Хордовые (часть 1)

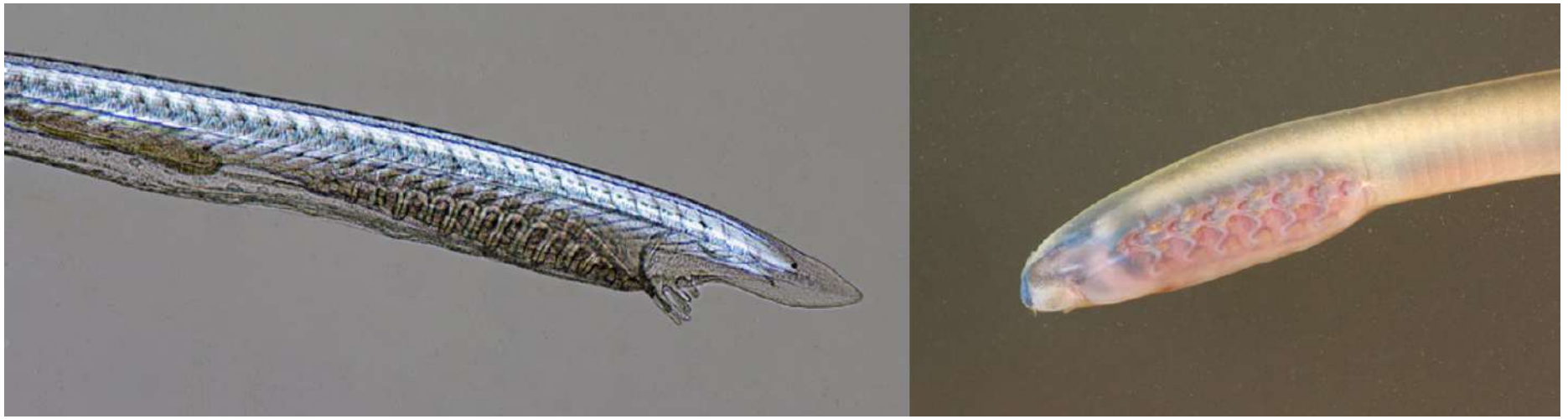
| Тип | Подтип | Инфратип | Надкласс | Класс | Подкласс | Представители |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Хордовые<br>Chordata | Бесчерепные Acraniata, или Головохордовые<br>Cephalochordata | | | Ланцетники<br>Leptocardii | | род *Branchiostoma*<br>23 вида |
| | Оболочники<br>Tunicata (Urochordata) | | | Асцидии<br>Сальпы<br>Аппендикулярии | | Пурпурная асцидия, или морской помидор<br>Бочёночник<br>Огнетелка |
| | Черепные<br>Craniata | Бесчелюстные<br>Agnatha | Круглоротые<br>Cyclostomata | Миксины<br>Миноги | | Пиявкорот<br>Ручьевая минога |
| | Позвоночные<br>Vertebrata | Челюстноротые<br>Gnathostomata | Рыбы | Хрящевые рыбы<br>Chondrichthyes | Пластиножаберные | Акулы<br>Скаты |
| | | | | | Цельноголовые | Химеры<br>Каллоринхи |
| | | | | Костные рыбы<br>Osteichthyes | Лучепёрые<br>Actinopterygii | Осётр<br>Панцирная щука<br>Костистые рыбы |
| | | | | | Лопастепёрые<br>Sarcopterygii | Латимерия<br>Двоякодышащие |
| | | | Четвероногие<br>Tetrapoda | | | |

# Круглоротые

## Миноги

# Миксины

# Эволюция органов и систем органов позвоночных



Ланцетник (слева) и пескоройка - личинка речной миноги(справа)

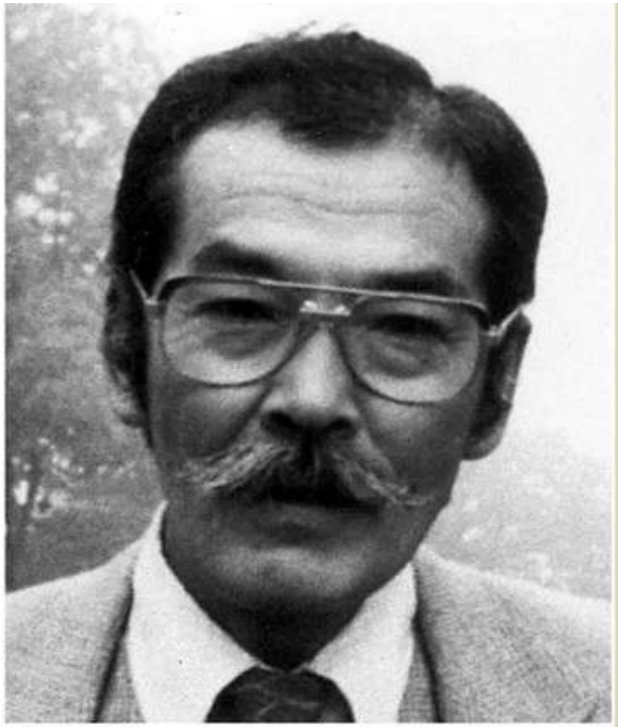
Хордовые (часть 2) - надкласс Четвероногие

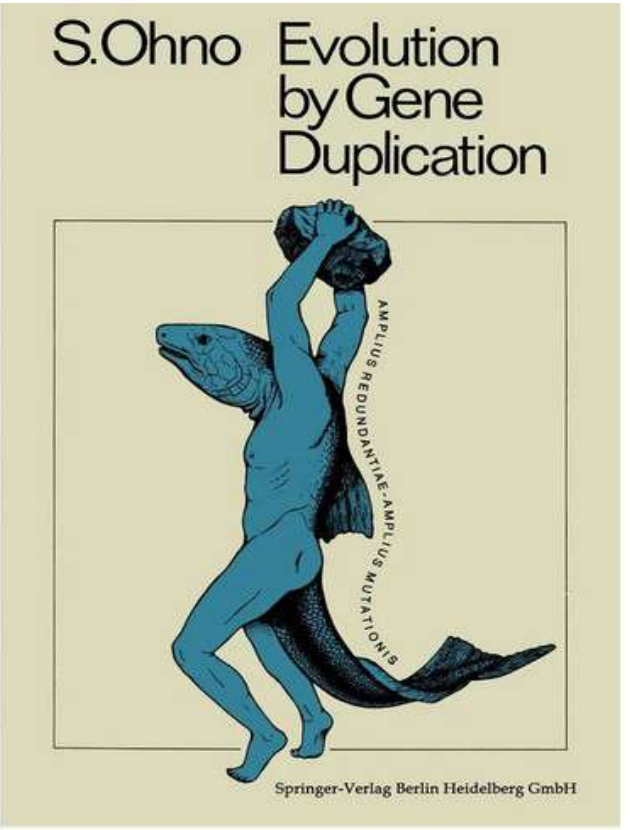
| (Клада) | Класс | (Клада) | (Клада) | Подкласс | (Клада) | Отряд | Представители |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Анамнии<br>Anamnia<br>(Первично-водные) | Амфибии, или Земноводные<br>Amphibia | | | | | Безногие<br>Хвостатые<br>Бесхвостые | Червяги<br>Тритоны<br>Лягушки |
| Амниоты<br>Amniota<br>(Первично-наземные) | Зауропсиды<br>Sauropsida<br>(соврем. Рептилии и Птицы) | Заврии | Лепидозавроморфы | | | Клювоголовые<br>Rhynchocephalia | Гаттерия |
| | | | | | | Чешуйчатые<br>Squamata | Ящерицы<br>Змеи |
| | | | Архелозавры | | | Черепахи<br>Testudines | Бокошейные черепахи<br>Скрытошейные черепахи |
| | | | | | | Архозавры<br>Archosauria | Крокодилы<br>Птицы |
| | Синапсиды<br>Synapsida<br>(соврем. Млекопитающие) | Терапсиды | Цинодонты | Первозвери | | Однопроходные, или Яйцекладущие | Утконос<br>Ехидна<br>Проехидны |
| | | | | Звери | Сумчатые | Опоссумы<br>Ценолесты<br>Хищные сумчатые<br>Двурезцовые и др. | Кенгуру<br>Коала<br>Вомбат<br>Поссумы |
| | | | | | Плацентарные | Неполнозубые<br>Грызуны<br>Приматы<br>Хищные и др. | Ленивцы<br>Слоны<br>Ягуар<br>Гориллы |

# Важнейшие события в истории позвоночных

1. Полногеномные дупликации (от 600 млн.л.)
2. Переход от фильтрации к захвату пищи
3. Переселение из моря в пресноводные водоёмы (около 450 млн. л.) и переселение рыб обратно в море (около 400-350 млн. л.)
4. Выход тетрапод на сушу (около 380 млн.л.)
5. Появление первых амниот (около 350 млн.л.)

# Сусуму Оно, 1970 г.






The charismatic Susumu Ohno and his magnum opus.

Онолог (ohnolog) - копия предкового гена при полногеномной дупликации

# Полногеномные дупликации (ПГД) в эволюции:

- цветковые растения - 200 - 65 млн.л. (4) - «палеополиплоиды»
- культурные злаки (тетра-, гексаплоидные)
- пивные дрожжи - 100 млн.л.
- предки позвоночных - 600-500 млн.л. (2)
- миноги и миксины - 400 млн. л.
- лососевые рыбы - 88 млн. л.
- осетровые рыбы - 65-30 млн.л.

**Ортологи** - «вертикально» (от общего предка) унаследованные гены, сохранившие исходные функции (ген инсулина у человека и у свиньи)

**Паралоги** - гены, возникшие в результате дупликации исходного гена (альфа-глобин человека и бета-глобин человека или лошади)

**Онологи** - гены-паралоги, возникшие при полногеномной дупликации (до 15-20% могут сохраняться в геноме)

# Дальнейшая судьба копий гена

- **НЕ**функционализация: один ген работает, второй - нет (псевдоген)
- **СУБ**функционализация: работают вместе или разделяют уже имеющиеся функции
- **НЕО**функционализация: один ген работает, как раньше, другой обретает новые функции

**Гомеозисные гены** - гены, определяющие процессы роста и дифференцировки в организме. Они кодируют транскрипционные факторы, контролирующие программы формирования органов и тканей.

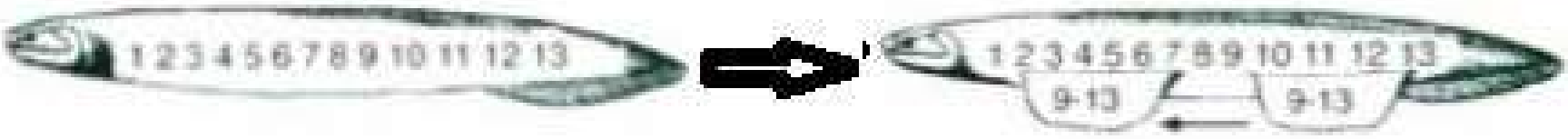
*Относятся к HOX-генам*

*У позвоночных 4 HOX-кластера - A, B, C, D*

**Гомеобокс** - последовательность ДНК (около 180 нуклотидов), кодирует гомеодомен.

**Гомеодомен** (около 60 АК) - структурный домен белков, связывающих ДНК или РНК.

Колинеарность HOX-генов - расположение в одной хромосоме по порядку экспрессии «от головы к хвосту»

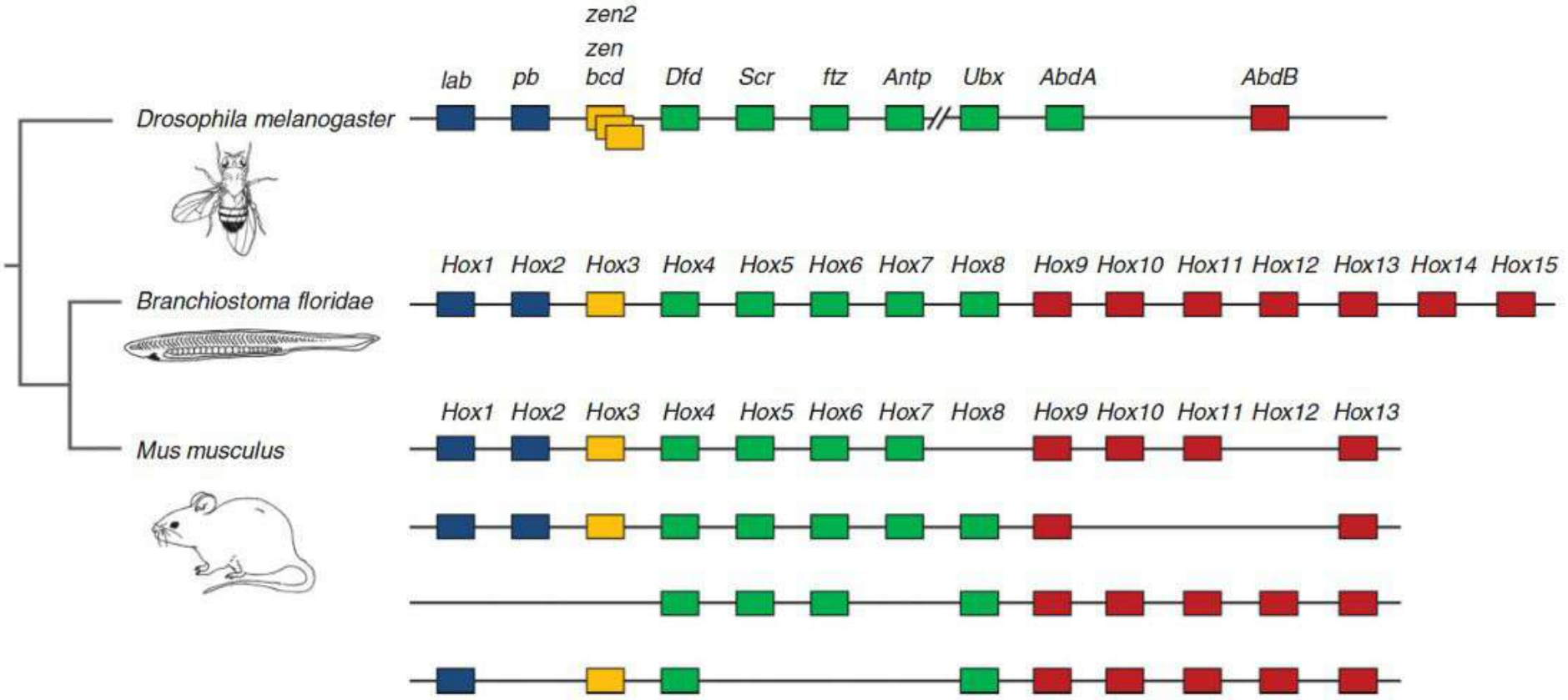


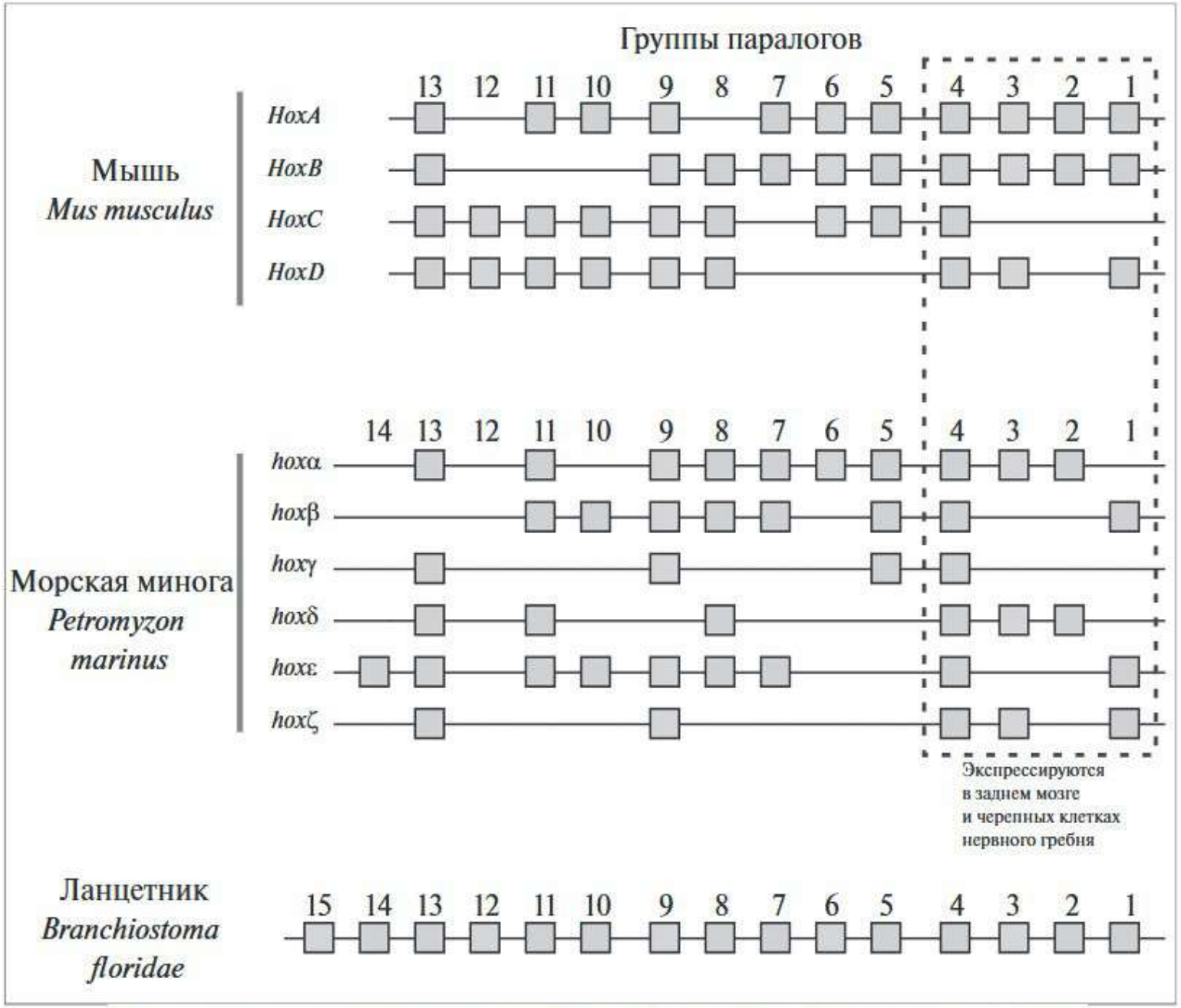
# Откуда HOX-гены «знают» - где голова и где хвост?

Возможный фактор «узнавания» - ретиноевая кислота (метаболит витамина А)

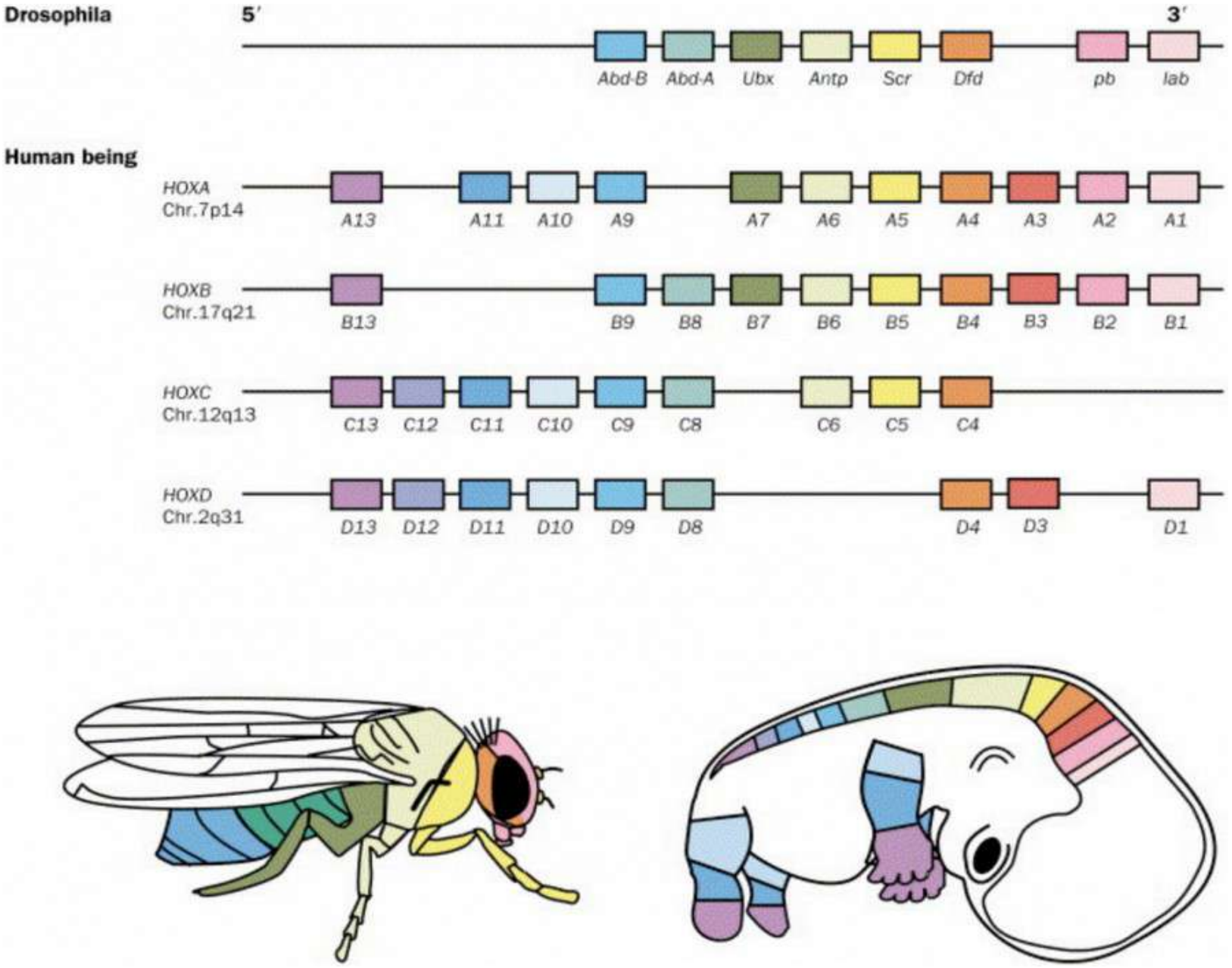
Повышение её концентрации в каком-то отделе эмбриона стимулирует экспрессию HOX-генов и определяет именно это место как будущий головной отдел

# Для позвоночных характерно наличие 4 HOX-кластеров, для большинства остальных животных - только один






Кластеры Нох-генов, обнаруженные у ланцетника, миног и млекопитающих (по Parker et al., 2019a).


Drosophila
5′
3′
Abd-B
Abd-A
Ubx
Antp
Scr
Dfd
pb
lab
Human being
HOXA
Chr.7p14
A13
A11
A10
A9
A7
A6
A5
A4
A3
A2
A1
HOXB
Chr.17q21
B13
B9
B8
B7
B6
B5
B4
B3
B2
B1
HOXC
Chr.12q13
C13
C12
C11
C10
C9
C8
C6
C5
C4
HOXD
Chr.2q31
D13
D12
D11
D10
D9
D8
D4
D3
D1

# Переселение из моря в пресноводные водоёмы

**Плюсы**:

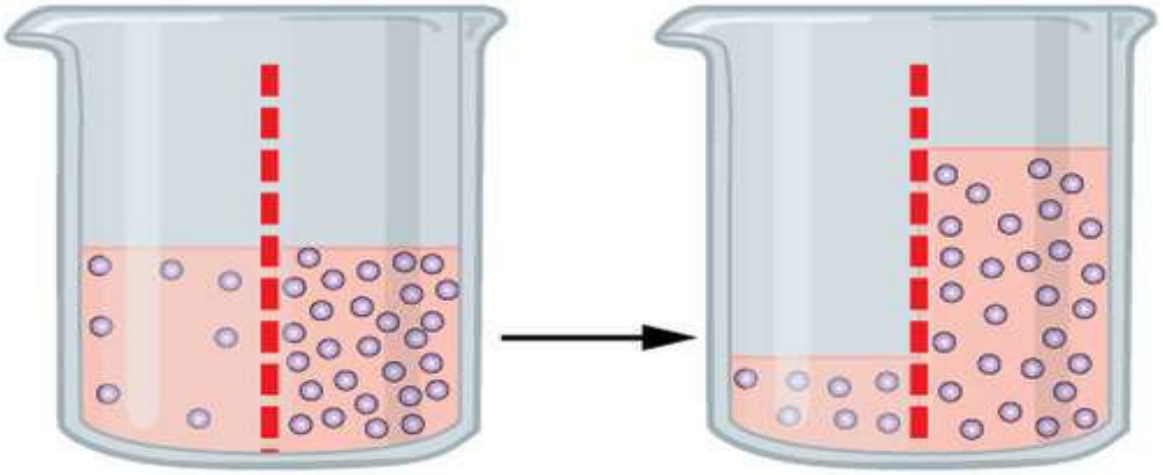
- достаточно пищи
- мало хищников

**Минусы**:

- осмотическое давление
- разное содержание кислорода
- быстрое течение в реках
- перепады температуры

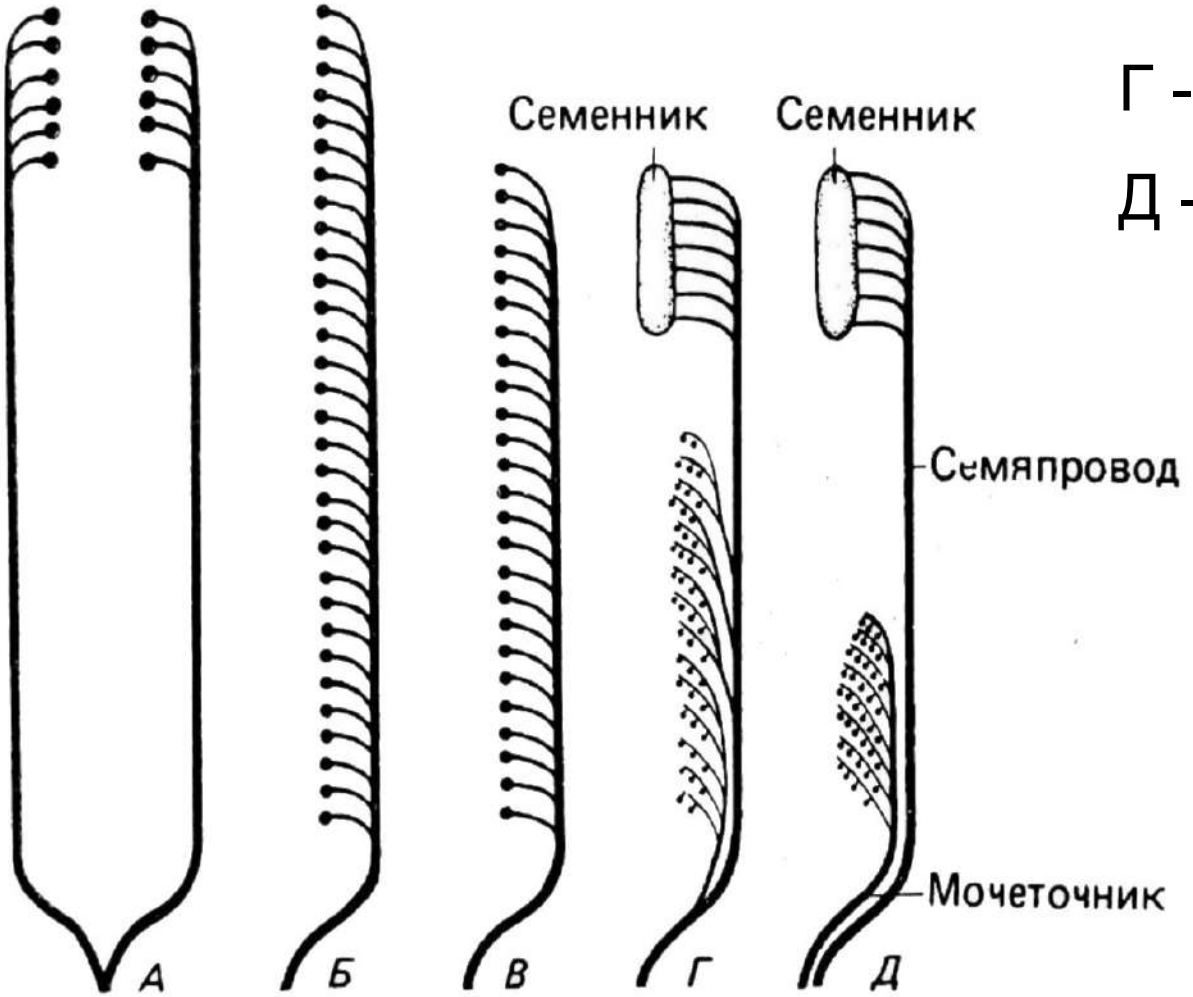
# Осморегуляция

- кожные покровы
- органы выделения - почки



мочеточник
почка
мочеиспускательное
отверстие
мочевой пузырь

# Развитие выделительной системы позвоночных



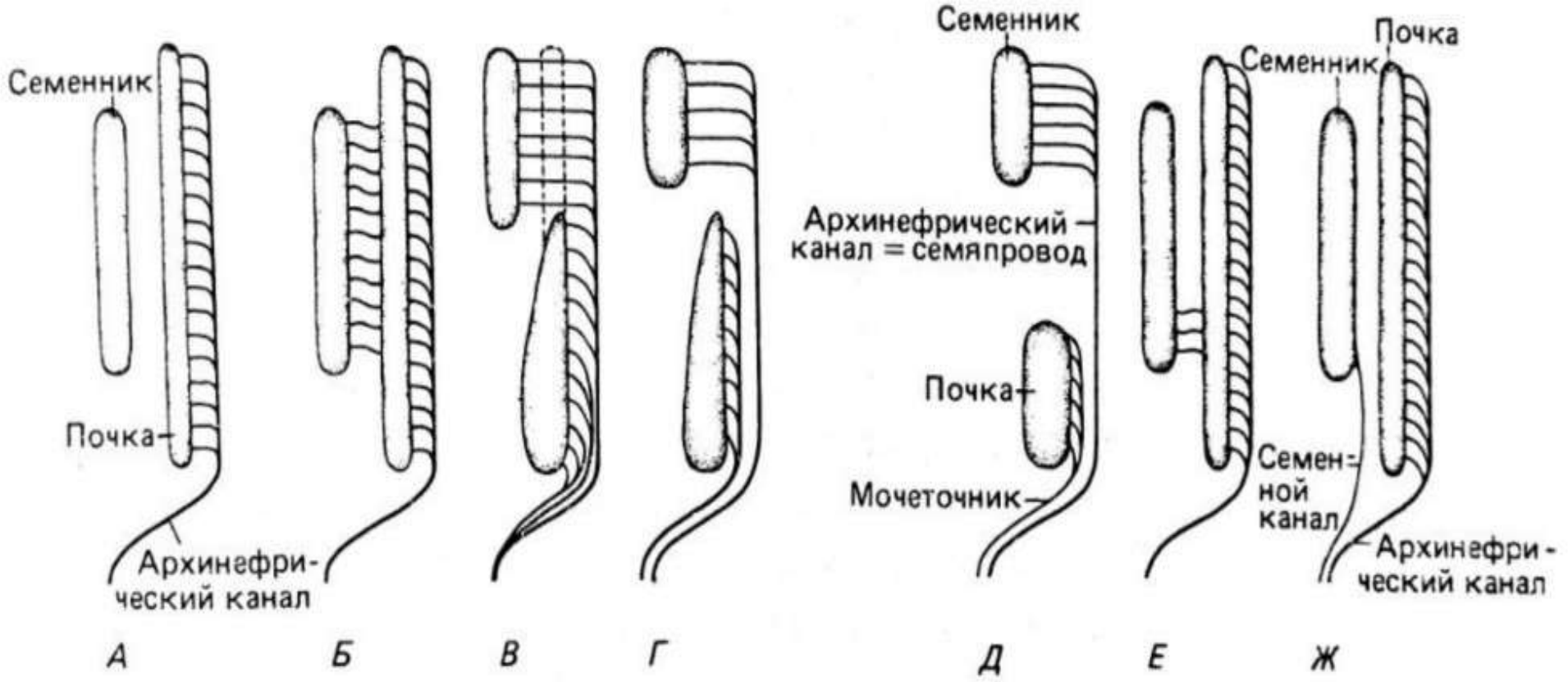

А - пронефрос (у зародыша)

Б - голонефрос (у личинок миксин)

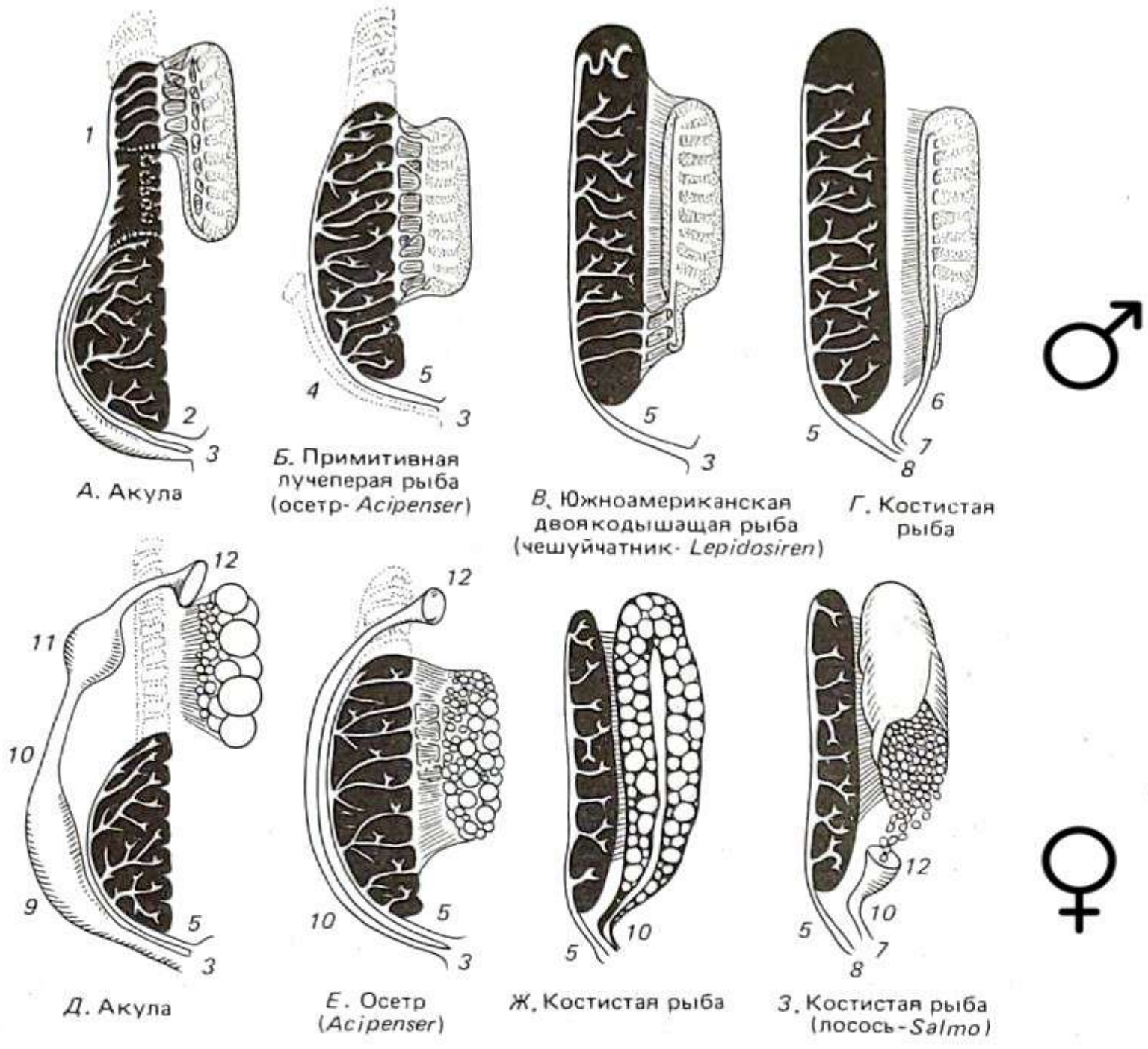
В - примитивный опистонефрос (у миксин)

Г - опистонефрос анамний

Д - метанефрос амниот




А - круглоротые, Б - осетры, В и Г - акулы и хвостатые амфибии, Д - амниоты, Е - двоякодышащие рыбы, Ж - костистые рыбы




А. Акула

Б. Примитивная лучеперая рыба (осетр- *Acipenser*)

В. Южноамериканская двоякодышащая рыба (чешуйчатник- *Lepidosiren*)

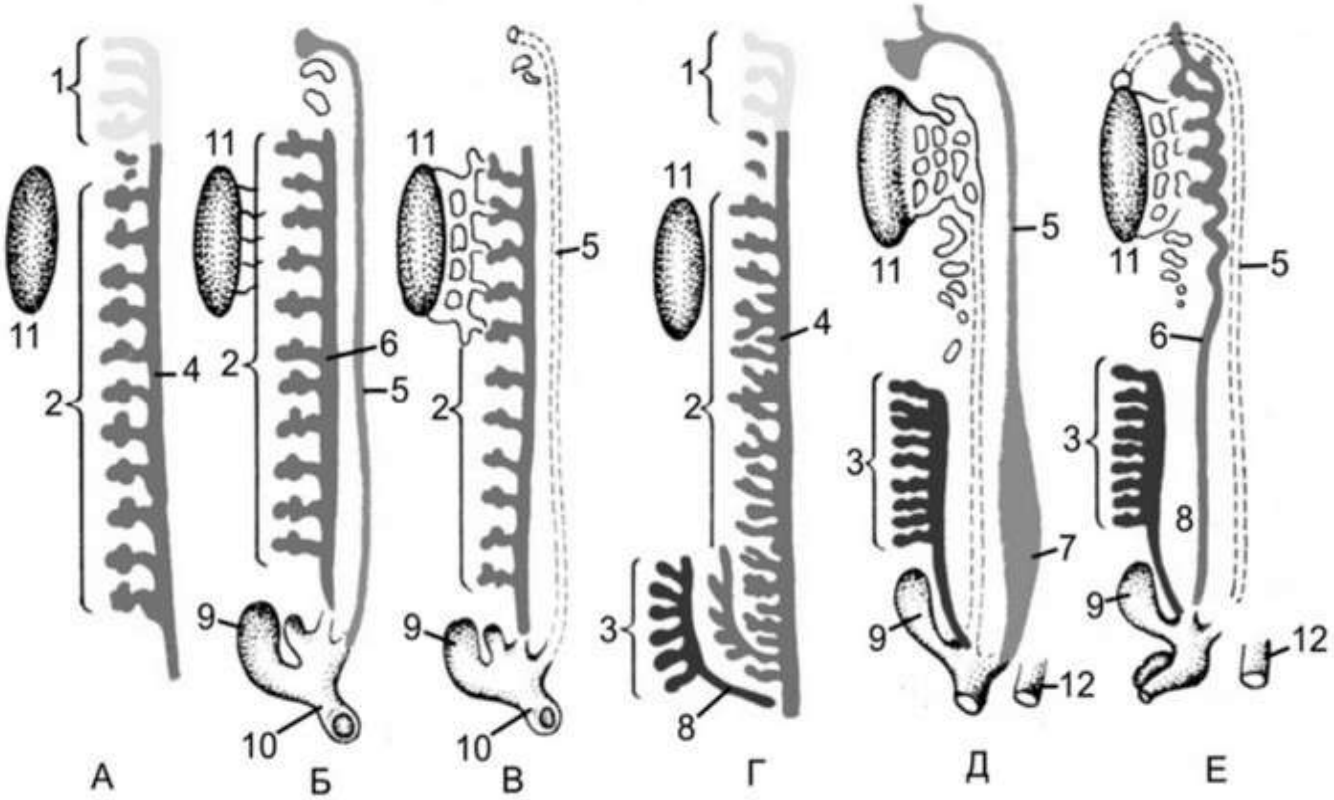
Г. Костистая рыба

Д. Акула

Е. Осетр (*Acipenser*)

Ж. Костистая рыба

З. Костистая рыба (лосось- *Salmo*)




**Развитие выделительной и половой систем** у **позвоночных.**

А — нейтральное зародышевое состояние у низшего позвоночного; Б — самка низшего позвоночного; В — самец низшего позвоночного; Г — нейтральное зародышевое состояние высшего позвоночного; Д — самка высшего позвоночного; Е — самец высшего позвоночного.

1 — пронефрос, 2 — мезонефрос, 3 — метанефрос, 4 — пронефральный канал, 5 — мюллеров канал, служащий у самок яйцеводом, 6 — вольфов канал, служащий у самцов семяпроводом, 7 — матка, 8 — мочеточник, 9 — мочевой пузырь, 10 — клоака, 11 — половая железа, 12 — задняя кишка.

# Осморегуляция морских рыб - выведение избытка солей

Костные рыбы - почки и хлоридные клетки жаберного эпителия, повышение концентрации мочи

Проходные рыбы - регуляция переноса солей через жаберный эпителий

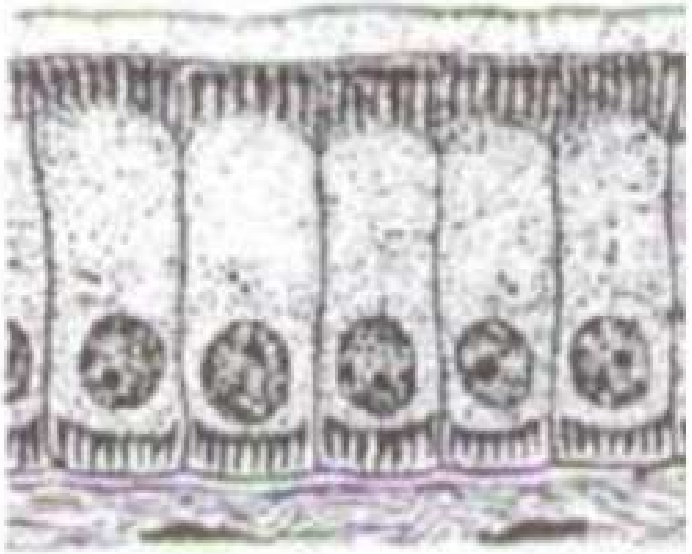
Хрящевые рыбы - почки и ректальная железа, повышенный уровень мочевины в крови

Обитание ранних позвоночных в водоёмах с быстрым течением способствовало развитию осевого скелета, конечностей, мускулатуры, дыхательной, кровеносной и нервной систем.

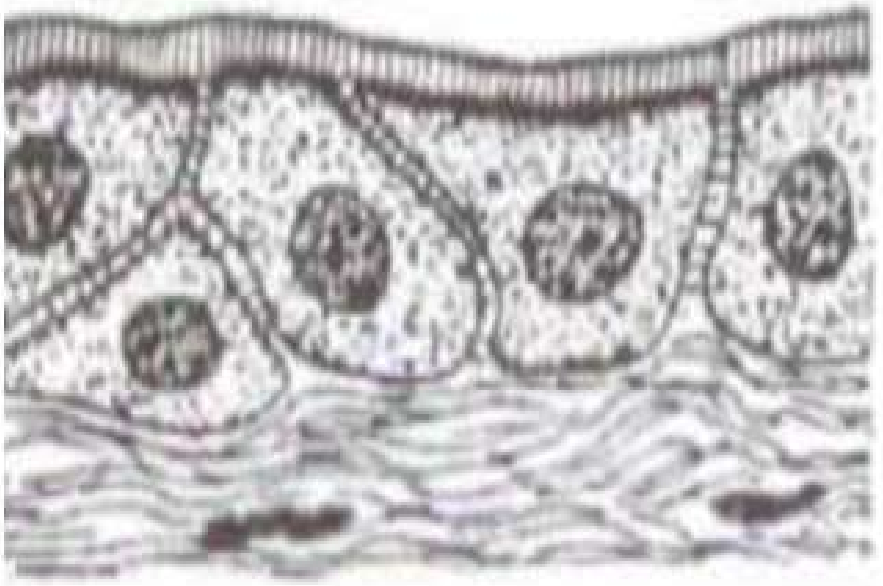
Повышение уровня психического развития способствовало расширению среды обитания, стратегий защиты, разнообразию пищевого, полового, территориального и миграционного поведения.

# Покровы

Однослойный эпидермис



ланцетника



личинки миноги

# Покровы

- многослойный эпителий
- производные эпидермиса
- кожные железы
- производные кориума, или дермы
- хроматофоры
- подкожная жировая клетчатка

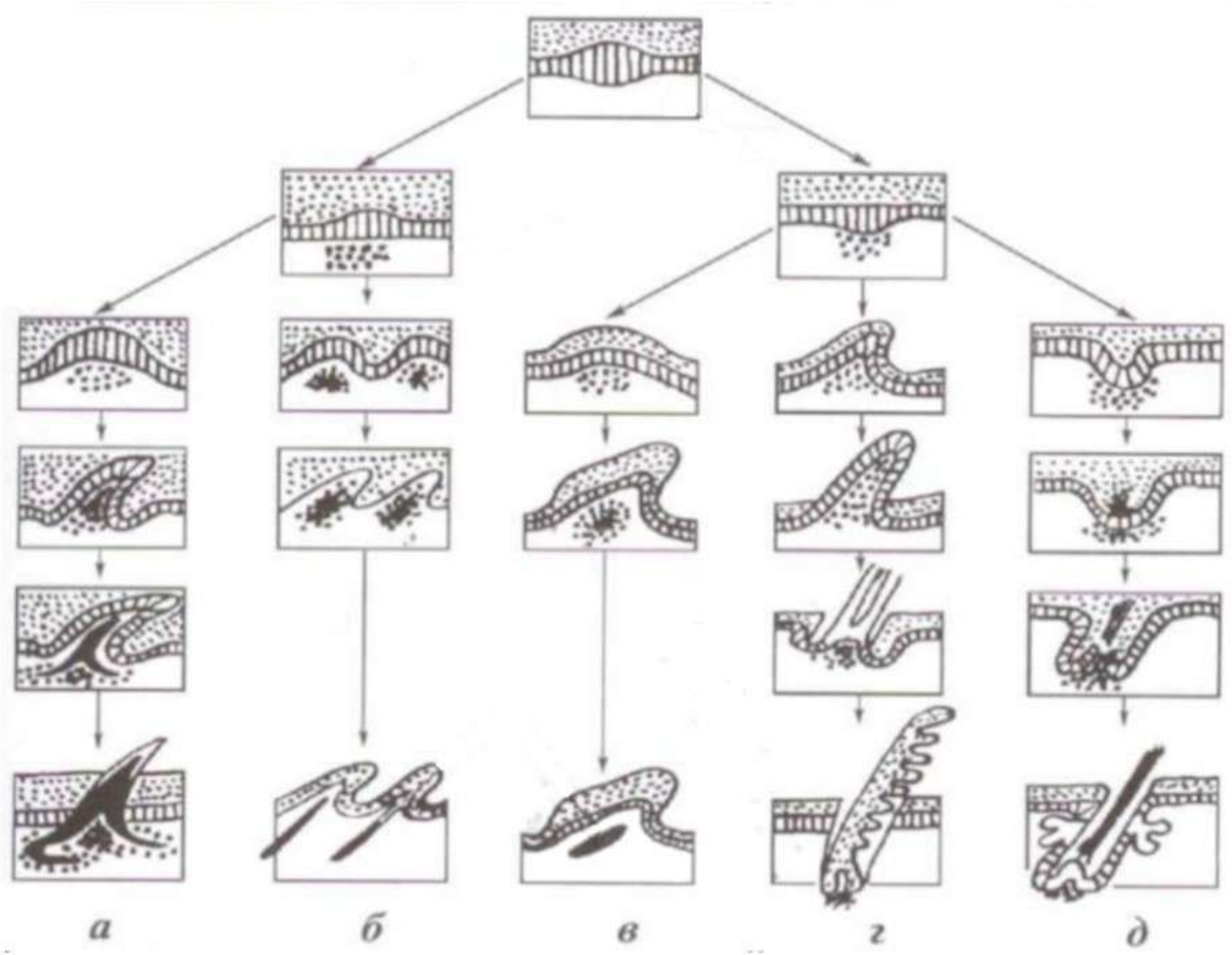
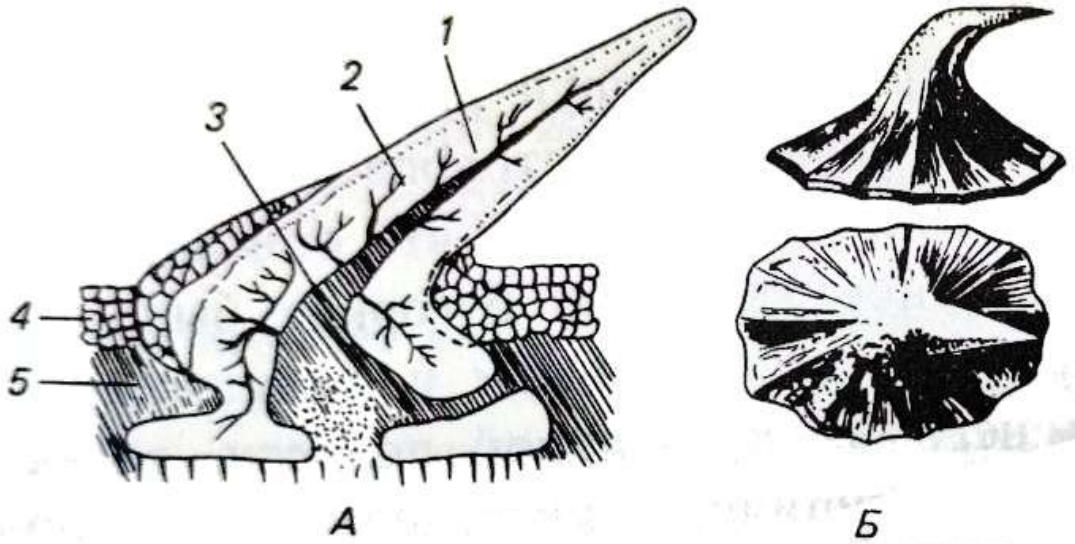
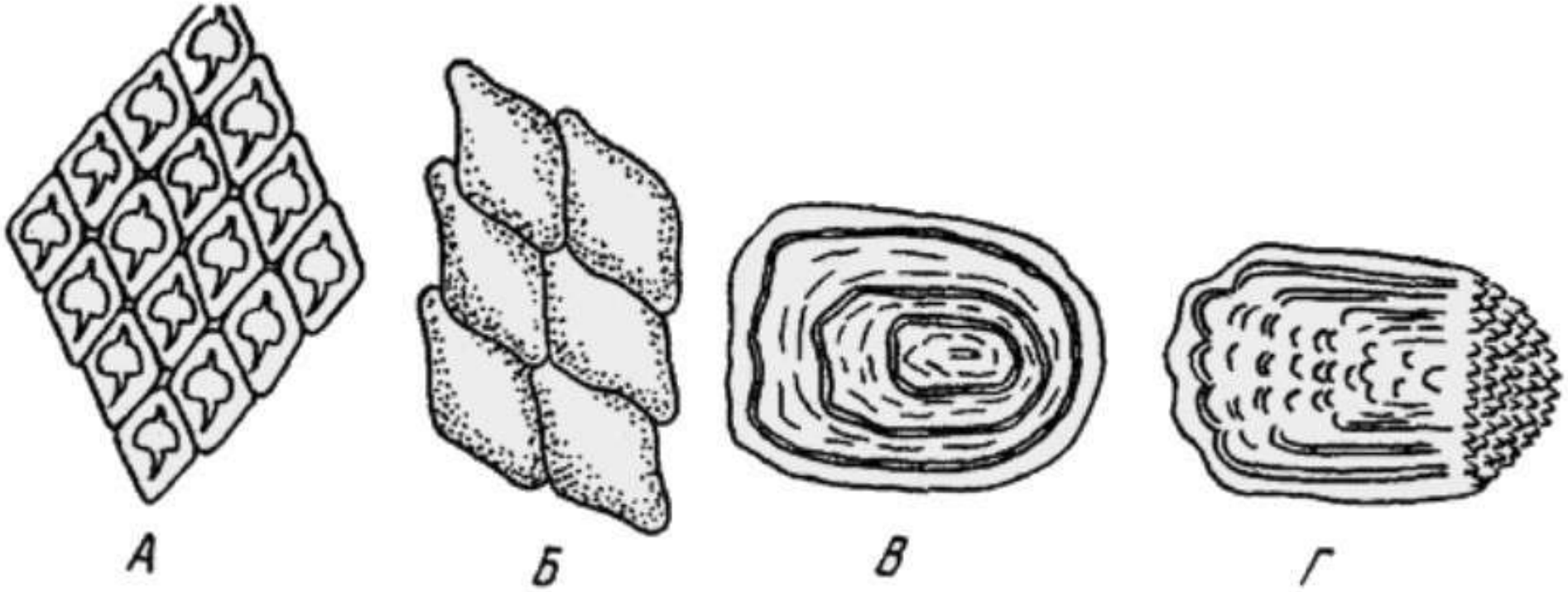



Схема филогенетического развития чешуй, пера и волоса позвоночных
а – плакоидная чешуя хрящевых рыб; б – чешуя костистых рыб; в – чешуя рептилий; г – перо птиц; д – волос млекопитающих

# Плакоидная чешуя



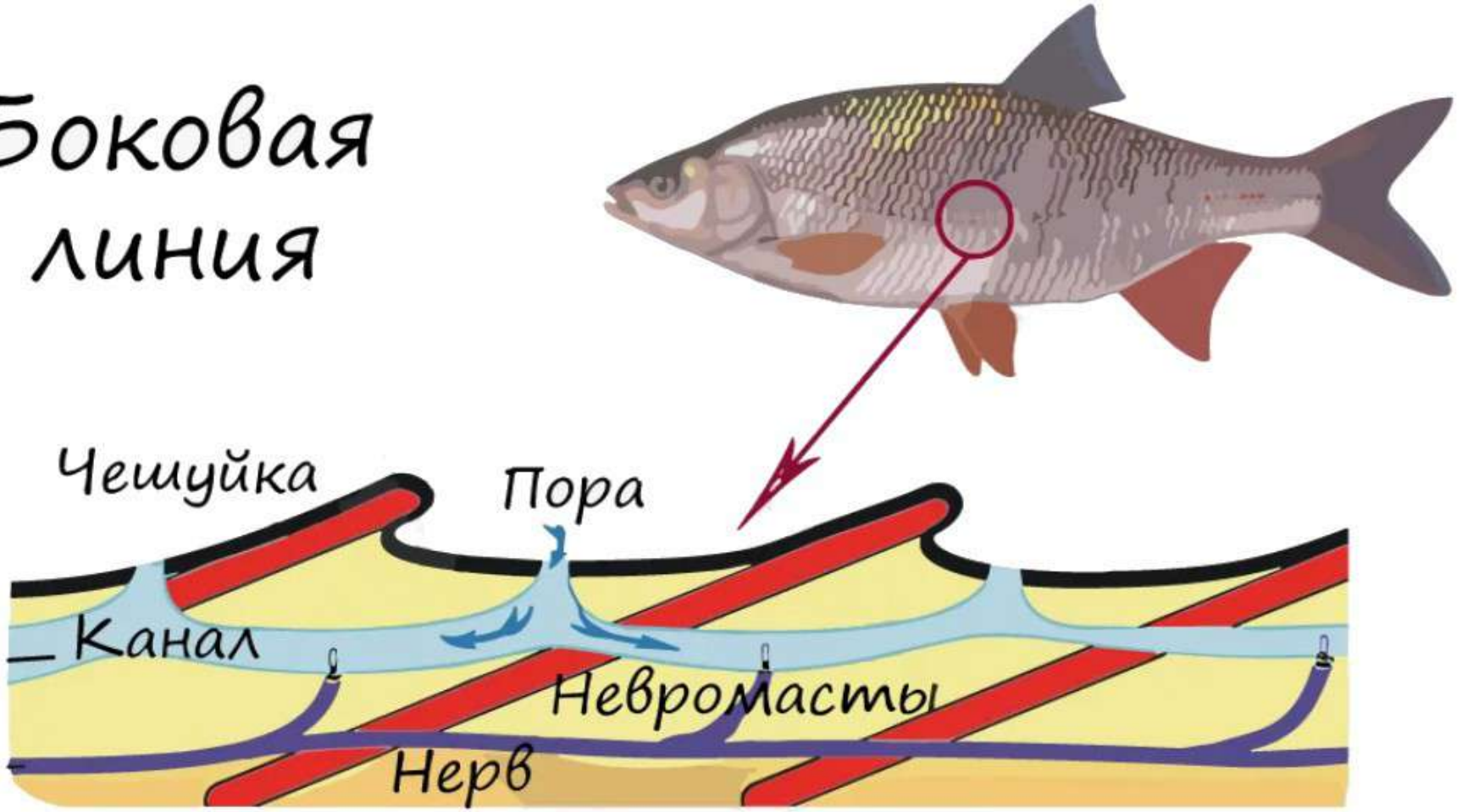

Кожные зубчики акулы. *А*. Срез через зубчик. *Б*. Внешний вид зубчика сбоку и сверху. *1* — дентин; *2* — твердый эмалеподобный поверхностный слой зубчика — витродентин; *3* — пульпарная полость; *4* — эпидермис; *5* — кориум. (Из Dean.)




**Форма чешуи рыб**

**А – плакоидная; Б – ганоидная; В – циклоидная; Г – ктеноидная**

# Боковая линия




Боковая линия в разрезе
(туловищный отдел)

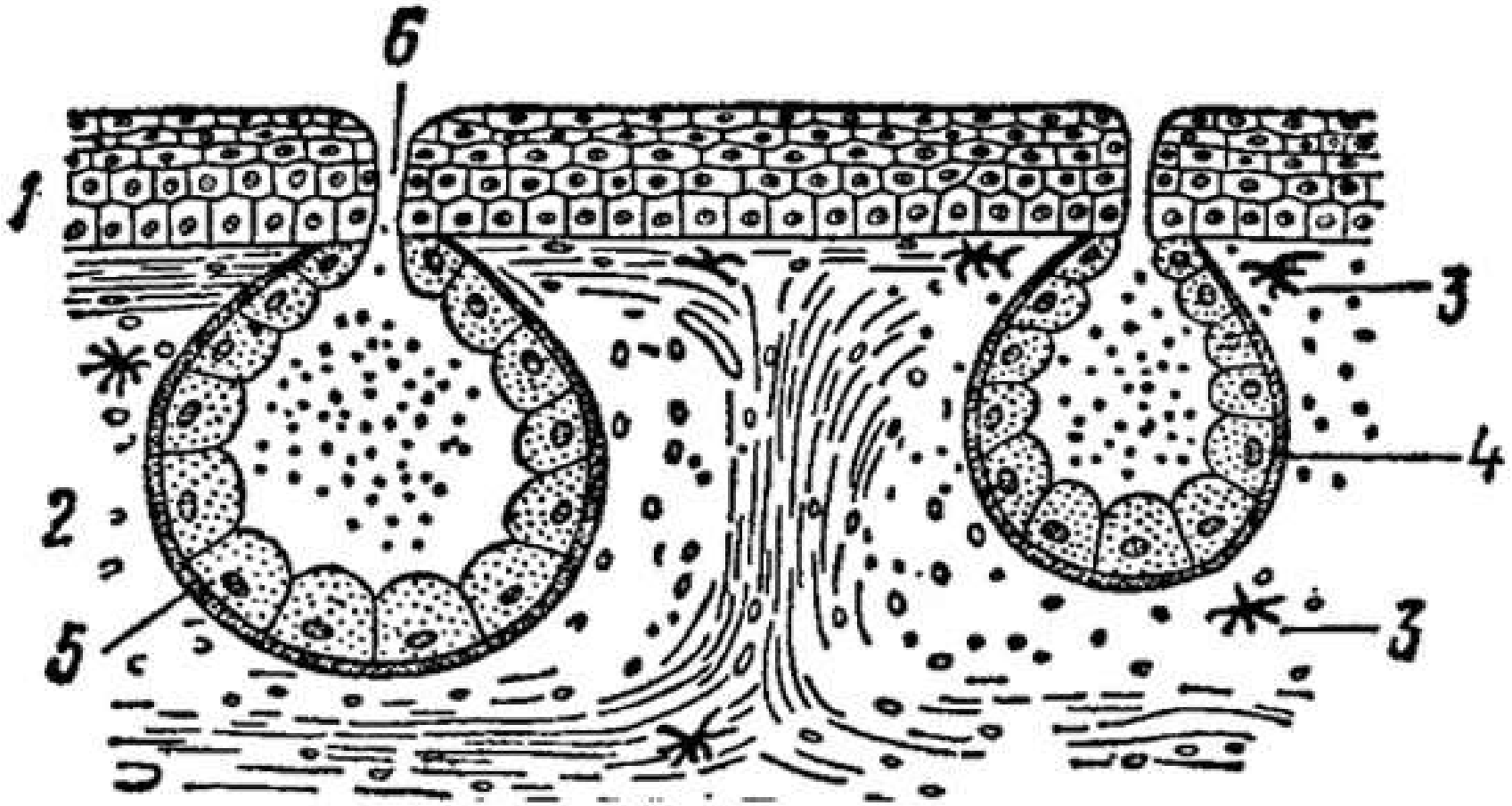
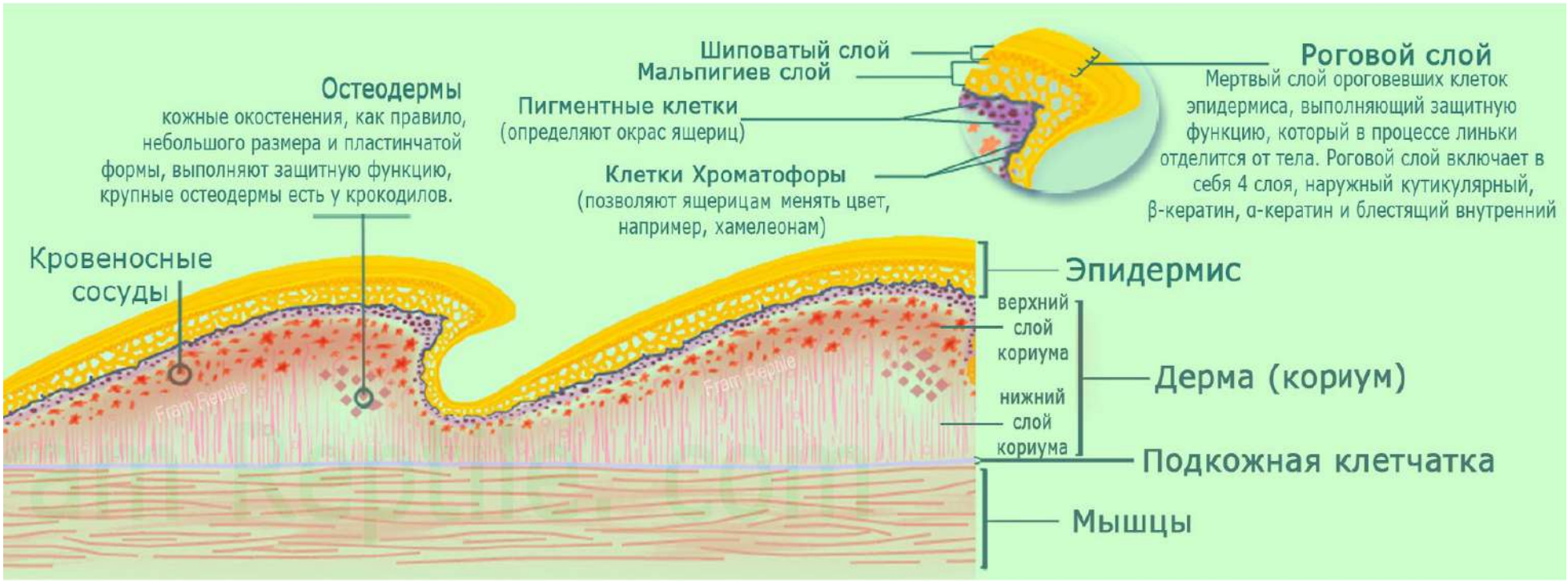


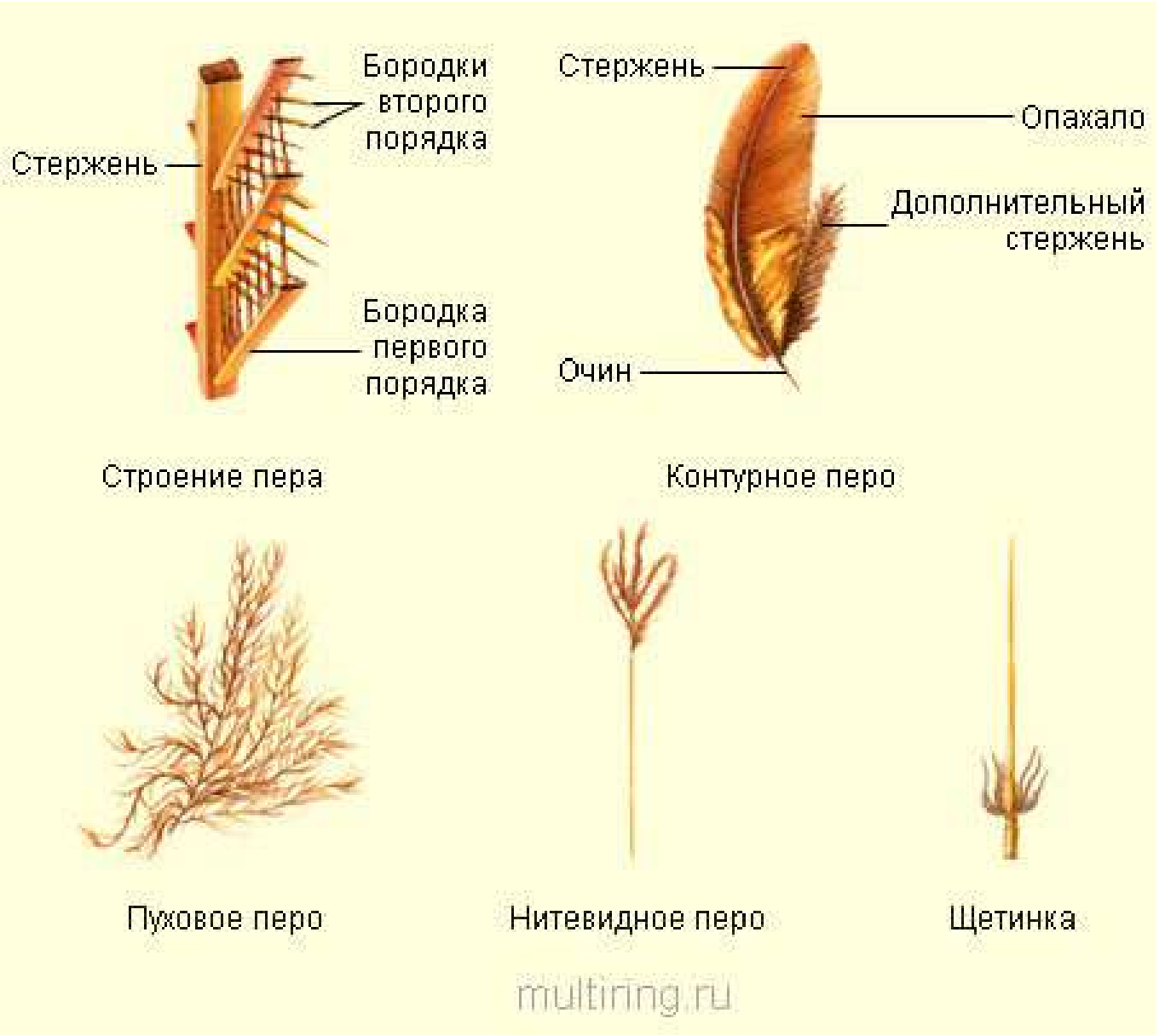

Схема разреза через кожу земноводных (по Шмальгаузену): / — эпидермис, 2 — кориум. 3 — пигментные клетки, 4 — железистые клетки, 5 — мускульная оболочка кожной железы, 6 — выводной проток железы

# Кожа рептилии

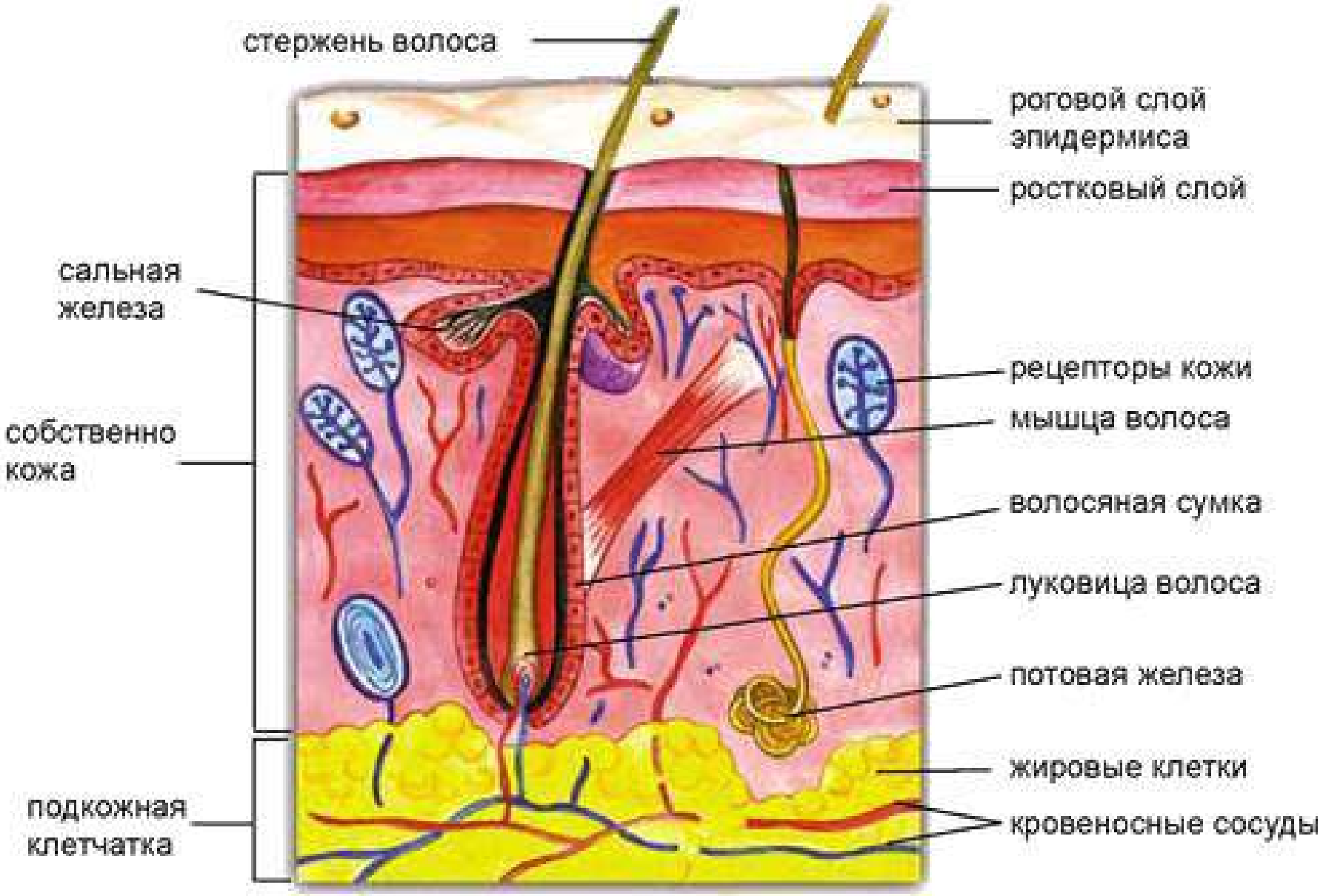


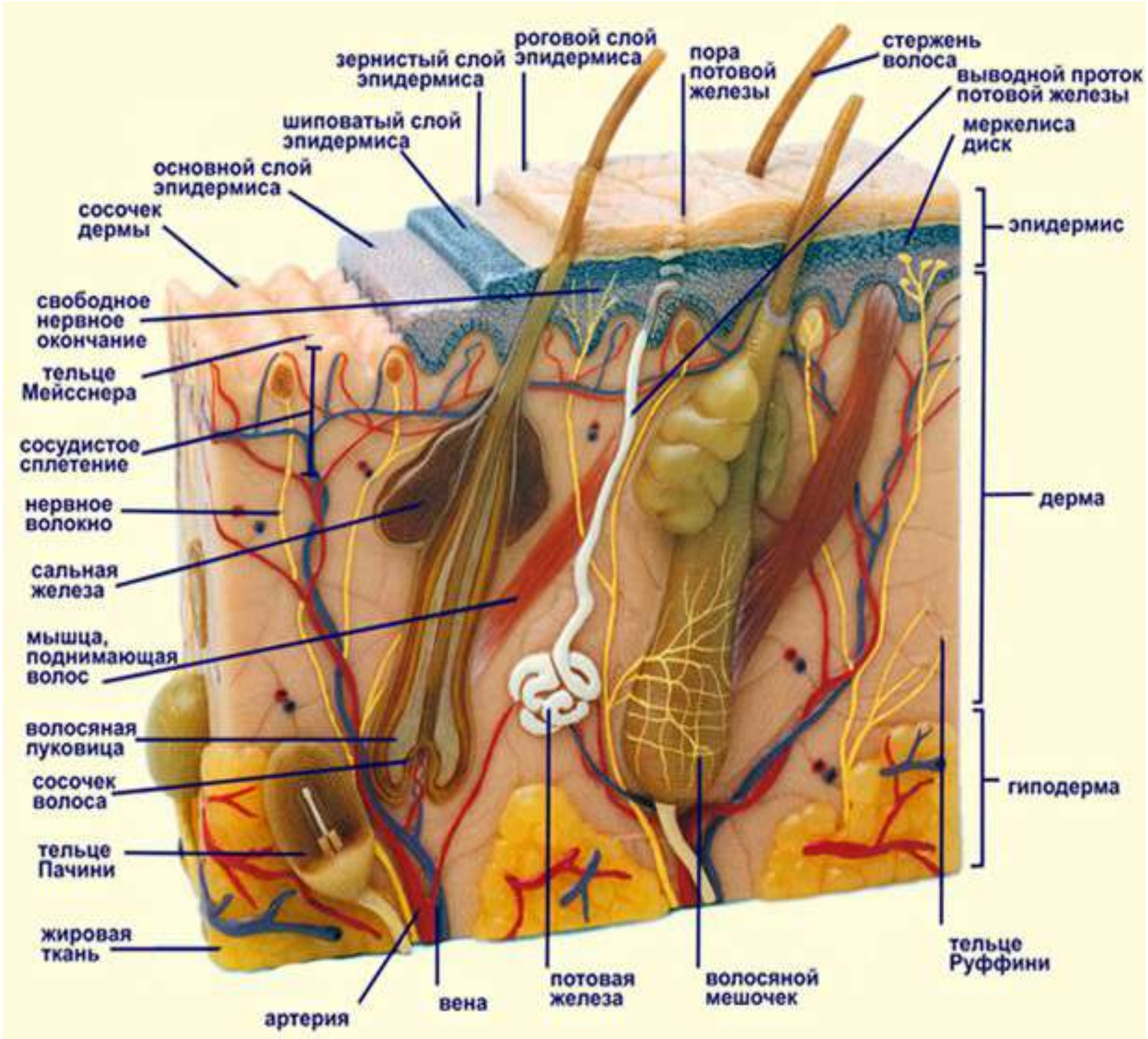

Изображение создано Елизаветой Шишкиной, основателем питомника Fram Reptile при поддержке Аси Черненко и основано на информации из книги «Ветеринарная герпетология»

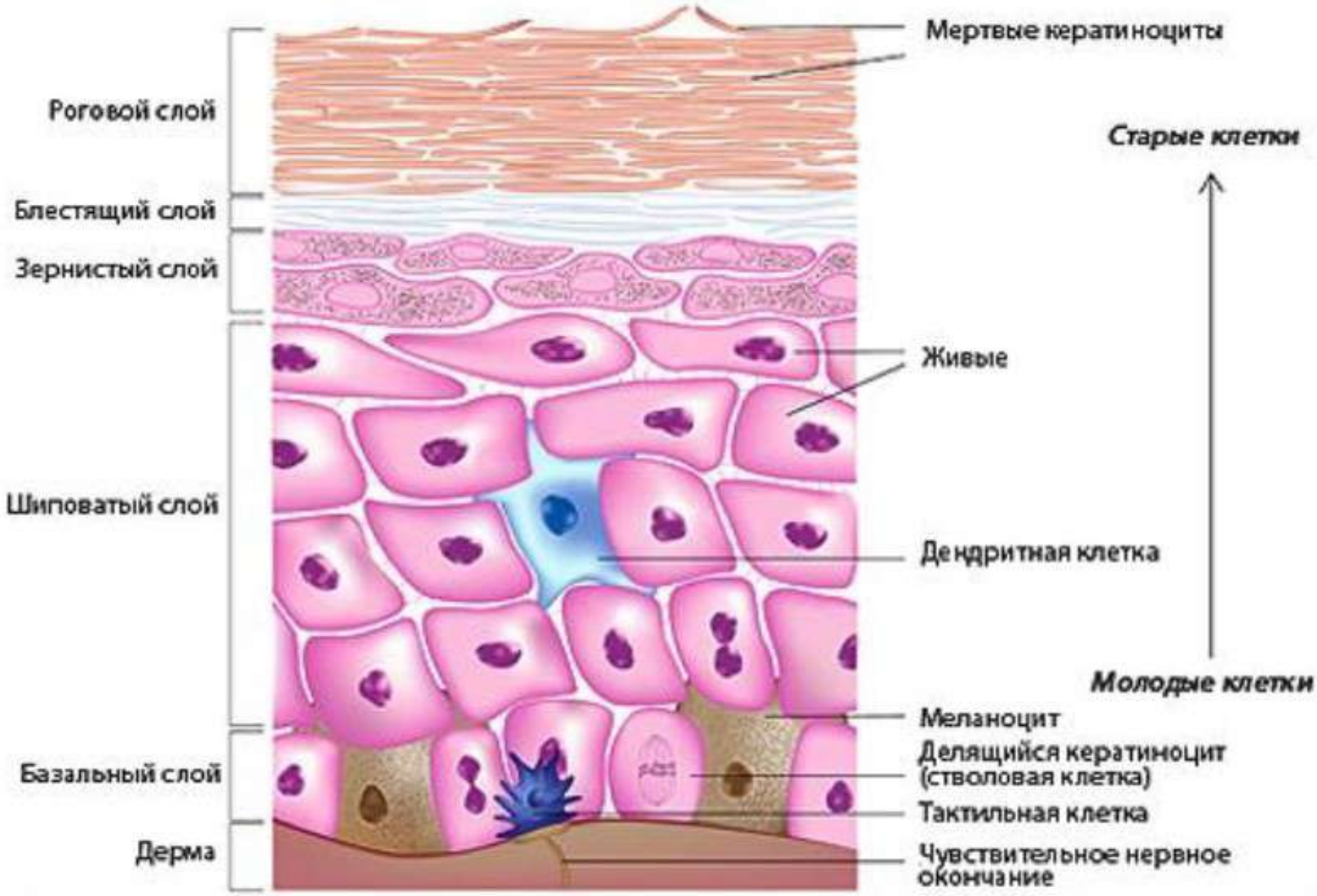
# Перья птиц


Бородки второго порядка
Стержень
Бородка первого порядка
Строение пера
Стержень
Опахало
Дополнительный стержень
Очин
Контурное перо
Пуховое перо
Нитевидное перо
Щетинка
multiring.ru

# Кожа человека




роговой слой эпидермиса
зернистый слой эпидермиса
пора потовой железы
стержень волоса
выводной проток потовой железы
меркелиса диск
шиповатый слой эпидермиса
основной слой эпидермиса
сосочек дермы
эпидермис
свободное нервное окончание
тельце Мейсснера
сосудистое сплетение
дерма
нервное волокно
сальная железа
мышца, поднимающая волос
волосяная луковица
сосочек волоса
гиподерма
тельце Пачини
жировая ткань
тельце Руффини
артерия
вена
потовая железа
волосяной мешочек




Структура эпидермиса млекопитающих.

# Производные эпидермиса

чешуи, когти, клювы, наружный слой панциря, брачные мозоли, кожные железы и др.

а также

- *у птиц*: перья, шпоры (на крыле или цевке)
- *у млекопитающих*: волосы, иглы, ногти, кожные гребешки, копыта, мозоли обезьян и верблюдов, каштаны лошади, рога носорогов и полорогих, нёбные валики, китовый ус, чехлы челюстей ехидны

# Производные кориума

костные чешуи рыб

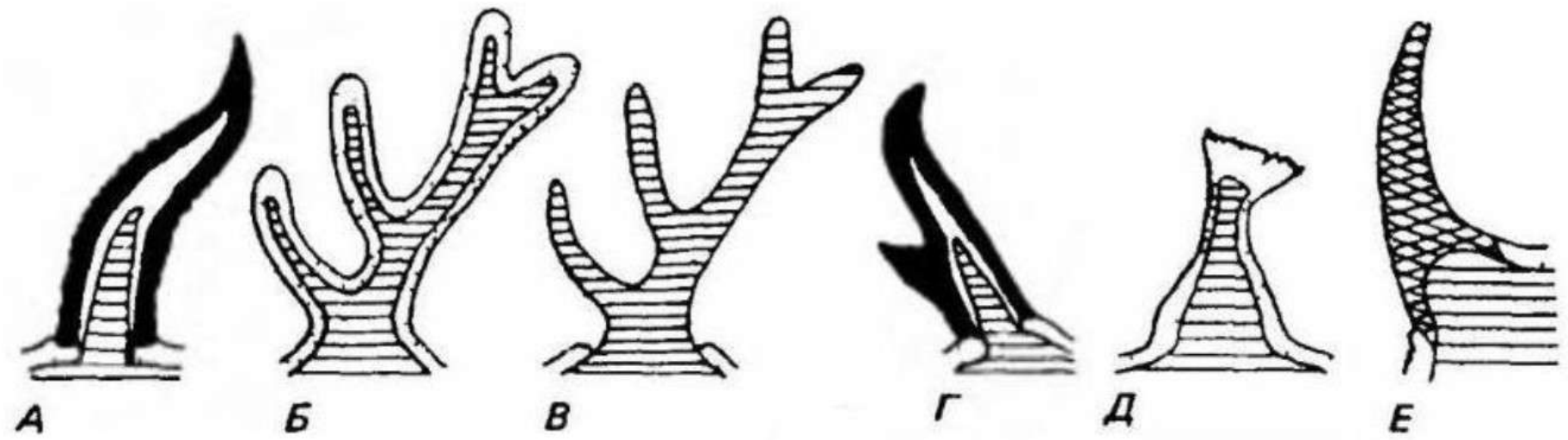
остеодермы крокодилов, черепах и др.

костные щиты панциря броненосцев

рога оленей, оссиконы жирафов и окапи

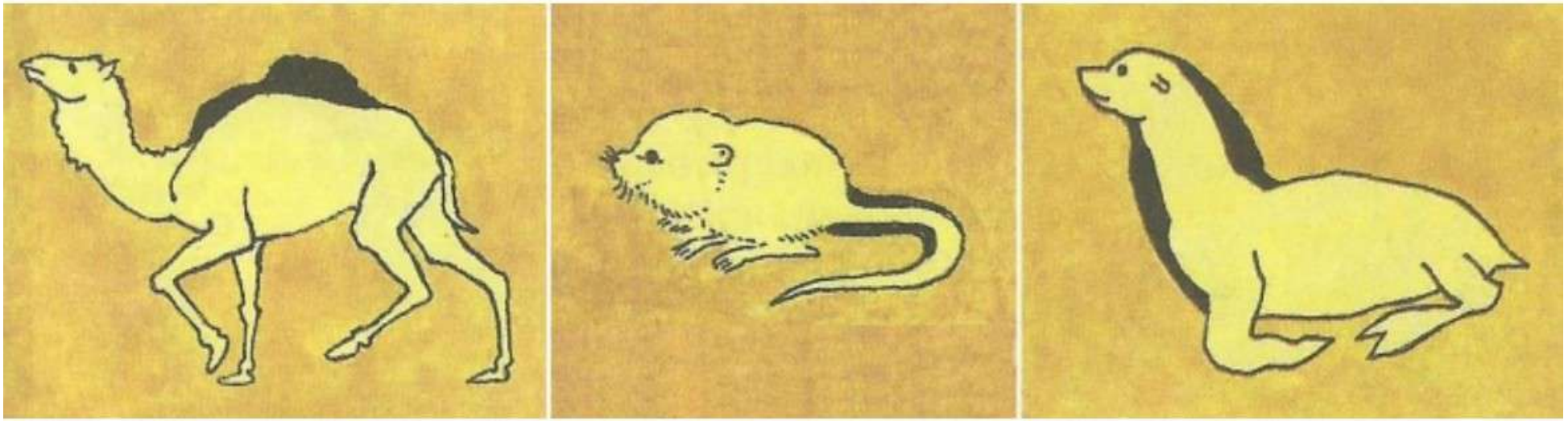
плоские кости мозговой части черепа (например, лобные, теменные).

# Рога млекопитающих



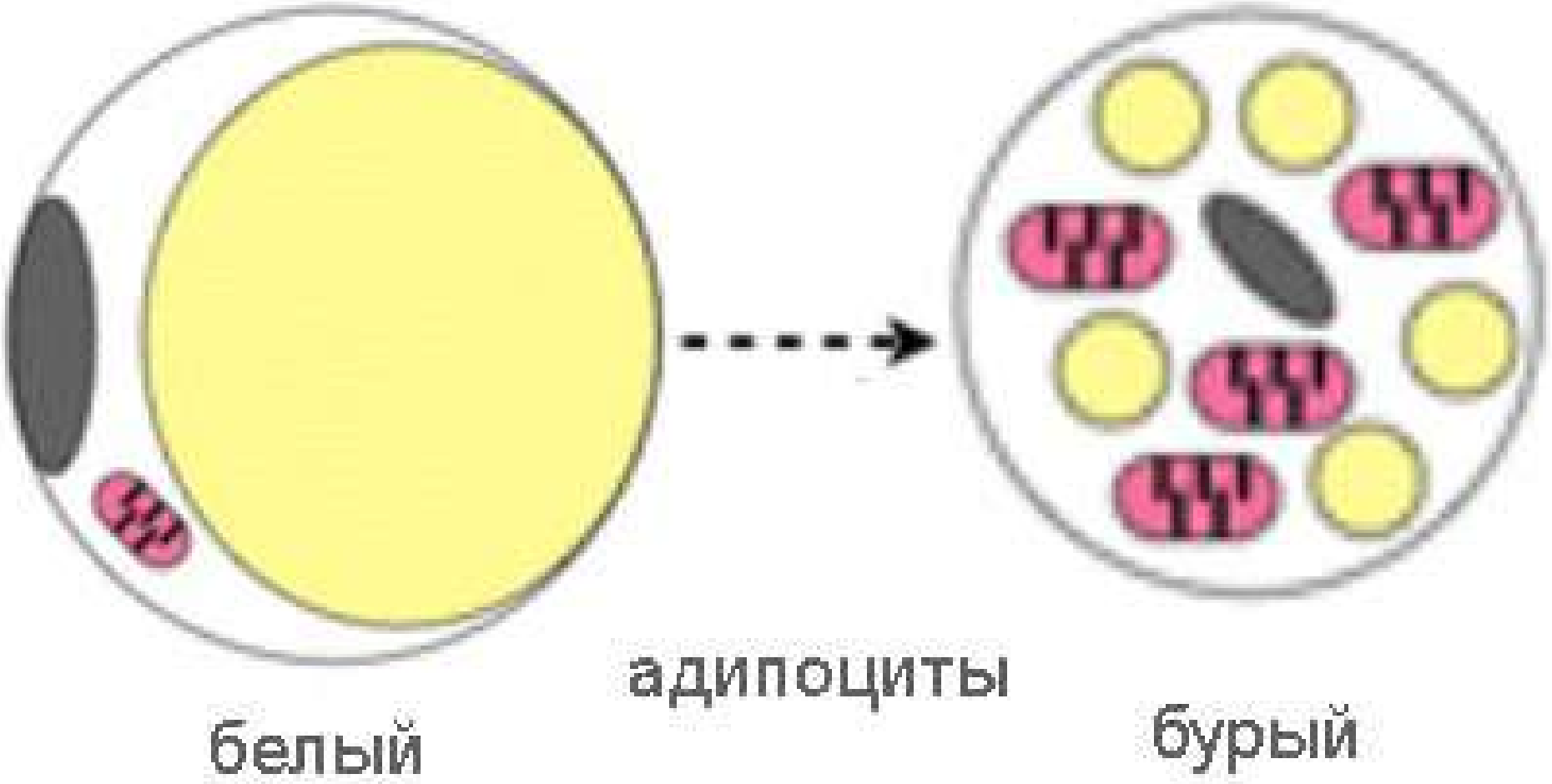

Схемы рогов разных типов в продольном разрезе. Рога обращены передней стороной влево. А — рог полорогого с роговым чехлом на костной основе. Б — олений рог, покрытый кожей; когда рога завершают свой рост, эта кожа отмирает и отпадает. В — тот же рог без кожи. Г — рог вилорога. Д — рог жирафа. Е — рог носорога. На всех рисунках костный отросток черепа заштрихован, кожа покрыта точками, роговое вещество зачернено, а непарный рог носорога покрыт сеткой.

# Подкожная клетчатка

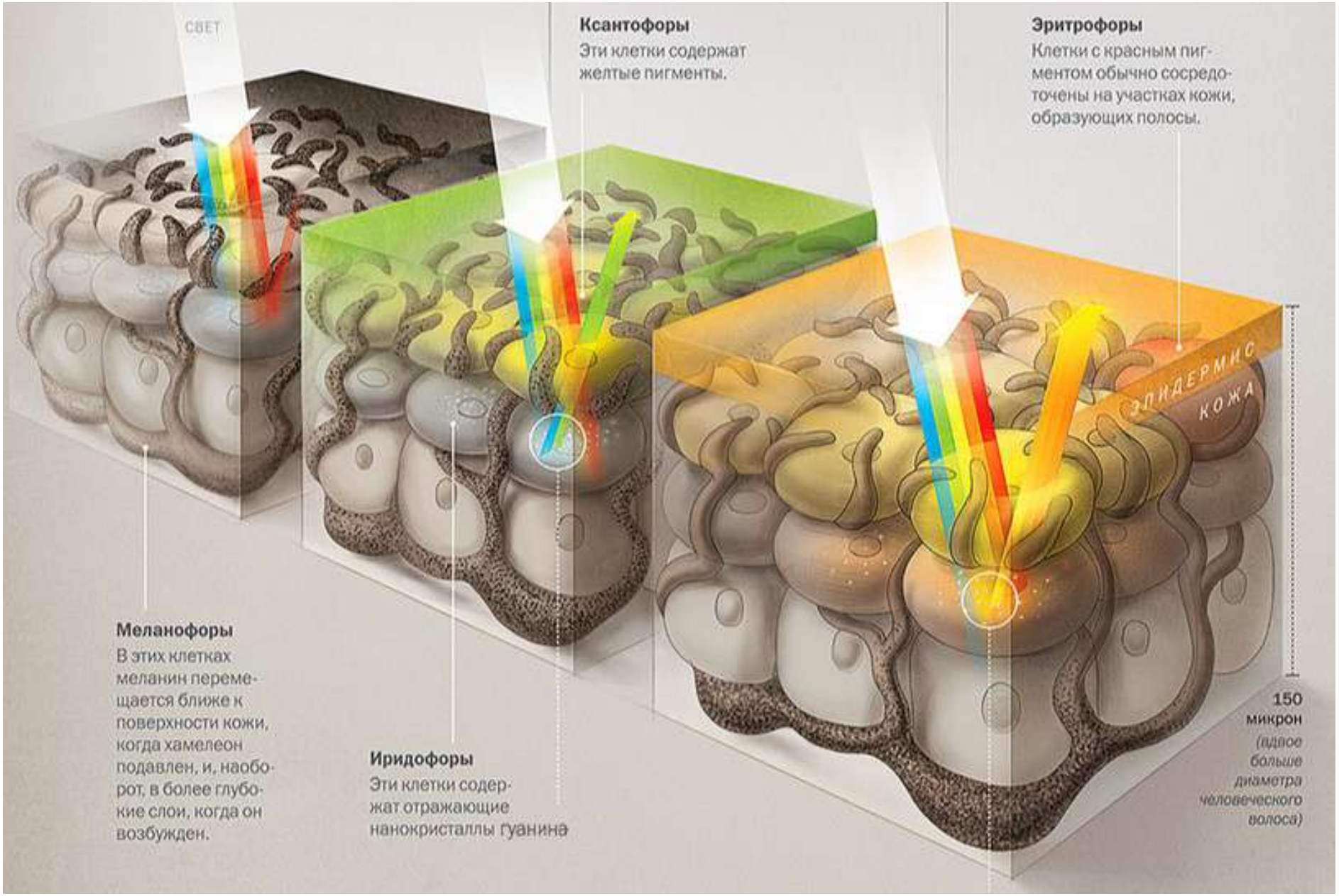


Запасание жира (обозначен черным цветом) у одногорбого верблюда (*Camelus dromedarius*), трехпалого карликового тушканчика (*Salpingotus crassicauda*) и самца северного морского котика (*Callorhinus ursinus*)

# Белый и бурый жир



# Кожа хамелеона



***роль окраски и других внешних признаков животных:***

- защита от хищников и врагов
- адаптации к условиям среды
- социальное поведение

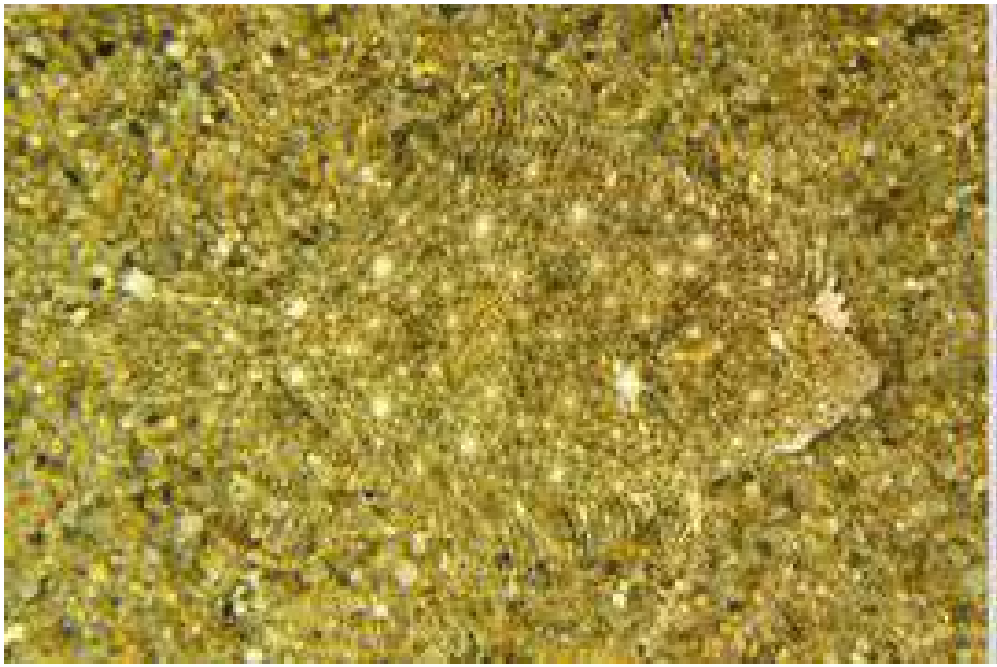
# Типы окраски животных

1. Маскирующая - криптическая, скрадывающая, расчленяющая.
2. Апосематическая - предупреждающая, или отпугивающая.
3. Мимикрия цвета, формы, движений.
4. Демонстрационная, выполняющая социальные функции - брачный наряд, "зеркальца" и др.
5. Отсутствие пигментации, окраска с неясными функциями.

Окраска функциональна в определённых условиях среды, при этом важны форма тела и поведение животного.

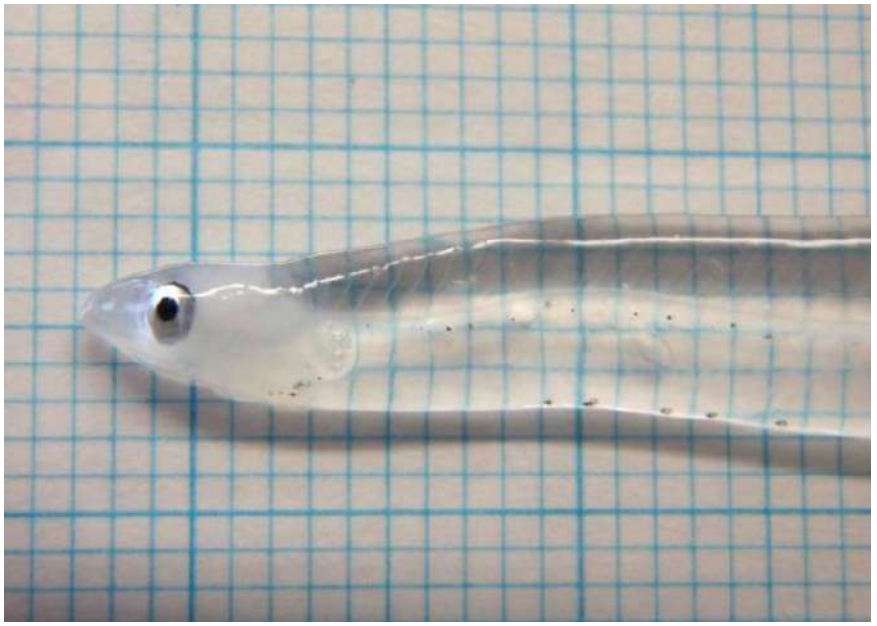
# Маскировка

# Варианты маскировки



*Рыба-камень (Synanceia verrucosa).*

# Ослабление пигментации



# Апосематическая окраска

скорпеновые

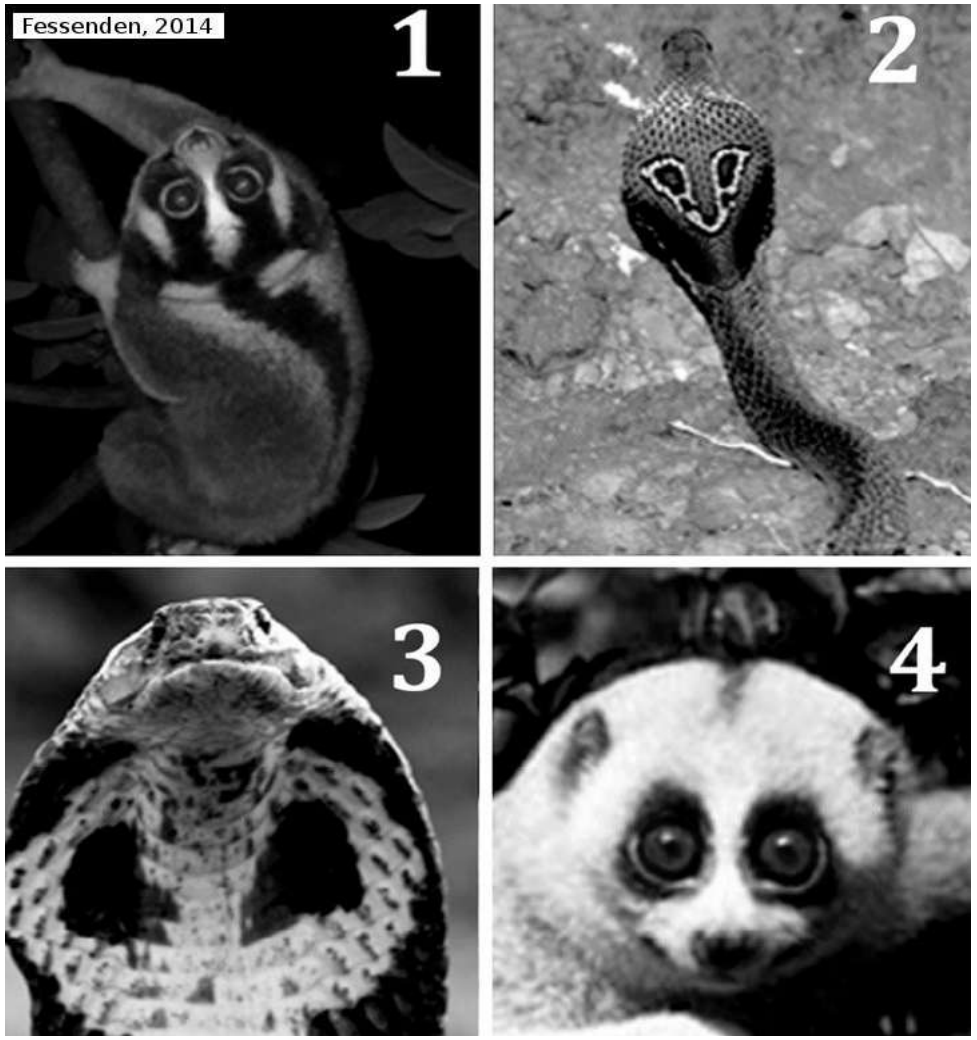
муреновые

древолазы

огненная саламандра

жерлянки

синекольчатые осьминоги




Медленный лори — ядовитый примат, подражает кобре

# "Ложные глаза"

Eurypyga Helias

# Социальные функции окраски

# Брачные наряды

Утка-мандаринка

Венценосный журавль