**Тема: Терморегуляция и приспособленность к ней живых организмов**

**Цели и задачи:**

**обучающиеся должны знать:**

* что такое терморегуляция;
* от чего зависит содержание тепла в организме и температура тела;
* как организмы приспосабливаются к колебаниям температур;
* в чем заключаются физиологические преимущества и недостатки эктотермии и эндотермии и с чем они связаны;
* какова роль гипоталамуса в тепловом балансе организма

**обучающиеся должны уметь:**

* перечислять группы, на которые делятся животные по температурной классификации и приводить примеры этих животных;
* перечислять группы, на которые делятся организмы по температурному интервалу обитания и приводить примеры этих организмов;
* приводить примеры разных способов терморегуляции у растений и животных разных температурных групп

**Содержание урока (занятия):**

1. Терморегуляция

 1) источники тепла для организмов;

 2) классификация организмов по температурным интервалам обитания;

 3) понятие терморегуляции

2. Температурная классификация животных

3. Содержание тепла в организме и температура тела

 1) теплопродукция;

 2) теплообмен (теплопередача)

4. Температурные отношения между эктотермами и окружающей средой

 1) эктотермы в условиях холода;

 2) эктотермы в условиях жары;

 3) физиологические преимущества и недостатки эктотермии

5. Температурные отношения между эндотермами и окружающей средой

 1) понятия термонейтральной зоны, нижней критической температуры, верхней критической точки;

 2) эндотермы в условиях холода;

 3) эндотермы в условиях жары;

 4) тепловой баланс и роль гипоталамуса;

 5) физиологические преимущества и недостатки эндотермии

6. Адаптации растений к низким и высоким температурам

7. Проверочный тест

8. Домашнее задание

**Виды деятельности обучающихся**: классификация организмов по температурным интервалам обитания и температурная классификация животных; характеристика способов и факторов скорости теплообмена; характеристика способов и механизмов терморегуляции животных и растений разных групп; анализ влияния температуры на живые организмы; работа индивидуально и в малых группах, поиск, выделение и структурирование необходимой информации.

**Ход урока (занятия):**

**Терморегуляция**

 Тепло – форма энергии, имеющая очень важное значение для поддержания живых систем. Все живые системы нуждаются в непрерывном снабжении теплом для предотвращения их деградации и гибели.

 Главным источником тепла для всех живых существ служит ***солнечная энергия***, превращающаяся в ***экзогенный источник тепла*** во всех случаях, когда она подает на организм и им поглощается **(Слайд № 2)**. Сила и характер воздействия солнечного излучения зависят от географического положения и являются важными факторами, определяющими климат региона. В свою очередь климат определяет наличие и обилие видов растений и животных в данной местности.

 Солнечный свет – не единственный источник энергии, доступный живым организмам. Солнечная энергия видимой части спектра используется автотрофами для фотосинтеза и аккумулируется в ***химических связях*** синтезируемых ими ***органических веществ***. Молекулы этих веществ служат ***эндогенными источниками*** тепловой энергии, которая освобождается в процессе тканевого дыхания.

 Температура является показателем количества тепловой энергии в системе и основным фактором, определяющим скорость химических реакций как в живых, так и в неживых системах **(Слайд № 3)**. Тепловая энергия повышает скорость движения атомов и молекул, благодаря чему возрастает вероятность взаимодействия между ними. Зависимость между температурой и скоростью химических реакций выражается в виде температурного коэффициента Q10.

*Вопрос классу: Кто из ученых сформулировал правило зависимости скорости реакции от температуры? Как формулируется это правило?*

В живых системах температура влияет на структуру ферментов, которая в свою очередь влияет на интенсивность обмена. От температуры в большой степени зависят распространение организмов и их активность.

***По отношению к тому, в каких пределах организмы способны переносить колебания температур, они делятся на*** *(работа с текстом учебника)*:

1) стенотермные;

2) эвритермные;

и термофилы.

**Терморегуляция *– физиологическая функция, обеспечивающая поддержание оптимальной для данного вида температуры глубоких областей тела в условиях меняющейся температуры окружающей среды.* (Слайд № 4)** – *определение* *записывается в тетрадь*

**Температурная классификация животных**

 Вначале типы терморегуляции у животных классифицировали ***по принципу стабильности температуры тела* (Слайд № 5)*.*** ***Гомойотермные животные*** в условия изменчивой температуры среды могут регулировать температуру своего тела, поддерживая ее вблизи некой установочной величины. Достигают они этого за счет высокой интенсивности образования тепла, а также путем регулирования теплопродукции и тепловых потерь. У млекопитающих установочная точка температуры глубоких тканей («сердцевины» тела) обычно равна 37-38 ºC, тогда как у птиц она ближе к 40 ºC.

 Животные, у которых температура тела в большей или меньшей степени колеблется в такт с температурой окружающей среды, называются ***пойкилотермными***.

 Частые в обиходе термины теплокровный и холоднокровный нельзя считать удовлетворительными, потому что у многих пойкилотермных животных тело может быть очень теплым. Например, температура крови (гемолимфы) у саранчи, летящей под лучами экваториального солнца, или у ящерицы, бегающей в полдень по раскаленной пустыне, может становиться выше, чем у теплокровных млекопитающих.

***Таким образом, гомойотермия и пойкилотермия отражают только постоянство температуры тела.***

 Первоначально всех низших позвоночных и всех беспозвоночных считали пойкилотермными. Однако, некоторые низшие позвоночные, например, глубоководные рыбы, имеют более стабильную температуру тела, чем многие высшие позвоночные, поскольку живут при постоянной температуре окружающей среды. С другой стороны, было выявлено, что температура тела у многих птиц и млекопитающих колеблется в широких пределах либо относительно разных участков тела, либо во времени.

Эти расхождения вызвали необходимость в другой классификации, основанной на ***характере источника тепла* (Слайд № 6).**В соответствии с ней животные, которые сами обеспечивают нагрев своего тела, были названы ***эндотермными***, а животные, почти полностью зависящие от внешних источников тепла, - ***эктотермными.***

 К эндотермам относят животных, температура тела которых обычно превышает окружающую и обусловлена генерацией собственного метаболического тепла. В связи с тем, что млекопитающие и птицы являются примерами животных, у которых температура тела колеблется в относительно узких пределах, их следует называть ***гомойотермными эндотермами* (Слайд № 7)**. - *записывается в тетрадь*

 У эктотермных животных метаболическая теплопродукция относительно невелика, поэтому температуру тела у них определяет в основном теплообмен с окружающей средой: для повышения температуры своего тела они должны поглощать тепло их окружающей среды.

 К ***гетеротермным*** животным относят тех, которые могут изменять интенсивность собственной теплопродукции, но, как правило, не в состоянии поддерживать температуру тела в узких рамках. Их можно разделить на две группы: ***временные и региональные гетеротермы***.

 В группу ***временных гетеротермов*** входят животные, температура тела которых подвержена сильным колебаниям во времени. Отдельные виды млекопитающих и птиц, являясь в основном гомойотермными животными, в то же время проявляют черты временных гетеротермов. Например, колибри, чтобы избежать истощения запасов энергии в ночной период, когда питаться нет возможности, впадают в похожее на сон состояние, во время которого их температура тела падает, приближаясь к окружающей. Даже некоторые крупные эндотермные животные впадают в долгую зимнюю спячку, сопровождаемую снижением температуры в целях экономии энергии.

 ***К региональным гетеротермам относят пойкилотермных животных***, способных поднимать температуру своих внутренних органов за счет мышечной деятельности. При этом температура их периферических тканей и конечностей, напротив, приближается к температуре окружающей среды. Примерами региональных гетеротермов служат голубая акула, тунцы, многие виды летающих насекомых. Температура тела этих животных может намного превысить температуру окружающей среды, что сопряжено с выделением тепла при интенсивной мышечной деятельности (некоторые насекомые в течение какого-то времени перед полетом «разминают» свои летательные мышцы, чтобы к моменту подъема в воздух разогреть их).

*Самостоятельная работа по учебнику: заполните данную схему (Слайд №7) примерами организмов из текста учебника.*

**Содержание тепла в организме и температура тела (Слайд № 8)**

Температура животного, будь оно экто- или эндотермным, зависит от количества тепла (в калориях), содержащегося в единице массы ткани. ***Скорость изменения содержания тепла в организме зависит от*** **(Слайд № 9)**:

1) скорости теплопродукции, обусловленной обменными процессами;

2) скорости теплонакопления;

3) скорости тепловых потерь в окружающую среду.

Поэтому можно утверждать, что **(Слайд № 10)** - *записывается в тетрадь*

**содержание тепла в организме = теплопродукция + теплонакопление – теплопотери**

или

**содержание тепла в организме = теплопродукция + теплопередача (теплообмен)**

Таким образом, теплосодержание, а вместе с ним и температура тела животного, могут регулироваться путем изменения скорости теплопродукции и теплообмена.

**Теплопродукция (Слайд № 11)** - *записывается в тетрадь*

***Процессы, которые влияют на скорость теплопродукции организма, можно разделить на следующие группы:***

1) поведенческие механизмы, например, обычные физические упражнения;

2) вегетативные механизмы, например, ускорение обмена веществ;

3) адаптивные механизмы, или акклиматизация.

**Теплопередача (теплообмен) (Слайд № 11)** - *записывается в тетрадь*

***Скорость теплопередачи*** из тела животного или вовнутрь ***определяют*** следующие ***три фактора***:

1) ***величина поверхности тела***: величина поверхности тела животного, приходящаяся на 1 г ткани, уменьшается по мере роста массы тела, т.е. у мелких животных интенсивность обмена в 1 г ткани выше, чем у более крупных. Различия в интенсивности обмена у животных неодинакового размера коррелирует с числом митохондрий на единицу объема ткани: у мелких млекопитающих в данном объеме ткани содержится большее число митохондрий, чем у крупных;

2) ***разность температур*** (Тос – Тt): чем ближе температура тела животного (Тt) к температуре окружающей среды (Тос), тем меньше тепловой поток во внешнюю среду или, наоборот, к телу животного;

3) ***удельная теплопроводность поверхности*** животного: поверхностные ткани пойкилотермных животных животных обладают высокой теплопроводностью, поэтому температура тела животного близка к температуре окружающей среды. У гомойотермных животных в ходе эволюции развились такие приспособления как перья, шерсть или подкожный жир, снижающие теплопроводность поверхностных тканей тела. Способность перьев и меха захватывать и удерживать воздух, который имеет низкую теплопроводность, играет важную роль в дополнительном ослаблении скорости передачи тепла.

*Вопрос классу: Опираясь на знание физики, подумайте, какие физические процессы могут влиять на энергообмен между организмом и окружающей средой?*

Хотя основные источники тепла у эктотермных и эндотермных животных различны, ***способы теплообмена между организмом и окружающей средой*** у них одинаковы и включают **(Слайды № 12, 13)**: - *записывается в тетрадь*

1) ***излучение***: при излучении тепло переносится в виде электромагнитных волн длинноволновой инфракрасной части спектра. Тела не просто излучают тепло, а передают его другим телам со скоростью, пропорциональной разности температур между двумя телами;

2) ***конвекция***: при этом способе тепло передается от организма окружающей среде через воздух. У эндотермных животных температура тела обычно выше окружающей температуры, поэтому воздух, находящийся в контакте с телом, быстро нагревается и поднимается вверх, замещаясь более холодным. Скорость передачи тепла этим способом зависит от скорости движения воздуха около поверхности тела.

*Вопрос классу: Каким образом можно уменьшить процесс конвекции?*

Этот вид теплоотдачи может быть уменьшен за счет материалов, покрывающих кожу (перья, мех, волосы, одежда);

3) ***теплопроводность***: тепло передается при физическом контакте между телами, например, между организмом и почвой. У большинства наземных животных этот способ составляет незначительную часть общего теплообмена, но у водных животных и у животных, живущих в почве, его доля может быть весьма существенной.

4) ***испарение***: при испарении тепло теряется с поверхности тела в процессе превращения воды в пар (на испарение 1 мл воды затрачивается 2,45 кДж тепла).

 ***Среди механизмов, используемых животными для регуляции теплообмена***, отметим следующие **(Слайд № 12)**:

1) ***поведенческая терморегуляция***: животное ищет место, в котором температура среды близка к оптимальной для него ( разогревание ящерицы на солнце) или регулирование величины поверхности тела (изменением позы);

2) ***вегетативная терморегуляция***: изменение кожного кровотока у позвоночных животных, влияющего на тепловой поток в покровных тканях;

3) ***адаптивная терморегуляция***: стойкие изменения изоляции шерстного покрова, подкожного жира (например, в зимний период) или стойкие изменения способности к испарительной теплоотдаче во время потоотделения.

**Температурные отношения между эктотермами и окружающей средой**

**(Слайды № 14 - 19)**

**Эктотермы в условиях холода (Слайды № 15, 16)**

Поскольку температура тела многих эктотермных организмов зависит в большой степени от температуры окружающей среды, возникает угроза замерзания у тех видов, которые живут в условиях температуры ниже нуля. Известно, что ни одно животное не переносит полного замерзания воды, содержащейся в его тканях, так как образование и рост кристаллов льда внутри клетки приводит к разрушению ее мембраны и гибели.

Организмы по-разному решают эту проблему: - *записывается в тетрадь*

1) ***образование кристаллов льда во внеклеточном пространстве* (Слайд № 15)**, где они не вызывают больших повреждений тканей: например, некоторые виды жуков могут переносить температуру замерзания воды благодаря содержанию во внеклеточной жидкости вещества, ускоряющего процесс образования кристаллов льда. Благодаря этому фактору внеклеточная жидкость замерзает намного быстрее, чем внутриклеточная. По мере образования льда во внеклеточной жидкости большая часть воды переходит в кристаллическое состояние, а оставшаяся жидкость становится более концентрированной. Данный процесс способствует выходу воды из клеток и понижению температуры замерзания внутриклеточной жидкости. Так, пресноводная личинка комара-звонца переносит многократное замораживание. Даже при температуре – 32 ºC в ее клетках содержится некоторое количество незамерзшей жидкости.

2) ***отсутствие во внутренней среде организма кристаллов льда* (Слайд № 16)**: некоторые животные способны «переохлаждаться» и их внутренняя среда, охлажденная ниже температуры замерзания, остается жидкой. Кристаллы льда не могут образовываться, если не содержат зародышей, которые необходимы для начала процесса кристаллизации. Поэтому некоторые виды рыб, обитающие на дне арктических фиордов, живут в состоянии постоянного переохлаждения. Они не замерзают до тех пор, пока в их тело не попадут зародыши ледяных кристаллов. Как только это произойдет, кристаллы льда быстро распространятся по всему телу, и рыба почти мгновенно погибнет. Чтобы выжить, рыба должна оставаться на большой глубине, где лед отсутствует.

3) ***содержание и накопление в жидких средах организма веществ – антифризов* (Слайд**

**№ 16)**: например, в жидких средах у ряда групп членистоногих (клещей, различных насекомых) содержится глицерин, концентрация которого повышается зимой (глицерин, действуя как антифриз, понижает температуру замерзания раствора до -17 ºC); а в крови антарктической ледовой рыбы Trematomus есть особый антифриз гликопротеиновой природы, который предотвращает образование льда в 200-500 раз эффективнее, чем NaCL такой же концентрации.

**Эктотермы в условиях жары (Слайды № 17, 18)**

Главными источниками тепла для наземных эктотермов служат поглощаемое ими солнечное излучение и соприкасающиеся с телом воздух и почва. ***Количество поглощенного тепла зависит от* (Слайд № 17)**: - *записывается в тетрадь*

1) ***цвета покровов организма***: например, один вид австралийских прямокрылых имеет темную окраску, так что тело поглощает солнечное излучение и быстро нагревается. Когда температура достигает оптимума, покровы светлеют и поглощение тепла уменьшается;

2) ***положения по отношению к солнечным лучам*** (поведенческая терморегуляция): характерна для многих насекомых, паукообразных, амфибий и рептилий. Например, пустынная саранча относительно мало активна при 17 ºC, но, расположившись под прямым углом к солнечным лучам, способна поглощать тепловую энергию. Когда температура воздуха достигает 40 ºC, насекомое меняет положение и располагается параллельно солнечным лучам.

3***) величины поверхности организма***: например, ящерица Phrynosoma, обитающая в пустынях юго-востока США и Мексики, способна не только менять положение тела и его окраску, но и, когда температура становится высокой, может уменьшить поверхность тела, втягивая ребра.

4) ***тепловой одышки (частого поверхностного дыхания)* (Слайд № 18)**, при которой теплоотдача увеличивается за счет испарения воды из ротовой полости, глотки и легких: крокодилы, находясь на суше, разевают пасть, чтобы увеличить теплоотдачу путем испарения.

*Вопрос классу: В чем, с вашей точки зрения, заключаются физиологические преимущества и недостатки эктотермии? С чем они могут быть связаны?*

**Физиологические преимущества и издержки эктотермии (Слайд № 19)** - *записывается в тетрадь*

***Преимущества эктотермов:***

1) расходуют меньше энергии на образование тела и обычно живут в условиях пониженной интенсивности обмена (т.к. температура их тела, как правило, близка к температуре окружающей среды);

2) способны большую часть своего энергетического бюджета направлять на нужды роста и размножения организма;

3) могут дольше находиться в спокойном состоянии, избегая хищников;

4) неприхотливы в потреблении воды (так как потери влаги при испарении у них небольшие);

5) эктотермам нет необходимости быть крупными животными (с целью уменьшения отношения поверхность/объем).

***Наряду с перечисленными преимуществами у эктотермов есть определенные недостатки:***

1) они не могут регулировать температуру своего тела, если окружающая среда не позволяет им этого сделать (так ящерица способна повысить температуру тела только при условии достаточной солнечной радиации);

2) у них ограничена продолжительность «залпов» интенсивной физической активности (из-за низкого уровня аэробного обмена);

3) из-за низкой интенсивности обмена у эктотермов ограничены размеры тела.

**Температурные отношения между эндотермами и окружающей средой**

**(Слайды № 20 - 25)** - *записывается в тетрадь*

У гомойотермных эндотермов (большинство млекопитающих и птиц) температура тела тщательно контролируется уникальными гомеостатическими механизмами, которые управляют интенсивностью теплопродукции и теплопотерь таким образом, чтобы независимо от окружающей среды поддерживать температуру тела относительно постоянной.

* ***При умеренной температуре окружающей среды*** **(Слайды № 21, 22)** уровень теплопродукции эндотермов достаточен для того, чтобы уравновесить теплоотдачу животного. В данном диапазоне температур, который называют *термонейтральной зоной* эндотермное животное может регулировать температуру тела посредством управления скоростью теплоотдачи, изменяя величину теплопроводности поверхности тела.

***Подобная регуляция включает в себя*:**

1) вазомоторные реакции покровных тканей (изменение интенсивности кожного кровотока);

2) изменение позы (для увеличения или уменьшения величины участвующей в теплообмене поверхности тела);

3) реакции, ведущие к изменению теплоизолирующей эффективности шерстного или перьевого покровов ( например, взъерошивание шерсти или перьев, обеспечивающее более толстый слой инертного (стоячего) воздуха).

* ***По мере снижения температуры окружающей среды*** **(Слайд № 23)** эндотермное животное в конечном счете достигнет *нижней критической температуры (НКТ)*: это означает, что при дальнейшем падении температуры его тела теплопродукция будет уже не в состоянии уравновесить потери тепла. За этим пределом для компенсации теплопотерь эндотермный организм должен повысить теплопродукцию за счет термогенеза.

***Существуют два способа получения дополнительной теплопродукции - термогенеза*:**

1) дрожательный термогенез;

2) недрожательный термогенез.

Оба способа сопровождаются преобразованием химической энергии в тепло **(Слайд № 24)**.

***Дрожательный термогенез*** имеет место как у насекомых, так и у позвоночных животных. Дрожь дает возможность организму согреваться, используя мышечное сокращение: нервная система активирует различные группы антагонистических скелетных мышц, активация которых вызывает гидролиз АТФ и высвобождение энергии.

***Недрожательный термогенез*** связан с активацией ферментативных систем обмена жиров.

У некоторых млекопитающих, которые пользуются подобным термогенезом, имеется специализированная *бурая жировая ткань*. Она содержит столь обширную сеть кровеносных сосудов и так много митохондрий, что приобретает бурый цвет вместо белого. Во время термогенеза бурая жировая ткань значительно нагревается, затем это первичное тепло благодаря току крови в густой сети сосудов, быстро разносится по другим частям тела.

* ***При непрерывном увеличении температуры окружающей среды***, когда она превышает так называемую *верхнюю критическую точку (ВКТ)*, теплоотдача посредством пассивных механизмов не может возрасти, так как теплоизоляция поверхности тела минимальна при данной температуре (она не может стать еще ниже). Любое дополнительное повышение температуры внешней среды (Тос) за указанный предел будет вызывать подъем температуры тела до тех пор, пока не включатся ***активные механизмы теплоотдачи – потоотделение и тепловая одышка* (Слайд № 25)*.***

**Эндотермы в условиях холода (Слайды № 26 - 33)**

*Вопрос классу: Приведите примеры способов уменьшения теплоотдачи и сохранения тепла у эндотермных организмов.*

***У адаптированных к холоду эндотермных организмов обязательно функционирует целый ряд как временных, так и постоянных механизмов, которые помогают сохранять им тепло в организме:*** - *записывается в тетрадь*

1) ***взъерошивание шерсти/перьев и перемещение в более укрытое от ветра место***: эти действия ослабляют процесс конвекции и потери тепла организмом, вызванные ветром **(Слайд № 27)**;

2) ***развитие теплоизолирующего слоя в виде утолщенного волосяного/перьевого покрова*** у арктических и субарктических обитателей или сезонные изменения волосяного покрова (линька) у животных умеренных широт **(Слайд № 28)**;

3) ***развитие теплоизолирующего слоя в виде подкожного жира***: подкожное сало (подкожная жировая ткань) – хороший теплоизолятор, так как, подобно воздуху, обладает низкой теплопроводностью. Кроме того, жировая ткань в метаболическом отношении очень инертна и не требует обильного кровоснабжения, в результате которого обычно уносится к поверхности тела и теряется немало тепла **(Слайд № 29)**;

4) ***увеличенные размеры тела***: более крупные животные обладают пониженной удельной теплопроводностью, потому что у них как правило более толстый волосяной/перьевой покров, а также меньше соотношение «поверхность/объем» (***правило Бергмана***: животные, обитающие в холодных областях, имеют, как правило, крупные размеры, тогда как обитатели жарких стран обычно меньше по размерам) **(Слайд № 30)**;

5) ***уменьшение размеров выступающих частей тела***: у видов, живущих в более холодном климате, различные придатки (уши, хвосты, конечности) меньше, чем у родственных видов из более теплых мест (***правило Аллена***) **(Слайд № 31)**;

6) ***изменение кожного кровотока*** (вегетативная терморегуляция) **(Слайд № 32)** ;

7) ***противоточный теплообмен*** **(Слайд № 33)**: конечности эндотермных животных (плавники, ласты китообразных и ластоногих, ноги болотных птиц, северных оленей и др.) лишены массивного теплоизолирующего слоя. Эти конечности служат основным потенциальным путем потери тепла организмом, потому что их покровные ткани тонкие и имеют большую поверхность. Чрезмерные теплопотери из указанных органов уменьшаются с помощью системы противоточного теплообмена: артерии, несущие кровь в конечности, окружены венами, по которым кровь течет обратно к телу. Теплая артериальная кровь, поступающая от тела, охлаждается холодной венозной кровью, текущей к телу. В свою очередь, холодная венозная кровь, нагревается от артериальной. Таким образом в конечности поступает уже охлажденная кровь и теплоотдача значительно уменьшается;

8) ***адаптивные изменения мембранных липидов***: в холодных конечностях млекопитающих тканевые липиды менее насыщены, чем липиды глубинных тканей, и поэтому имеют более низкие температуры плавления (т.е. остаются жидкими при охлаждении, близком к точке замерзания, в связи с чем не происходит нарушения функций двойного липидного слоя клеточных мембран, которое могло бы наблюдаться при увеличении вязкости этих липидов).

**Эндотермы в условиях жары (Слайды № 34 - 38)**

*Вопрос классу: Приведите примеры способов увеличения теплоотдачи у эндотермных организмов.*

***Эндотермные животные для регуляции теплоотдачи в условиях высоких температур используют различные механизмы:*** - *записывается в тетрадь*

1) ***изменение кожного кровотока*** (вегетативная терморегуляция) **(Слайд № 35)**: использование своего рода тепловых «окон», которые животное открывает и закрывает посредством регуляции кровотока. Примером подобных регулирующих температуру окон могут служить тонкие, мембрановидные, слегка опушенные шерстью уши, имеющие обширную капиллярную сеть, рога некоторых млекопитающих (коз, крупного рогатого скота), конечности и рыло. У некоторых млекопитающих отдельные области поверхности тела имеют слабый волосяной покров или даже обнажены для облегчения теплоотдачи;

2) ***изменение позы или ориентации тела*** (поведенческая терморегуляция) **(Слайд № 36)**;

3) ***уменьшенные размеры тела*** (правило Бергмана) и увеличенные размеры выступающих частей тела (правило Аллена);

4) ***испарительное охлаждение*** путем потоотделения или тепловой одышки

**Тепловой баланс и роль гипоталамуса (Слайд № 37)** *– рассказ по схеме*

*Вопрос классу: В чем, с вашей точки зрения, заключаются физиологические преимущества и недостатки эндотермии? С чем они могут быть связаны?*

**Физиологические преимущества и издержки эндотермии (Слайд № 38)** - *записывается в тетрадь*

Эндотермные животные испытывают противоположные преимущества и недостатки своего образа терморегуляции в сравнении с эктотермными.

***Преимущества эндотермии заключаются в следующем:***

1) животные – эндотермы могут позволить себе иметь больший размер тела (вследствие высокого уровня аэробного дыхания и повышенной температуры тела);

2) эндотермы выдерживают более длительные периоды интенсивной физической активности;

3) эндотермы способны выполнять определенные функции быстрее и в большем объеме.

 ***Но все эти преимущества достигаются за счет определенной физиологической цены:***

1) необходимость потребления большого количества пищи и нередко также воды – расплата за высокую интенсивность обмена;

2) подверженность обезвоживанию в жарком сухом климате – цена высокого уровня газообмена при дыхании;

3) относительно небольшой процент энергии может быть направлен на нужды роста и размножения – плата за поддержание высокого уровня температуры тела, так как большое количество потребляемой энергии расходуется именно на это;

4) высокая температура тела создает для очень мелких животных проблему, обусловленную соотношением поверхность/объем, и более быстрыми потерями тепла, чем у крупных.

Несомненно, эктотермия и эндотермия представляют собой метаболическую дихотомию, оказывающую на организм гораздо более глубокое влияние, чем просто влияние на температуру тела. Эти два типа энергетической стратегии животных затрагивают такие области, как анатомия, физиология, поведение, распространение и эволюция организмов.

**Адаптация растений к низким и высоким температурам**

Температура может быть фактором, лимитирующим рост и развитие растений, так как влияет на скорость деления клеток, интенсивность клеточного метаболизма и фотосинтез.

**Адаптации растений к низким температурам (Слайды № 39 - 42)**

*Вопрос классу: Приведите примеры адаптаций растений к низким температурам на примере растений средней полосы России и растений Дальнего Востока.*

Растения высоких северных или южных широт подвергаются длительному воздействию таких неблагоприятных условий, как слабая освещенность, низкие температуры и мерзлая почва. Выживание в этих условиях обеспечивается множеством разнообразных анатомических и физиологических приспособлений, связанных с определенными стадиями жизненного цикла.

Назовем некоторые из них: - *записывается в тетрадь*

1) ***листопад* (Слайд № 39)**: сбрасывание листвы предотвращает потерю воды в результате испарения через устьица в те периоды, когда из-за низких температур ограничено поглощение влаги из почвы. Опадение листьев помогает также избежать повреждения ветвей снегом и ветром;

2) ***игольчатые листья:*** в северных широтах среди деревянистых растений преобладают хвойные, их игольчатые листья покрыты толстой кутикулой, уменьшающей потерю влаги летом. Кроме того, благодаря листьям-хвоинкам уменьшается количество снега, который может скапливаться на них зимой;

3) в течение неблагоприятных периодов зоны будущего роста – ***почки – прикрыты почечными чешуйками***, а их метаболическая активность подавлена **(Слайд № 40)** ;

4) ***образование холодостойких семян и спор***;

5) ***образование подземных запасающих органов*** (корнеплодов, корневищ, луковиц) **(Слайд**

**№ 41)**.

**Адаптации растений к высоким температурам (Слайд № 42)**

*Вопрос классу: Приведите примеры адаптаций растений к высоким температурам.*

Во многих регионах мира высокие температуры воздуха сочетаются с недостатком воды, и адаптации, наблюдаемые здесь у растений, часто бывают связаны, с одной стороны, со способностью переносить засуху, а с другой – с необходимостью испарять воду для охлаждения.

Растения не могут избегать высоких температур, перемещаясь в затененные места и для предотвращения перегрева у них выработались различные приспособления: - *записывается в тетрадь*

1) ***листья отличаются малой толщиной и большим отношением площади к объему***: такое строение лучше всего предотвращает повреждения от перегрева, а также облегчает газообмен и поглощение света. Кроме того, тонкий лист обладает относительно небольшой теплоемкостью и поэтому принимает температуру окружающей среды (явление гетеротермии);

2) ***образование глянцевой кутикулы***, выделяемой эпидермисом: кутикула отражает значительную часть падающего на нее света, препятствуя таким образом поглощению тепла и перегреванию;

3) ***наличие многочисленных устьиц***, через которые осуществляется транспирация;

4) ***увядание листьев***: адаптивное значение этого явления состоит в уменьшении поверхности листа, подверженной прямому действию света, благодаря чему предотвращается перегрев. При снижении температуры растения начинают очень быстро оправляться даже после сильного ожога;

5) ***игловидные листья***, позволяющие максимально рассеивать тепло.

**Итак,**

**вы знаете:**

* что такое терморегуляция;
* от чего зависит содержание тепла в организме и температура тела;
* как организмы приспосабливаются к колебаниям температур;
* в чем заключаются физиологические преимущества и недостатки эктотермии и эндотермии и с чем они связаны
* какова роль гипоталамуса в тепловом балансе организма

**вы можете:**

* перечислить группы, на которые делятся животные по температурной классификации и привести примеры этих животных;
* перечислить группы, на которые делятся организмы по температурному интервалу обитания и привести примеры этих организмов;
* привести примеры разных способов терморегуляции у растений и животных разных температурных групп;
* привести примеры интересных фактов об энергообмене между организмами и окружающей средой, об особенностях воздействия на организм высоких и низких температур

**Выполните задание: *проверочный тест*** *(может использоваться как в качестве закрепления изученного материала в конце урока (в устной форме), так и в качестве домашнего задания или проверочного теста)*

1. Терморегуляция это:

а) процесс переноса [внутренней энергии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) от более нагретых частей тела (или тел) к менее нагретым частям (или телам), осуществляемый хаотически движущимися частицами тела ([атомами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC), [молекулами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B0), [электронами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) и т. п.). Может происходить в любых [телах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) с неоднородным распределением [температур](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0);

б) вид теплопередачи, при котором внутренняя энергия передается струями и потоками. Может возникать в веществе самопроизвольно при его неравномерном нагревании в поле тяготения. В этом случае нижние слои вещества нагреваются, [становятся легче](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B0) и всплывают, а верхние слои, наоборот, остывают, становятся тяжелее и опускаются вниз, после чего процесс повторяется снова и снова;

в) физиологическая функция, обеспечивающая поддержание оптимальной для данного вида температуры глубоких областей тела в условиях меняющейся температуры окружающей среды

2. Формулировка, соответствующая правилу Вант-Гоффа это:

а) скорость элементарной [химической реакции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8) пропорциональна произведению [концентраций](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2) реагентов в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции;

б) при повышении температуры на каждые 10° С скорость химической реакции увеличивается примерно в 2-4 раза;

в) [тепловой эффект химической реакции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8) зависит только от вида и состояния исходных веществ и продуктов реакции и не зависит от пути её протекания

3. Распределите перечисленных животных в соответствии с их температурной классификацией

 *животные температурная классификация*

1) кабан А. Гомойотермные эндотермы

2) колибри Б. Временные гетеротермные эндотермы

3) сурок В. Региональные гетеротермы (пойкилотермные)

4) тунец

5) сова

6) голубая акула

7) барсук

8) шмель

9) гадюка

10) лось

11) суслик

12) синица

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. При каком из вариантов ответов указанная схема будет правильной

содержание тепла в организме

 = +

а) теплопродукция + теплонакопление;

б) теплопродукция + теплопередача;

в) теплопродукция + теплопотери

5. Что из перечисленного относится к факторам, определяющим скорость теплопередачи, а что является способами теплопередачи:

1) величина поверхности тела А. Фактор, определяющий

2) испарение скорость теплопередачи

3) конвекция Б. Способ теплопередачи

4) разность температур

5) излучение

6) удельная теплопроводность поверхности

7) теплопроводность

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  |  |  |  |  |  |  |

6. Соотнесите физические процессы с их сущностью

  *физический процесс сущность*

1) излучение А. Процесс перехода вещества из жидкого состояния в

 [парообразное](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80) или [газообразное](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7), происходящий

 на поверхности вещества. Процесс является обратным

 процессу конденсации.

2) конвекция Б. Процесс переноса [внутренней энергии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) от более нагретых

 частей тела (или тел) к менее нагретым частям (или

 телам), осуществляемый хаотически движущимися

 частицами тела ([атомами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC), [молекулами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B0), [электронами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD)

 и т. п.). Такой процесс может происходить в любых

 [телах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%BE_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) с неоднородным распределением [температур](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0).

3) теплопроводность В. Процесс испускания и распространения [энергии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) в виде

 [волн](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) и [частиц](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0).

4) испарение Г. Процесс, при котором внутренняя энергия передается

 струями и потоками. Может возникать в веществе

 самопроизвольно при его неравномерном нагревании в

 поле тяготения. При этом нижние слои вещества

 нагреваются, [становятся легче](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B0) и всплывают, а верхние

 слои, наоборот, остывают, становятся тяжелее и

 опускаются вниз, после чего процесс повторяется снова

 и снова.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

7. Личинка комара-звонца в состоянии переносить многократные замерзания за счет:

а) образования кристаллов льда во внеклеточном пространстве;

б) отсутствия во внутренней среде организма кристаллов льда;

в) содержания и накопления в жидких средах организма веществ-антифризов

8. Арктическая рыба Трематом (Trematomus) противостоит угрозе замерзания с помощью:

а) образования кристаллов льда во внеклеточном пространстве;

б) отсутствия во внутренней среде организма кристаллов льда;

в) содержания и накопления в жидких средах организма веществ-антифризов

9. Выберите из списка факторы, от которых зависит количество поглощаемого эктотермами тепла:

а) накопление в жидких средах организма веществ-антифризов;

б) образования кристаллов льда во внеклеточном пространстве

в) положение по отношению к солнечным лучам;

г) величина поверхности организма;

д) цвет покровов организма

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

10. Соотнесите способы терморегуляции у эндотермов с изменениями температуры окружающей среды:

 *способ терморегуляции температура окружающей среды*

1) потоотделение А. Умеренная температура

2) изменение позы Б. Нижняя критическая температура

3) тепловая одышка В. Верхняя критическая температура

4) дрожательный термогенез

5) недрожательный термогенез

6) взъерошивание шерсти/перьев

7) изменение интенсивности кожного кровотока

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  |  |  |  |  |  |  |

 11. При дрожательном термогенезе энергия выделяется в результате:

а) гидролиза АТФ;

б) изменения интенсивности кожного кровотока;

в) активации ферментативных систем бурой жировой ткани;

12. Реакция гидролиза АТФ является

а) экзотермической реакцией;

б) эндотермической реакцией;

в) термонейтральной реакцией

13. Установите соответствие:

|  |  |
| --- | --- |
| правило Бергмана | животные, обитающие в холодных областях, имеют, как правило, крупные размеры, тогда как обитатели жарких стран обычно меньше по размерам |
| правило Аллена |  |

а) в холодных конечностях млекопитающих тканевые липиды менее насыщены, чем липиды глубинных тканей, и поэтому имеют более низкие температуры плавления;

б) у видов, живущих в более холодном климате, различные придатки (уши, хвосты, конечности) меньше, чем у родственных видов из более теплых мест;

в) конечности некоторых эндотермных животных лишены массивного теплоизолирующего слоя, поэтому теплопотери из них уменьшаются с помощью системы противоточного теплообмена

14. Тепловая одышка - это увеличение теплоотдачи за счет:

а) ускорения обмена веществ;

б) испарения воды с поверхности кожи;

в) испарения воды из ротовой полости, глотки и легких

15. Какие из перечисленных примеров являются способами адаптаций растений к низким температурам, а какие – к высоким:

 *адаптации температура*

1) образование подземных запасающих органов А. Низкие температуры

2) образование глянцевой кутикулы Б. Высокие температуры

3) наличие многочисленных устьиц

4) почечные чешуи на почках

5) игольчатые листья (хвоя)

6) игловидные листья

7) увядание листьев

8) листопад

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

***Ответы:***

1. В

2. Б

3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| А | Б | Б | В | А | В | Б | В | В | А | Б | А |

4. Б

5.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| А | Б | Б | А | Б | А | Б |

6.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| В | Г | Б | А |

7. А

8. В

9. В, Г, Д

10.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| В | А | В | Б | Б | А | А |

11. А

12. А

13. Б

14. В

15.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| А | Б | Б | А | А | Б | Б | А |

**Выполните задание: *вопросы для размышления***

1. Попробуйте объяснить, почему сразу же после приема ледяной воды температура кожи повышается.

***Ответ***: под влиянием гипоталамуса, реагирующего на прием ледяной воды, испарение влаги с поверхности тела замедляется, кожа начинает терять меньше тепла. Этим и объясняется наблюдаемое явление повышения ее температуры.

2. Развитие лихорадочного состояния часто сопровождается дрожью и ощущением холода (ознобом). Объясните эти симптомы на основе представлений о механизме терморегуляции.

***Ответ***: лихорадка обусловлена изменением настройки гипоталамического «термостата»: он стремится теперь поддерживать более высокую температуру. Пока температуру не поднимется до этого нового уровня, организм реагирует на более низкую «нормальную» температуру как на охлаждение. Возникает дрожь и мы чувствуем, что нам холодно, пока температура внутренних областей тела не придет в соответствие с настройкой гипоталамического «термостата».

3. Почему нарушается жизнедеятельность растений при высокой влажности воздуха или при температуре воздуха выше 30º C?

***Ответ***: скорость транспирации и испарения воды обратно пропорциональна влажности воздуха. При высокой влажности эти процессы идут медленно, поэтому растение не может таким путем отдавать тепло и понижать свою температуру.

При высокой температуре начинают разрушаться ферменты, отвечающие за метаболические процессы.

**Темы для рефератов**

* Температура, распространение и численность организмов
* Виды физиологического и физического покоя у организмов, их связь с температурой окружающей среды
* Глобальные природные катастрофы и вымирания, их причины и последствия для растительного и животного мира (по книге «Введение в палеоглобалистику»

Р.Р. Габдуллин, И.В. Ильин, изд. Московского университета, 2011)

* Условия внешней среды и терморегуляция у человека

***Это интересно…*** *(информация используется по усмотрению педагога)*

***История термометра….* (Слайды № 43, 44)**

Термометр изобрел около 1610 г. Галилео Галилей. Его термометр представлял собой длинную полую стеклянную трубку, частично заполненную водой, запаянную с одного конца и погруженную другим концом в пробирку с водой. При повышении температуры воздух в трубке расширялся, заставляя воду опускаться. Чем выше температура, тем ниже уровень воды. При помощи шкалы с делениями, нанесенной на трубке, можно было производить измерения. основная трудность использования этого термометра состояла в том, что он реагировал и на изменения атмосферного давления, поэтому даже при постоянной температуре столбик часто колебался. Проблему решили запаиванием второго конца трубки.

Следующий важный шаг был сделан Даниелем Габриелем Фаренгейтом, немецким физиком, который в 1724 г. догадался заменить воду в трубке термометра на ртуть. Преимущество ртути в том, что она расширяется равномернее, не испаряется и лучше просматривается. Фаренгейт модифицировал температурную шкалу другого известного физика Реомюра, взяв за основу три отправные точки: температуру замерзания воды (32ºF), кипения воды (212ºF) и температуру тела здорового мужчины (98,4ºF). Шкала Фаренгейта до сих пор используется в США.

В 1742 г. Андерс Цельсий разбил шкалу на сто градусов. Температуру таяния льда Цельсий обозначил 100º, а температуру кипения воды - 0º, однако после его смерти шкалу перевернули, и она приняла привычный нам вид.

Много лет спустя британский физик лорд Кельвин (1824 – 1907) изобрел температурную шкалу, которой сегодня пользуются ученые. Она начинается с абсолютного нуля, предельно холодной температуры. Абсолютный ноль обозначается как 0º К и соответствует - 273º C.

Первый человек, применивший научный подход к измерению температуры тела был венецианец Санторио Санторио (начало XVII в.). Он приспособил прибор Галилея, чтобы мерить температурные изменения, но не воздуха, а тела. Санторио тоже пользовался школой, но она служила для сравнения температуры больного с его же показателями в здоровом состоянии, а не для сравнения с неким «нормальным» значением. Во времена Санторио еще не знали, что у всех здоровых людей температура примерно одинакова.

В один прекрасный день (дело было в конце XVIII в.) секретарь Лондонского королевского общества мистер Благден отважился зайти в помещение, нагретое до 105º C, прихватив с собой несколько яиц, сырой бифштекс и собаку. Четверть часа спустя яйца испеклись в скорлупе, а бифштекс прожарился, но Благден с собакой вышли невредимыми (собаку, правда, пришлось держать в корзине, чтобы не обжечь подошвы лап).

***Хождение по углям….***

В хождении по углям нет ничего сверхъестественного и особого «состояния сознания» оно не требует. Секрет – в низкой теплопроводности дерева и относительно коротком времени, в течение которого ступня касается горячих углей. Дерево очень плохо проводит тепло, древесный уголь – в четыре раза хуже. Это значит, что ступням передается лишь малая часть жара от раскаленного пепла, поэтому человек вполне может пройти до 50 м по углям температурой

800º C. Таким образом, секрет хождения по углям лежит, скорее, в области физики, а не физиологии.

***Держи голову в холоде (противоточный теплообменник)…***

Антилопы живут в засушливых африканских саваннах, где почти нет тени, а единственный способ спастись от хищника – бежать быстрее, чем он. Однако при беге в огромных количествах вырабатывается тепло – иногда в 40 раз больше, чем в состоянии покоя. Следовательно, бегущая антилопа рискует получить тепловой удар. Но этого не происходит. ***Почему?***

Мозг млекопитающих наиболее чувствителен к жару и, когда внутренняя температура превышает допустимый предел, погибает первым. Таким образом, один из способов борьбы с чрезмерной жарой – не допускать перегрева мозга, позволяя перегреваться другим участкам тела. Именно этим способом пользуются сернобыки и газели, выдерживающие температуру тела до 45º C. У этих животных имеется особый сосудистый теплообменник, известный как rete mirabile (дословно «чудесная сеть»), с помощью которого охлаждается кровь, поступающая в мозг. Не доходя до мозга, сонная артерия разветвляется на сеть из сотен более мелких сосудов. Они смешиваются с такой же сетью мельчайших вен, несущих прохладную кровь обратно к сердцу. Теплые артерии отдают жар в прохладные вены и температура крови, поступающей в мозг уменьшается. Поэтому, даже если температура тела антилопы поднимется на целых четыре градуса и более, температура мозга изменится едва ли на градус.

***Потоотделение….***

Когда температура воздуха превышает температуру тела, единственным способом отдать тепло остается потоотделение. Потоотделение может увеличить отдачу тепла почти в 20 раз, но при этом происходит значительная потеря жидкости – около 3 л в час. Однако такое потоотделение не может длиться долго, так как в подобных случаях человек, работающий весь день на жаре, теряет около 10-12 л воды.

Испарительное охлаждение крайне важно для спортсменов. Велосипедисты на изматывающей «Тур де Франс» могут непрерывно катить на подъем по 12 часов подряд. Однако в лабораторных условиях они, к своему удивлению и разочарованию, оказываются неспособны выдержать ту же нагрузку в течении часа. ***Почему?***

На дороге встречный ветер, создаваемый стремительным движением вперед, быстро сгоняет слой воздуха, соприкасающийся с кожей, значительно усиливая испарительное охлаждение, а на тренажере подобной конвекции не происходит, поэтому теплоотдача получается значительно меньше и велосипедист быстро выматывается. Однако, если направить на спортсмена искусственный поток воздуха – например, от вентилятора, он сможет продержаться дольше.

Внезапный спад испарительного охлаждения нередко ведет к несчастным случаям, когда велосипедист или бегун получает тепловой удар, перестав крутить педали или бежать. Не исключено, что резкое исчезновение воздушного потока, омывающего тело, настолько уменьшает отдачу тепла, что температура тела сразу же подскакивает. Возможно, именно отсюда одна из главных заповедей коневодов – лошадь после интенсивной нагрузки нужно поводить, ни в коем случае не давая стоять неподвижно.

Потоотделением управляет гормон адреналин. Выброс адреналина происходит и во время стресса – именно поэтому у нас потеют от страха ладони и лоб.

***Размеры и формы…* (Слайды № 45, 46)**

Этнологи и археологи давно подметили, что пропорции человеческого тела связаны с температурой среды, в которой развивался тот или иной народ.

Например, народы, приспособленные к холодному климату, коренастые и невысокие, с короткими конечностями и пальцами. Такое строение помогает сберечь тепло, обеспечивая низкое значение отношения площади поверхности к объему.

Представители народов, развивающихся в сухом и жарком климате, например, в саваннах Экваториальной Африки, обычно высокие и худощавые, с длинными конечностями. Такое строение наблюдается не только у современных масаи и самбуру, но и у большинства человекообразных обезьян, проживавших в древности в этих же районах Восточной Африки (у «турканского мальчика» - самый полный из обнаруженных на сегодняшний день скелет Homo ereсtus – конечности еще длиннее, чем у живущих ныне африканцев).

Высокий рост облегчает теплоотдачу, обеспечивая пропорциональное увеличение площади поверхности для потоотделения, а теплопроводность из глубоких тканей повышается благодаря сокращению количества подкожного жира.

Поскольку в пустыне нередки периоды бескормицы, и люди, и животные приспособились запасать жир на «черный день». Однако жир – хороший теплоизолятор, сильно затрудняющий теплоотдачу. Поэтому обитатели пустыни сосредотачивают запасы жира в одном месте. Например, этой цели служит верблюжий горб. У южноафриканских готтентотов жир откладывается в основном в ягодицах (такое явление называется «стеатопигия»), а конечности остаются длинными и худыми для облегчения теплоотдачи. Стеатопигия встречается в избытке и у тучных европейцев, и североамериканцев, но в этом случае адаптационной функции не несет.

***Борьба с холодом….***

Мороз нередко влиял на исход военных компаний.

Из 90 000 пехотинцев, 12 000 кавалеристов и 40 знаменитых боевых слонов, которых Ганнибал в 218 г. до н.э. повел через Альпы, Северной Италии достигла едва ли половина. Остальные погибли от холода в пути.

В 1812 г. Наполеон с полумиллионной армией пошел на Москву. Однако разоренные деревни не смогли обеспечить пищей такое количество захватчиков и тысячи погибли от голода. «Генерал Мороз» довершил дело. Температура упала до - 40º C, злая метель сбивала с ног, французская армия замерзала в снегах. Из полумиллиона вернулось менее 20 000. Как сказал один из выживших, «армия задохнулась под необъятным снежным покровом» **(Слайды № 47, 48)**.

Гитлер, которому печальный урок Наполеона не пошел впрок, тоже потерял суровой русской зимой не одну тысячу солдат. В ноябре и декабре 1941 г. 10% немецкой армии (около 100 000 человек) получили серьезные обморожения, потребовавшие 15 000 ампутаций.

Широко известно, что ветер усиливает ощущения холода.

Коэффициент охлаждения ветром (или «ветро-холодовый индекс») ввел американский исследователь Пол Сайпл, чтобы описать увеличение теплоотдачи под воздействием ветра (ветер сдувает поверхностный слой теплого воздуха, замещая его холодным). Побывав в 1941 г. в Антарктиде, он провел серию простых, но изобретательных экспериментов, сравнивая время, за которое заполненные водой банки замерзали при разной температуре в неподвижном воздухе и под сильным ветром. Обнаружив существенные различия в скорости замерзания, он вывел формулу, позволившую оценить охлаждающую силу ветра в цифрах «ветро-холодового индекса».

При безветрии и морозе в - 29º C для человека, одетого соответственно погоде, опасности нет. Однако стоит подняться ветру хотя бы в 4-5 м/с, и температура упадет, по ощущениям, до

- 44º C, при которых кожа замерзает за одну-две минуты. Если ветер усилится до 6-7 м/с, эквивалентная температура составит - 66º C. Это уже по-настоящему опасно, поскольку при таком морозе в течение 30 секунд замерзают ткани.

С учетом ветро-холодового индекса даже при нулевой температуре человек может отморозить конечности.

Даже умеренный холод оказывает воздействие на организм. Он ослабляет нервные импульсы, уменьшая чувствительность и нарушая моторику. Именно поэтому так нелегко застегивать пальто на морозе – замедляются нервные сигналы от мозга к пальцам. Замерзшие мышцы тоже работают медленнее, поэтому пальцы не слушаются, делаясь неуклюжими и жесткими. Моторика начинает ухудшаться при - 12º C, тактильная чувствительность – при - 8º C.

Кроме того, низкая температура снижает чувствительность нервов, проводящих болевые сигналы, поэтому для облегчения боли при растяжении или ожоге мы прикладываем лед.

Анестезирующие свойства холода использовались французскими солдатами при отступлении из Москвы зимой 1812 г., когда лошадей превращали в «живые консервы». Убивать их на мясо по такому морозу было сложно, поскольку у людей немели руки, да и лошадиные туши просто окаменели бы на холоде. Поступали, по свидетельству старшего сержанта Второго кирасирского полка так: «Мы отрезали кусок от крупа еще стоящей на ногах и передвигающейся лошади, и эти канальи не подавали не малейших признаков боли, демонстрируя онемение и потерю чувствительности, вызванную лютым морозом. При любых других условия подобная операция вызвала бы кровотечение и смерть, но не при - 30º C. Место отреза тут же замерзало, не давая лошади истечь кровью. Мы видели не одну лошадь, шедшую несколько дней с обрезанным по обе стороны крупом».

Стремительное замерзание может произойти при контакте кожи с металлом: на морозе кожа рук прилипает к поверхности металла. ***Почему?***

Поскольку при соприкосновении с металлом моментально замерзает покрывающая кожу тонкая пленка влаги. При попытке отлепить ладонь слой кожи может остаться на металле.

Встав голыми ногами на плавучую льдину, человек немедленно получит обморожение, однако, пингвины стоят так всю жизнь – и ничего. ***Почему?***

Секрет в том, что ласты пингвинов никогда не охлаждаются до температуры льда, благодаря кровотоку, который поддерживает в них температуру на несколько градусов выше ноля. Когда температура воздуха падает ниже - 10º C, императорские пингвины сокращают точки соприкосновения с поверхностью льда, опираясь только на пятки и хвост и приподнимая кончики ласт.

На первый взгляд может показаться странным, что ласты пингвинов так слабо изолированы, однако на самом деле все просто: остальное тело пингвина изолировано очень хорошо, поэтому сбрасывать излишки тепла, выработанного физической нагрузкой, остается только через немногочисленные «голые» участки, в число которых входят и нижние конечности.

**Литература:**

1. Д. Тейлор, Н.Грин, У. Стаут Биология (в 3-х т.), 4-е изд., т.2 – М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013

2. Р. Эккерт, Д. Рэндэлл, Дж. Огастин Физиология животных: Механизмы и адаптация (в 2-х т.), т.2 – М., Мир

3. Ф. Эшкрофт На грани возможного. Наука выживания – М., Альпина нон-фикшн, 2012