

Температурные адаптации животных

Голуб Илья
ИЕНиТ
Биология
2 курс; 2 подгруппа

Химические адаптации

Температурные условия в первую очередь влияют на скорость метаболизма, которая способна изменять величину теплопродукции.

Постоянство температуры тела является результатом теплопродукции и теплоотдачи. У теплокровных животных главным источником тепла являются многочисленные биохимические процессы, протекающие с затратами энергии.

Энергия химических связей питательных веществ в конце концов превращается в тепловую энергию. Энергопродукция обеспечивает основной обмен (работоспособность всех физиологических систем в состоянии физиологического покоя) и продуктивный обмен (работу скелетных мышц, рост плода, лактопоз).

Выживаемость животных при низких температурах среды определяется двумя факторами: теплоизолирующими свойствами покровных тканей и способностью животных повышать обмен веществ при охлаждении. Последнее свойство животных базируется на вегетативных реакциях организма и хорошо развито у полярных животных. Так, у белого медведя основной обмен повышается при температуре воздуха -50°C , у песца — при -40°C , у грызунов — при 15°C .

Критически опасной температурой даже для полярных животных считается температура ниже -50°C , хотя отдельные представители, например эскимосская лайка или песец, поддерживают температуру тела на уровне $38-40^{\circ}\text{C}$ даже при температуре воздуха около -80°C .

Еще более живуч снежный козел, обитающий в горах Аляски. У него обнаружен, вероятно, самый совершенный механизм поддержания температуры тела и сохранения жизнеспособности в условиях предельно низких температур среды. Его обмен веществ остается неизменным в широком диапазоне внешних температур: от $+20^{\circ}\text{C}$ до -20°C . Лишь при -30°C у этого животного удалось зарегистрировать повышение обмена веществ. В 50-градусный мороз снежный козел увеличивает потребление кислорода на 30%, что достаточно для активного образа жизни. Для сравнения отметим, что у ежа при понижении температуры среды осенью до $5-6^{\circ}\text{C}$ обмен веществ возрастает в 3-5 раз по сравнению с летними условиями.

У жвачных животных заметная часть теплопродукции принадлежит симбиотическим микроорганизмам преджелудков и толстого отдела кишечника. Инфузории, бактерии и грибы, населяющие эти отделы пищеварительного тракта, гидролизуют до 80% клетчатки, 70% протеина и 60% липидов рациона.

Афферентный поток, возникающий в результате возбуждения холодовых рецепторов (тельца Краузе), через таламус и гипоталамус активизирует продукцию аденокортикотропного гормона (АКТГ) и тиреотропного гормона (ТТГ) гипофизом. Под влиянием АКТГ надпочечники выделяют в кровь катехоламины, а щитовидная железа секретирует тиреоидные гормоны Т3 и Т4. Адреналин и тироксин в печени и мышцах усиливает термогенез за счет окисления АТФ. В результате выделяется дополнительное количество тепла, которое согревает тело животного.

Кроме того, под влиянием адреналина активизируется деятельность сердечной мышцы. В результате усиления кровообращения к поверхности тела в единицу времени поступает больше крови и выносится дополнительное тепло, которое повышает температуру кожи и тормозит образование рецепторного потенциала в тельцах Краузе. Афферентный поток с холодовых рецепторов ослабевает, стимулирующее влияние таламуса прекращается.

Физические адаптации

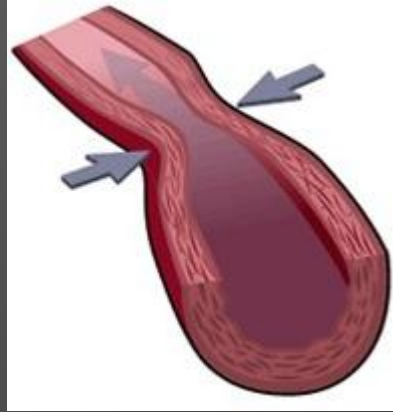
На уровень теплоотдачи влияет развитие теплозащитных покровов, особое устройство кровеносной системы, распределение жировых запасов (особенно в бурой жировой ткани). экологически выгодна, так как адаптация к холоду осуществляется не за счет дополнительной выработки тепла, а за счет сохранения его в теле животного. Кроме того, возможна защита от перегрева путем усиления теплоотдачи во внешнюю среду.

Способы физической терморегуляции множественны. В филогенетическом ряду млекопитающих – от насекомоядных к рукокрылым, грызунам и хищникам механизмы физической терморегуляции становятся все более совершенными и разнообразными. К ним следует отнести рефлекторное сужение и расширение кровеносных сосудов кожи, меняющее ее теплопроводность, изменение теплоизолирующих свойств меха и перьевого покрова, противоточный теплообмен путем контакта сосудов при кровоснабжении отдельных органов, регуляцию испарительной теплоотдачи.

Кровеносная система

Показательна и реакция сердечно-сосудистой системы на изменения температуры среды. Изменения частоты дыхания сопровождаются изменением частоты сердечных сокращений. Реакции сердца на охлаждение у разных животных неодинаковы. У адаптированных к холоду животных фиксируют снижение частоты пульса. Но у животных, которые не адаптированы к воздействию холода, отмечают прямо противоположный ответ сердца — тахикардию. Например, охлаждение до -4°C у лабораторных крыс только хвоста вызывает повышение частоты сердечных сокращений на 50-100%.

Помимо сердечной мышцы реактивностью на термический фактор обладает и сосудистая система. У привычных к холоду животных при резком охлаждении обнаруживают спазмы периферических сосудов. Южане в этой ситуации демонстрируют прямо противоположную реакцию. У них имеет место расширение сосудов, т. е. усиление кровообращения в периферических сосудах.



В связи с этим уместно будет упоминание о «моржах» — людях, которые регулярно купаются зимой в открытых водоемах. Кратковременное погружение в прорубь вызывает у них гиперемия кожных сосудов (сильное покраснение кожи). Когда в сильный мороз «моржи» вылезают из проруби, их тело имеет красный цвет и от них идет пар. Это говорит о том, что температура поверхности тела человека в этих экстремальных условиях намного превышает температуру окружающей среды.

Параллельное и близкое расположение артерий и вен позволяет эффективно выводить из организма избыточное тепло.

Артериальная кровь имеет температуру, близкую к

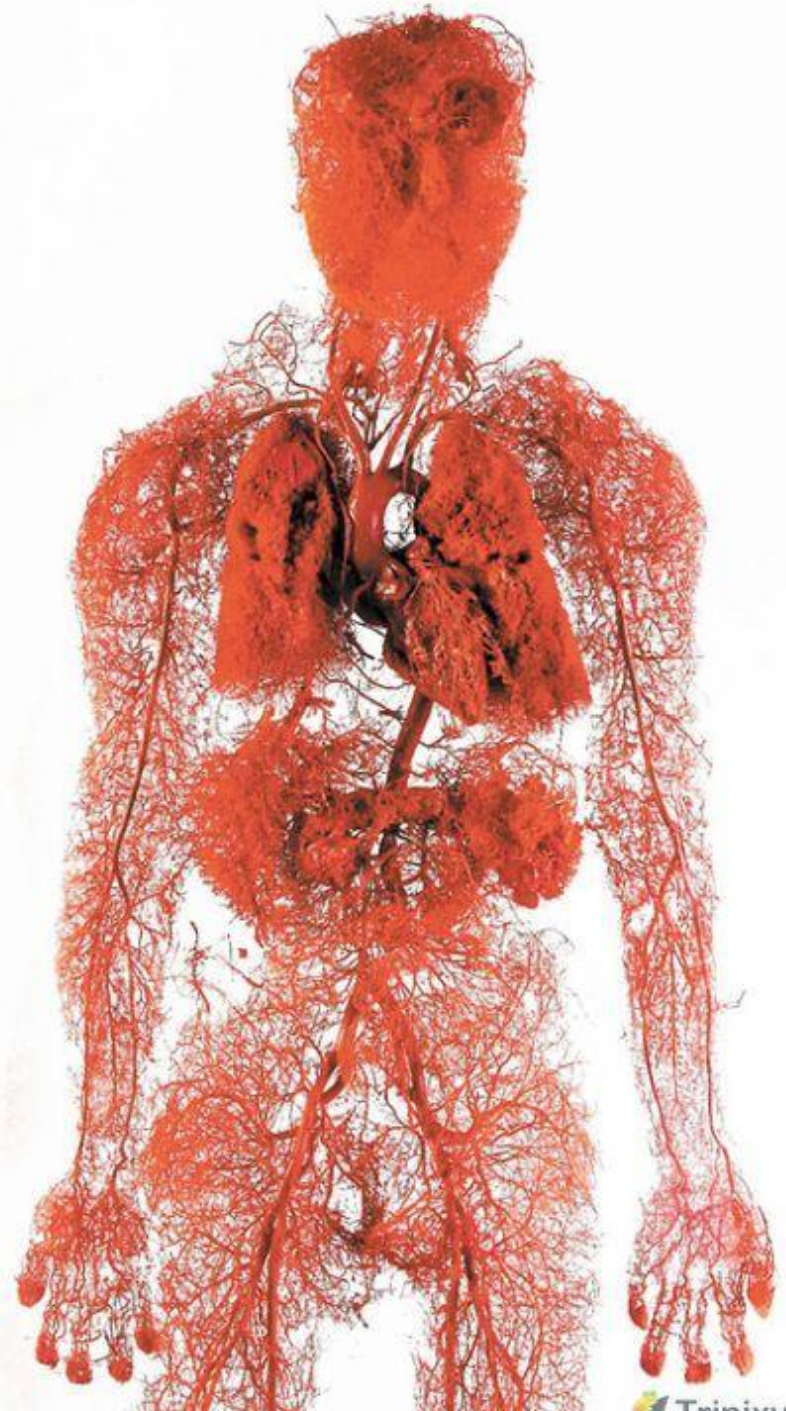
физиологической температуре тела. В противотоке часть тепловой энергии забирает венозная кровь. Вены располагаются близко к поверхности, зачастую прямо под кожей.

Следовательно, за счет повышения температуры венозной крови происходит некоторый подогрев поверхности конечности, хвоста или другой части тела. Для животных в

условиях низких температур это перераспределение тепла имеет

большое значение. За счет

противоточного механизма конечности защищаются от обморожения и остаются в рабочем состоянии в экстремальных температурных условиях среды.

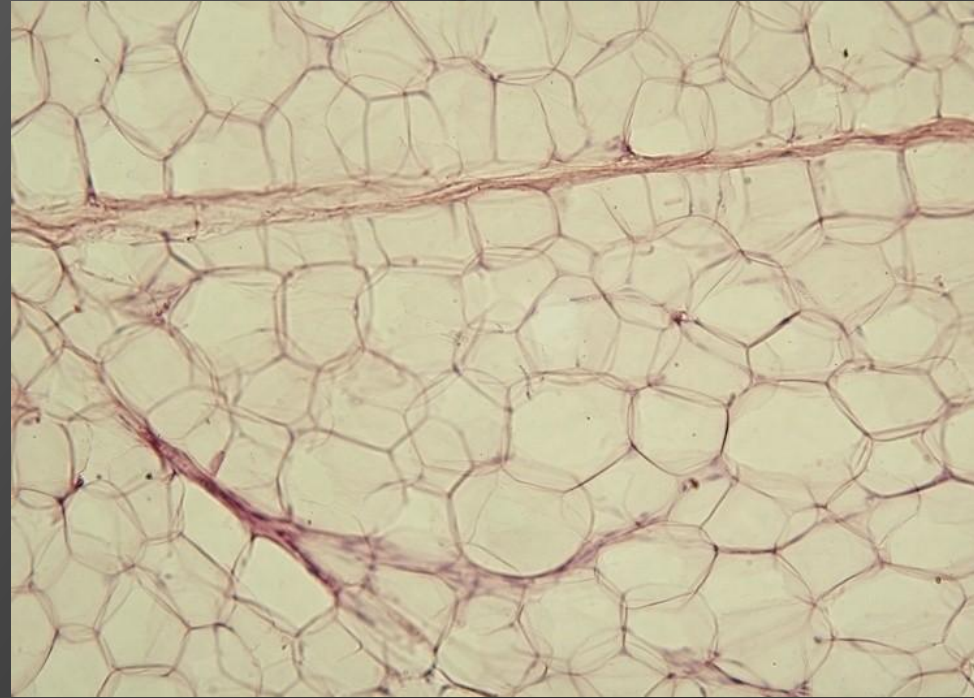


Системы противоточного теплообмена, помогающие поддерживать постоянную температуру внутренних органов, обнаружены в лапах и хвостах у сумчатых, ленивцев, муравьедов, полуобезьян, ластоногих, китов, пингвинов, журавлей и др. При этом сосуды, по которым нагретая кровь движется от центра тела, тесно контактируют со стенками сосудов, направляющих охлажденную кровь от периферии к центру, и отдают им свое тепло.

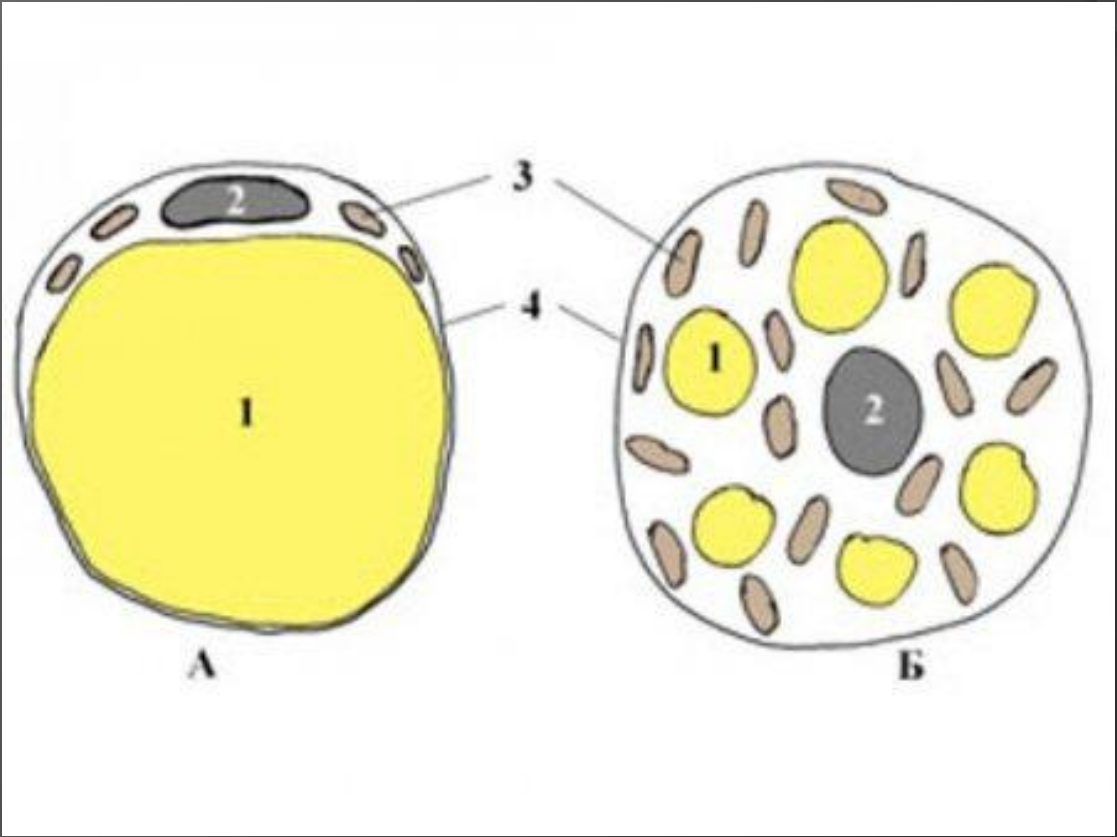
У крупного рогатого скота и близких к нему видов животных противоточный механизм кровообращения имеется в межреберных мышцах. Артерии этих мышц выходят к поверхности тела на спине и боках, где ветвятся и образуют с венами анастомозы — так называемую «чудесную сеть». При гиперпноэ (одышке) межреберные мышцы отдают тепло прилежащим кровеносным сосудам. В силу высокой теплоемкости крови мышцы эффективно охлаждаются. Температура поверхности тела повышается, следствием чего выступает рассеивание этого тепла во внешнюю среду.

Жировая ткань

разновидность соединительной ткани животных организмов, образуемая из мезенхимы и состоящая из жировых клеток — адипоцитов. Почти всю жировую клетку, специфическая функция которой — накопление и обмен жира, заполняет жировая капля, окруженная ободком цитоплазмы с оттеснённым на периферию клеточным ядром. У позвоночных жировая ткань располагается главным образом под кожей (подкожно-жировая клетчатка) и в сальнике, между органами, образуя мягкие упругие прокладки. В большинстве случаев — это округлое, жёлтое желеобразное тело.



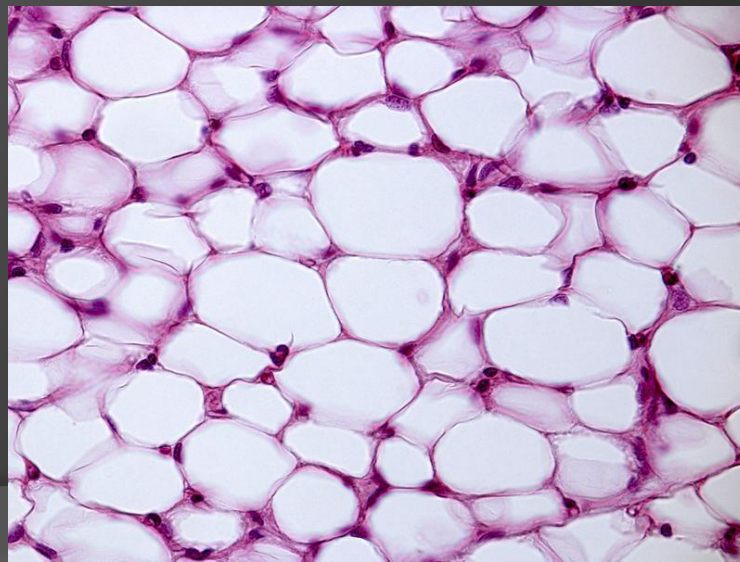
Основное физиологическое значение жировой ткани: она предохраняет организм от потери тепла и несёт функцию энергетического депо (при голодании количество жира в клетках уменьшается, при усиленном питании — увеличивается). У водных млекопитающих, живущих в холодных водах Арктики и Антарктики, слой подкожной жировой клетчатки достигает значительной толщины (у некоторых китов — до 50 см). Чрезмерное развитие жировой ткани у человека ведёт к ожирению.



Белая жировая ткань - представлена крупными округлыми клетками с большой светлой каплей нейтрального жира. Размеры клеток — 50 мкм. Цитоплазма и ядро прижаты к плазмалемме.

Клетки рыхлой неоформленной соединительной ткани сдавливаются и располагаются между жировыми клетками, коллагеновыми и эластическими волокнами, кровеносными и лимфатическими сосудами.

Количество белой жировой ткани изменяется в зависимости от питания организма. При недостаточном питании используется резервный жир, при распаде которого выделяется энергия и высвобождается большое количество воды. В этом случае жировые капли в цитоплазме клеток распадаются на мелкие капельки, которые окружаются митохондриями. Последние при помощи оксидазы жирных кислот расщепляют жир, а сами жировые клетки, потерявшие много жира, принимают исходные размеры и форму.



Бурая жировая ткань — один из двух видов жировой ткани у млекопитающих. Хорошо развита у новорожденных и у животных, впадающих в спячку. Основной функцией ткани является несократительный термогенез (часть механизма терморегуляции). В отличие от белых адипоцитов (клеток белой жировой ткани), имеющих одну крупную жировую каплю, в адипоцитах бурой ткани имеется несколько небольших жировых капель и множество митохондрий, содержащих железо (в цитохромах) и обуславливающих бурый цвет ткани. Бурая жировая ткань также содержит больше капилляров, чем белая жировая ткань, так как у неё выше потребность в кислороде.

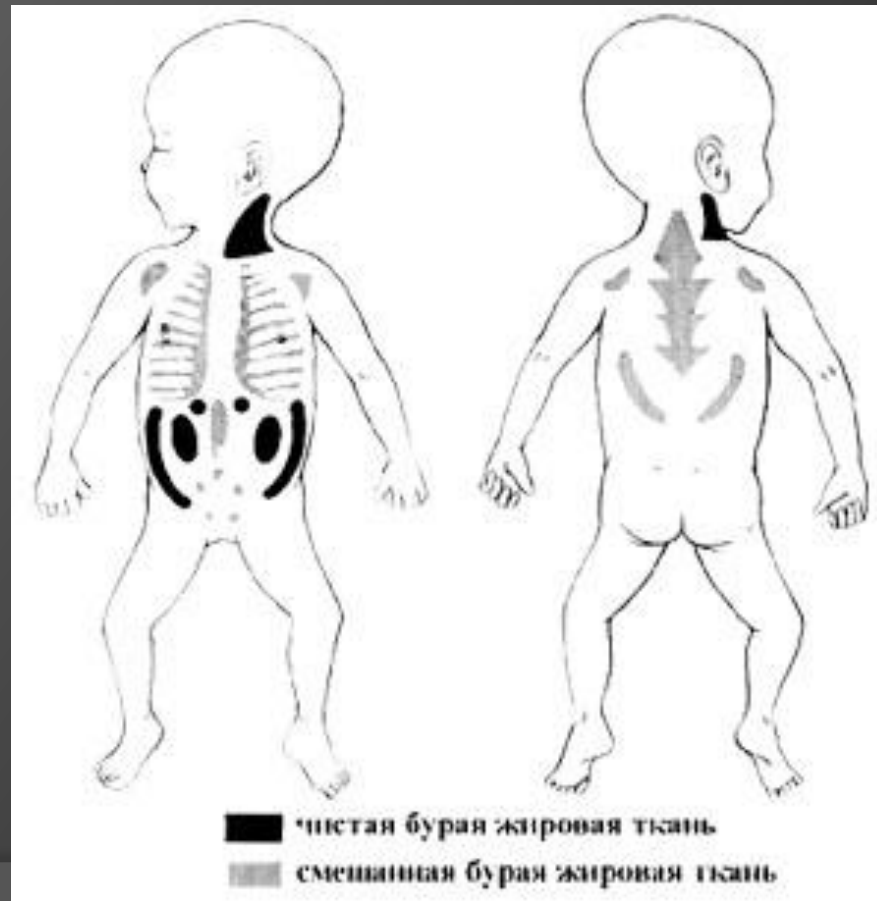
Окислительная способность митохондрий бурого жира в 20 раз выше, чем у белого жира. При термогенезе в бурой ткани задействован белок термогенин, который разобщает окислительное фосфорилирование и дыхание.

Среди животных бурая жировая ткань лучше всего развита у тех, которые зимой впадают в спячку. Во время спячки метаболизм замедляется, из-за чего поддерживать температуру тела сокращениями скелетных мышц невозможно. Поэтому у животных, впадающих в зимнюю спячку, хорошо развита бурая жировая ткань, которая и поддерживает температуру тела животного. Также бурая жировая ткань важна и при пробуждении животных от спячки: с помощью генерируемого ею тепла повышается температура тела, особенно тех его участков, где расположена бурая жировая ткань, из-за чего животное может выйти из спячки.



У морских млекопитающих – ластоногих и китов – слой подкожной жировой клетчатки распределен по всему телу. Толщина подкожного жира у отдельных видов тюленей достигает 7–9 см, а общая его масса составляет до 40–50 % от массы тела. Теплоизолирующий эффект такого «жирового чулка» настолько высок, что под тюленями, часами лежащими на снегу, снег не тает, хотя температура тела животного поддерживается на уровне 38 °С. У животных жаркого климата подобное распределение жировых запасов приводило бы к гибели от перегрева из-за невозможности выведения избытка тепла, поэтому жир у них запасается локально, в отдельных частях тела, не мешая теплоизлучению с общей поверхности (верблюды, курдючные овцы, зебу и др.).

У человека бурая жировая ткань хорошо развита только у новорожденных (примерно 5 % от массы тела) и находится в районе шеи, почек, вдоль верхней части спины, на плечах. Также в организме младенцев бурая жировая ткань часто встречается в смешанном с белой жировой тканью виде. Для новорожденных бурая жировая ткань имеет очень большое значение, так как помогает избежать гипотермии, которая является частой причиной смерти недоношенных новорожденных. Из-за бурой жировой ткани младенцы менее восприимчивы к холоду, чем взрослые.



Теплозащитные покровы

сохранение тепла за счет физической терморегуляции не требует дополнительных пищевых ресурсов, оно является основным способом экономии энергетических затрат. В связи с этим эволюция терморегуляции идет в направлении замены химических механизмов физическими, о чем говорит и более отчетливая выраженность физической терморегуляции у типичных субарктических и высокогорных видов.

В системе приспособления млекопитающих к пониженным температурам важное место занимают реакции волосяного покрова. Многочисленными исследованиями показано, что теплоизоляция пропорциональна густоте и толщине мехового покрова и у мелких млекопитающих она ниже, чем у более крупных.

интегральная теплопроводность меха имеет достаточно четкие таксономические и сезонные различия, обусловленные структурными особенностями волосяного покрова. Чем длиннее, тоньше и гуще волосы и чем толще кожа, тем ниже коэффициент теплопроводности и, следовательно, выше термоизоляционные свойства шкурки.

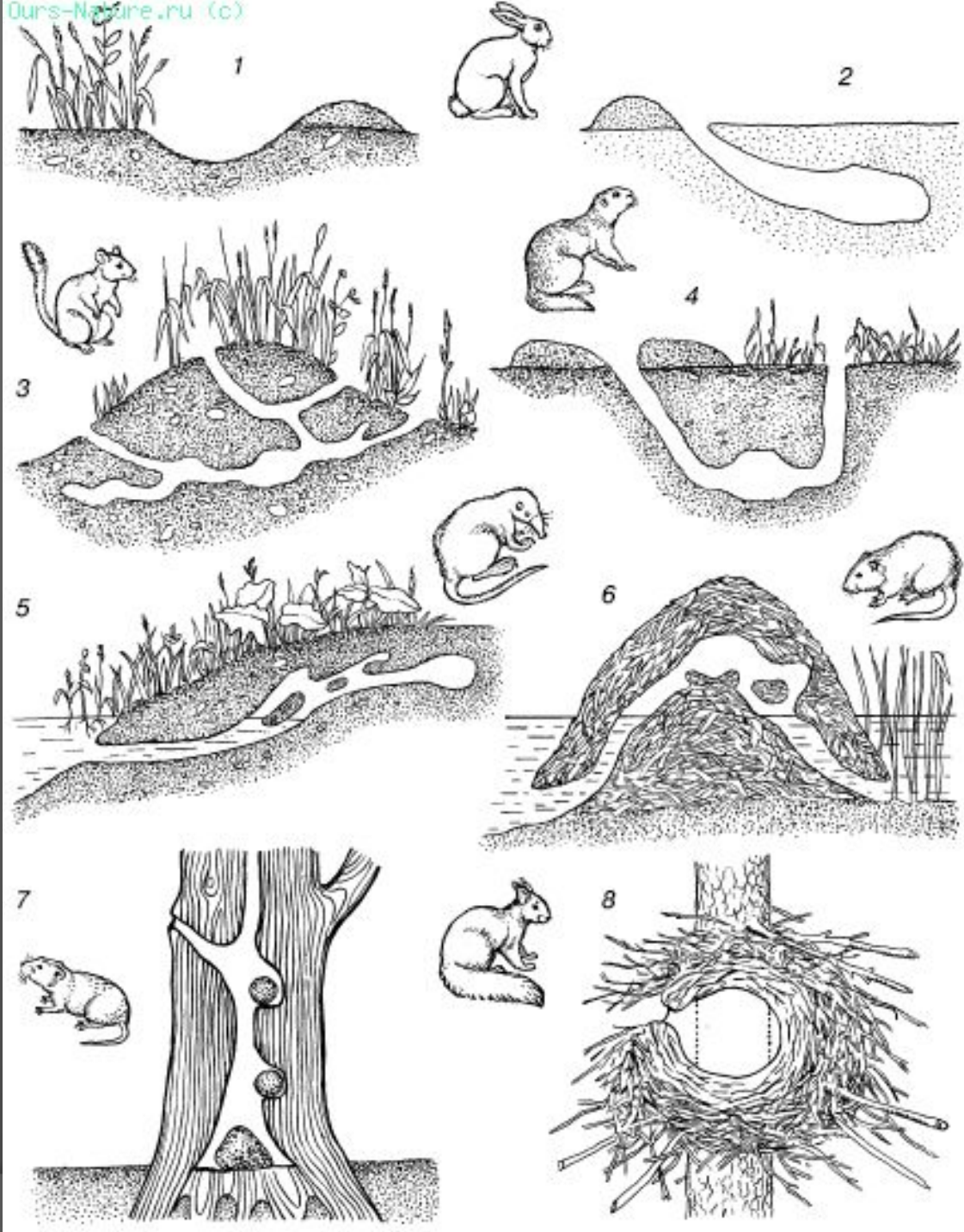
Хорошо известно, что структура волосяного покрова млекопитающих зависит от сезона года: зимний мех гуще и длиннее и, как правило, лучше сохраняет тепло, чем более легкий (редкий и короткий) летний мех. Это сказывается на уровне энергетического обмена.



Поведенческие адаптации

Поведенческие способы регуляции теплообмена для теплокровных животных не менее важны, чем для пойкилотермных, и также чрезвычайно разнообразны – от изменения позы и поисков укрытий до сооружения сложных нор, гнезд, осуществления ближних и дальних миграций.

Основная биологическая роль поведенческих адаптации заключается в создании условий для более экономного расходования энергии на терморегуляцию, снижения напряженности физиологических терморегуляторных функций.



В ряде случаев гомойотермные животные используют в целях терморегуляции групповое поведение. Например, некоторые пингвины в сильный мороз и бураны сбиваются в плотную кучу, так называемую черепаху. Особи, оказавшиеся с краю, через некоторое время пробиваются внутрь, и «черепаха» медленно кружится и перемещается. Внутри такого скопления температура поддерживается около $+37^{\circ}\text{C}$ даже в самые сильные морозы. Обитатели пустынь верблюды в жару также сбиваются вместе, прижимаясь друг к другу боками, но этим достигается противоположный эффект – предотвращение сильного нагревания всей поверхности тела солнечными лучами. Температура в центре скопления животных равна температуре их тела, 39°C , тогда как шерсть на спине и боках крайних животных нагревается до 70°C .

Сочетание эффективных способов химической, физической и поведенческой терморегуляции при общем высоком уровне окислительных процессов в организме позволяет гомойотермным животным поддерживать свой тепловой баланс на фоне широких колебаний внешней температуры.

Правило Баргмана

в пределах вида или достаточно однородной группы близких видов животные (теплокровные) с более крупными размерами тела встречаются в более холодных областях (подтверждается у позвоночных животных в 50% случаев, из которых 75—90% — птицы).

Правило отражает адаптацию животных к поддержанию постоянной температуры тела в различных климатических условиях: у более крупных животных отношение площади поверхности тела к его объему меньше, чем у мелких, поэтому меньше расход энергии для поддержания той же температуры, что особенно важно при низких температурах. Чем крупнее животное и чем компактнее форма тела, тем легче ему поддерживать постоянную температуру; чем мельче животное, тем выше уровень его основного обмена.



Мелвилльский островной волк

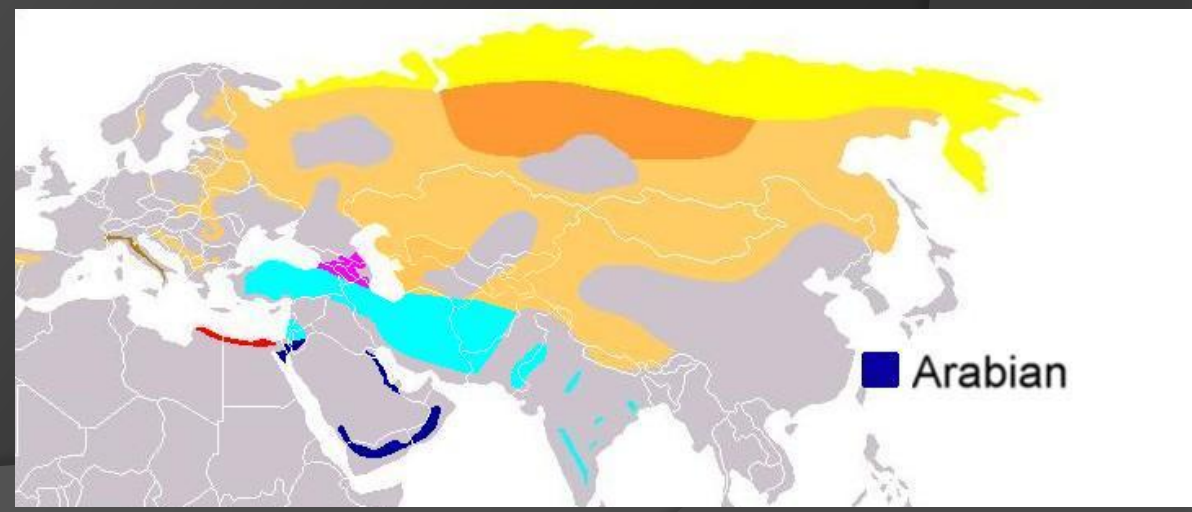
(арктических островов в Северной Америке и в северной части Гренландии)

Длина средней особи вместе с хвостом варьируется от 90 до 180 см, высота до плеча — 63—79 см. Средний вес около 45 кг, взрослые самцы порой достигают веса 80 кг

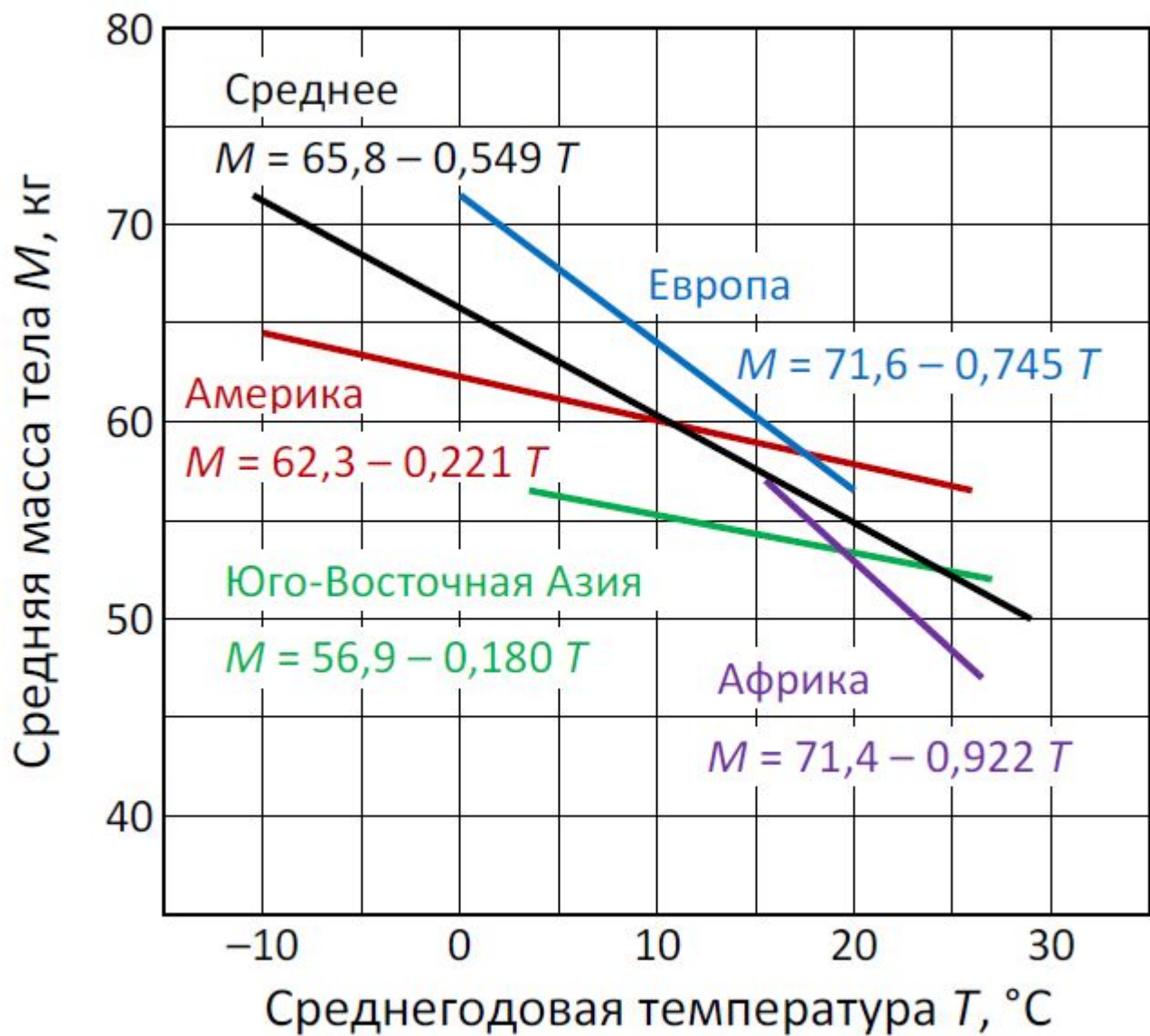




Аравийский волк
(живёт на ограниченных ареалах в южном Израиле, Омане, Йемене, Иордании, Саудовской Аравии и, возможно, в некоторых частях Синайского полуострова в Египте)
некрупный, приспособленный к жизни в пустыне волк, высота в холке которого около 66 см и вес в районе 18 килограмм.



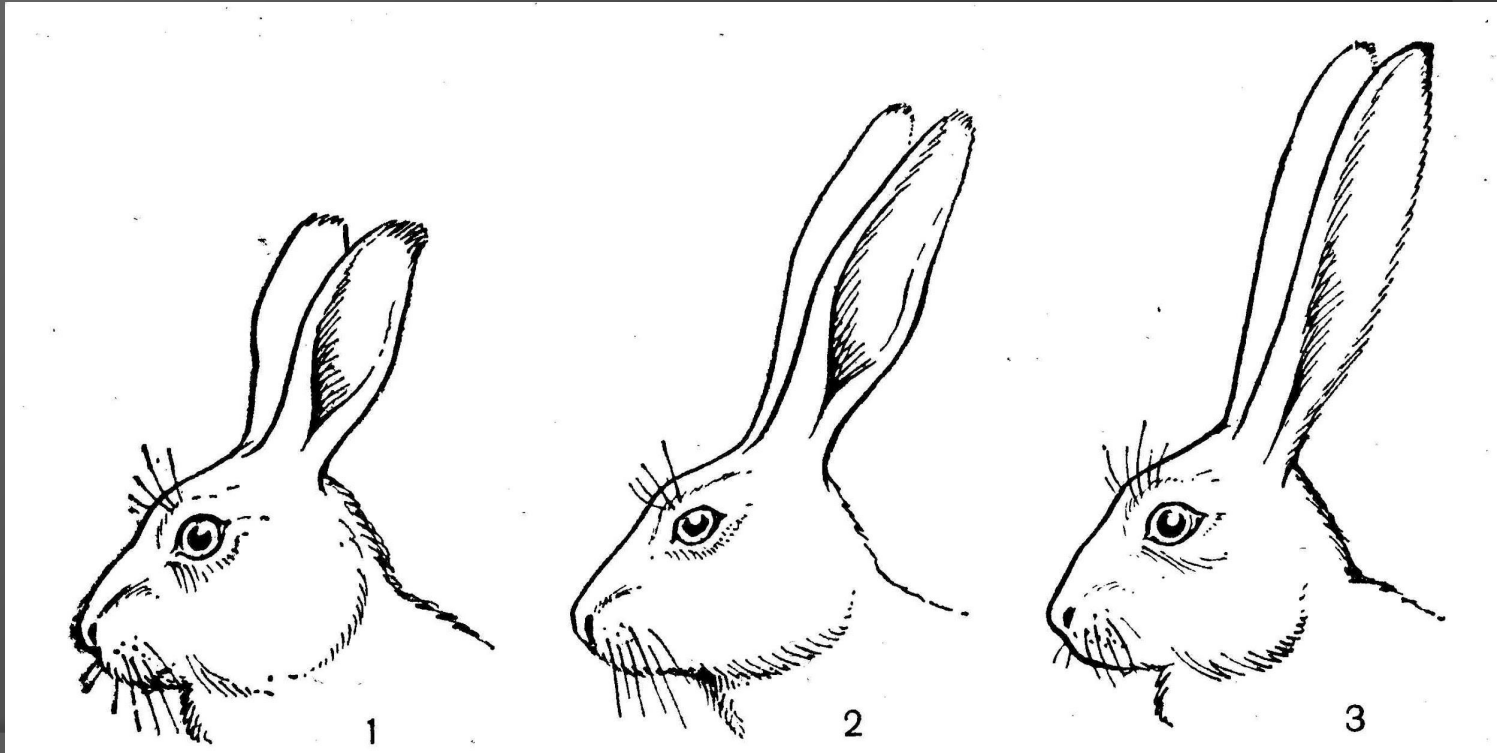
Человек также подчиняется правилу Бергмана.



Правило Аллена

Согласно с этим правилом среди родственных форм гомойотермных (теплокровных) животных, ведущих сходный образ жизни, те, которые обитают в более холодном климате, имеют относительно меньшие выступающие части тела: уши, ноги, хвосты.

Уменьшение выступающих частей тела приводит к уменьшению относительной поверхности тела и способствует экономии тепла.



Примером данного правила являются представители семейства Собачьи из различных регионов. Наименьшие (относительно длины тела) уши и менее вытянутая морда в этом семействе — у песца (ареал — Арктика), а наибольшие уши и узкая, вытянутая морда — у лисицы фенека (ареал — Сахара).



Песец



**Фенек
Песчаная лисица**

Правило Глогера

состоит в том, что среди родственных друг другу форм (разных рас или подвигов одного вида, родственных видов) гомойотермных (теплокровных) животных, те, которые обитают в условиях тёплого и влажного климата, окрашены ярче, чем те, которые обитают в условиях холодного и сухого климата. Установлено в 1833 году Константином Глогером, польским и немецким орнитологом.

К примеру, большинство пустынных видов птиц окрашены тусклее, чем их родственники из субтропических и тропических лесов. Объясняется правило Глогера может как соображениями маскировки, так и влиянием климатических условий на синтез пигментов. В определённой степени правило Глогера распространяется и на пойкилотермных (холоднокровных) животных, в частности, насекомых.

