**Влияние температуры на жизненные процессы**

Курсовая работа

Сдал Динабург П.

Московский Государственный Технологический Университет

СТАНКИН

Москва 2001

**Введение**

Организмы – реальные носители жизни, дискретные единицы обмена веществ. В процессе обмена организм потребляет из окружающей среды необходимые вещества и выделяет в нее продукты обмена, которые могут быть использованы другими организмами; умирая, организм также становится источником питания определенных видов живых существ. Таким образом, деятельность отдельных организмов лежит в основе проявления жизни на всех уровнях ее организации.

Изучение фундаментальных процессов обмена веществ в живом организме – предмет физиологии. Однако эти процессы протекают в сложной, динамичной обстановке естественной среды обитания, находятся под постоянным воздействием комплекса ее факторов. Поддержание устойчивого обмена веществ в колеблющихся условиях внешней среды невозможно без специальных адаптаций. Изучение этих адаптаций – задача экологии.

Адаптации к средовым факторам могут основываться на структурных особенностях организма – морфааогические адаптации – или на специфических формах функционального ответа на внешние воздействия – физиологические адаптации. У высших животных важную роль в адаптации играет высшая нервная деятельность, на базе которой формируются приспособительные формы поведения – экологические адаптации.

В области изучения адаптаций на уровне организма эколог приходит в наиболее тесное взаимодействие с физиологией и применяет многие физиологические методы. Однако, применяя физиологические методики, экологи используют их для решения своих специфических задач: эколога в первую очередь интересует не тонкая структура физиологического процесса, а его конечный результат и зависимость процесса от воздействия внешних факторов. Иными словами, в экологии физиологические показатели служат критериями реакции организма на внешние условия, а физиологические процессы рассматриваются прежде всего как механизм, обеспечивающий бесперебойное осуществление фундаментальных физиологических функций в сложной и динамичной среде.

**Температура**

Теплота – основа кинетики химических реакций, из которых складывается жизнедеятельность организма. Поэтому температурные условия оказываются одним из важнейших экологических факторов, влияющих на интенсивность обменных процессов. Температура относится к числу постоянно действующих факторов; количественное ее выражение характеризуется широкими географическими, сезонными и суточными различиями.

Так, температура на поверхности песка в пустыне может достигать порядка 60'С, а минимальные температуры воздуха в Восточной Сибири 70'С ниже нуля. Вообще, диапазон температур от + 50 до -50'С представляет собой фундаментальную характеристику температурных условий в биосфере, хотя имеются и отклонения от этих параметров.

Хорошо выражена разница температурных режимов по климатическим зонам – от полярных пустынь Арктики и Антарктики с суровой и продолжительной зимой и прохладным коротким летом до экваториальной области, отличающейся высокими и относительно устойчивыми температурами. На температурные условия конкретной местности влияет близость моря, доступность для муссонных и пассатных перемещений воздушных масс, рельеф и ряд других факторов. В прибрежных областях низких широт или во влажных тропиках режим температур отличается большой стабильностью. Например, амплитуда годовых изменений температуры в Эквадоре составляет всего около 6'С, разница среднемесячных температур в бассейне Конго – 1 – 'С, тогда как амплитуда только суточных перепадов температуры в континентальных пустынях может достигать 25 – 38, а сезонных – более 60'С. На северо-востоке континента Евразии, на фоне существенно более низких реднегодовых температур, амплитуда сезонных изменений составляет почти 100'С.

В горах хорошо выражены вертикальный градиент температур, зависимость температурного режима от экспозиции склона, его изрезанности и т. п.Значительно более сглажены температурные условия в почве. Если на ее поверхности температурные изменения температуры воздуха, то с глубиной сезонные и иные колебания уменьшаются и температурный режим становится стабильно благоприятным для живых организмов.

В океанической среде температурный режим отличается меньшими колебаниями: лишь в арктических и антарктических морях на небольших глубинах температура воды может опускаться до -1,8'С. Как и в почве, с глубиной постоянство выраженности температурного фактора возрастает. В континентальных водоемах условия более разнообразны. Здесь температура воды не опускается ниже 0'С (водоемы пресные), а верхний предел характерен для некоторых термальных источников: температура воды в них держится около точки кипения и тем не менее там обитают некоторые прокариоты. Влияние температуры на жизненные процессы.

Генеральная закономерность воздействия температуры на живые организмы выражается действием ее на скорость обменных процессов. Согласно общему для всех химических реакций правилу Вант-Гоффа, повышение температуры ведет к пропорциональному возрастанию скорости реакции. Разница заключается в том, что в живом организме химические процессы всегда идут с участием сложных ферментных систем, активность которых в свою очередь зависит от температуры. В результате ферментативного катализа возрастает скорость биохимических реакций и количественно меняется ее зависимость от внешней температуры.

Величину температурного ускорения химических реакций удобно выражать коэффициентом Q10, показывающим, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10'С:

Q10 = Kt+10 / Kt

где Kt – скорость реакции при температуре t.

Коэффициент температурного ускорения Q10, для большинства химических реакций абиотического характера равный 2 –, в реакциях живых систем колеблется в довольно широких пределах даже для одних и тех же процессов, протекающих в разных диапазонах температур. Это объясняется тем, что скорость ферментативных реакций не является линейной функцией температуры. Так, у тропических растений при температуре менее 10'С коэффициент Q10 приблизительно равен 3, но существенно уменьшается при возрастании температуры выше 25 – 30'С. У колорадского жука потребление кислорода в диапазоне 10 – 30'С характеризуется величиной Q10= 2,46, а при температуре 20 – 30'С Q10 = 1,8. Зависимость метаболизма рыб и многих других водных животных от температуры выражается в изменении величины Q10 от 10,9 до 2,2 в диапазоне температур от 0 до 30'С.

В одном и том же организме величина температурного ускорения биохимических реакций неодинакова для различных процессов.

**Пойкилотермные организмы**

К пойкилотермным (от греч. poikilos – изменчивый, меняющийся) организмам относят все таксоны органического мира, кроме двух классов позвоночных животных – птиц и млекопитающих. Название подчеркивает одно из наиболее за заметных свойств представителей этой группы: неустойчивость, температуры их тела, меняющейся в широких пределах в зависимости от изменений температуры окружающей среды.

Температура тела. Принципиальная особенность теплообмена пойкилотермных организмов заключается в том, что благодаря относительно низкому уровню метаболизма главным источником энергии у них является внешнее тепло. Именно этим объясняется прямая зависимость температуры тела пойкилотермных от температуры среды, точнее от притока теплоты извне, поскольку наземные пойкилотермные формы используют также и радиационный обогрев.

Впрочем, полное соответствие температур тела и среды наблюдается редко и свойственно главным образом организмам очень мелких размеров. В большинстве случаев существует некоторое расхождение между этими показателями. В диапазоне низких и умеренных температур среды температура тела организмов, не находящихся в состоянии оцепенения, оказывается более высокой, а в очень жарких условиях – более низкой. Причина превышения температуры тела над средой заключается в том, что даже при низком уровне обмена продуцируется эндогенное тепло – оно и вызывает повышение температуры тела. Это проявляется, в частности, в существенном повышении температуры у активно двигающихся животных. Например, у насекомых в покое превышение температуры тела над средой выражается десятыми доля ми градуса, тогда как у активно летающих бабочек, шмелей и других видов температура поддерживается на уровне 36 – 40'С даже при температуре воздуха ниже 10'С.

Пониженная по сравнению со средой температура при жаре свойственна наземным организмам и объясняется в первую очередь потерями тепла с испарением, которое при высокой температуре и низкой влажности существенно увеличивается.

Скорость изменений температуры тела пойкилотермов связана обратной зависимостью с их размерами. Это прежде всего определяется соотношением массы и поверхности: у более крупных форм относительная поверхность тела уменьшается, что ведет к уменьшению скорости потери тепла. Это имеет большое экологическое значение, определяя для разных видов возможность заселения географических районов или биотопов с определенными режимами температур. Показано, например, что у крупных кожистых черепах, пойманных в холодных водах, температура в глубине тела была -, на 18'С выше температуры воды; именно крупные размеры позволяют этим черепахам проникать в более холодные районы океана, что не свойственно менее крупным видам.

**Скорость метаболизма.**

Изменчивость температуры влечет за собой соответствующие изменения скорости обменных реакций. Поскольку динамика температуры тела пойкилотермных организмов определяется изменениями температуры среды интенсивность метаболизма также оказывается в прямой зависимости от внешней температуры. Скорость потребления кислорода, в частности, при быстрых изменениях температуры следует за этими изменениями, увеличиваясь при повышении ее и уменьшаясь при снижении. То же относится и к другим физиологическим функциям: частота сердцебиений, интенсивность пищеварения и т. д. У растений в зависимости от температуры изменяются темпы поступления воды и питательных веществ через корни: повышение температуры до определенного предела увеличивает проницаемость протоплазмы для воды. Показано, что при понижении температуры от 20 до 0'С поглощение воды корнями уменьшается на 60 – 70%. Как и у животных, повышение температуры вызывает у растений усиление дыхания.

Последний пример показывает, что влияние температуры не прямолинейно: по достижении определенного порога стимуляция процесса сменяется его подавлением. Это общее правило, объясняющееся приближением к зоне порога нормальной жизни.

У животных зависимость от температуры весьма заметно выражена в изменениях активности, которая отражает суммарную реакцию организма и у пойкилотермных форм самым существенным образом зависит от температурных условий. Хорошо известно, что насекомые, ящерицы и многие другие животные наиболее подвижны в теплое время суток и в теплые дни, тогда как при прохладной погоде они становятся вялыми, малоподвижными. Начало их активной деятельности определяется скоростью разогревания организма, зависящей от температуры среды и от прямого солнечного облучения. Уровень подвижности активных животных в принципе также связан с окружающей температурой, хотя у наиболее активных форм эта связь может «маскироваться» эндогенной теплопродукцией, связанной с работой мускулатуры.

**Температура и развитие.**

В наиболее генерализованной форме влияние температуры на обменные процессы прослеживается при изучении онтогенетического развития пойкилотермных организмов. Оно протекает тем быстрее, чем выше температура окружающей среды. Так, длительность развития икры сельди при температуре 0,5'С составляет40 – 50 сут, а при 16'С – всего 6 – 8; развитие икры форели при 2'С продолжается 205 сут, при 5'С – 82, при 10'С – 41 сут.

Эффективными температурами называют температуры выше того минимального значения, при котором процессы развития вообще возможны; эту пороговую величину называют биологическим нулем развития.

Реально такое совпадение, как с икрой форели, достаточно редко. Это зависит, во-первых, от того, что лишь у немногих видов биологический нуль развития, как у форели, почти совпадает с 0'С. В большинстве случаев й порог развития превышает эту величину,подчас – существенно. Во-вторых, в достаточно широком диапазоне температур прослеживается нелинейность температурной зависимости продолжительности развития: при определенной степени повышения температуры развитие начинает замедляться и может сопровождаться различного рода патологиями. Так, продолжительность развития икры травяной лягушки составляет 30 сут при 9'С и только 8 сут при 21'С, но при этом ниже 14'С и выше 16'С смертность личинок увеличивается.

Как положение биологического нуля развития, так и сумма эффективных температур, необходимая для его завершения,– величины, различающиеся у разных видов и в значительной степени отражающие адаптацию вида к средним, типичным температурным режимам в естественных местах обитания. Семена растений умеренного климата (горох, клевер) обладают более низким порогом развития – от 0 до +1'С. Икра шуки в опытах выживает при постоянных температурах в диапазоне 2 – 5'С, но наибольший процент выживших эмбрионов приходится на 10'С, что точно соответствует наиболее типичной температуре нерестовых водоемов (9 – 12'С при колебаниях от 2 до 23'С. При экспериментальном изучении температурной устойчивости четырех видов жаб было показано, что оптимальные температуры развития соответствуют средним показателям этого фактора в естественных водоемах. Летальные температуры ниже у более северных видов и выше у более южных. Подобных примеров в современной литературе накоплено много.

Закономерности развития связанные с температурой, особенно хорошо выявлены на насекомых и сельскохозяйственных растениях. Это имеет большое значение для прогнозов урожая, сроков вылета вредителей, числа их генераций в течение летнего сезона и т. п. Так, установлено, что яблоневая плодожорка Laspeiresia pomonella в северной Украине при годовой сумме эффективных температур 930'С дает лишь одно поколение, в лесостепной части Украины – два, а на юге, где сумма эффективных температур достигает 1870'C , возможны три генерации за лето.

**Пассивная устойчивость.**

Рассмотренные закономерности охватывают диапазон изменений температуры, в пределах которого сохраняется активная жизнедеятельность. За границами этого диапазона, которые широко варьируют у разных видов и даже географических популяций одного вида, активные формы деятельности пойкилотермных организмов прекращаются, и они переходят в состояние оцепенения, характеризующееся резким снижением уровня обменных процессов, вплоть до полной потери видимых проявлений жизни. В таком пассивном состоянии пойкилотермные организмы могут переносить достаточно сильное повышение и еще более выраженное понижение температуры без патологических последствий. Основа такой температурной толерантности заключена в высокой степени тканевой устойчивости, свойственной всем видам пойкилотермных и часто поддерживаемой сильным обезвоживанием (семена, споры, некоторые мелкие животные).

Переход в состояние оцепенения следует рассматривать как адаптивную реакцию: почти не функционирующий организм не подвергается многим повреждающим воздействиям, а также не расходует энергию, что позволяет выжить при неблагоприятных условиях температур в течение длительного времени. Более того, сам процесс перехода в состояние оцепенения может быть формой активной перестройки типа реакции на температуру. «Закаливание» морозостойких растений – активный сезонный процесс, идущий поэтапно и связанный с достаточно сложными физиологическими и биохимическими изменениями в организме. У животных впадение в оцепенение в естественных условиях часто также выражено сезонно и предваряется комплексом физиологических перестроек в организме. Есть данные, что процесс перехода к оцепенению может регулироваться какими-то гормональными факторами; объективный материал по этому поводу еще не достаточен для широких выводов.

При переходе температуры среды за пределы толерантности наступает гибель организма от причин, рассмотренных в начале этой главы.

**Температурные адаптации.**

Пойкилотермные живые организмы распространены во всех средах, занимая различные по температурным условиям местообитания, вплоть до самых экстремальных: практически они обитают во всем диапазоне температур, регистрируемом в биосфере. Сохраняя во всех случаях общие принципы температурных реакций (рассмотренные выше), разные виды и даже популяции одного вида проявляют эти реакции в соответствии с особенностями климата, адаптируют ответы организма на определенный диапазон температурных воздействий. Это проявляется, в частности, в формах устойчивости к теплу и холоду: виды, обитающие в более холодном климате, отличаются большей устойчивостью к низким температурам и меньшей к высоким; обитатели жарких регионов проявляют обратные реакции.

Известно, что растения тропических лесов повреждаются и погибают при температурах + 5...+ 8'С, тогда как обитатели сибирской тайги выдерживают в состоянии оцепенения полное промерзание.

Различные виды карпозубых рыб показали отчетливую корреляцию верхнего летального порога с температурой воды в свойственных виду водоемах.

Арктические и антарктические рыбы, напротив, показывают высокую устойчивость к низким температурам и весьма чувствительны к ее повышению. Так, антарктические рыбы погибают при повышении температуры до 6'С. Аналогичные данные получены по многим видам пойкилотермных животных. Например, наблюдения на о-ве Хоккайдо (Япония) показали отчетливую связь холодоустойчивости нескольких видов жуков и их личинок с их зимней экологией: наиболее устойчивыми оказались виды, зимующие в подстилке; формы, зимующие в глубине почвы, отличались малой устойчивостью к замерзанию и относительно высокой температурой переохлаждения. В опытах с амебами было установлено, что их теплоустойчивость прямо зависит от температуры культивирования.

**ГОМОЙОТЕРМНЫЕ ОРГАНИЗМЫ**

К этой группе относят два класса высших позвоночных – птицы и млекопитающие. Принципиальное отличие теплообмена гомойотермныи животных от пойкилотермных заключается в том, что приспособления к меняющимся температурным условиям среды основаны у них на функционировании комплекса активных регуляторных механизмов поддержания теплового гомеостаза внутренней среды организма. Благодаря этому биохимические и физиологические процессы всегда протекают в оптимальных температурных условиях.

Гомойотермный тип теплообмена базируется на высоком уровне метаболизма, свойственном птицам и млекопитающим. Интенсивность обмена веществ у этих животных на один-два порядка выше, чем у всех других живых организмов при оптимальной температуре среды. Так, у мелких млекопитающих потребление кислорода при температуре среды 15 – 0'С составляет примерно 4 – тыс. см3 • кг-1 • ч -1, а у беспозвоночных животных при такой же температуре – 10 – 0 см3 • кг-1 • ч -1.

При одинаковой массе тела (2,5 кг) суточный метаболизм гремучей змеи составляет 32,3 Дж/кг (382 Дж/м2), у сурка – 120,5 Дж/кг (1755 Дж/м2), у кролика – 188,2 Дж/кг (2600 Дж/м2).

Высокий уровень метаболизма приводит к тому, что у гомойотермных животных в основе теплового баланса лежит использование собственной теплопродукции, значение внешнего обогрева относительно невелико. Поэтому птиц и млекопитающих относят к эндотермным' организмам. Эндотермия – важное свойство, благодаря которому существенно снижается зависимость жизнедеятельности организма от температуры внешней среды.

**Температура тела.**

Гомойотермные животные не только обеспечены теплом за счет собственной теплопродукции, но и способны активно регулировать его производство и расходование. Благодаря этому им свойственна высокая и достаточно устойчивая температура тела. У птиц глубинная температура тела в норме составляет около 41'С с колебаниями у разных видов от 38 до 43,5'С (данные по 400 видам). В условиях полного покоя (основной обмен) эти различия несколько сглаживаются, составляя от 39,5 до 43,0'С. На уровне отдельного организма температура тела показывает высокую степень устойчивости: диапазон ее суточных изменений обычно не превышает 2 – ~4'С, причем эти колебания не связаны с температурой воздуха, а отражают ритм обмена веществ. Даже у арктических и антарктических видов при температуре среды до 20 – 50'С мороза температура тела колеблется в пределах тех же 2 – 4'С.

Повышение температуры среды иногда сопровождается некоторым возрастанием температуры тела. Если исключить патологические состояния, оказывается, что в условиях обитания в жарком климате некоторая степень гипертермии может быть адаптивной: при этом уменьшается разница температуры тела и среды и снижаются затраты воды на испарительную терморегуляцию. Аналогичное явление отмечено и у некоторых млекопитающих: у верблюда, например, при дефиците воды температура тела может подниматься от 34 до 40'С. Во всех таких случаях отмечена повышенная тканевая устойчивость к гипертермии.

У млекопитающих температура тела несколько ниже, чем у птиц, и у многих видов подвержена более сильным колебаниям. Отличаются по этому показателю и разные таксоны. У однопроходных ректальная температура составляет 30 – 3'С (при температуре среды 20'С), у сумчатых она несколько выше – около 34'С при той же внешней температуре. У представителей обеих этих групп, а также у неполнозубых довольно заметны колебания температуры тела в связи с внешней температурой: при снижении температуры воздуха от 20 – 5 до 14 –15'С регистрировалось падение температуры тела на два с лишним градуса, а в отдельных случаях – даже на 5'С.

У грызунов средняя температура тела в активном состоянии колеблется в пределах 35 – 9,5'С, в большинстве случаев составляя 36 – 37'С. Степень устойчивости ректальной температуры у них в норме выше, чем у рассмотренных ранее групп, но и у них отмечены колебания в пределах 3 – 'С при изменении внешней температуры от 0 до 35'С.

У копытных и хищных температура тела поддерживается весьма устойчиво на свойственном виду уровне; межвидовые отличия обычно укладываются в диапазон от 35,2 до 39'С. Для многих млекопитающих характерно снижение температуры во время сна; величина этого снижения варьирует у разных видов от десятых долей градуса до 4 – 'С.

Все сказанное относится к так называемой глубокой температуре тела, характеризующей тепловое состояние термостатируемого «ядра» тела. У всех гомойотермных животных наружные слои тела (покровы, часть мускулатуры и т. д.) образуют более или менее выраженную «оболочку», температура которой изменяется в широких пределах. Таким образом, устойчивая температура характеризует лишь область локализации важных внутренних органов и процессов. Поверхностные же ткани выдерживают более выраженные колебания температуры. Это может быть полезным для организма, поскольку при такой ситуации снижается температурный градиент на границе организма и среды, что делает возможным поддержание теплового гомеостаза «ядра» организма с меньшими расходами энергии.

**Механизмы терморегуляции.**

Физиологические механизмы, обеспечивающие тепловой гомеостаз организма (его «ядра»), подразделяются на две функциональные группы: механизмы химической и физической терморегуляции. Химическая терморегуляция представляет собой регуляцию теплопродукции организма. Тепло постоянно вырабатывается в организме в процессе окислительно-восстановительных реакций метаболизма. При этом часть его отдается во внешнюю среду тем больше, чем больше разница температуры тела и среды. Поэтому поддержание устойчивой температуры тела при снижении температуры среды требует соответствующего усиления процессов метаболизма и сопровождающего их теплообразования, что компенсирует теплопотери и приводит к сохранению общего теплового баланса организма и поддержанию постоянства внутренней температуры. Процесс рефлекторного усиления теплопродукции в ответ на снижение температуры окружающей среды и носит название химической терморегуляции. Выделение энергии в виде тепла сопровождает функциональную нагрузку всех органов и тканей и свойственно всем живым организмам. Специфика гомойотермных животных состоит в том, что изменение теплопродукции как реакция на меняющуюся температуру представляет у них специальную реакцию организма, не влияющую на уровень функционирования основных физиологических систем.

Специфическое терморегуляторное теплообразование сосредоточено преимущественно в скелетной мускулатуре и связано с особыми формами функционирования мышц, не затрагивающими их прямую моторную деятельность. Повышение теплообразования при охлаждении может происходить и в покоящейся мышце, а также при искусственном выключении сократительной функции действием специфических ядов.

Один из наиболее обычных механизмов специфического терморегуляторного теплообразования в мышцах – так называемый терморегуляционный тонус. Он выражен микросокращениями фибрилл, регистрируемыми в виде повышения электрической активности внешне неподвижной мышцы при ее охлаждении. Терморегуляционный тонус повышает потребление кислорода мышцей подчас более чем на 150 %. При более сильном охлаждении наряду с резким повышением терморегуляционного тонуса включаются видимые сокращения мышц в форме холодовой дрожи. Газообмен при этом возрастает до 300 – 400 % . Характерно, что по доле участия в терморегуляторном теплообразовании мышцы неравноценны. У млекопитающих наиболее велика роль жевательной мускулатуры и мышц, поддерживающих позу животного, т. е. функционирующих в основном как тонические. У птиц наблюдается сходное явление.

При длительном воздействии холода сократительный тип термогенеза может быть в той или иной степени замещен (или дополнен) переключением тканевого дыхания в мышце на так называемый свободный (нефосфорилирующий) путь, при котором выпадает фаза образования и последующего расщепления АТФ. Этот механизм не связан с сократительной деятельностью мышц. Общая масса тепла, выделяющегося при свободном дыхании, практически такая же, как и при дрожевом термогенезе, но при этом большая часть тепловой энергии расходуется немедленно, а окислительные процессы не могут быть заторможены недостатком АДФ или неорганического фосфата.

Последнее обстоятельство позволяет беспрепятственно поддерживать высокий уровень теплообразования в течение длительного времени.

У млекопитающих имеется еще одна форма недрожевого термогенеза, связанная с окислением особой бурой жировой ткани, откладывающейся под кожей в области межлопаточного пространства, шеи и грудной части позвоночника. Бурый жир содержит большое количество митохондрий и пронизан многочисленными кровеносными сосудами. Под действием холода увеличивается кровоснабжение бурого жира, интенсифицируется его дыхание, возрастает выделение тепла. Важно, что при этом непосредственно нагреваются расположенные вблизи органы: сердце, крупные сосуды, лимфатические узлы, а также центральная нервная система. Бурый жир используется, главным образом, как источник экстренного теплообразования, в частности при разогревании организма животных, выходящих из состояния спячки. Роль бурого жира у птиц не ясна. Долгое время считалось, что его у них вообще нет; в последнее время появились сообщения об обнаружении этого типа жировой ткани у птиц, но ни точной идентификации, ни функциональной оценки ее не проведено.

Изменения интенсивности обмена веществ вызванные влиянием температуры среды на организм гомойотермных животных, закономерны. В определенном интервале внешних температур теплопродукция, соответствующая обмену покоящегося организма, полностью скомпенсирована его «нормальной» (без активной интенсификации) теплоотдачей. Теплообмен организма со средой сбалансирован. Этот температурный интервал называют термонейтральной зоной. Уровень обмена в этой зоне минимален. Нередко говорят о критической точке, подразумевая конкретное значение температуры, при котором достигается тепловой баланс со средой. Теоретически это верно, но экспериментально установить такую точку практически невозможно из-за постоянных незакономерных колебаний метаболизма и нестабильности теплоизолирующих свойств покровов.

Понижение температуры среды за пределы термонейтральной зоны вызывает рефлекторное повышение уровня .обмена веществ и теплопродукции до уравновешивания теплового баланса организма в новых условиях. В силу этого температура тела остается неизменной.

Повышение температуры среды за пределы термонейтральной зоны также вызывает повышение уровня обмена веществ, что вызвано включением механизмов активизации отдачи тепла, требующих дополнительных затрат энергии на свою работу. Так формируется зона физической терморегуляции , на протяжении которой температура такыре остается стабильной. По достижении определенного порога механизмы усиления теплоотдачи оказываются неэффективными, начинается перегрев и в конце концов гибель организма.

Видовые отличия химической терморегуляции выражаются в разнице уровня основного (в зоне термонейтральности) обмена, положения и ширины термонейтральной зоны, интенсивности химической терморегуляции (повышение обмена при снижении температуры среды на 1'С), а также в диапазоне эффективного действия терморегуляции. Все эти параметры отражают экологическую специфику отдельных видов и адаптивным образом меняются в зависимости от географического положения региона, сезона года, высоты над уровнем моря иряда других экологических факторов.

Физическая терморегуляция объединяет комплекс морфофизиологических механизмов, связанных с регуляцией теплоотдачи организма как одной из составных частей его общего теплового баланса. Главное приспособление, определяющее общий уровень теплоотдачи организма гомойотермного животного,– строение теплоизолирующих покровов. Теплоизоляционные структуры (перья, волосы) не обусловливают гомойотермию, как это иногда думают. В ее основе лежит высокий и что, уменьшая теплопотери, она способствует поддер гомойотермии с меньшими энергетическими затратами. Это особенно важно при обитании в условиях устойчиво низких температур, поэтому теплоизолирующие покровные структуры и прослойки подкожного жира наиболее выражены у животных из регионов холодного климата.

Механизм теплоизолирующего действия перьевого и волосяного покровов заключается в том, что определенным образом расположенные, различные по структуре группы волос или перьев удерживают вокруг тела слой воздуха, который и выполняет роль теплоизолятора. Адаптивные изменения теплоизолирующей функции покровов сводятся к перестройке их структуры, включающей соотношение различных типов волос или перьев, их длину и густоту расположения. Именно по этим параметрам отличаются обитатели различных климатических зон, они же определяют сезонные изменения теплоизоляции. Показано, например, что у тропических млекопитающих теплоизоляционные свойства шерстного покрова почти на порядок ниже, чем у обитателей Арктики. Тому же адаптивному направлению следуют сезонные изменения теплоизолирующих свойств покровов в процессе линьки.

Рассмотренные особенности характеризуют устойчивые свойства теплоизолирующих покровов, определяющие общий уровень тепловых потерь, и, по существу, не представляют собой активных терморегуляционных реакций. Возможность лабильной регуляции теплоотдачи определяется подвижностью перьев и волос, в силу чего на фоне неизменной структуры покрова возможны быстрые изменения толщины теплоизолирующей воздушной прослойки, а соответственно и интенсивности теплоотдачи. Степень распущенности волос или перьев может быстро меняться в зависимости от температуры воздуха и от активности самого животного. Такую форму физической терморегуляции обозначают как пиломоторную реакцию. Эта форма регуляции теплоотдачи действует главным образом при низкой температуре среды и обеспечивает не менее быстрый и эффективный ответ на нарушения теплового баланса, чем химическая терморегуляция, требуя при этом меньших затрат энергии.

Регуляторные реакции, направленные на сохранение постоянной температуры тела при перегреве, представлены различными механизмами усиления теплоотдачи во внешнюю среду. Среди них широко распространена и обладает высокой эффективностью теплоотдача путем интенсификации испарения влаги с поверхности тела или (и) верхних дыхательных путей. При испарении влаги расходуется тепло, что может способствовать сохранению теплового баланса. Реакция включается при признаках начинающегося перегрева организма.

Итак, адаптивные изменения теплообмена у гомойотермных животных могут быть направлены не только на поддержание высокого уровня обмена веществ, как у большенста птиц и млекопитающих, но и на установку низкого уровня в условиях, грозящих истощением энергетических резервов.