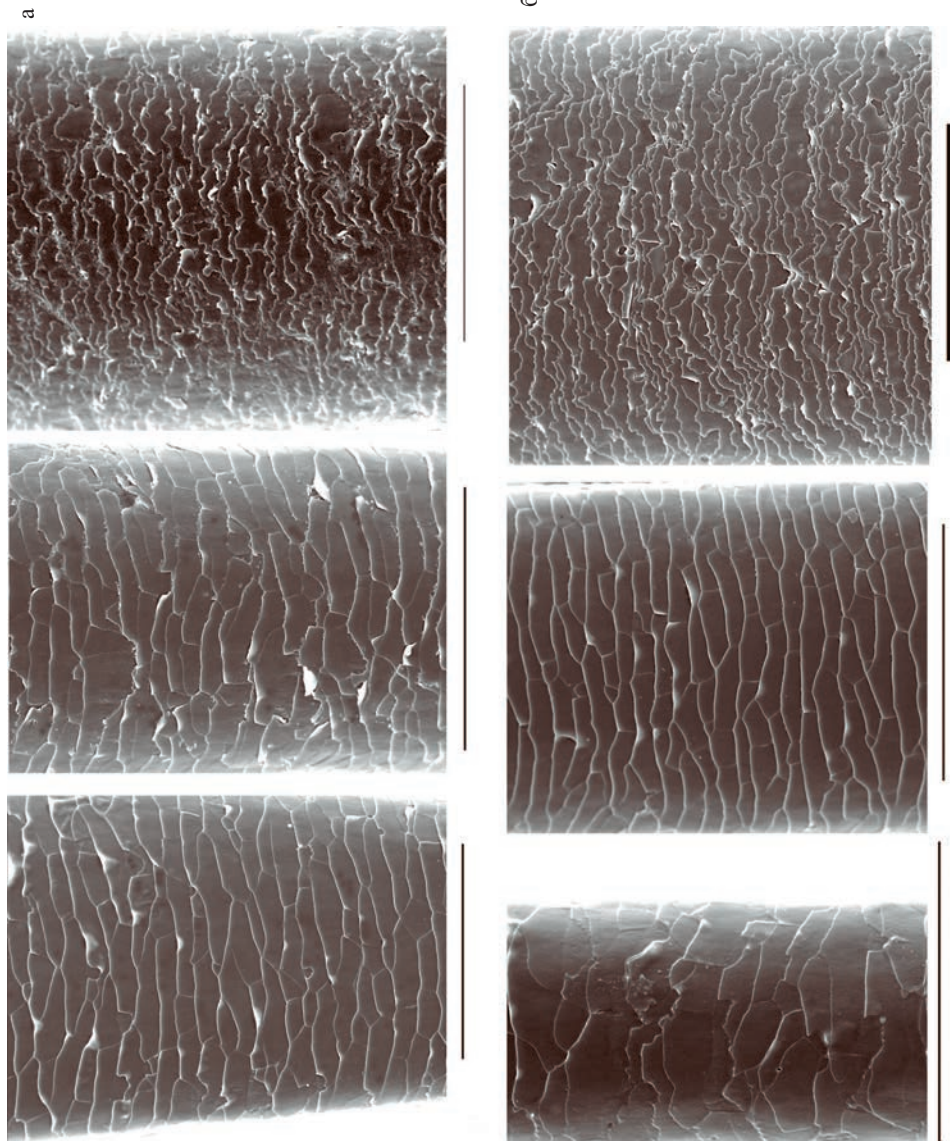


Рис. 22. Орнамент кутикулы фрагментов остевых волос (а, б) (от основания к гранне), обнаруженных в экскрементах взрослого самца амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) — кличка «Профессор», сборы E-018 и E-019 22.02.2009 г. СЭМ. Масштаб 100 мкм.

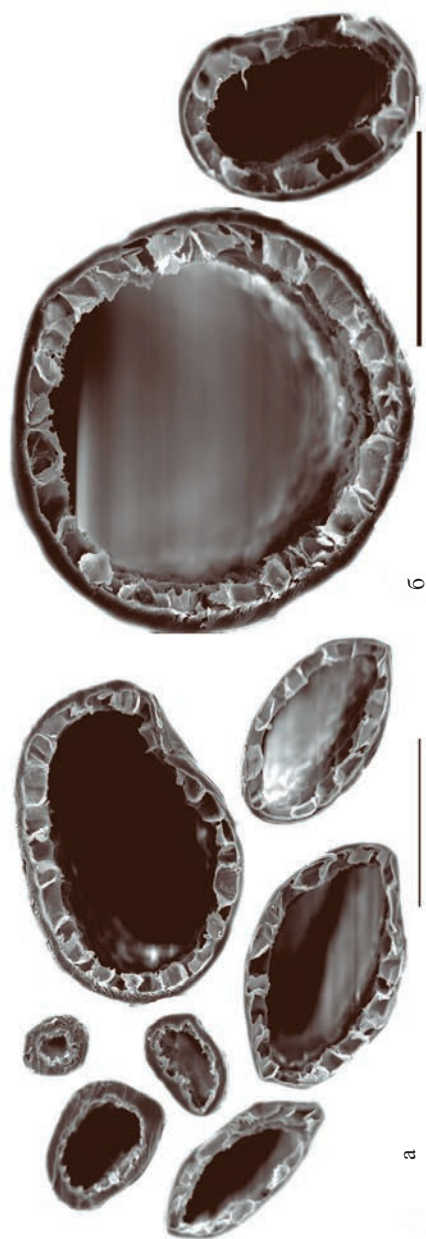
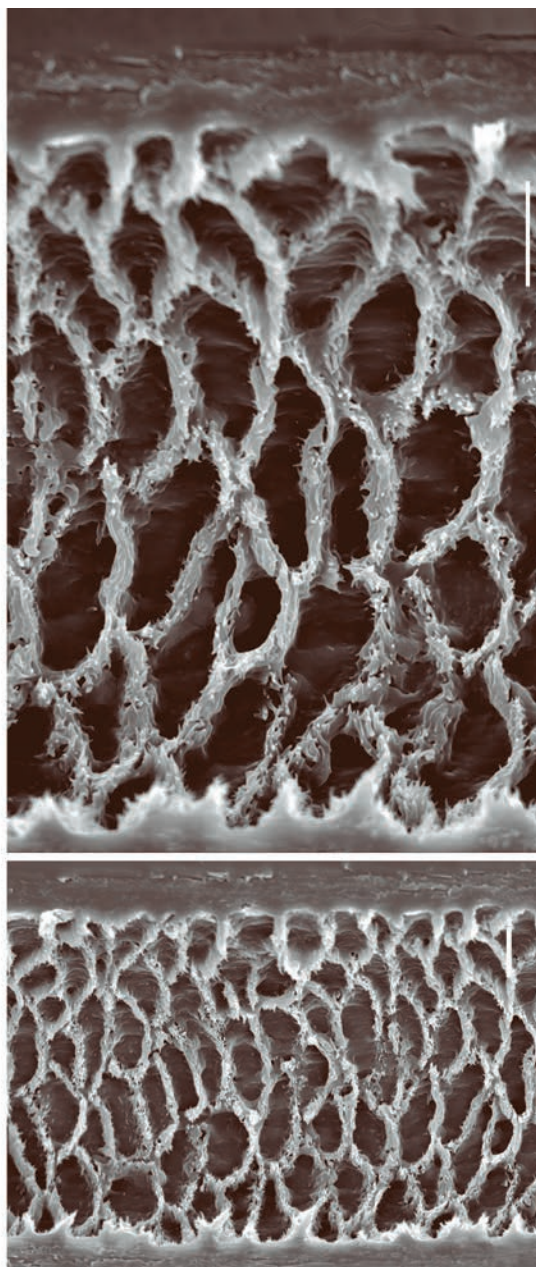


Рис. 23. Поперечные (а, б) и продольные (в) срезы осевых волос, обнаруженных в экскрементах взрослой самки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) — кличка «Серьга», сбор Е-26Н 20.04.2009 г. СЭМ. Масштаб: а, б — 100 мкм; в — 10 мкм.



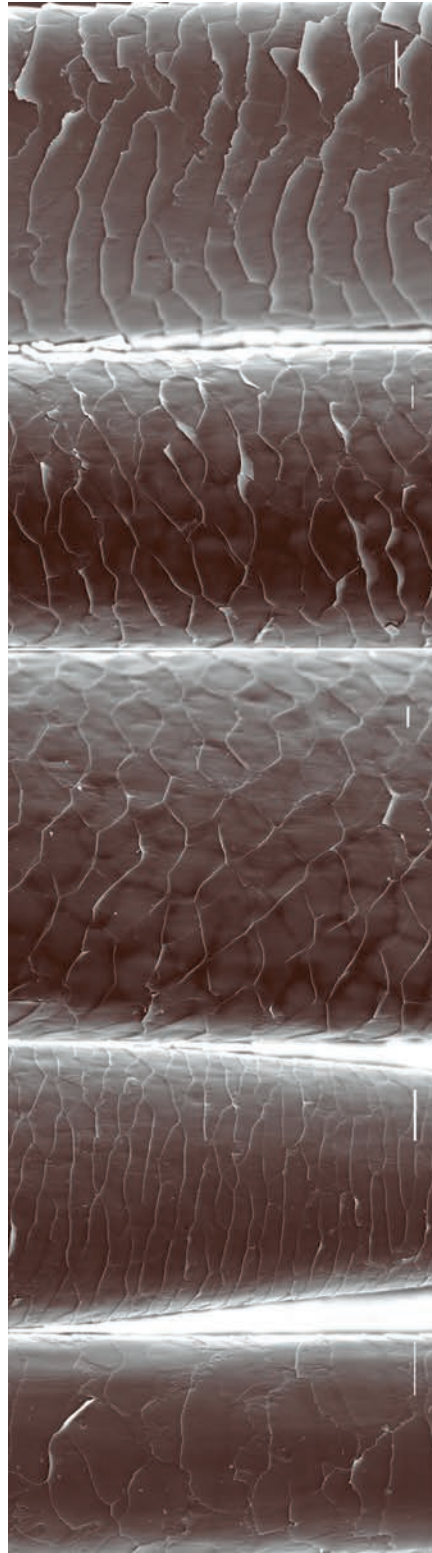


Рис. 24. Орнамент кутикулы (от основания к вершине) остевого волоса из экскрементов взрослой самки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) —
кличка «Серьга», сбор Е-26Н 20.04.2009 г. СЭМ. Масштаб 10 мкм.

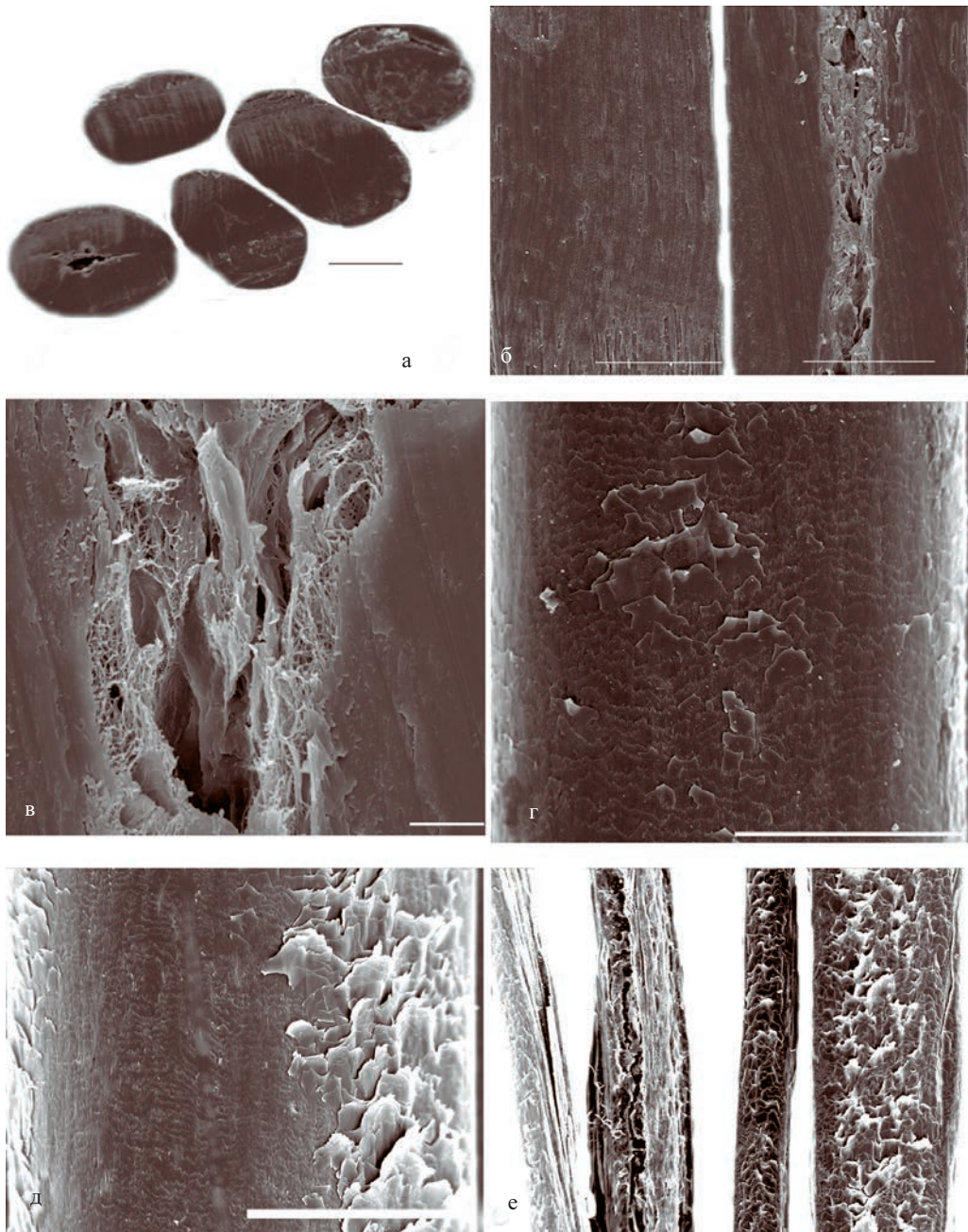


Рис. 25. Остевые волосы, обнаруженные в экскрементах взрослой самки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) — кличка «Серьга», сбор E-12Z 6.02.2009 г.: а — поперечные срезы; б — продольные срезы; в — сердцевина на продольном срезе; г — кутикула гранны; д — кутикула выше по стержню; е — кутикула расщепленной вершины волоса. СЭМ. Масштаб 100 мкм.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ | 5 |
| МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ | 7 |
| ВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОСТЕВЫХ ВОЛОС ОЛЕНЕЙ..... | 8 |
| СЕРДЦЕВИНА | 8 |
| КУТИКУЛА | 11 |
| ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИИ | 12 |
| ПРИМЕРЫ ВИДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТЕВЫХ ВОЛОС ИЗ ЭКСКРЕМЕНТОВ АМУРСКОГО ТИГРА | 13 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 14 |
| ЛИТЕРАТУРА | 19 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ АТЛАС МИКРОФОТОГРАФИЙ И ЭЛЕКТРОНОГРАММ ОСТЕВЫХ ВОЛОС ОЛЕНЕВЫХ (CERVIDAE) (составлен при участии Т.Н. Целиковой) | 21 |

Научное издание

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

Вячеслав Владимирович Рожнов
Ольга Фёдоровна Чернова
Татьяна Владимировна Перфилова

**ВИДОВАЯ ДИАГНОСТИКА ОЛЕНЕЙ — ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ
АМУРСКОГО ТИГРА**
(по микроструктуре остевых волос из экскрементов хищника)

М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 47 с.

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
Москва, ул. 5-я Кабельная, 26

Подписано в печать 08.06.2011.
Формат 60x90/16. Объем 3 печ.л. Бум. офсетная.
Тираж 300 экз.